令和６年度年次報告

課題番号：AIST01

（1）実施機関名：

産業技術総合研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）海溝型巨大地震の履歴とメカニズム解明

（英文）Reconstructing great subduction zone earthquake histories and understanding their mechanisms

（3）関連の深い建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ウ. 地形・地質データの収集・集成と文理融合による解釈

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
地震
２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
３ 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
イ. 津波の事前評価手法

（5）本課題の５か年の到達目標：

本課題では日本列島の沿岸地域において地形・地質の調査を行い、過去に海域で発生した地震の年代とそれに伴う地殻変動や津波浸水域を明らかにする。得られたデータに基づいて震源・波源のメカニズムを解明する。各地域での目標は以下の通り。

【千島-日本海溝】　千島海溝南部で繰り返し発生している連動型巨大地震の履歴を復元し，断層モデルを提案する。特に、17世紀と13世紀～14世紀に発生した巨大地震の破壊領域の違いを明らかにする。

【相模トラフ】　房総半島や相模湾沿岸における地震・津波履歴と隆起パターンなどを復元し、関東地震の多様性を評価する。

【南海トラフ】　南海トラフ沿いの各地域において過去に発生した地震の時期とそれに伴う地殻変動や津波浸水域を解明する。各地域から得られた年代の対比を行い、破壊領域の評価を行う。

（6）本課題の５か年計画の概要：

千島海溝南部における巨大地震の履歴を明らかにするため、北海道東部において、17世紀および13世紀～14世紀の巨大津波によって堆積した津波堆積物の分布データを取得する。この結果を踏まえ、17世紀型巨大津波の波源の多様性を考察する。相模トラフ沿いでは、1703年元禄津波や相模トラフ沿岸を襲った津波について、地殻変動と津波の浸水履歴に関する地形・地質調査を行う。この調査結果を踏まえて、元禄津波の波源の見直しを行う。南海トラフ沿いでは、沿岸域における堆積物の採取を行い、津波堆積物の分布と年代から、浸水範囲と時期の推定を行う。南海トラフ沿岸各地で得られたデータから、破壊領域の評価を行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

令和６年度の成果の概要は以下の通りである。

【千島海溝-日本海溝】

北海道当縁湿原の段丘面で津波堆積物の調査を実施した。また、津波堆積物の分布範囲と、計算浸水範囲を比較し断層モデルを検討した。その結果、13世紀頃の地震の波源は、十勝セグメントより根室セグメントのすべり量を大きくすることで、津波堆積物の分布を説明できることがわかった。

【相模トラフ】

1703年元禄関東地震津波について、歴史記録を用いて静岡県熱海市での高さを推定した。1923年大正関東地震により隆起した静岡県初島において、それよりも前の地震による隆起の履歴を解明するための地形・地質調査を実施した。

【南海トラフ】

高知県南国市の海岸砂丘を対象として、地中レーダー探査やOSL年代測定を用いて地形発達調査を行った。砂丘の成長過程と内陸の低地の浸水記録を比較した結果、砂丘の上方への成長が内陸への浸水を妨げたことが示唆された。

和歌山県那智勝浦町の沿岸低地において津波堆積物を目的とした追加コア掘削調査を実施し、観察・分析を進めた。その結果、約５千年前頃に砂質干潟～浅海環境に形成されたと考えられる４層の級化構造を持つイベント堆積物が認められた。

【能登半島】

令和6年能登半島地震に伴う海岸隆起について、地震前に高度計測していた地点の再測量により、正確な隆起量の計測を行った。また過去の地震性隆起を記録した完新世海成段丘（低位段丘）の形成年代を解明するため、掘削調査を行い、年代測定試料を採取した。石川県珠洲市において津波堆積物の分布に関する野外調査を実施した。津波堆積物は、地震後の海岸線から内陸約70 mまで確認された。採取した試料に含まれる珪藻化石群集を分析した結果、主な土砂供給源は海浜砂であると推定されたが、一部は陸源の堆積物を含むことが分かった。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本年度得られた成果は、千島海溝南部、相模トラフ、南海トラフ周辺において発生する巨大地震の履歴解明に資するものであり、巨大地震・津波の長期評価に貢献することができる。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

宍倉正展, 2024, 沿岸の隆起痕跡からわかる能登半島地震の履歴．岩波「科学」, 94(7), 608–614.,査読無,謝辞無

宍倉正展・越後智雄・行谷佑一・立石 良・後藤玲奈・前杢英明, 2024, 令和6年能登半島地震に伴う隆起で生じた海岸の離水と海成段丘. 第四紀研究, 63, 169–174.,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

行谷佑一, 2024, 熱海市における1703年元禄関東地震津波の挙動について, 第41回歴史地震研究会（木曽御嶽大会）.

谷川 晃一朗・田村 亨・小森 康太郎・根来 湧輝, 2024, 海岸砂丘の発達が津波浸水へ与える影響―高知県南国市を例に, 日本地球惑星科学連合2024年大会, MIS20-07.

Shimada, Y., Sawai, Y., Matsumoto, D., Tanigawa, K., Ito, K., Tamura, T., Namegaya, Y.,

Shishikura, M., Fujino, S., 2024, Marine inundation by extreme waves during the last 3000 years at a coastal lake on the Pacific coast of central Japan, 9th Global Energy and Water EXchanges Open Science Conference, 27 Poster.

伊尾木 圭衣・山下裕亮, 2024, 宮崎県宮崎市沿岸での津波浸水範囲の考察, 第41 回歴史地震研究会（木曽御嶽大会）, P-13.

伊尾木 圭衣・山下裕亮, 2024, 宮崎市沿岸での津波浸水範囲の考察　―1662年日向灘地震と1707年宝永地震について―, 日本地震学会2024年度秋季大会, S17P-04.

宍倉正展, 2024, 令和６年能登半島地震による隆起と過去の地震による隆起, 日本地球惑星科学連合2024年大会, O09-06.

宍倉正展, 2024, 能登半島地震を起こした活断層と海岸隆起, 日本地すべり学会シンポジウム.

宍倉正展, 2024, 沿岸の隆起痕跡に基づく能登半島地震の履歴, 日本地質学会第131年学術大会. S-O-5.

Shishikura, M., Echigo, T., Namegaya, Y., 2024, Relationship between the coseismic uplift during the 2024 Noto Peninsula earthquake and Holocene marine terraces, The 14th Joint Meeting of the UJNR.

宍倉正展・越後智雄・行谷佑一, 2024, 沿岸の隆起痕跡の分布からみた能登半島地震の履歴, 海洋調査技術学会

行谷佑一・伊尾木圭衣・今井健太郎・楠本聡・王宇晨・堀川博紀・村上雅亮, 2024, 現地調査結果に基づく2024年能登半島地震津波の津波マグニチュードm, 日本地震学会2024年度秋季大会, S22P-19.

行谷佑一・伊尾木圭衣・今井健太郎・楠本聡・王宇晨・堀川博紀・村上雅亮, 2024, 2024年能登半島地震津波の山形県酒田市～島根県松江市における現地調査結果, 日本地球惑星科学連合2024年大会, U15-P76.

嶋田 侑眞・松本 弾・谷川 晃一朗・澤井 祐紀, 2024, 石川県珠洲市で観察された2024年能登半島地震に伴う津波堆積物, 日本地球惑星科学連合2024年大会, U15-P72.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

日本列島の沿岸地域において地形・地質の調査を行い、過去に海域で発生した地震の年代とそれに伴う地殻変動や津波浸水域を明らかにする研究を継続する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門　海溝型地震履歴研究グループ
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：活断層・火山研究部門　海溝型地震履歴研究グループ
電話：
e-mail：ievg-webmaster-ml@aist.go.jp
URL：https://unit.aist.go.jp/ievg/group/subducteq/index.html

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：澤井祐紀
所属：産業技術総合研究所

令和６年度年次報告

課題番号：AIST02

（1）実施機関名：

産業技術総合研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）陸域の連動型巨大地震発生様式に関する古地震学的研究
（英文）Recurrence behavior on the past multi-segment earthquakes produced by major active fault system on land

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ウ. 地形・地質データの収集・集成と文理融合による解釈

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
地震
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
イ. 内陸地震
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
イ. 内陸地震の長期予測
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(4) 内陸で発生する被害地震
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(4) 国際共同研究・国際協力

（5）本課題の５か年の到達目標：

これまで主に主要活断層帯で実施してきた変位履歴調査手法をさらに発展させ、国内外の長大な活断層系を対象として、地震時変位量と活動時期を明らかにする変位履歴調査を実施する。各調査地点で得られた変位履歴をもとに、活動区間やセグメント毎に時間ー変位ダイヤグラムを作成し、連動型イベントが生じる前後の経過時間や地震規模等を詳細に明らかにする。それらの結果から、長大な活断層系から連動型地震が生じた際の発生条件や応力蓄積状態等について古地震学的なパラメータ等を基に推定し、陸域の連動型巨大地震発生様式を検討する.

（6）本課題の５か年計画の概要：

本計画においては、四国陸域の中央構造線断層帯やトルコ・東アナトリア断層系南西区間等を主な対象として調査研究を実施する。
令和６年度：長大な活断層系のセグメント境界周辺で変位履歴調査を実施する。
令和７年度：長大な活断層系のセグメント境界周辺で変位履歴調査を実施する。
令和８年度：長大な活断層系のセグメント境界周辺で変位履歴調査を実施する。
令和９年度：長大な活断層系のセグメント境界周辺で変位履歴調査を実施する。
令和10年度：長大な活断層系のセグメント境界周辺で変位履歴調査を実施する。５カ年の変位履歴調査の結果をとりまとめ、連動型イベントが生じる前後の経過時間や地震規模等を詳細に明らかにし、

古地震学的なパラメータ等を基に連動型巨大地震発生様式を検討する。
なお、令和６～７年度については、文科省委託事業「長大な活断層帯等で発生する地震の評価手法の高度化に関する調査研究」の一部として実施する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

令和６年度は、中央構造線断層帯と東アナトリア断層系を対象に古地震調査研究を実施した。なお、中央構造線断層帯については、文科省委託「長大な活断層帯等で発生する地震の評価手法の高度化に関する調査研究」、東アナトリア断層系の成果は、JST委託J-RAPID「東アナトリア断層系で生じた2023年カフラマンマラシュ地震の長期予測の検証調査」の一部として実施した。

四国陸域の中央構造線断層帯を対象に、石鎚山脈北縁西部区間（川上断層）と石鎚山脈北縁区間（岡村断層）とのセグメント境界付近において、ドローンLiDAR、トレンチ調査、ボーリング調査を実施した。調査地点は、川上断層の北東端付近に位置し、堤ほか（2000）によるトレンチ地点から東へ約500ｍの地点である。トレンチ調査の結果、最新活動に伴う古地震イベントを認定し、発生時期は江戸時代以前であると推定した。年代推定には、放射性炭素同位体年代測定とともに、イベント後の堆積物から産出した金属製のかんざしやキセル、正保1648年伊予国絵図に記載された古地理図等を参照した。ボーリング調査では、断層低下側の標高－９ｍ前後から海成層に狭在する鬼界アカホヤ火山灰が産出した。今後、さらに多くの年代測定や微化石分析による古環境復元を実施し、詳細な変位履歴等を明らかにする予定である。

東アナトリア断層系では、2023年カフラマンマラシュ地震（Mw7.8）に伴う地表地震断層上でトレンチ調査を実施した。調査地点は、カフラマンマラシュより南に位置する、イスラーヒエから北へ約３km及び６kmの２地点であり、東アナトリア断層系の走向が北東―南西走向から北北東―南南西走向に変化する断層トレース上にあたる。両地点ともに、地表地震断層を横断する土地境界に１～２ｍの系統的な左横ずれ変位がみられる。トレンチ調査の結果、2023年地震に先行する古地震イベントが両地点で検出された。暫定的な放射性炭素同位体年代測定の結果、イベントの発生時期は約２～３千年前の可能性がある。これまでに推定されている東アナトリア断層系の2023年地震に先行する活動は、西暦1513年に対応し、活動間隔は400年から700年程度と考えられる。よって、今回のトレンチ調査地点を含む断層区間は、西暦1513年では活動せず、相対的に長い活動間隔で大地震を生じてきた可能性が高い。その場合、2023年地震と同様の連動パターンは、少なくとも過去2000年間は生じていない可能性もある。今後、より詳細な分析や多地点での変位履歴調査を実施し、過去の連動型地震に伴う連動範囲を推定する。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

文部科学省研究開発局・国立研究開発法人産業技術総合研究所（2024）「長大な活断層帯で発生する地震の評価手法の高度化に関する調査研究　令和５年度成果報告書」，1-92.,査読無,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

Kondo, H., S. Özalp, H. Kitajima, E. Özdemir, C. Güven, E. Tsukuda (2024) Displaced pre-existing trenches by the 2023 Mw7.8 earthquake on the East Anatolian fault system, Turkey, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SSS11-12.

加瀬祐子・浦田優美・近藤久雄（2024）動力学的震源モデルから推定される中央構造線断層帯（四国陸域）の最新イベント像（その2）日本地震学会2024年秋季大会，S08P-13.

Kondo, H., S. Özalp, H. Kitajima, E. Özdemir, C. Güven, E. Tsukuda (2024) Re-excavation of the 2014 Kartal trench displaced by the 2023 Kahramanmaraş earthquake on the East Anatolian

fault system, Turkey, AGU24, T01-31.

Kondo, H., S. Özalp (2025) Paleoseismological Researches Before and After the 2023 Destructive Earthquakes on the East Anatolian Fault System, Hokudan 2025 International Symposium on Active Faulting.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

四国陸域の中央構造線断層帯やトルコ・東アナトリア断層系南西区間等を主な対象として、セグメント境界周辺で変位履歴調査を実施する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

近藤久雄（産業技術総合研究所地質調査総合センター活断層・火山研究部門）
他機関との共同研究の有無：有
セリム・オザルプ（トルコ鉱物資源開発調査総局）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：産業技術総合研究所地質調査総合センター活断層・火山研究部門
電話：050-3521-0587
e-mail：kondo-h@aist.go.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：近藤久雄
所属：産業技術総合研究所地質調査総合センター活断層・火山研究部門

令和６年度年次報告

課題番号：AIST03

（1）実施機関名：

産業技術総合研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地質調査と年代測定手法の高度化による火山活動履歴の解明とデータベースの整備
（英文）Revealing recent volcanic activities and construction of volcano database by geological survey and precise age determination

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ウ. 地形・地質データの収集・集成と文理融合による解釈
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
エ. 地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
火山
(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(5) 大規模火山噴火
(6) 高リスク小規模火山噴火

（5）本課題の５か年の到達目標：

火山活動の評価と予測の基礎となるデータとして、日本列島の活動的火山や低頻度大規模火山活動に関する履歴調査を実施し、形成史や噴火履歴を明らかにした火山の地質図整備を推進する。日本列島の火山の地質情報に関する最新データの収集と整理を行い、日本の火山データベースに掲載する各種データベースの更新・拡充を行う。また活動的火山の長期的かつ高分解能な噴火履歴を解明するため、効率的かつ高精度で若い火山噴出物の年代が測定できる技術開発を進める。

（6）本課題の５か年計画の概要：

令和６年度においては、秋田焼山、御嶽火山各地質図を公表し、大規模火砕流分布図の整備を進める。日本の火山データベースの更新・拡充を行う。令和７年度以降には伊豆大島（第２版）、雌阿寒岳各火山地質図を公表し、大規模火砕流分布図の整備を進める。また、日本の火山データベースの更新・拡充を継続する。若い火山岩の年代測定技術開発を全期間を通じて継続的に進める。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

将来噴火する可能性の高い活火山の中長期的活動評価と予測のため、活動的火山の地質図等の作成を進めた。秋田焼山及び御嶽火山地質図を出版し、三岳火山の完新世噴火履歴に関する知見を論文で

発表した。岩木山では地表踏査による噴火履歴調査を継続した。大規模火砕流分布図シリーズとして洞爺カルデラ洞爺火砕流堆積物分布図を公表段階とした。活動的火山で高分解能な噴火履歴を解明するために、御嶽山・雌阿寒岳等の岩石試料を対象とした感度法 K-Ar 及び Ar/Ar 年 代測定を実施し，10 万年前より若い火山噴出物の噴火年代を明らかにした。 日本列島の火山の地質情 報を最新の知見に基づいて収集・整理して、日本の火山データベースの更新・拡充を行い、「大規模噴火データベース」、「噴火推移データベース」、「火山灰データベース」のコンテンツを充実させた。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

火山の地質図作成にあたっては、有史時代の活動も含めた完新世の噴火活動史を重点的に整備することで、防災対策に資するとともに、低頻度大規模災害への対応に必要な大規模噴火の基礎資料を提供することで、目的達成に貢献するものである。

(8) 令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

草野有紀・山元孝広・石塚吉浩・及川輝樹・中村洋一, 2025, 日光火山群三岳の完新世火山活動, 火山, 印刷中, doi:10.18940/kazan.69.3_115,査読有,謝辞無

南裕介・山崎誠子・伊藤順一・大場司, 2025, 秋田焼山火山地質図, no.23, 産総研地質調査総合センター, 8p.,査読有,謝辞無

及川輝樹・山崎誠子・竹下欣宏, 2025, 御嶽火山地質図, no.24, 産総研地質調査総合センター, 8p.,査読有,謝辞無

宝田晋治・中川光弘・宮坂瑞穂・後藤芳彦・金田泰明, 2025, 洞爺カルデラ洞爺火砕流堆積物分布図, 大規模火砕流分布図, no.5, 産総研地質調査総合センター.,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

谷内元・古川竜太・及川輝樹・伴雅雄, 2024, 東北日本弧・岩木火山における完新世火山活動とマグマ系, 日本火山学会秋季大会, A2-03.

石塚治・井上卓彦・有元純・川邉禎久・及川輝樹・前野深, 2024, 伊豆大島火山沿岸域の火山活動と噴出物, 日本地質学会第131年学術大会, T12-O-5.

山崎誠子・宮川歩夢・板木拓也, 2024, 深層学習マイクロマニピュレータシステムを用いたK-Ar年代測定のための鉱物ハンドピックの自動化の試み, 地球惑星科学連合2024年大会, SGL17-P03.

(9) 令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：火山：その他：火山地質の情報データベース
概要：日本の火山の地質に関する総合データベース
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：日本全国
調査・観測期間：
公開状況：公開中（データベース・データリポジトリ・Web）
https://gbank.gsj.jp/volcano/index.htm

(10) 令和７年度実施計画の概要：

雌阿寒岳、伊豆大島（第2版）各火山地質図を出版する。十和田カルデラ八戸火砕流堆積物分布図を整備する。日本の火山データベースの更新・拡充を継続する。若い火山岩の年代測定技術開発を継続する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

産業技術総合研究所地質調査総合センター活断層・火山研究部門
他機関との共同研究の有無：有
佐藤鋭一（北海道教育大学旭川校）,大場司（秋田大学）,中川光弘（北海道大学）,伴雅雄（山形大学）,竹下欣宏（信州大学）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：産業技術総合研究所地質調査総合センター活断層・火山研究部門
電話：
e-mail：ievg-webmaster-ml@aist.go.jp
URL：https://unit.aist.go.jp/ievg/index.html

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：古川竜太
所属：産業技術総合研究所地質調査総合センター活断層・火山研究部門

令和６年度年次報告

課題番号：AIST04

（1）実施機関名：

産業技術総合研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地質調査と実験に基づく震源断層物理モデルの提供
（英文）Construction of a seismic source fault model based on geological and experimental studies

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
イ. 内陸地震
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
イ. 内陸地震の長期予測
(2) 地震発生確率の時間更新予測
ア. 地震発生の物理モデルに基づく予測と検証

（5）本課題の５か年の到達目標：

内陸断層の深部、脆性–塑性遷移付近における応力・歪といった変形の不均質を削剥断層の地質調査により明らかにする。また、内部構造形成・発展と力学的挙動の関係を岩石変形実験により明らかにする。両者の成果を統合し、断層深部の変形不均質が破壊や摩擦といった断層挙動に及ぼす影響を明らかにする。これらの成果により震源断層の物理モデルの基礎を提供する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

2024-2026年度：(1) 断層の走向方向の、変形条件・変形機構，運動像の三次元分布の解明。それに基づく三次元地質モデル構築し、断層面全体の不安定化と延性破壊との関係性を明らかにする。(2)岩石、及びアナログ物質を用いた変形実験による構造形成と発展の解析。岩石については、変形の支配要因となる構成鉱物の粒径の発展について解明する。
2027-2028年度：三次元地質モデルに岩石変形実験による構造形成と発展の解析結果を組み込むことで、震源断層の物理モデルの基礎を提供する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要
①地質調査に基づく成果
第2次計画の研究では、強い塑性変形に伴うキャビテーションと、それによる延性破壊が内陸断層の脆性–塑性遷移付近で生じたことを、nm～mmオーダーの観察から見出している。令和6年度は、この現象の発生範囲を明らかにするための地質調査、及び露頭産状と微細構造の比較を実施した。キャビテーションや破壊面は、断層中心部に発達するウルトラマイロナイトに密に伴われ、これらが断層の走向

方向に最低30 m連続することを確認した。さらにキャビテーションを伴うウルトラマイロナイトのうち最大のものは、走向方向に 1.2 km 以上連続することを確認した。これらの結果を組み込んだ三次元地質モデルの構築に向け、地質データのデジタル化を進めた。
地震後の断層の固着過程を明らかにするため、鳥取県西部地域において、固結した脆性断層の露頭調査と微細構造観察、物質解析を行った。その結果、地震性断層破壊と方解石の沈澱（シーリング）が繰り返し生じていることを明らかにした。
②実験に基づく成果
アナログ物質による変形実験では、放射光 X 線を用い塑性変形から破壊に至る過程をその場観察することを目指す。令和6年度は、このための変形試験機の設計を行った。また変形の支配要因となる構成鉱物の粒径の発展については、第2次計画の研究で開発した斜長石の研究を発展させ、より広い温度範囲、化学組成範囲での粒径の発展の解明を目指している。この中で第2次計画で問題になった結晶内部歪や、化学組成範囲を広げたことによる不純物の影響など、いくつかの問題の解決に向けて取り組んだ。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
第2次計画の研究により見出された、多くの内陸地震が発生する地震発生層最深部における強い塑性変形に伴う、キャビテーションとそれによる延性破壊について、その空間的な広がりが km 以上のスケールに広がることを明らかにした。このことは塑性変形→キャビテーション→破壊の発展が、地震発生層最深部における断層の固着状態を支配している可能性が示唆される。今後、この現象による断層固着状態の発展を検討することにより、地震に至る断層の状態の記述や、この現象が発する観測可能な信号のモデル化が可能となり、地震予測精度の向上につながり、建議の「1 地震・火山現象の解明のための研究、(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化」にも大きく貢献するものと考えられる。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
・論文・報告書等

Manami Kitamura , Miki Takahashi, Norio Shigematsu,　2024, Slow failure during faulting and formation of a porous framework under hydrothermal conditions: Role of feldspar sintering in granitoids. Geothermics, 120, 102995, doi:10. 1016/j.geothermics.2024.102995.,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

Thomas Yeo・重松紀生・Simon Richard Wallis・住田達哉・宮川歩夢・香取拓馬・氏家恒太郎・小林慶太, Chunjie Zhang, 2024, The role of ductile fractures in continental crustal faults from micro to macro scale, JpGU2024年大会, S-CG40-P32.

大橋聖和, 2024, 2000年鳥取県西部地震余震域の断層岩に記録された地震性すべりと方解石シーリングの繰り返し, 日本地質学会第131年学術大会, T10-O-2.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：
(1)　三次元地質モデルに向けた地質データのデジタル化では、令和６年度は1.2 kmの範囲に限られていたのを、より広範囲でデジタル化を進めるとともに、情報が不足する部分の調査を行う。これらの成果に基づき断層面全体の不安定化と延性破壊との関係性を検討する。また、キャビテーションとそれによる延性破壊による力学挙動の検討に向け損傷力学による枠組み作りを試みる。(2) 地震後の断層の固着過程に関しては、化学分析や年代測定を実施し、方解石を沈殿させた流体の起源や時期を特定する。また微細構造観察を行い、次の破壊に至るプロセスを解明する。(3) アナログ物質による変形実験では、放射光 X 線を用いたその場観察実験を実施する。斜長石について結晶内部歪や不純物の影響

の問題を解決し、断層深部延長の岩石変形の支配要因となる構成鉱物の粒径の発展について解明する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

重松紀生（活断層・火山研究部門）,高橋美紀（活断層・火山研究部門）,大橋聖和（活断層・火山研究部門）,宮川歩夢（地質情報研究部門）,住田達哉（地質情報研究部門）
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門
電話：050-3521-1287
e-mail：n.shigematsu@aist.go.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：重松紀生
所属：活断層・火山研究部門

令和６年度年次報告

課題番号：AIST05

（1）実施機関名：

産業技術総合研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）噴出物の物質科学的解析に基づく噴火推移過程とマグマ供給系のモデル化
（英文）Research on modeling of magma systems and eruption processes based on analysis of eruption products

（3）関連の深い建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
火山
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明

（5）本課題の５か年の到達目標：

桜島・阿蘇山・霧島山・有珠山等から様々な噴火様式の火山噴出物を採取し、種々の岩石学的・地球化学的解析を行う。揮発性成分の分析や高温高圧実験なども行い、爆発的噴火の強度や様式の変化を支配する要因を明らかにする。新たな揮発性成分分析手法の開発や既存手法の高度化にも取り組む。

活動的な火山において火山ガスの放出率と組成の観測・分析を行い、観測の高頻度化にも取り組む。大量の火山ガス放出を継続している火山については、噴火様式の支配要因の一つである火山ガス放出過程のモデル化を行う。また、地下浅部に熱水系が卓越する火山については、熱水系とマグマ性ガスの相互作用を明らかにする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

噴火頻度が高く、従って噴火災害の蓋然性が高いとともに観測事例を多く得られる火山、あるいはカルデラシステムの発達過程を理解するうえで重要な後カルデラ火山として、桜島・阿蘇山・霧島山・有珠山等について、主に噴出物の物質科学的解析に基づいて、噴火推移過程とマグマ供給系のモデル化に取り組む。種々の岩石学的・地球化学的解析に加え、揮発性成分の分析や高温高圧実験なども実施する。これにより、マグマの生成蓄積過程、噴火前駆過程、マグマ上昇から噴火に至る事象分岐過程に関する理解を進展させる。得られた成果は第2次計画で整備・公開したデータベースの拡充・更新（第3期課題AIST03）にも反映させる。

火山の活動推移予測に向け、活発に火山ガスを放出している火山について、火山ガスの放出率と化学組成の観測・分析、および火山ガス放出過程のモデル化を行う。伊豆大島の地中温度及び自然電位の連続観測を引き続き実施し、地下深部からの火山性流体の上昇を捉えるためのモニタリングを実施する。

新たな分析手法の開発や既存手法の高度化に向け、地球物理学など他の観測と組み合わせた多項目データ解析やAI技術を取り入れた新しい取り組み等を積極的に取り入れる。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

霧島山新燃岳2018年噴出物中の白色包有物の岩石学的解析により、同噴火時のマグマだまりの含水量および噴火前駆過程を制約した。雲仙火山において、過去500万年間の噴出物中の鉱物の岩石学的・地球化学的解析およびその結果を使った年代測定を実施し、マグマ供給系の化学組成およびその時間変化を推定した。伊豆大島1986年噴火のB火口からの噴出物について、噴出物表面の微細組織の形成メカニズムを解明し、B火口噴火における噴煙挙動との対応について議論した。有珠火山1977-78年噴出物の岩石学的解析と熱力学モデル計算により、1977年の準プリニー式噴火は130MPa (深さ約5km) のマグマ溜まりから直接上昇した高温マグマがもたらしたのに対し、1978年マグマ水蒸気噴火は低圧 (<100 MPa) の浅所貫入岩体で冷却されたマグマがもたらしたことを示した。熱力学モデル計算と高温高圧岩石融解実験の結果を比較し、モデルの妥当性を検証した。2024年の火山灰約40試料を解析し、火山灰データベースにデータを提供した。

火山ガス中の水素の精密測定機器を開発し、霧島硫黄山・焼岳・草津などで火山ガス観測を実施した。これにより、従来法では検知できなかった低濃度の水素が検出可能となり、火山ガス中の気相化学平衡の議論の適用範囲を広げることに成功した。地下深部からの火山性流体の上昇過程を的確に捉える手法を開発するため、伊豆大島において地中温度及び自然電位の連続観測を実施し、そのデータをweb上で公開するとともに、伊豆大島を含む複数の火山において数値シミュレーションによる熱水系のモデル化を進めた。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

これらの成果はいずれも火山活動・噴火機構の解明とモデル化という目的に合致しており当該項目に貢献するものである。また、解明とモデル化のみならず、観測機器・手法の開発や連続観測の実施とデータ公開は災害の軽減に大きく貢献するものである。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

松本恵子・川崎誠二, 2025, 虹色スコリアの構造色を生む微細組織：伊豆大島1986年噴火における成因, 岩石鉱物科学、受理済み,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

Iwahashi, K. and Yasuda, A., 2024, Variations in the temperature and composition of high-crystallinity magma reservoirs on the scale of hundreds of years to tens of thousands of years, 1st International Conference of the IAVCEI Commission on Volcanic & Igneous Plumbing Systems (VIPS), P13

風早竜之介・森俊哉・篠原宏志, 2024, 乾燥剤を用いた火山噴煙中の水素の定量技術の高度化, 日本火山学会2024年度秋季大会, B3-08

松本恵子・川崎誠二, 2024, 虹色スコリア：構造色を生む微細組織の成因, 日本火山学会2024年度秋季大会, A2-01

中谷貴之, 2024, 流紋岩質マグマの相平衡：高圧実験とrhyolite-MELTSの比較, 日本火山学会2024年度秋季大会, P141

東宮昭彦, 2024, 岩石学的にみた有珠火山 1977-78 年噴火のマグマ上昇過程, 日本火山学会2024年度秋季大会, P16

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

引き続き火山噴出物の岩石学的・地球化学的解析や高温高圧実験および火山ガス観測等を実施し、噴火推移過程やマグマ供給系および火山ガス放出過程のモデル化を進める。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門
他機関との共同研究の有無：有
角皆潤，他数名（名古屋大学 大学院環境学研究科）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門
電話：
e-mail：ievg-webmaster-ml@aist.go.jp
URL：https://unit.aist.go.jp/ievg/index.html

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：東宮昭彦
所属：産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門 マグマ活動研究グループ

令和６年度年次報告

課題番号：AIST06

（1）実施機関名：

産業技術総合研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）高分解能地殻応力場の解明と造構造場の研究

（英文）Study on high-resolution crustal stress fields and seismotectonics in the Japanese Islands

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
イ. 内陸地震

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(4) 内陸で発生する被害地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

将来発生する地震の最大規模や発生様式の評価を行うため、現計画に引き続き、可能な限り小さな地震の発震機構解を推定し、高い空間分解能を有する地殻応力マップを整備する。現計画では日本列島陸域の地下20kmまでを推定したが、関東地域の深さ20km以深及びプレート境界にも対象を広げ、首都圏直下のやや深い地震や海溝型地震の評価に繋げる。さらに、大量で高精度な発震機構解から時間変化の抽出にも取り組む。様々なデータから地殻応力の時空間不均一の成因を明らかにし、数値シミュレーションを併用した連動性評価や活動性評価手法を提案する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

・S-netやDONETのデータ解析により微小地震の発震機構解を推定し、日本海溝および南海トラフ沈み込み帯の応力マップを作成する。陸域においては、Hi-netの整備以後蓄積されている定常観測網のデータ解析により、関東地域の深さ20km以深の応力マップを作成する。この解析には大規模な地震データ処理を伴うことから、深層学習による自動処理化（Uchide, 2020）を行う。さらに相対モーメントテンソル法（Dahm, 1996; Imanishi and Uchide, 準備中）を用いて発震機構解の推定精度を向上させるとともに、推定可能なマグニチュードの下限を大幅に下げる。
・大量で高精度な発震機構解から地殻応力の微小な時間変化の抽出にも取り組む。特にこれまでほとんど報告されていない大地震発生前の時間変化に着目する。
・代表的な活断層帯を対象に、歪み場、3次元地殻構造、地質構造、応力降下量や地震活動の特性も含めて地殻応力の時空間不均一の成因を特定し、断層帯毎の応力載荷モデルを構築する。さらに、応力載荷モデルを組み込んだ数値シミュレーションにより、連動性評価や活動性評価手法を提案する。
・取り纏めた応力情報は産総研の地殻応力場データベース（https://gbank.gsj.jp/crstress/）において公開する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

（１）海域の応力マップ試作に向けたS-netデータの活用

応力マップの対象地域を海域に広げるため、日本海溝海底地震津波観測網 (S-net)に搭載された高感度速度型地震計のデータを活用し、微小地震の発震機構解を高精度で推定することを試みた。微小地震の発震機構解は、P波初動極性を用いる方法が一般的であるが、地震規模が小さくなるとP波初動の押し引きを認識できる観測点が限られ、一意に決定することが困難となる。そこで本研究では、P波とS波の振幅値も併用する手法を適用することにした。しかしながら、S-netに搭載された速度計の固有周波数は15Hzと高いため、発震機構解推定に重要な低周波側の振幅が減衰している問題点がある。例えば、M2程度の地震の場合、2Hz付近の振幅値は100倍近く小さくなっている。多数の地震データを検証した結果、このように減衰が非常に大きい場合であっても、地震計の周波数特性を適切に補正（デコンボリューション）することで、S-net観測点の速度計記録から真の振幅値を復元できることがわかった。

今年度は手始めに、福島県沖や茨城県沖で発生した地震について震源決定と発震機構解の推定を行った。その結果、S-netデータを加えることで解の精度が向上し、少なくともMj2.0までの微小地震の発震機構解を推定できることを確認した。また、Imanishi et al. (2012) が茨城県沖で示唆した、プレート境界から陸側に向かって延びる分岐断層に関連する地震活動が、S-netデータを用いた解析でも確認され、分岐断層周辺の応力場が正断層すべりを促進する状態にあることも明らかになった。今後は、日本海溝全域にわたる網羅的な発震機構解推定を進めるとともに、速度構造や地震活動、音波探査結果などの多様な情報を統合し、テクトニックな解釈を行う予定である。

（２）2024年能登半島地震の解析

2024年能登半島地震の余震分布の全体像を明らかにすることを目的として、 3次元地震波速度構造を考慮した震源位置の再決定を実施した（椎名ほか, 2024; Shiina et al., 2024）。解析では、Nakajima (2022)の3次元速度構造を仮定し、マルコフ連鎖モンテカルロ法を用いた震源位置と観測点補正値の同時推定を行った。解析期間とした本震発生から約1か月間に発生した余震は概ね10～15 kmよりも浅い深さで発生していることが明らかになった。特に能登半島北東の沿岸域では、気象庁カタログに比べて5 km程度浅い震源分布が得られた。このような海底直下の余震の分布範囲は津波域(例えば、Fujii and Satak, 2024)と整合しており、本震発生時に海底直下の断層ですべりが生じたことを支持する。

また、本震の破壊過程を調べるため、地震予知総合研究振興会が新潟県長岡地区に展開している観測網（AN-net）をアレイと見なし、バックプロジェクション解析を行った（今西ほか, 2024ab; Imanishi et al., 204）。推定された破壊域や継続時間は先行研究と概ね調和的であるが、能登半島の南西端から北東端の浅部をP波速度近くで伝搬する高速破壊（supershear破壊）を伴う結果が得られた。supershear破壊は、能登半島地震による広域の甚大な被害と関係している可能性がある。

そのほか、発震機構解を用いた間隙流体圧の時空間分布の推定を行ったほか（山本ほか, 2024; Yamamoto et al., 2024）、観測で制約した断層形状と広域応力場をモデル化し、3次元動的破壊シミュレーションにより本震の破壊過程を再現することに成功した（安藤ほか, 2024ab; Ando et al., 2024）（詳細はUTS_04）。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

応力マップの対象地域を海域に広げるため、S-netを用いた発震機構解推定に着手した。今後は、整備した応力マップを活用した数値シミュレーション手法を開発し、最大規模評価や活動性評価を行っていくことが重要である。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

安藤亮輔・福島洋・吉田圭佑・今西和俊, 2024a, Effects of the 3D fault geometry, regional stresses and earthquake history on the 2024 Noto Peninsula earthquake: Insight from dynamic rupture simulations, 日本地球惑星科学連合2024年大会,U16-P06

安藤亮輔・福島洋・吉田圭佑・今西和俊, 2024b,動的破壊シミュレーションが明らかにした2024年能登半島地震の滑り及び地殻変動分布における非平面断層形状の効果, 日本地震学会2024年度秋季大会, S22-14

Ando, R., Y. Fukushima, K. Yoshida, and K. Imanishi, 2024, Non-planar Fault Geometry Controls the Distributions of Slip and Uplift of the M7.6 2024 Noto Peninsula, Japan, Earthquake, AGU 2024 Fall meeting, T32A-05

今西和俊・椎名高裕・浦田優美・関根秀太郎, 2024a, AN-netアレイを用いた2024年能登半島地震のバックプロジェクション解析：縦ずれ断層におけるsupershear破壊の可能性, 日本地球惑星科学連合2024年大会, U15-P26

今西和俊・椎名高裕・浦田優美・関根秀太郎, 2024b, 近地アレイ記録のバックプロジェクションによる2024年能登半島地震の複雑な破壊進展のイメージング, 日本地震学会2024年度秋季大会, S22-13

Imanishi, K., T. Shiina, Y. Urata, and S. Sekine, 2024, Imaging complex rupture evolution of the 2024 Mw7.5 Noto Peninsula earthquake by the back-projection of near-field array records: Possibility of supershear rupture on oblique-slip faults, AGU 2024 Fall meeting, S41G-3380

椎名高裕・堀川晴央・佐脇泰典・寒河江皓大・今西和俊, 2024, 2024年能登半島地震震源域周辺の震源分布とその不確実性の検討, 日本地球惑星科学連合2024年大会, U15-P12

Shiina, T., H. Horikawa, and K. Imanishi, 2024, Relocations of earthquake hypocenters in and around the source area of the 2024 Mw 7.5 Noto Peninsula earthquake, Japan, by Bayesian inference, EGU 2024 General Assembly, EGU24-14903

山本朱音・大坪誠・高下裕章・今西和俊, 2024, 能登半島での発震機構解を用いた間隙流体圧の時空間変化, 日本地球惑星科学連合2024年大会, U15-P04

Yamamoto, A., M. Otsubo, H. Koge, and K. Imanishi, 2024, Spatio-temporal variation of pore fluid pressure from focal mechanism solutions around seismogenic zone of 2024 Noto Peninsula Earthquake, Japan, AGU 2024 Fall meeting,S42B-04

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

今年度着手したS-netデータを用いた発震機構解推定をさらに進め、日本海溝の応力マップの試作を行う。また、陸域で推定した大量の発震機構解カタログ（Uchide et al., 2022）を用いて、応力場の微小な時間変化を検出する手法開発に取り組む。2024年能登半島地震の解析結果の論文化を進める。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

今西和俊（産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門）,内出崇彦（産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門）,椎名高裕（産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門）,浦田優美（産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門）

他機関との共同研究の有無：有

安藤亮輔（東京大学大学院理学系研究科）,大谷真紀子（京都大学理学研究科）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門
電話：

e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：今西和俊
所属：産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門

令和６年度年次報告

課題番号：AIST07

（1）実施機関名：

産業技術総合研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地下水・地殻変動観測による地震予測精度の向上
（英文）Improving earthquake forecast accuracy by use of groundwater and crustal deformation observations

（3）関連の深い建議の項目：

２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(2) 地震発生確率の時間更新予測
ア. 地震発生の物理モデルに基づく予測と検証

（4）その他関連する建議の項目：

２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(2) 地震発生確率の時間更新予測
イ. 観測データに基づく経験的な予測と検証
５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

2点の地下水・地殻変動観測施設を新規整備し、計20観測点とする。南海トラフ沿いの巨大地震想定震源域の深部周辺で発生する短期的ゆっくりすべりの詳細なマッピングの継続。安価かつ高精度な歪観測技術の開発と適用。深部すべりの時空間分布の推定手法の開発。南海トラフ沿いの巨大地震想定震源域の固着の時間変化の推定。

（6）本課題の５か年計画の概要：

九州に新規の地下水・地殻変動観測施設（2点）を整備し、計20観測点とする。
産総研・防災科研・気象庁との共同研究により構築した観測システムにより、南海トラフの短期的ゆっくりすべりの高精度モニタリングを継続する。
安価かつ高精度な歪観測を実現するために、小型のボアホールひずみ計を開発する。
深部すべりの時空間分布の推定手法を開発する。
水準測量データ・潮位データ等を用いて南海トラフ沿いの巨大地震の想定震源域周辺のプレート間固着の時間変化を推定する。
令和6年度においては、大分県佐伯市の新規地下水等総合観測施設の整備を完了し、データ取得を開始する。宮崎県東臼杵郡周辺で新規地下水等総合観測施設の整備を開始する。安価かつ高精度な歪観測技術を開発し、2観測点でボアホールひずみ計の更新に着手する。
令和7年度においては、宮崎県東臼杵郡周辺で新規地下水等総合観測施設のデータ取得を開始する。2観測点の更新したボアホールひずみ計のデータ取得を開始する。
令和8年度以降においては、3観測点のボアホールひずみ計の更新を行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要
産総研と防災科研および気象庁との共同研究に基づき、3機関のひずみ・地下水・傾斜データをリアル

タイムで共有して南海トラフ周辺地域の短期的ゆっくりすべり(SSE)を解析するシステムの運用を継続した。2023年11月～2024年10月の間に短期的SSEの断層モデルを32個決定した。
大分県佐伯市に新規地下水等総合観測施設を設置し、観測を開始した。
観測を継続している関東、東海、中部、近畿、四国地方の地下水・ひずみデータ等を地震予知連絡会報で報告した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
南海トラフ周辺地域の短期的ゆっくりすべり(SSE)の解析を継続し、この間のプレート境界滑りの時空間変化の把握に基づく予測に大きく貢献した。また、解析した短期的SSEは南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会、地震調査委員会、地震予知連絡会に報告し、短期的SSEの評価に貢献した。南海トラフのプレート境界モニタリングは2024年8月8日の日向灘の地震（M7.1）に伴う南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）の発表・特別な注意の呼びかけの終了、2025年1月13日の日向灘の地震（M6.6）に伴う南海トラフ地震臨時情報（調査終了)の判断にも貢献した。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
・論文・報告書等

北川有一・板場智史・松本則夫・落唯史・木口努・矢部優,2024,紀伊半島～四国の歪・傾斜・地下水観測結果（2023年11月～2024年4月）,地震予知連絡会報,112,378-387,査読無,謝辞無

北川有一・板場智史・松本則夫・落唯史・木口努・矢部優,2025,紀伊半島～四国の歪・傾斜・地下水観測結果（2024年5月～2024年10月）,地震予知連絡会報,113,印刷中,査読無,謝辞無

木口努・今西和俊・松本則夫,2024,岐阜県東部・長野県西部における地殻活動観測結果(2023年11月～2024年4月),地震予知連絡会報,112,222-223,査読無,謝辞無

木口努・今西和俊・松本則夫,2025,岐阜県東部・長野県西部における地殻活動観測結果 (2024年5月～2024年10月),地震予知連絡会報,113,印刷中,査読無,謝辞無

木口努・松本則夫・北川有一・板場智史・落唯史・佐藤努・矢部優,2024,東海・関東・伊豆地域における地下水等観測結果(2023年11月～2024年4月)(69),地震予知連絡会報,112,206-210,査読無,謝辞無

木口努・松本則夫・北川有一・板場智史・落唯史・佐藤努・矢部優,2025,東海・関東・伊豆地域における地下水等観測結果(2024年5月～2024年10月)(80),地震予知連絡会報,113,印刷中,査読無,謝辞無

北川有一・松本則夫・佐藤努・板場智史・落唯史・木口努・矢部優,2024,近畿地域の地下水位・歪観測結果（2023年11月～2024年4月）,地震予知連絡会報,112,388-391,査読無,謝辞無

北川有一・松本則夫・佐藤努・板場智史・落唯史・木口努・矢部優,2025,近畿地域の地下水位・歪観測結果（2024年5月～2024年10月）,地震予知連絡会報,113,印刷中,査読無,謝辞無

矢部優・板場智史・落唯史・松本則夫・北川有一・木口努・木村尚紀・木村武志・松澤孝紀・汐見勝彦,2024,東海・紀伊半島・四国における短期的スロースリップイベント（2023年11月～2024年4月）,地震予知連絡会報,112,170-205,査読無,謝辞無

矢部優・落唯史・板場智史・松本則夫・北川有一・木口努・木村尚紀・木村武志・松澤孝紀・汐見勝彦,2025,東海・紀伊半島・四国における短期的スロースリップイベント（2024年5月～2024年10月）,地震予知連絡会報,113,印刷中,査読無,謝辞無

木口努・板場智史・松本則夫,2025,産総研綾川千疋観測点における物理検層の概要と解析結果,活断層・古地震研究報告,24,印刷中,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

北川有一・板場智史・落唯史・矢部優・松本則夫・木口努,2024,南海トラフ地震臨時情報（巨大地震

注意）への産総研の地殻変動モニタリングによる貢献,日本地震学会2024年度秋季大会,S23P-19

板場智史・北川有一・落唯史・矢部優・松本則夫・木口努・松澤孝紀,2024,南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）への地殻変動モニタリングの課題,日本地震学会2024年度秋季大会,S23P-20

木口努・板場智史・松本則夫,2025,香川県における新たな地下水等総合観測施設（綾川千疋観測点）の紹介,JpGU2024年大会,SCG47-P01

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

産総研・防災科研・気象庁との共同研究により構築した観測システムにより、南海トラフの短期的ゆっくりすべりの高精度モニタリングを継続する。宮崎県延岡市の新規地下水等総合観測施設の整備を完了し、観測を開始する。2観測点でボアホールひずみ計の更新を進める。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門
他機関との共同研究の有無：有
防災科学技術研究所 地震津波火山ネットワークセンター,気象庁 地震火山部

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門 地震地下水研究グループ
電話：029-861-3656
e-mail：tectono-h@aist.go.jp
URL：https://gbank.gsj.jp/wellweb/GSJ/index.shtml

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：北川有一
所属：産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門 地震地下水研究グループ

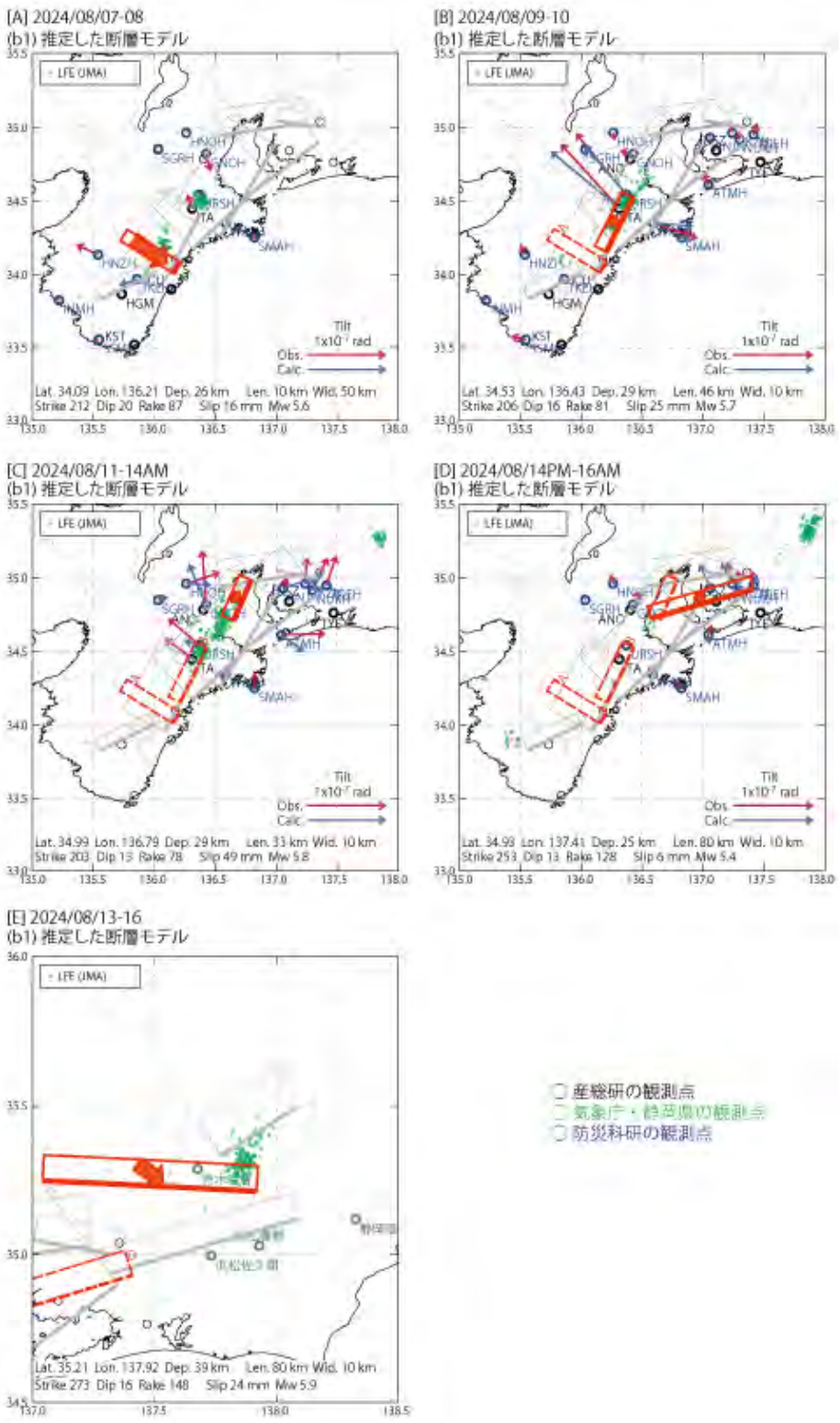


図1　産総研・気象庁・防災科研のひずみ・傾斜データにより決定した短期的ゆっくりすべりの断層モデルの位置

産総研・気象庁・防災科研のひずみ・傾斜データにより決定した短期的ゆっくりすべりの断層モデルの位置（矢部・他, 2025）。緑色の丸は同期間の気象庁一元化震源カタログによる深部低周波地震（微動）の震源位置。

令和６年度年次報告

課題番号：AIST08

（1）実施機関名：

産業技術総合研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）活断層データベースの整備と公開
（英文）Update and release of the Active Fault Database of Japan

（3）関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
エ. 地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ウ. 地形・地質データの収集・集成と文理融合による解釈

（5）本課題の５か年の到達目標：

全国に分布する約600の活断層（活動セグメント）の活断層線と約2万点の調査地情報について、位置精度向上の作業を完了させ、その結果を公開する。また、これらの作業結果及び新たに発表された研究論文や報告書の内容に基づき、それぞれの活動セグメントの代表パラメータの見直しを行う。

（6）本課題の５か年計画の概要：

令和６年度には、約20断層と約400地点の位置精度を確認・更新する。これまでに位置精度向上の作業が完了したものを、順次、活断層データベース上で公開する。
令和７年度には、約200断層の活断層線と約5000地点の調査地の位置精度を向上させる。また、位置精度向上の作業が完了したものを、順次、活断層データベース上で公開する。
令和８年度には、約200断層と約5000地点の位置精度を確認・更新する。これまでに位置精度向上の作業が完了したものを、順次、活断層データベース上で公開する。
令和９年度には、約100断層の活断層線と約5000地点の調査地の位置精度を向上させる。これまでに位置精度向上の作業が完了したものを、順次、活断層データベース上で公開する。
令和１０年度には、活断層データベースに収録されているすべての活断層について、詳細な活断層図を活断層データベース上で公開する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

活断層データベースに表示される活断層図について、従来の縮尺約20万分の1からより詳細な縮尺約5万分の1で表示するための作業と入力システムの改良に関する検討を実施した。調査地の位置情報については、近畿地方で実施された活断層調査の調査地329地点について位置精度の確認と改善作業を実施した。活断層線については、近畿地方に分布する20断層の位置精度の確認と改善作業を実施した。また、前年度までに位置精度の更新作業を実施した活断層（50断層）について、セグメント区分の見直しと断層パラメータの変更を行ない、活断層データベース上で公開した。そのほか、2024年1月1日に発生した能登半島地震（M7.6）を受けて、震源となった沿岸域の活断層について、既存文献に基づいて詳細位置と断層パラメータの見直しを行なった。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

令和6年能登半島地震のような大きな地震が発生したときには、その震源断層に関する情報やこれまでの研究成果へすぐにアクセスできることが重要である。建議の「観測基盤と研究推進体制の整備」で掲げられている地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開の一課題として、今後も計画的・継続的にデータベースの整備を進めていく。

(8) 令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

宮下由香里，2024，防災情報はどこにある？-活断層データベース、地質図Naviの活用-，第41回 地質調査総合センターシンポジウム「デジタル技術で繋ぐ地質情報と防災対策～活断層-火山-斜面災害-海洋地質～」，O-02.

吾妻　崇，2024，社会と地震防災を繋ぐ産総研の活断層データベース，第41回地質調査総合センターシンポジウム「デジタル技術で繋ぐ地質情報と防災対策～活断層-火山-斜面災害-海洋地質～」，P-04.

(9) 令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

(10) 令和７年度実施計画の概要：

九州地方及び瀬戸内地方の活断層調査地点（約400地点）を対象として、位置精度向上の作業を実施するとともに、これらの調査地を含む活断層（約20断層）について活断層線の位置精度を向上させる。これまでに位置精度向上の作業が完了した活断層（20断層）について、縮尺５万分の１程度の活断層図を活断層データベース上で公開する。また、専門家からの要望が多い活断層線データの提供について、大縮尺の位置情報を提供できる仕組みや提供するデータについて検討する。また、活断層研究の専門家だけでなく、データベースを利用する一般の方々や自治体防災担当者などが関心を持つことができる表示コンテンツの検討を行う。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

吾妻　崇（活断層・火山研究部門）,丸山　正（活断層・火山研究部門）,中井未里（活断層・火山研究部門）

他機関との共同研究の有無：無

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門
電話：
e-mail：af-db-ml@aist.go.jp
URL：https://gbank.gsj.jp/activefault/

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：吾妻崇
所属：産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門

令和６年度年次報告

課題番号：AORI01

（1）実施機関名：

東京大学大気海洋研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）巨大地震・津波を引き起こす海底活断層の学際的観測研究
（英文）Multidisciplinary observational research on active submarine faults generating huge earthquakes and tsunamis

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震

（4）その他関連する建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(3) 千島海溝沿いの巨大地震
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

（5）本課題の５か年の到達目標：

(1) 巨大分岐断層がマントル流体上昇の通路となる可能性が指摘されている（Tomonaga et al., 2020）熊野沖南海トラフの前弧海盆で、マルチチャンネル反射法地震探査（Multi-channel Seismic：MCS）データを繰り返し取得し（Time-lapse調査：繰り返し観測により時間変化を捉える調査）、断層に沿った流体変動を調査する。また、巨大分岐断層の海底付近堆積物と海水から、マントル流体存在の優れたトレーサーであるヘリウム同位体比（3He/4He）を定期的に測定し、断層に沿った流体変動をモニタリングする。(2) 沈み込み帯の速度構造モデル構築の高度化に人工知能の深層学習（Deep Learning）アルゴリズムを導入し、既存・新規のMCSデータおよび深海掘削（DSDP/ODP/IODP）データを加え、南海トラフおいてデコルマの地震性すべりに影響する間隙水圧の広域分布を高精度で明らかにする。また、千島海溝のデコルマの間隙水圧を推定し、南海トラフや日本海溝と比較する。(3) 日本海溝沖や千島海溝沖のアウターライズにおいて既存・新規のMCSデータを海底地形や地震応力場データと組み合わせ、大規模アウターライズ断層の活動性を表すSlip Tendencyの広域分布を推定する。また、海洋地殻を断ち切る断層がマントル流体上昇の通路となる可能性が指摘された（Park et al., 2021）宮城沖のアウターライズで、断層の海底付近堆積物と海水からヘリウム同位体比（3He/4He）を定期的に測定し、断層に沿った流体変動をモニタリングする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

【令和6年度】
(1) 宮城沖日本海溝海側の大規模アウターライズ断層付近でピストンコアラーによる表層採泥およびCTD採水を行い、海底堆積物試料と海水試料を採取する。希ガス専用質量分析計を用いて海底堆積物・海水試料に含まれるHe（ヘリウム）を抽出し、He濃度および同位体比（3He/4He）を測定する。
(2) 日本海溝アウターライズの広域で高分解能MCSデータを取得する。
(3) 南海トラフ沈み込み帯の速度構造モデル構築の高度化に深層学習（Deep Learning）アルゴリズムを導入する（手法開発開始）。

(4) 過去にJAMSTECが千島海溝で取得したMCSデータを用い、重合前深度マイグレーション処理を行うことで、P波速度構造モデルを構築し、デコルマに沿った間隙水圧を推定する。この結果を南海トラフや日本海溝の結果と比較する。
【令和7年度】
(1) 熊野沖南海トラフの前弧海盆でTime-lapse MCSデータを取得する。
(2) 熊野沖南海トラフの前弧海盆で海底堆積物・海水試料に含まれるHe（ヘリウム）を抽出し、He濃度および同位体比（3He/4He）を測定する。
(3) 南海トラフ沈み込み帯の速度構造モデル構築の高度化に深層学習（Deep Learning）アルゴリズムを導入する（手法開発継続）。
【令和8年度】
(1) 宮城沖日本海溝海側の大規模アウターライズ断層付近でHe（ヘリウム）濃度および同位体比（3He/4He）を測定し、過去の測定値（Park et al., 2021）や令和6年度の測定値と比較する。
(2) 日本海溝沖アウターライズの広域で高分解能MCSデータを取得し、過去に大気海洋研究所とJAMSTECが取得したMCSデータと統合し、大規模アウターライズ断層の広域Slip Tendencyマップを作成する。
(3) 南海トラフ沈み込み帯の速度構造モデル構築の高度化に深層学習（Deep Learning）アルゴリズムを導入する（手法完成）。
【令和9年度】
(1) 熊野沖南海トラフの前弧海盆でTime-lapse MCSデータを取得することで、既存MCSデータや令和7年度 MCSデータと比較し、巨大分岐断層に沿った流体移動の時間変化をモニタリングする。
(2) 熊野沖南海トラフの前弧海盆で海底堆積物・海水試料に含まれるHe（ヘリウム）を抽出し、He濃度および同位体比（3He/4He）を測定することで、過去の測定値（Tomonaga et al., 2020）や令和7年度の測定値と比較し、巨大分岐断層に沿った流体移動の時間変化をモニタリングする。
(3)過去にJAMSTECが南海トラフ沈み込み帯で取得した稠密MCSデータを用いる重合前深度マイグレーション処理に、深層学習（Deep Learning）アルゴリズムを利用し、広域のP波速度構造モデルを高精度で構築する。
【令和10年度】
(1) 宮城沖日本海溝海側の大規模アウターライズ断層付近でHe（ヘリウム）濃度および同位体比（3He/4He）を測定することで、過去の測定値や令和6・8年度の測定値と比較し、大規模アウターライズ断層に沿った流体移動の時間変化をモニタリングする。
(2) 千島海溝沖アウターライズの広域で高分解能MCSデータを取得し、過去にJAMSTECが取得したMCSデータと統合し、大規模アウターライズ断層の広域Slip Tendencyマップを作成する。
(3) 南海トラフ沈み込み帯で構築した高精度の広域P波速度構造モデルを深海掘削（DSDP/ODP/IODP）データと組み合わせ、デコルマに沿った間隙水圧の広域マップを作成する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

前計画「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第２次）」では、熊野沖南海トラフの前弧海盆で巨大分岐断層に沿ったマントル流体上昇を示唆するヘリウム同位体比（3He/4He）を検出した。東北沖の日本海溝に沈み込む前の海洋地殻を断ち切る大規模正断層の構造と物性を明らかにし、その断層に沿ったマントル流体の上昇を発見した。海溝の海側に発達する正断層に沿ったマントル流体上昇と海水浸透の証拠が初めて得られ、マントルと海洋を結ぶ大規模な流体循環モデルを構築した。東北沖日本海溝のデコルマの構造と物性を調査した結果、デコルマに沿った間隙水圧が異常に高いことを初めて発見した。デコルマの高い間隙水圧は断層面の強度低下をもたらし、2011年東北沖地震（M 9.0）の巨大津波を引き起こした可能性が高い。南海トラフ沿いの反射法地震探査データを深海掘削データと組み合わせ、海溝で沈み込む堆積物を調査し、砂層に富むタービダイトが浅部スロー地震発生の静穏域（プレート間固着の強い領域と概ね一致）に集中して分布することを明らかにした。透水性の優れたタービダイトがプレート境界断層の間隙水圧を低下させることで、断層面の剪断強度が大きくなり、スロー地震活動が静穏化した可能性が高い。

今年度は、本課題の「巨大地震・津波を引き起こす海底活断層の学際的観測研究」と密接に関連する、令和6年能登半島地震（M7.6）で津波を引き起こした海底活断層の実態解明の研究に着手した。令和6年1月1日に能登半島で大規模地震（M7.6）とそれに伴う津波で甚大な被害が発生した。震源断

層は能登半島の北西部から北東海域に至る全長約150 kmで、特に海域ではその断層の一部が津波を引き起こしたと考えられている。最近の一連の地震活動から、断層付近の深部流体が地震の引き金になったと推定されている。令和6年3月に能登半島の北東沖で実施された学術研究船「白鳳丸」緊急調査航海で取得された合計14本測線のマルチチャンネル反射法地震（MCS）探査データを用い、高精度地殻構造イメージングを目的とする重合前深度マイグレーション（Pre-stack depth migration：PSDM）処理を施した。その結果、地震発生域に広がる海底活断層群の高精度構造イメージングに成功した。海底活断層群の一部は、津波の波源域に分布し、海底付近まで到達していることから、今回の津波を引き起こした可能性がある。また、MCS探査と平行して実施した海底地形調査や海底表層地層探査データを解析し、一部の断層は海底面付近まで到達し、海底面の鉛直変位が約3〜5 mに達していることを発見した。さらに、能登半島北部沿岸において水中ドローンを用いた海底面変形調査を行い、令和6年能登半島地震に伴って形成された可能性のある海底断層のカメラ撮影に成功した。

なお、今年度の研究成果は、本課題の５か年計画と概ね一致している。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

令和6年能登半島地震（M7.6）で津波を引き起こした海底活断層の高精度構造イメージングに成功したことで、「関連の深い建議の項目」の“地震発生を支配する場の解明とモデル化”の目的達成に貢献している。令和6年能登半島地震（M7.6）で津波を引き起こした海底活断層の実態を解明することで、今後も日本海を含む日本各地で発生が懸念される活断層地震の活動評価の高精度化や、大規模な活断層地震の防災・減災対策に重要な貢献が期待される。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

朴 進午、Mohammadigheymasi Hamzeh、楊 一戈、Jamali Hondori Ehsan、三澤 文慶、野 徹雄、大塚 宏徳、2024、2024年能登半島地震（M7.6）破壊域に発達する海域活断層の構造イメージ、日本地震学会2024年度秋季大会、S22-05

Hamzeh Mohammadigheymasi, Yige Yang, Ehsan Jamali Hondori, Jin-Oh Park、2024、Advanced Seismic Depth Imaging of the Tsunamigenic Fault in the 2024 Noto (M7.6) Earthquake Rupture Area、日本地震学会2024年度秋季大会、S22-21

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

南海トラフ沈み込み帯の速度構造モデル構築の高度化に深層学習（Deep Learning）アルゴリズムを導入する。令和6年能登半島地震（M7.6）で津波を引き起こした海底活断層の実態を解明するために、震源断層の空間マッピングを行うとともに、震源断層の海底面付近で採取した海底堆積物・海水試料に含まれるHe（ヘリウム）を抽出し、He濃度および同位体比（3He/4He）を測定する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

朴進午（東京大学大気海洋研究所）,芦寿一郎（東京大学大気海洋研究所）,山口飛鳥（東京大学大気海洋研究所）,高畑直人（東京大学大気海洋研究所）

他機関との共同研究の有無：有

佐野有司（高知大学海洋コア国際研究所）,鹿児島渉悟（富山大学学術研究部理学系）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学大気海洋研究所　国際・研究推進チーム
電話：04-7136-6009
e-mail：iarp@aori.u-tokyo.ac.jp
URL：http://www.aori.u-tokyo.ac.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：朴進午
所属：東京大学大気海洋研究所

令和６年度年次報告

課題番号：AORI02

（1）実施機関名：

東京大学大気海洋研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）火山の活動度・噴火ポテンシャル評価を目的とする地球化学的観測研究
（英文）Geochemical observation research for assessing activity and eruption potential of volcanoes

（3）関連の深い建議の項目：

２地震・火山噴火の予測のための研究
(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）

（4）その他関連する建議の項目：

１地震・火山現象の解明のための研究
(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化

（5）本課題の５か年の到達目標：

陸上・海底火山の噴火や、それに誘発される津波などの災害は、社会や経済に深刻な影響を与える。防災・減災を目的として火山活動度を評価することは社会的に重要であり、マグマ・熱水系の状態の解明を目的とする火山観測体制が強化されてきた。火山ガスや熱水の化学・同位体組成は熱水系の物理化学的状態やマントル起源物質の混入率を反映するため、継続的に測定を行うことによって火山活動度の時間変動の解明に役立てることが可能である。本課題では、火山における地球化学的観測を通じて火山ガス・熱水等の成分を継続的に測定して、これまでに蓄積されている過去の観測データと比較・検討することにより、火山活動度の時間変動を定量的に解明する。その上で噴火に至る異常の有無、および将来の噴火・災害ポテンシャルについて評価を行うことを目的とする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

本研究では、前計画において観測を実施してきた火山等において継続的な化学的調査を実施する。陸上では木曽御嶽山や阿蘇山など、近年噴火や顕著な火山活動の高まりが観測されている火山を重点的に調査する。また海底火山については、研究船等による海洋観測が可能となる場合に、海底熱水活動が活発な鹿児島湾など熱水系が発達している海域や、日本海溝近傍などプチスポット火山活動による熱水活動が生じる海域を重点として観測を実施する。これらの地点を繰り返し観測することで、火山現象に重要な役割を果たすと考えられる地殻流体をモニタリングして、噴火に至るような異常の有無、および将来の災害発生ポテンシャルを評価する。具体的には、陸上では火山ガスや温泉水・地下水などを採取して、海底では主に熱水系探索のため採水や採泥を行い、その化学成分を分析する。特に火山活動に関与すると考えられる地殻流体に着目し、マントルまで至るような地球深部からもたらされる化学成分であるヘリウム同位体等の分析に重点を置く。令和6年度には、継続的に調査している木曽御嶽山などの活火山の観測を実施し、観測データを蓄積する。令和7年度以降も同様に継続観測している火山におけるデータの収集を続ける。また、海洋調査船の研究航海を適宜利用して、鹿児島湾・南西諸島や日本海溝近傍における観測を実施することで海底火山地帯における観測データを蓄積する。最終的には令和10年度までに、本研究で得られる観測データと過去のデータを比較することにより、火山活動・物質循環の時間変動を調査し、それに基づき噴火に至る異常の有無や災害ポテンシャルの評価を行うことを目標とする。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

前計画「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第２次）」（課題名：地球物理・化学的探査による海底火山および海底熱水活動の調査）では、学術研究船の研究航海により鹿児島湾から南西諸島において海底熱水活動の調査を行なった。特に鹿児島湾奥に存在する海底火山である若尊カルデラにおいては、2015年に桜島で火山活動が活発化した一方で、桜島と同じマグマだまりを持つ若尊カルデラでは活動度は変わっていないことをヘリウム−3を用いて明らかにした。また冬季の観測からカルデラ内の熱水性ヘリウムが冬季に完全に放出されて抜けることがわかり、夏季に蓄積されたヘリウムの過剰分から熱水性のヘリウムおよび二酸化炭素のフラックスを見積もることに成功した。陸上火山の調査としては、木曽御嶽山、箱根山で定期的に観測を行なうとともに、立山や阿蘇山、雲仙、十勝岳でも観測を行なった。箱根山や阿蘇山・雲仙岳のデータをまとめて学術誌で発表するなど、ヘリウムが長期的な火山活動評価に役立つことを示した。

本年度は、木曽御嶽山と箱根山で観測を2024年11月に行なった。火山周辺の温泉水・ガスを採取し、ヘリウム同位体や炭素同位体、ガス組成を分析し、その長期変動から火山の活動度に変化がないか調査した。2014年の噴火後、木曽御嶽山火口の近傍に位置する濁河温泉では、噴火前に観測されたようなヘリウム同位体比の高まりは観測されておらず、徐々に低下しているように見える。これは火山活動の静穏化を反映している可能性がある。また昨年度に引き続き北海道の十勝岳および雌阿寒岳で採取された噴気ガスのヘリウム分析を行ない、火山の活動度を調査した。加えて、2024年2月に採取したアトサヌプリ噴気ガスと周辺の温泉遊離ガスのヘリウム分析を行ない、火山の活動度を調査した。アトサヌプリについては2017年から2021年にかけて1年に1回以上の頻度で観測を実施しており、2024年のデータと比較を行なうことによって、火山活動の変化を反映すると考えられるヘリウム同位体比の時間変動を調査した。近年の観測結果からは、火山活動の活発化に伴うマグマ起源物質の供給量の増大を示唆するようなヘリウム同位体比の上昇は検出されていない。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

木曽御嶽山と箱根山はこれまで定期的に観測してきた火山であり、今年度も同様の観測を行なうことができた。また、アトサヌプリについても定期的に観測を実施してきた火山であり、同様にデータを収集することができた。火山噴火、特に、木曽御嶽山のように前兆現象が検出されにくい水蒸気噴火を起こす火山熱水系において、マグマ起源物質の混入に敏感なヘリウムなどの化学成分がどう反応するかを知ることで、火山噴火を支配する熱水系の構造の解明と火山活動度の評価に貢献できる。得られたヘリウム同位体比のデータから、木曽御嶽山の2014年噴火後の火山活動の変化や近年のアトサヌプリの火山活動の変化に関する情報を得ることができた。将来的にも、観測・化学分析で得られるデータの蓄積は、火山活動度の時間変動の解明に役立てることができ、化学成分で噴火が切迫していることがわかれば災害の軽減につなげることができる。そのため、今後も活動的な火山において観測を継続することが重要である。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Toki, T., K. Yasumura, N. Takahata, Y. Miyajima, H. Miyaki, K. Oohashi and M. Otsubo, 2024, Origin of helium in basement rocks and carbonate veins in Yonaguni Island, Geochem. J., 58, 293–303, doi:10.2343/geochemj.GJ24024,査読有,謝辞無

Lin, Y.-S., W.-J. Huang, L.-H. Lin, T. Lan, H.-J. Shao, C.-C. Su, K.-H. Fu, H.-F. Lee, C.-C. Huang, B.-S. Wang, N. Takahata, Y. Sano, S.-C. Chen, Y. Wang, I-H. Lee, 2024, Sources and Flux of Dissolved Inorganic Carbon in the Hydrothermally Active Corner of a Backarc Basin (Southwestern Okinawa Trough), J. Geophys. Res.: Oceans, 129, e2023JC020429, doi: 10.1029/2023JC020429,査読有,謝辞無

Kim, H., H. Lee, J.-H. Song, W. Lee, J. Hong, T. Kagoshima, N. Takahata, Y. Sano and T.P. Fischer, 2024, Latent magmatism beneath the Korean Peninsula caused by asthenosphere upwelling,

Comm. Earth Env., 5:427, doi: 10.1038/s43247-024-01592-4,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

鹿児島渉悟・高畑直人・朴進午・山野誠・佐野有司・KS-23-6次航海乗船研究者, 2024, 日本海溝アウターライズにおける間隙水中の3He/4He比の時間変動と流体の起源, 日本地球惑星科学連合大会2024, SCG52-03.

(9) 令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：火山：地球化学：採水
概要：木曽御嶽山において火山観測を実施した
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：長野県木曽町木曽御嶽山
調査・観測期間：2024/11/16-2024/11/18
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：火山：地球化学：採水
概要：箱根山において火山観測を実施した
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：神奈川県箱根山
調査・観測期間：2024/11/20-2024/11/21
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

(10) 令和７年度実施計画の概要：

本年度に引き続き木曽御嶽山の観測を実施するとともに、阿蘇山などの活動的な火山の観測を行なう。得られた試料のヘリウムなどを分析して、火山活動を反映すると考えられるデータを収集し、活動度を評価する。これまで観測を行なってきた火山については、新たに得られたデータと過去のデータとを比較することによって火山活動の変動を評価する。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

小畑元（東京大学大気海洋研究所）,高畑直人（東京大学大気海洋研究所）,秋澤紀克（東京大学大気海洋研究所）
他機関との共同研究の有無：有
鹿児島渉悟（富山大学）,佐野有司（高知大学海洋コア国際研究所）

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学大気海洋研究所国際・研究推進チーム
電話：04-7136-6009
e-mail：iarp@aori.u-tokyo.ac.jp
URL：http://www.aori.u-tokyo.ac.jp/

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：小畑元
所属：東京大学大気海洋研究所

令和６年度年次報告

課題番号：CBA_01

（1）実施機関名：

千葉大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）電磁気学的な各種先行現象の総合的研究

（英文）Comprehensive study of pre-earthquake electromagnetic phenomena

（3）関連の深い建議の項目：

2 地震・火山噴火の予測のための研究

(2) 地震発生確率の時間更新予測

イ. 観測データに基づく経験的な予測と検証

（4）その他関連する建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究

(2) 首都直下地震

6 観測基盤と研究推進体制の整備

(1) 観測研究基盤の開発・整備

イ. 観測・解析技術の開発

(4) 国際共同研究・国際協力

（5）本課題の５か年の到達目標：

2023年度までの課題において、地球磁場変動や電離圏電子数変動などの地球物理観測データの統計解析により地震との有意相関性や地震前兆性を示す現象の存在が明らかとなってきた。しかし、単独の現象の解析では、現実的な予測の点からは合格点には至っていない。そこで本計画では、2023年度までの課題に加えて、機械学習(AI)やデータ同化などの技術を用いて、地球観測ビッグデータの波形解析・特徴量分析を実施し、地震準備過程を精度よく把握・理解するとともに、地震前兆に関する情報をタイムリーに必要な品質で精度よく抽出し、マルチパラメータを入力とするデータ駆動型の地震発生確率数理モデルの構築に資する研究を実施する。具体的には点過程を仮定したEpidemic Type Aftershock Sequence (ETAS) を手本とする発生確率予測モデルにさまざまな地震前兆現象を組込んだ新しい地震予測手法の確立を目指す。有望な予測パラメータ調査も引き続き実施し、特に電離圏電子数変動の准リアルタイム解析・可視化システムの開発とラドン散逸量（地中フラックス）のネットワーク観測とリアルタイム解析技術の開発を実施する。また自前の観測データ以外に、前述のモデルに組み込む既存の他機関データ（GNSS-TEC等）の活用や、中国、台湾、米国、イタリア、ロシア、インド等の研究者とも協力し、国際的に短期地震予測研究を推進する。さらに、電磁気学的な先行現象発現メカニズムについて、室内実験等でいくつかの仮説について観測量を定性的・定量的に説明できるかについて検証を試みる。

（6）本課題の５か年計画の概要：

研究内容は、2019-2023年度に実施した課題のCBA_01の(1)地震に伴う電磁気現象を正確に捕捉する複合観測とデータ蓄積、(2)データ解析法の確立（信号弁別や時系列データ処理などの信号処理法や統計的評価法の開発）、(3)室内実験やモデルによる地震電磁気信号発生の物理機構解明、(4)電磁気学的、力学的、地震学的データとの関連性評価に資する研究に加えて、下記を遂行する。ア)地震前兆現象を用いた時変地震予測確率数理モデルの構築と応用、イ)AI・機械学習による地震前兆情報抽出とその発生機構の検討、ウ)国際ワークショップの観点を増強し、複数の地球物理学的前兆情報を組込んだ

包括的な地震予測確率数理モデルの構築を目指す。具体的には、下記のとおりである。

[1]. 観測（現行の(1)の継続）：全期間

・ULF帯、VLF帯、VHF帯電磁場観測を維持、短期予測に資するデータ収集（期間全体）。

・地圏―大気圏―電離圏結合の観測学的研究のための観測装置の開発

地震に先行するTEC異常の発生原因の１つと考えられている電場異常について観測学的に検証可能な装置を開発する。地中および地表付近のRn濃度やＬＦ帯大気電場等を測定する。着手（初年度）、テスト観測（2-3年度）、定常観測（3-5年度）の予定。

短期的な先行現象として統計的有意性を示した地磁気3成分観測およびVLF帯パルス電磁波の観測、さらに北海道大学、千葉大学、群馬大学を中心に行われてきたVHF帯放送波の散乱観測を継続する(ただし機材の更新は困難)。また、電離圏電子数変動（GNSS-TECデータ、イオノゾンデデータ）など、衛星熱赤外異常の解析を継続して実施する。いずれの観測項目でも、観測網を良好に維持し、事例を積み重ねる。本グループでは地震に先行する電離圏電子数変動や気象衛星ひまわりで観測された熱赤外温度異常について、統計的な有意相関とReceivers Operating Characteristics (ROC)的解析による前兆性を報告しているが、因果関係は未解明である。これらの原因の１つとして地震前の地中からの放射性ラドンガスの異常放出による地圏-大気圏-電離圏結合が提案されている。一方、地震活動に伴うラドン変動は1995年神戸地震の際に神戸薬科大学のYasuokaらが大気ラドン濃度の上昇を、および産総研のIgarashiらが地下水ラドン濃度の上昇を報告している。また、活断層直上でラドン濃度が増加することも報告されている。

そこで、特に[3]と連携し、地中ラドンflux計測のネットワーク観測システムを開発し、ラドンの地表への散逸量変動などの地表変動や地殻応力（歪）との関係の調査等に資するデータを蓄積する(南東北・能登・台湾等が候補地)。地中ラドンfluxは大気ラドン濃度よりも大気による拡散の影響や遠方由来の影響が小さく、その場の感度が高い。地下水ラドン濃度の観測は観測井が必要となり一般にコストがかかる。大気ラドン濃度の変動は別グループで研究されているが、大気ラドン濃度の変動と地震との関係を証明するためには、地中からのラドン放出異常とそれに続く大気ラドン濃度変動の観測学的な実証も必要で、彼らとの連携も期待できる。我々は、地中ラドン濃度、大気ラドン濃度、気象要素の予察的試験観測を行い、マルチチャンネル特異スペクトル解析によって気象由来の変動を弁別することで、地中から大気へのラドンfluxの推定およびflux変動と地殻変動との関係を調査してきた。その結果、ラドンfluxとGNSSによる地表歪との相関を示唆する結果を得た。そこで、地震活動が活発な地域において自動ネットワーク観測を実現すべくシステムの開発を実施する。気象等によるラドン変動の要因をマルチチャンネル特異スペクトル解析で弁別し、ラドンfluxが推定でき、複数観測点のデータをルーチン的に管理できるシステムを開発する。設置場所は地震活動と冬季の気候を考慮し、北関東・南東北あるいは積雪の少ない地域にて3点観測を実施し、システムの検証を行うとともに、地震や地殻変動によるラドン異常を観測学的に研究する。また、電離圏電子数変動ではその変動の自動解析と電離圏トモグラフィーによる3次元構造推定の準リアルタイム化も検討する。

[2]. 地震前兆現象を用いた時変地震予測確率数理モデルの開発と応用（現行の(2)(4)の発展版）：

・VHF帯観測データについては、予測マップを作成し、統計的な評価を実施する。またリアルタイム解析システムを開発（1-5年度を予定）。

・GNSS-TEC解析では、数日前の日変化パターンについては、準リアルタイム解析システムを開発（1-3年度）。

・イオノゾンデデータの解析による電離圏電子密度変動の準リアルタイム解析システムの開発（1-3年度）。

・電離圏トモグラフィーによる電離圏電子密度変動の連続可視化と変動予測システム構築（1-4年度）。準リアルタイムシステム構築（5年度）

・新規観測パラメータの統計的有意性や前兆性評価の検証（随時）

・電磁気学的，力学的，地震学的データとの関連性評価（随時）

・各種パラメータの組み合わせによる予測成功確率の変動の調査（随時）。

・海外で報告されている衛星観測データ地震前兆現象の検証に着手する（衛星熱赤外データ（TIR：ひまわりやLEOデータなど）、In-situプラズマ計測データ/電磁場データSWARM衛星、中国張衡1号など：初年度～）。統計的有意性や前兆性評価の検証（2年度～）

・slowslipに関する電磁気データの検討開始（1-5年度）
・b値や歪データ等と電磁気データの比較検討（1-5年度）
・個別の地震前兆現象を用いた時変地震予測確率数理モデルの開発・評価（1-5年度）
・複数の地震前兆現象を用いた時変地震予測確率数理モデルの開発・評価（3-5年度）
・時空間地震予測確率数理モデルの検討（3-5年目）

機械学習 (AI) やデータ同化等のビッグデータ解析技術を駆使した新しいデータ解析手法の開発と高精度観測データの充実により、地震準備過程で発生する弱い変化の前兆情報の検出精度を大幅に向上させ、複数の地球物理学的前兆情報を組込んだ包括的な地震予測確率数理モデルを構築する。上記に示したデータ解析（統計的有意性やROC解析等）や新しいでデータ解析手法の開発については、従来通り継続して実施する(令和6年度から令和10年度)。地震発生予測に関して、現在世界で最も優れた確率数理モデルはETASモデルである。ETASモデルは点過程モデルで、地震カタログを分析して、地震の背景レートと地震の自己励起による発生予測情報から地震（余震）発生確率の時間変化を予測する。本計画では、ETASの点過程モデルの条件付き強度の加法性を利用して、地上または衛星観測された前兆異常による予測情報を外部励起部分として追加した包括的な地震予測モデルを構築する。各種前兆現象のカーネル関数は前兆現象の特徴に応じて個別に開発する。前兆現象として、地上観測データ（ULF電磁場、ELF/VLF/LF電磁場、GNSS電離圏電子数変動、イオノゾンデ電離数電子変動、地震活動度、GNSS地表変位、ラドン濃度等）、衛星観測データ（衛星熱赤外変動（HimawariやMODIS等）、衛星電磁場、衛星高度電子数変動等）を調査する。前兆パラメータは固定せず、研究の進展に応じて、追加や削除が可能なopenシステムとするが、地震活動との統計的ROC的解析による前兆性が追加の条件である。まずは、統計的有意性や前兆性が担保されているULF磁場変動、GNSS電離圏電子数変動、衛星熱赤外変動について高精度時変モデルを開発し（令和6年度から3年間程度）、時空間へ拡張する（令和9年度から2年間程度）。また、短期予測精度の向上はROC解析にてAUC(Area Under Curve)が左上方向を通過する曲線に改善されることでもある。従来は個別パラメータについて調査してきたが、複数パラメータを用いたAUCの改善も試みる。

[3]．AI・機械学習による地震前兆情報抽出とその発生機構の検討（現行の(2)(3)(4)の発展版）：
[2]で同定された地震前兆変動について、AI・機械学習で自動検知できるシステムを必要に応じて構築し、リアルタイム監視に向けた調査を行う。また、室内実験や計算機実験等を行い、先行現象の発現・伝搬メカニズムの理解を進める。
・AI・機械学習による地震前兆情報抽出手法の検討とアルゴリズム構築（1-3年目)
・AI・機械学習による地震前兆情報抽出アルゴリズムの評価（4年目)
・AI・機械学習による地震前兆情報抽出アルゴリズムの実装（5年目)
・AI・機械学習による地震前兆情報抽出アルゴリズムの高度化（3-5年目)
・地震前兆情報の発生機構の検討（1-5年目)
・地殻電磁場発生モデルの構築と電離層電子密度変化のシミュレーションを実施し、地震前・地震動や津波によるのTEC異常現象の物理の解明を行う（1-5年度）。
・水槽実験や岩石破壊実験、計算機実験等でelectrokinetic（地下流体の流動による電流励起）による電磁現象の発生について検討する（1-5年度）。

新規に実施する主な事項は、数理モデルに組込む、地震活動との統計的有意性およびROC的解析による前兆性が担保されたパラメータは、地震準備過程で生じる特異な変動を検知している可能性が高い。前兆現象の波形、周波数、振幅、発生時間・場所等の特徴を詳細にかつ定量的に分析・評価し、深層学習やAI技術を用いた異常検知の実時間処理を検討する。これらのデータは前兆現象の発生機構（地震準備過程）の解明に資する。2002年10月および2007年8月の房総slowslipイベント時には、深夜に矩形電磁場変動が観測された。その波形の振幅や極性から地下に線電流源を仮定すると現象を説明でき、electrokinetic（地下流体の流動による電流励起）による電磁現象の発生を示唆している。岩石に圧力を印加すると、岩石中の流体の移動（electrokinetic効果）によって電流が励起され、類似した波形が記録される。同様な波形は地震前兆発生時にも観測されており、実際の観測データと室内岩石実験の結果と比較し、electrokineticモデルの妥当性（(1)地下応力変化により震源域から観測点近傍にて地下流動が発生、(2)それによる電磁場の発生、(3)観測点への伝搬、(4)多点観測された矩形波信号の振幅や継続時間等の特徴）をシミュレーション等で検討する。必要に応じて水槽に土層を敷詰め

水流を流す、水槽実験による検証も行う。また、電磁場変動とGNSS地表変位や歪、b値やラドンの地表への散逸量変動などの地表変動や地殻応力（歪）との関係も調査する。また、電離圏電子数変動ではその変動監視の自動化および準リアルタイム可視化を実施する。電離圏電子数層トモグラフィーによる3次元構造推定解析（発生メカニズム）も進める。

[4]. 国際ワークショップおよび成果報告会の開催：

初年度、3年度、最終年度に国際ワークショップを開催する。また、年1回（例えば12月頃）に学会等のセッションも利用しつつ、成果報告会を実施する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

研究内容は、2019-2023年度に実施した課題のCBA_01の(1)地震に伴う電磁気現象を正確に捕捉する複合観測とデータ蓄積、(2)データ解析法の確立（信号弁別や時系列データ処理などの信号処理法や統計的評価法の開発）、(3)室内実験やモデルによる地震電磁気信号発生の物理機構解明、(4)電磁気学的、力学的、地震学的データとの関連性評価に資する研究に加えて、下記を遂行する。(5)地震前兆現象を用いた時変地震予測確率数理モデルの構築と応用、(6)AI・機械学習による地震前兆情報抽出とその発生機構の検討、(7)国際ワークショップの観点を増強し、複数の地球物理学的前兆情報を組込んだ包括的な地震予測確率数理モデルの構築を目指す。具体的には、下記のとおりである。

[1]　観測

2019-2023年度にCBA_01で実施した下記の項目について、保守点検、移設、新規設置等の観測を実施した。

・ULF帯、VLF帯、VHF帯電磁場観測を維持、短期予測に資するデータ収集
・地圏－大気圏－電離圏結合の観測学的研究のための観測装置の開発
・地中ラドン観測装置の開発と定常観測

R6年度：四国・九州の観測点保守は3月に実施予定である。そのほかの観測点は概ね順調に稼働している。旭観測点に設置した地中ラドン観測器について、60 cmと100 cmの2つの異なる深さでの観測を継続している。また機器不良が発生し修理とWin11およびデータ収録装置の小型化への対応作業を実施した。容量性平板アンテナによるLF帯広帯域干渉計システムの開発について千葉大における連続観測と3点による干渉計観測の予察的な調査を実施した。

[2]　データ解析について

概ね順調に計画通り実施してきている。Slowslip 検知用の観測点について引き続き検討しているが、Slowslip域に近い海岸地域では調査した観測候補地の地下水位や電磁場環境から設置できなかった。

A. ULF磁場データの地震前兆性に関する統計解析

R6年度：昨年度に引き続き、統計的有意性、ROC的前兆性の評価を行っている。これらの結果は、地震電磁気現象を理解するのに役立ち、ULF 電磁アプローチに基づく予測モデルを改善することができる。この研究で提案された方法論は、予測方針を評価し、短期的な地震予測のために他の種類の測定を最適化するのにも役立つと考えている（Han et al., Entropy 2020）。また他の統計的有意性、ROC的前兆性が確認されたパラメータと合わせて、ETASモデルへの前兆現象の取込みについて引続き調査を行っている。JpGUやEMSEV等の学会において、柿岡観測点のULF磁場変動について、これまでに報告した論文に基づいたROC調査を行い、予測すべき地震を選定し、そのための最適パラメータを決定し、hindcastを実施した結果を報告した。それを用いた地震予測については前課題の期間（R5年度）から引き続き、研究室内で実施している。

また、地震に関連したULF電磁場を発生させる電流強度を、震源に流れる電流を起源とし、すべてのケースで同じ周波数依存性を持つと仮定して推定した。電流強度を推定するために、本研究で開発した吸収境界条件を用いて、地殻の導電率分布を考慮したULF電磁場シミュレーションを行った。ロマ・プリエタ、スピタク、グアム、ビアク、鹿児島、岩手県内陸北部、伊豆大群、ジャンムー・カシミール、アルムロック、汶川、ラクイラで発生した11の地震を解析した。その結果、11事象のうち9事象において、電流強度と地震マグニチュードの間に正の相関があることが示され、測定されたULF

場が地震活動に由来することが示唆され、我々の仮定が支持された（Kimura et al., RS 2024）

B．地中ラドン濃度解析

R6年度：千葉県旭市、茨城県美浦にてα線を計測する地中ラドン濃度観測データの解析を継続中である。旭観測点において深さ60 cmと100 cmに地中ラドン計測装置を設置し、降雨や気象の影響、計算した地中ラドンフラックスの妥当性を検証している。令和2年度マルチチャンネル特異スペクトル解析を用いて気圧および温度による変動を除去し、ラドンフラックスを求める手法を提案したが、2時間の降雨量が20 mmを超える場合に有意なラドンフラックスの増加があることがわかった（小島ら J. Atmos. Electr. 2020）。これが降雨による雨水の浸透による地中ラドンフラックス増加が原因であることを観測的に確認し、そのモデルを検討した（根本ら J. Atmos. Electr. 2021）が、新たに観測されたデータでは強い降雨とラドンフラックスとの間に有意な関係がない結果も得られており、降雨に関しては再検討が必要である。

C．電離圏電子数変動の解析

（1）中国地震電磁気衛星（CSES-1）データ解析　中国・台湾等との共同研究

R6年度：2018年2月2日に打ち上げられた中国の地震電磁気衛星（CSES-1）のIn-situ 電離圏電子数変動との変動について引き続き調査を行っている。

（2）Coseisimic / Preseismic（直前）電離圏電子数変動

R6年度： 2024 年能登半島地震M7.5 の地震の事例について、電離圏総電子数の正の異常は、本震の約 9 分後に出現し、最初の鋭いピークは、約100 km にわたる断層の両端で励起された 2 つの音波パルスで構成され、その後の一連のより小さな振幅の広いピークが続き、そのうち最大のピークは、本震の約8分後に断層の北東端付近でゆっくりとした断層破壊によって励起された可能性があることがわかった。これらの信号は、波面が中規模の移動性電離層擾乱の波面と重なる場所で大きくなり、電離圏内の高電子密度領域の下方への変位によってcoseismic信号が増強される可能性があることを示唆している(Heki et al., EPSL2024)。

2023年のトルコ南部のカフラマンマラシュ地震Mw7.8 とその直後のMw7.5 の地震について電離圏総電子数変動を調査したところ、最初の地震の約 23 分前にTECの正の変化が始まり、異常が背景の約 2% に達したことがわかった。この値は過去の経験値と一致していた。一方、2 回目の地震直前の変化は移動性電離層擾乱活動により検出できなかった(Heki et al.,2025)。

　また、電離圏電子数変動を利用した電離圏地震学および火山学の知見をまとめた論文や、電離圏擾乱を弁別するためにその基本的性質（地磁気データや干渉 SAR (InSAR) 、多重開口干渉法 (MAI)）に関する調査も実施した。

（3）電離圏総電子数変動GNSS-TEC/GIM-TEC（地震の数日から数週間前）

R6年度：電離圏総電子数の全球のグリッドデータであるGIM（Global Ionosphere Map）を用いたTEC解析（GIM-TEC）について、いくつかの事例解析と全球のM7以上について大規模地震の統計解析(2000-2024年)を実施した。GIMはCODEが公開しているものを使用した。緯度経度の分解能がそれぞれ2.5度および5度、時間分解能が1時間であるため空間分解能が粗い。磁気緯度で結果を整理するなど詳細な分析を今後実施する予定である。

（4）津波による電子数変動の解析　台湾との共同研究

R6年度：項目(6)で開発した線形正則化電離圏トモグラフィーを用いて上述の2011年のM9.0東北地方太平洋沖地震に発震後の3次元構造を調査したところ、地震動の関しては水平方向に速度約2.3-3.3 km/s、津波に関しては水平方向に速度200-230m/sで電離層中を伝搬する波動を検知できた。これは、昨年度の解析結果と調和的である。また、地震動に関しては垂直方向に450-600 kmの波長があり、津波に関しては垂直方向に約200-250 kmの波長があることも初めてわかった。特に津波に関しては、推定される背景の中性大気が北方向に49.3 m/sで移動することが初めて観測的に推定することができた。これらの数値は大気重力波の条件（分散式）を満足する合理的な値となっており、津波による電離層の擾乱が大気重力波で発生したことを強く示唆するものである。今後の津波による大気重力波発生の理解に大きく貢献する結果を世界で初めて導出した（宋2022千葉大学大学院融合理工学府博士学位論文）。本成果を今年度中にSong et al.の論文として投稿予定である。

（5）イオノゾンデ統計解析

R6年度：近年、地震に先行する電離圏電子数異常の報告が多くされている。例えば、Kon et al., 2011では、日本上空における電離圏総電子数(TEC) は浅いM>6の地震1-5日前に正の有意相関があることを示した。しかし、GNSSデータは1990年代以降しか存在しない。そこで、1958年以降の長期にわたるデータの存在する地上の電離圏観測機器であるイオノゾンデに注目し、電離圏の最大電子密度（NmF2）とその高度（hmF2）について地震との相関解析を行った。NmF2について前15日間の中央値と四分位範囲（IQR）を用いて、観測値が中央値+1.5IQR、または中央値-1.5IQRを超える場合、異常と定義した。2024年能登半島地震について、30日前以上の電離圏総電子異数異常について、学会で報告があったためこれまでは地震発生日前後30日間の統計解析を実施していたが、この期間を地震発生日前後45日間に拡大し、再解析を実施した。解析にはNICTのイオノゾンデデータ（国分寺、北海道・稚内、鹿児島・山川、沖縄・大宜味）を実施している（リアルタイムでも）。さらに、Molchan’s Error Diagram（MED）解析を適用し、地震前後45日間のNmF2の前兆性の評価にも着手した。現在は国分寺データで地磁気嵐を除去しない場合の解析が終了している。国分寺の予察的結果では、地震のマグニチュードが大きく、観測点に震央距離が近く、浅い地震ほど統計的有意性や前兆性が高くなることがわかった。30日以前の有意性についても認められたが、孤立地震についてはその影響が小さくなる傾向があり、地磁気嵐など除去するなど詳細な検討が必要である。

（6）電離圏トモグラフィーによる電離圏電子密度変動の可視化と変動予測

R6年度：地震に先行する電離圏電子数の発生物理メカニズムは未解明である。物理機構を推定するために、電離圏電子分布の3次元構造を理解することは重要である。Hirooka et al.,2012では、擾乱電離圏に適用可能な、ニューラルネットを用いた非線形電離圏トモグラフィーを開発し、GEONETデータに適用してきた。しかし、この手法は夜間にTECデータのSN比が低下すると電子密度分布の推定が不安定となる欠点があった。地震先行電離圏異常は昼夜問わず継続的に発生している。したがって、電離圏電子分布の継続的な再構成が可能な電離圏トモグラフィーの開発に着手した。R5年度までの研究において、Phillips-Tikhonov正則化法が有効であることがわかった。電離圏擾乱時にこの3次元密度分布を適切に連続的に再構成することが可能なトモグラフィー手法の開発と準リアルタイム解析手法を引き続き開発中である。アルゴリズムの基本は昨年度までに開発した手法で、対象とする空間ボクセルに対して東西南北上下の6方向への変動に着目して拘束条件をかけるかわりに、上下の2方向（地磁気方向）に限ることにより、変動の大きい擾乱時の電離圏電子密度分布も再現可能にしている（Song et al., JGR SP 2021）。

D．大気圏熱赤外異常解析　気象衛星ひまわりデータの解析　イタリアとの共同解析

本研究成果をまとめたN. Genzano, C. Filizzola, K. Hattori, N. Pergola, and V. Tramutoli, Statistical correlation analysis　between thermal infrared anomalies 1 observed from MTSATs and large earthquakes occurred in Japan (2005 - 2015), J Geophys. Res. SE, 126, e2020JB020108, 2021, doi:10.1029/2020JB020108 がJGR2021-2022のtop cited articleに選出された。2025年1月現在top10%論文となっている。

R6年度：昨年度に引き続きひまわり8-9号については、2018年新燃岳の溶岩噴出を例に、火山活動に伴う温度異常、特に溶岩流出や溶岩ドーム形成に関連する温度異常を検出するアルゴリズムの開発を行っている。具体的には、地殻変動観測衛星ひまわり8号に搭載された高時間分解能センサAdvanced Himawari Imager（AHI）の赤外データを用いて、2018年の新燃岳火口周辺の地表温度の時空間統計解析を行った。雲判別手法や地表面温度変化の特性について、精緻化・高度化した結果、夜間だけでなく太陽光のある日中も含めた10分間サンプリングの輝度温度データを用いて、最初の火山噴火の数時間前に高い特異点異常を検出できることを示した。ひまわり8号の輝度温度データが火山溶岩活動の監視や溶岩流出の迅速な検知に有効であることが示唆された（論文査読中）。

E．中国の孔内歪計データの解析（中国・吉林大学との共同研究）、および地震統計解析（中国南方科技大等との共同研究）

R6年度：前年度に引続き、b値解析を実施している。2024年能登地震や関東地域のb値解析やP値解析対象地域を増加した。また、新たに国内のGNSSデータを用いて（4観測点の対角線の交点における疑似歪を算出）、歪計測の疑似ネットワークを構成し、そのネットワークの関連度の調査研究を2018年

熊本地震を対象に実施している。

F．VLF帯およびLF帯電磁放射の解析

R6年度：LF帯の地震前電磁放射については多くの報告があるが、その多くは狭帯域パルスの強度に関するものであり、発生源の位置に関する議論は少ない。そこでLF帯広帯域干渉計の開発を進めている。昨年度までに、干渉計素子の開発が終了し、素子による連続観測を行っている。波形解析の予備的な結果、対地雷によるLF/VLF波形信号を正常に記録することがわかった。そこで、本年度はノイズとなる雷放電素過程の同定および除去を適切に行うシステムの構築を目的に次の2つのアプローチに取組んだ。1つ目は単観測点で得られたデータから機械学習を用いて特徴が既知である雷放電電磁パルスを同定および除去するアプローチである。特徴量パラメータ30個から5種類の雷放電素過程（PB，K-event，RS，CCD，遠隔雷）に分類するランダムフォレストを構築した。その結果、90％以上の精度での分類が可能であることがわかった．また2023年5月の観測データに本モデルを適用し，その分類結果を考慮したパルス数変動調査（ランダムフォレストにおける最大分類確率が0.50未満のものを地震に関連している可能性があるunknown信号とする）を行った。その結果、約88.5%のパルスが既知の雷放電ノイズとして同定・除去でき、1時間当たりのunknownパルス数の平均+2σを超える異常増加を計34時間検出した。ある時間帯のUnknown波形を精査したところ，一部を除き，特徴が既知の雷ノイズがほぼ除去できており，Unknown波形の典型例に関しても，妥当であることが確認できた。以上の調査から，構築したランダムフォレストは地震に関連するVLF/LF信号検出手法の一部として有効であると考える．2つ目は電磁放射の波源位置を標定するVLF/LF帯広帯域干渉計システムを構築することである。本論文では、千葉大観測点，旭観測点，美浦観測点の3観測点にてテスト観測を実施した。観測期間中発生した干渉計ネットワーク内部の対地雷を対象にLIDENの標定結果と比較したところ、波形の相違が大きい場合標定誤差が大きくなる傾向があるものの、概ね数km～10km程度の誤差で標定され，構築した干渉計システムは電磁放射位置推定システムとして有効であることがわかった。

G．VHF帯の解析

埼玉西部地域における見通し内VHF帯放送波の伝搬異常と地震発生の関連性の統計解析や中波（MF帯）のレイトレーシングによる伝搬機構の解析を実施した。

[3]　室内実験やモデルによる地震電磁気信号発生の物理機構解明

[4]　電磁気学的、力学的、地震学的データとの関連性評価に資する研究

R6年度：[3][4]についてまとめて記す。ULF帯の地震前兆信号の発生機構として界面導電現象が提案されている。その効果を実験的に調査するために水路実験や小型水槽実験が実施されてきた。これまでの結果から、水の動きや土層の変位と自然電位(SP)変動との間に関係が確認され、界面導電現象の可能性を支持してきた。小型水槽実験では、観測されたSP値から地下の圧力水頭や水流を指定する2次元や3次元トモグラフィーが開発されてきた。今年度は地下水動態の2次元および3次元シミュレーションによる界面動電現象モデルと水槽実験との比較検証を実施した。また、観測を実施している房総地域の地下の電気的構造を推定するためには、MT探査が必要であるが直流電車のノイズが問題となる。インターステーション変換関数法とマルチ特異スペクトル解析法を用いたノイズを除去する手法の開発に着手した（Chen et al., IEEETRGS2024、Kaneko et al., JpGU）。地下の電気的構造モデルは海面導電現象等で発生した前兆信号の伝播や発生場所の推定のためには不可欠である。

超臨界水による地殻の断層と電離層間の容量結合モデルについて、実験による検討を行った。大地震の潜在的な前兆として電離圏電子数変動が報告されている。地殻内で層状の亀裂が生じ始めると、岩石は高圧下で摩擦を受け、非常に高温になる。ボーリング調査によってスメクタイトを多く含むガウジが発見され、スメクタイトには水が含まれており、亀裂によって水が絞り出される。高圧高温下では、水は超臨界状態になり、電気抵抗が増加する。亀裂が始まり層が動き始めると、微粒子が生成され、亀裂層内で帯電する。摩擦帯電も発生する可能性があります。すると、亀裂層を横切る電圧が増加し、ある電圧に達すると、層内で絶縁破壊による電磁波が発生する。この絶縁破壊により、亀裂層に発生する最大電圧は、推定で約300に制限される。亀裂層は薄いため、地表と電離層間の静電容量に比べて静電容量が大きい。地殻内部の亀裂層で発生した電圧、つまり摂動を引き起こす電界は、静電容量結合によって電離層に伝達される。地殻内部の亀裂層の単位面積あたりの電荷量とエネルギー量のオーダー推定は、電離層で電子が約20 km下方にドリフトするために必要なものと一致する。さらに、表面電位が300 V増加すると、電離層に約1 mV/mの電界が発生する可能性がある。この値は、中

規模の移動性電離圏擾乱TIDの速度を変えることができる。この静電容量結合の可能性を確認するために、高温高圧下で粘土/水混合物の予備充電テストを実施した結果、超臨界状態での帯電が、地震に関連する摂動に対する電圧発生の原因の1つとして考慮されるべきであることを示した（Mizuno and Umeno, 2024）。

[5]　地震前兆現象を用いた時変地震予測確率数理モデルの開発と応用（上記(2)(4)の発展）

・GNSS-TEC解析では、数日前の日変化パターンについては、準リアルタイム解析システムを開発：全球グリッドデータのGIM-TECについてはデータの手動のダウンロードに応じて計算できるプロトタイプはほぼ完成。GNSS-TECのプロトタイプを次年度以降
・イオノゾンデデータの解析による電離圏電子密度変動の準リアルタイム解析システムの開発：手動による解析システムのアルゴリズムはほぼ完成。磁気嵐等の効果についての検討は今後の課題である。
・電離圏トモグラフィーによる電離圏電子密度変動の連続可視化と変動予測システム構築と準リアルタイムシステム構築：現在取組中。
・新規観測パラメータの統計的有意性や前兆性評価の検証
・電磁気学的，力学的，地震学的データとの関連性評価
・各種パラメータの組み合わせによる予測成功確率の変動の調査
・個別の地震前兆現象を用いた時変地震予測確率数理モデルの開発・評価

機械学習 (AI) やデータ同化等のビッグデータ解析技術を駆使した新しいデータ解析手法の開発と高精度観測データの充実により、地震準備過程で発生する弱い変化の前兆情報の検出精度を大幅に向上させる取り組みをLF帯広帯域電磁波観測システムデータ前述のFについて着手した。ランダムフォレストを利用することで波形データの効率的な弁別が可能であることを試験的に示すことができた。確率数理モデルについては、2024年11月に理化学研究所計算科学研究センターにおいて天気予報についてデータ駆動型予測研究の第一人者である三好健正博士と合同研究会を開催し、情報交換を実施した。ETASの点過程モデルの条件付き強度の加法性を利用して、観測された前兆異常による予測情報を外部励起部分としてまずはULF磁場変動を追加した包括的な地震予測モデルを構築することに着手した。

[6]　AI・機械学習による地震前兆情報抽出とその発生機構の検討（(2)(3)(4)の発展版）

[2]で同定された地震前兆変動について、AI・機械学習で自動検知できるシステムを必要に応じて構築し、リアルタイム監視に向けた調査を行う。また、室内実験や計算機実験等を行い、先行現象の発現・伝搬メカニズムの理解を進める。
・AI・機械学習による地震前兆情報抽出手法の検討とアルゴリズム構築（1-3年目)
・AI・機械学習による地震前兆情報抽出アルゴリズムの評価（4年目)
・AI・機械学習による地震前兆情報抽出アルゴリズムの実装（5年目)
・AI・機械学習による地震前兆情報抽出アルゴリズムの高度化（3-5年目)
・地震前兆情報の発生機構の検討（1-5年目)
・地殻電磁場発生モデルの構築と電離層電子密度変化のシミュレーションを実施し、地震前・地震動や津波によるTEC異常現象の物理の解明を行う（1-5年度）。
・水槽実験や岩石破壊実験、計算機実験等でelectrokinetic（地下流体の流動による電流励起）による電磁現象の発生について検討する（1-5年度）。

新規に実施する主な事項は、数理モデルに組込む、地震活動との統計的有意性およびROC的解析による前兆性が担保されたパラメータは、地震準備過程で生じる特異な変動を検知している可能性が高い。前兆現象の波形、周波数、振幅、発生時間・場所等の特徴を詳細にかつ定量的に分析・評価し、深層学習やAI技術を用いた異常検知の実時間処理を検討する。これらのデータは前兆現象の発生機構（地震準備過程）の解明に資する。2002年10月および2007年8月の房総slowslipイベント時には、深夜に矩形電磁場変動が観測された。その波形の振幅や極性から地下に線電流源を仮定すると現象を説明でき、electrokinetic（地下流体の流動による電流励起）による電磁現象の発生を示唆している。岩石に圧力を印加すると、岩石中の流体の移動（electrokinetic効果）によって電流が励起され、類似した波形が記録される。同様な波形は地震前兆発生時にも観測されており、実際の観測データと室内岩石実験の結果と比較し、electrokineticモデルの妥当性（(1)地下応力変化により震源域から観測点近傍にて地下流動が発生、(2)それによる電磁場の発生、(3)観測点への伝搬、(4)多点観測された矩形波信号の振幅や継続時間等の特徴）をシミュレーション等で検討する。必要に応じて水槽に土層を敷詰め

水流を流す、水槽実験による検証も行う。また、電磁場変動とGNSS地表変位や歪、b値やラドンの地表への散逸量変動などの地表変動や地殻応力（歪）との関係も調査する。また、電離圏電子数変動でその変動監視の自動化および準リアルタイム可視化を実施する。電離圏電子数層トモグラフィーによる3次元構造推定解析（発生メカニズム）も進める。

[7]　国際ワークショップ等の企画

R6年度：

a. JPGU における国際セッションInterdisciplinary studies on pre-earthquake processes（幕張メッセ、2024年5月26日、講演数：口頭15件、ポスター13件）

b. 8th Int’l Workshop on Earthquake Preparation Process（千葉大学、2024年5月29日- 30日、講演数：口頭22、ポスター18件、参加者約50名（海外からの参加者29名））

c. The 1st Meeting on MOST-RIKEN Joint Project　（理化学研究所計算科学研究センター、2024年11月29日）、非公開、参加者9名）

d. 第74回地震電磁気セミナー（千葉大学（hybrid形式）、2024年12月10日）、講演数：口頭発表2件、参加者数約20名、うち海外からの参加者2名)

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

２．地震・火山噴火の予測のための研究

（２）地震発生確率の時間更新予測　イ．観測データに基づく経験的な予測と検証

災害の軽減や防災対策の立案に貢献するため，地震・火山現象の科学的な理解に基づいた 地震発生の予測に関する研究を進めてきた。CBA_01では、観測データの前兆性の検知に基づくデータ駆動型の経験的アプローチによる地震短期予測に資する研究を遂行している。災害の軽減に最も効果的である短期予測情報の発信とそれを応用したレジリエントな社会創成を目指している。令和6年度は先行現象を網羅的に検出する方法を開発するほか，機械学習等のデータ駆動科学の導入も志向し、下記の事項に精力的に取組んだ。

〇各種先行現象候補に基づく試行予測と地震カタログの比較による予測能力評価を継続・拡充する。電磁気・地球化学データについては独自観測及びデータ収集を継続する。また，海外のグループが取得した衛星観測データの活用を通じて国際共同研究を推進する。

〇機械学習などのデータ駆動手法も活用して，観測データの特徴づけと異常抽出の手法を高度化する。また，複数の先行現象の情報を組み込んだ確率予測モデルを構築する。

〇ETASモデルなどの比較的確立された手法について，地震発生確率の予測性能の系統的な事後検証を行うとともに，その予測情報の社会的有用性について検討する。

〇大学は，先行事象の詳細な分析，先行性と地学条件の比較，応力擾乱による地震トリガリングとの比較，室内実験や物理モデリングなどを通して，先行現象の発生機構を探る。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Kimura R., Y. Ando, L. Kukiyama, T. Masuzawa, K. Hattori, and M. Hayakawa, 2024, A Numerical Consideration on the Correlation Between Magnitude of Earthquakes and Current Intensity Causing ULF Electromagnetic Wave Emission, Radio Science, 59(7), e2023RS007923, doi: 10.1029/2023rs007923,査読有,謝辞無

Chen H., P. Han, and K. Hattori, 2024, Ultra-low frequency Geomagnetic Signal Extraction: An Interstation Transfer Function Method based on Multivariate Wavelet Coherence, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 62, 5926711, doi:10.1109/TGRS.2024.3456433,査読有,謝辞無

Enomoto R., H. Nakata, R. Song, K. Hattori, K. Hosokawa, and H. Ohya, 2024, Analysis of Concentric Traveling Ionospheric Disturbances associated with typhoon Faxai in 2019 using HF Doppler Soundings, J. Atmospheric Electricity, 43, 1-7, doi:10.1541/jae.43.1,査読有,謝辞無

北出明嗣, 金子柊, 吉野千恵, 服部克巳, 2024, ひまわり8号AHIデータを用いた溶岩噴出前の地表面温度変化の検知, 大気電気学会誌, Vol.18(1) (No.104), 48-49,査読無,謝辞有

太田悠一朗, 吉野千恵, 三浦健伸, 服部克巳, 2024, 波形解析によって同定した非対地雷LF帯電磁パルス数の時間変化の特徴について, 大気電気学会誌, Vol.18(1) (No.104), 77-78,査読無,謝辞有

Wang Y., R. Wang, P. Han, T. Zhao, M. Miao, L. Su, Z. Jin, and J. Zhuang, 2025, Statistical characteristics of strong earthquake sequence in northeastern Tibetan plateau, Entropy, 27:174, doi:10.3390/e27020174,査読有,謝辞無

Gentili S., P. Brondi, M. Sugan, G. Petrillo, J. Zhuang, and S. Campanella, 2024, Seismic clusters and fluids diffusion: a lesson from the 2018 Molise (Southern Italy) earthquake sequence, Earth Planets Space, 76:157, doi:10.1186/s40623-024-02096-3,査読有,謝辞無

Schoenberg F., W. Werner, Y. Rong, D. Marsan, and J. Zhuang, 2024, Preface to the focus section on statistical seismology, devoted to the memory of the late Yan Kagan, Dave Jackson, and Ilya Zaliapin", Seism. Res. Lett., 95(6): 3156-3160, doi:10.1785/0220240370,査読有,謝辞無

Zhuang J., 2024, Earthquake predictability and forecast evaluation using likelihood based marginal and conditional scores, Seism. Res. Lett., 95(6): 3593-3603, doi:10.1785/0220240256,査読有,謝辞無

Petrillo G., T. Kumazawa, F. Napolitano, P. Capuano, and J. Zhuang, 2024, Fluids-Triggered Swarm sequence supported by a non-Stationary Epidemic-like description of Seismicity, Seism. Res. Lett., 95(6): 3207-3220, doi:10.1785/0220240056,査読有,謝辞無

Bernabeu A., J. Zhuang, J. and Mateu J, 2024, Spatio-temporal Hawkes point processes: a review, J. Agricultural, Biological, and Environmental Statistics, doi:10.1007/s13253-024-00653-7,査読有,謝辞無

Mizrahi L., I. Dallo, N. J. van der Elst, A. Christophersen, I. Spassiani, M. J. Werner, P. Iturrieta, J. A. Bayona, I. Iervolino, M. Schneider, M. T. Page, J. Zhuang, M. Herrmann, A. J. Michael, G. Falcone, W. Marzocchi, D. Rhoades, M. Gerstenberger, L. Gulia, D. Schorlemmer, J. Becker, M. Han, L. Kuratle, M. Marti, and S. Wiemer, 2024, Developing, Testing, and Communicating EarthquakeForecasts: Current Practices and Future Directions, Reviews of Geophysics, 62, e2023RG000823, doi:10.1029/2023RG000823,査読有,謝辞無

Hammond C. R., J. Zhuang, C. LeBlanc, S. Rahimi-Ardabily, T. Zhang, R. Good, and F. J. Loge, 2024, Conceptual Water Main Failure Risk: Self-Excitation, Pipe Age, and Statistical Modeling Performance, J. Water Resources Planning and Management, 150: 04024042, doi: 10.1061/JWRMD5.WRENG-6432,査読有,謝辞無

Liu Y., J. Zhuang, Y. Guo, C. Jiang, Q. Tain, Y. Zhang, and F. Long, 2024, Background and clustering characteristics of recent seismicity in Southwestern China, Geophys. J. Int., 238: 1291-1313, doi:10.1093/gji/ggae211,査読有,謝辞無

Si Z., J. Zhuang, C. Jiang, S. Gentili, and W. Wang, 2024, A Bayesian merging of earthquake magnitudes determined by multiple seismic networks, Seism. Res. Lett., 95:3221-3233, doi:10.1785/0220230404,査読有,謝辞無

Spassiani I., G. Petrillo, and J. Zhuang, 2024, Distribution related to all samples and extreme events in the ETAS cluster, Seism. Res. Lett., 95: 3234-3242, doi:10.1785/0220230324,査読有,謝辞無

Petrillo G., and J. Zhuang, 2024, Bayesian earthquake forecasting approach based on the Epidemic Type Aftershock Sequence model, Earth Planets Space, 76: 78, doi:10.1186/s40623-024-02021-8,査読有,謝辞無

Guo Y., J. Zhuang, and H. Zhang, 2024, Statistical modeling of 3D seismicity and its correlation with fault slips along major faults in California, Earth Planet. Sci. Lett., 638: 118747, doi:10.1016/j.epsl.2024.118747,査読有,謝辞無

Li Y., J. Zhuang, C. Shi, Y. Guo, and Z. Xiong, 2024, A 3D spherical ETAS model: A case study in the Alaska-Aleutian region, Seism. Res. Lett., 95(6): 316103173, doi:10.1785/0220230440,査読有,謝辞無

Shen X., and J. Zhuang, 2024, Residual analysis based model improvement for state space models with nonlinear responses, IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence, 8: 1728-1743, doi:10.1109/TETCI.2024.3355813,査読有,謝辞無

Tanaka H. and K. Umeno, 2024, Bayesian Updating on Time Intervals at Different Magnitude Thresholds in a Marked Point Process and Its Application to Synthetic Seismic Activity, J. the Physical Society of Japan, 93, 024001, 1-26, doi:10.7566/JPSJ.93.024001,査読有,謝辞無

Mizuno A., M. Kao, and K. Umeno, 2024, A capacitive coupling model between the ionosphere and a fault layer in the crust with supercritical water, Int. J. Plasma Environ. Sci. Technol., 18, doi:10.34343/ijpest.2024.18.e01003,査読有,謝辞無

Heki, K., 2024, Decoding multiple source signatures in coseismic ionospheric disturbances of the 2024 January Mw7.5 Noto-Peninsula earthquake, Central Japan, Earth Planet. Sci., Lett., 640, 118796, doi:10.1016/j.epsl.2024.118796,査読有,謝辞無

Ray, S., B. Senapati, B. Kundu, and K. Heki, 2024, A global perspective on the interaction between Earth's magnetic field and ionospheric disturbances, Adv. Space Res., doi:10.1016/j.asr.2024.06.072,査読有,謝辞無

Heki, K., 2024, GNSS applications for ionospheric seismology and volcanology, Chapter 8 of “GNSS Monitoring of the Terrestrial Environment: Earthquakes, Volcanoes, and Climate Changes” edited by Y. Aoki and C. Kreemer, Part I Monitoring earthquakes and volcanoes, Elsevier, doi:10.1016/B978-0-323-95507-2.00014-1,査読有,謝辞無

Fujimoto, T., M. Furuya, and K. Heki, 2024, Fine structure of a daytime mid-latitude sporadic-E revealed by GNSS TEC, InSAR, and MAI, Earth Planets Space, 76, 138, doi:10.1186/s40623-024-02086-5,査読有,謝辞無

Muafiry, I. N., I. Meilano, D. D. Wijaya, E. Sentürk, and K. Heki, 2025, Ionospheric changes immediately before the 2023 February Kahramanmaras earthquakes, Turkey, Adv. Space Res., 75, 3150-3158, doi:10.1016/j.asr.2024.11.011,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

Hattori K., 2024, Short-Term Earthquake Forecast Using Precursor Phenomena, 2024 Annual Meeting, Seismological Society of America, 149

Ouzounov D., K. Hattori, S. Pulinets, J. Y. Liu, M. C Kafatos, L. Petrov, and P. Taylor, 2024, Regional patterns in the re-occurrence of pre-earthquake signals in the atmosphere. Case study for Noto M7.6 of Jan 1, 2024, and 6.8 M Niigata Chuetsu-Oki of Jul 16, 2007, 日本地球惑星科学連合2024年大会, MIS04-06

Liu J. Y., K. Hattori, C. Y. Lin, Y. C. Wen, F. Y. Chang, and Y. I. Chen, 2024, Seismo-Ionospheric precursors of the 1 January 2024 Noto M7.6 Earthquake, 日本地球惑星科学連合2024年大会, MIS04-07

NODA Y., W. Li, C. Yoshino, and K. Hattori, 2024, Characteristics of Spatio-Temporal variation of b-values with statistical assessment and GNSS-based strain: Application to 2024 Noto

Peninsula Earthquake, 日本地球惑星科学連合2024年大会, MIS04-P02

Li W., C. Yoshino, and K. Hattori, 2024, Analysis of background and triggered seismicity of Noto Peninsula of Ishikawa, Japan, based on space-time ETAS model, 日本地球惑星科学連合2024年大会, MIS04-P03

Hattori K., S. Kaneko, Y. NODA, C. Yoshino, and P. Han, 2024, Hindcast and forecast of earthquake activity using ULF magnetic data around the station based on ROC results during 2001-2010., 日本地球惑星科学連合2024年大会, MIS04-P04

Kaneko S., T. Mogi, C. Yoshino, and K. Hattori, 2024, A development of noise reduction method for ULF band electromagnetic data using Multi-channel Singular Spectrum Analysis (MSSA) (3), 日本地球惑星科学連合2024年大会, MIS04-P08

Ota Y., K. Miura, C. Yoshino, K. Hattori, and N. Imazumi, 2024, Attempt to detect pre-earthquake electromagnetic LF radiation by waveform analysis and pulse count survey, 日本地球惑星科学連合2024年大会, MIS04-P12

Chen H., P. Han, J. Zhuang, K. Hattori, M. Miao, K. Hu and T. Tao, 2024, Shift Neighborhood Matching Correlation between Two time series: Geomagnetic Storms and Global Earthquakes, 8th International Workshop on Earthquake Preparation Process - Observation, Validation, Modeling, Forecasting - (IWEP8), O02

Peng Han and Katsumi Hattori, 2024, Earthquake Nucleation and Precursors, 8th International Workshop on Earthquake Preparation Process - Observation, Validation, Modeling, Forecasting - (IWEP8), O11

Dimitar Ouzounov, Tiger Liu, Katsumi Hattori, Galina Khachikyan, 2024, Geospace Weather Impacts and Pre-earthquake Processes in Earth’s Atmosphere-Ionosphere System Associated with 2024 M7.5 Noto Peninsula (Japan) and M7.4 Hualien City (Taiwan) earthquakes., 8th International Workshop on Earthquake Preparation Process - Observation, Validation, Modeling, Forecasting - (IWEP8), O19

Tiger Jann-Yenq Liu, Katsumi Hattori, Chia-Hung Chen, Fu-Yuan Chang, Chi-Yen Lin, Yuh-Ing Chen, Yun-Cheng Wen, Chia-Wei Chang, 2024, Seismo-ionospheric Disturbances before and after the 1 January 2024 Noto Peninsula M7.6 Earthquake, 8th International Workshop on Earthquake Preparation Process - Observation, Validation, Modeling, Forecasting - (IWEP8), O22

Chinatsu Sasanuma, Shunya Mitsuishi, Katsumi Hattori, Chie Yoshino, and Jann-Yenq Tiger Liu, 2024, Statistical analysis of earthquake-related ionospheric electron density change observed by ionosonde at Kokubunji, Japan, 8th International Workshop on Earthquake Preparation Process - Observation, Validation, Modeling, Forecasting - (IWEP8), P15

Akitugu Kitade, Chie Yoshino, Shu Kaneko, and Katsumi Hattori, 2024, Monitoring volcanic lava activity at the Mt Shinmoedake using Himawari AHI data: Spatiotemporal variation of surface temperature before lava eruption, 8th International Workshop on Earthquake Preparation Process - Observation, Validation, Modeling, Forecasting - (IWEP8), P16

Han P., Chen H., Miao M., Hattori K., Huang Q., 2024, EARTHQUAKE MODELING INCORPORATING PRECURSORY INFORMATION OF NON-SEISMIC OBSERVATIONS, Electromagnetic Studies of Earthquakes and Volcanoes (EMSEV) 2024, O07

Li W., Zhuang J., Yoshino C., Hattori K., 2024, ANALYZING THE STATISTICAL FEATURES OF 2024 NOTO PENINSULA EARTHQUAKE, JAPAN, BASED ON ETAS MODEL, Electromagnetic Studies of Earthquakes and Volcanoes (EMSEV) 2024, O09

Liu J.Y., Hattori K., Chen C.H., Chang F.Y., Lin C.Y., Chen Y.I., Wen Y.C., 2024, SEISMO-

IONOSPHERIC DISTURBANCES ASSOCIATED WITH THE 1 JANUARY 2024 NOTO PENINSULA M7.6 EARTHQUAKE, Electromagnetic Studies of Earthquakes and Volcanoes (EMSEV) 2024, Keynote Lecture

Hattori K., Kaneko S., Yoshino C., Han P., 2024, ASSESSMENT OF PRECURSOR SIGNATURE OF ULF MAGNETIC ANOMALIES AND HINDCAST USING THE OPTIMAL PARAMETER, Electromagnetic Studies of Earthquakes and Volcanoes (EMSEV) 2024, Keynote Lecture

Katsumi Hattori, Shu Kaneko, Chie Yoshino, Peng Han, 2024, Assessment of precursor signature of ULF magnetic anomalies Molchan's error diagram approach and hindcast using the optimal parameter, AGU Annual Meeting 2024, NH31E-2156

野田洋一, 服部克巳, 藤縄幸雄, 吉野千恵, 2024, GNSS データを用いた地殻変動予測研究の新展開, 日本地震予知学会 第11回学術講演会, 24-03

Wenchao Li, Chie Yoshino, Katsumi Hattori, Jiancang Zhuang, 2024, A Study of Earthquake Precursory Information of Seismo-Magnetic in Kanto, Japan: based on Self-Exciting and External Exciting Model, 日本地震予知学会 第11回学術講演会, 24-03

Hongyan Chen, Peng Han, Katsumi Hattori, 2024, Ultralow-Frequency Seismo-magnetic Signal Extraction and Evaluation based on Interstation Transfer Function, 日本地震予知学会 第11回学術講演会, 24-03

Rui Song, Katsumi Hattori, Xuemin Zhang, Jann-Yenq Liu, 2024, The 3-D ionospheric Ne disturbances prior to M9.0 Tohoku-Oki Earthquake on March 11, 2011, 日本地震予知学会 第11回学術講演会, 24-03

服部克巳, 2024, 減災サスティナブル学の創成, 日本地震予知学会 第11回学術講演会, 24-03

太田悠一朗，三浦健伸，吉野千恵，服部克巳，今住則之, 2025, 機械学習を用いた雷放電VLF/LF帯電磁パルス同定の試み, 日本大気電気学会第103回研究発表会, P1-15

榎本健人, 笹沼千夏, 服部克巳, 吉野千恵, 2025, 能登半島付近における地震に関連する電離圏異常の統計解析, 日本大気電気学会第103回研究発表会, P2-25

笹沼千夏, 服部克巳, 吉野千恵, 劉正彦, 2025, NmF2を用いた地震短期予測の最適パラメータの検討, 日本大気電気学会第103回研究発表会, P2-26

有泉晴貴, 服部克巳, 吉野千恵, 2025, 自然電位（Self potential）トモグラフィーによる地下水動態モニタリングに関する研究, 日本大気電気学会第103回研究発表会, P2-29

Uyeshima, M., N. Matsushima, M. Gresse, and T. Koyama, 2024. On long-baseline self-potential monitoring on the Izu-Oshima Island, The 26th Electromagnetic Induction Workshop, 5P31

Zlotnicki, J., Johnston, M.J.S., Sasai, Y., Nagao, T., and M. Uyeshima, 2024, Electromagnetic signals related to volcanic activity - Fore-runner electric signals to eruptions, Electromagnetic Studies of Earthquakes and Volcanoes (EMSEV) 2024, Keynote Lecture

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

(1)地震に伴う電磁気現象を正確に捕捉する複合観測とデータ蓄積
ラドン濃度観測について、台湾の共同研究者が花蓮地区に展開している地球化学総合観測点に千葉大学のラドン観測装置の予備機を設置し、共同観測を実施する予定である。
(2)データ解析法の確立（信号弁別や時系列データ処理などの信号処理法や統計的評価法の開発）リアルタイムあるいは準リアルタイム処理化と自動処理化の検討
(3)室内実験やモデルによる地震電磁気信号発生の物理機構解明

(4)電磁気学的、力学的、地震学的データとの関連性評価に資する研究
(5)地震前兆現象を用いた時変地震予測確率数理モデルの構築と応用
ETASへのULF磁場変動や電離圏電子数変動などの前兆現象を融合させる研究の展開を加速させる。
(6)AI・機械学習による地震前兆情報抽出とその発生機構の検討
AI・機械学習による地震前兆情報抽出による波形検知等のアルゴリズム開発を加速させる。
(7)国際ワークショップ
EGU、JpGU、IASPEI等の国際会議におけるセッション企画開催およびIWEP9の開催。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

服部 克巳（千葉大学大学院理学研究院）,佐藤 利典（千葉大学大学院理学研究院）,津村 紀子（千葉大学大学院理学研究院）,小槻 峻司（千葉大学国際高等研究基幹/環境リモートセンシング研究センター）
他機関との共同研究の有無：有
庄 建倉（統計数理研究所）,中谷 正生（東京大学地震研究所）,上嶋 誠（東京大学地震研究所）,小河 勉（東京大学地震研究所）,梅野 健（京都大学大学院情報学研究科）,鴨川 仁（静岡県立大学グローバル地域センター）,本島 邦行（群馬大学大学院理工学府）,井筒 潤（中部大学理工学部）,長尾 年恭（東海大学海洋研究所 名誉教授）,日置 幸介（北海道大学大学院理学研究院 名誉教授）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：千葉大学大学院理学研究院
電話：０４３－２９０－２８０１
e-mail：khattori@faculty.chiba-u.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：服部 克巳
所属：千葉大学大学院理学研究院

令和６年度年次報告

課題番号：CTOC01

（1）実施機関名：

拠点間連携共同研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）巨大地震のリスク評価の不確実性に関するパラダイム構築の推進
（英文）Promotion of research on constructing paradigm for uncertainty of risk evaluation for mega-earthquakes

（3）関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
ア. 強震動の事前評価手法
イ. 津波の事前評価手法
ウ. 地震動に起因する斜面変動・地盤変状の事前評価手法
エ. 大地震に起因する災害リスクの事前評価手法
(2) 地震の災害誘因の即時予測手法の高度化（重点研究）
ア. 地震動の即時予測手法
イ. 津波の即時予測手法
(3) 火山噴火による災害誘因評価手法の高度化
(4) 地震・火山噴火の災害誘因予測・リスク評価を防災情報につなげる研究
地震
火山

（4）その他関連する建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(2) 首都直下地震
(3) 千島海溝沿いの巨大地震
(4) 内陸で発生する被害地震
(5) 大規模火山噴火
(6) 高リスク小規模火山噴火
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発
(2) 推進体制の整備
(3) 関連研究分野の連携強化
(4) 国際共同研究・国際協力
(5) 社会への研究成果の還元と防災教育
(6) 次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成

（5）令和６年度の計画の概要：

【提案の背景】標準的な地震リスク評価手法では、震源・波動伝播・地盤増幅・建物応答・直接的被害・社会的影響に関する研究分野からの知見を統合して、リスクが評価されるが、各研究分野に対応するそれぞれのモジュールに存在する複数モデルの組み合わせることでリスクカーブ群が得られることになる。すなわち、地震リスク評価には、モデルそのもののばらつきのみならず、モデルの相違に

よるばらつきが伴っている。2023年度までにはこの点について検討するために、各研究分野に存在する多くのモデルをプラットフォームに組み込み、系統的に地震リスクを評価した。その結果、現在一般的に行われている地震リスク評価には非常に大きなばらつきを内包していることを示した。
【震源過程】プレート間巨大地震の震源像を推定するために、プレート間での地震反射波に着目し、波動論的アプローチで巨大地震の発生するプレート間の状態を推定し、震源像の予測に繋げることを試みる。
【深部地盤・伝播経路】3次元地殻構造の高度化の一環として、2020年以降、南海地震震源域西端にあたる豊後水道沖合周辺で詳細な海域地震波構造調査を実施した。ここで得られたデータについて、全波形インバージョンをはじめとする最先端の解析手法を適用することによって、九州パラオ海嶺の沈み込みを含むP波速度構造を高解像度で明らかにする。ここで得られた構造について、2022年に公開された南海トラフ全域にわたる海域から陸域までを統合したP波速度構造
（Bassett et al. , 2022, JGR）と結合し、南海トラフ沿いの構造の高度化を図る。
【津波予測】2022年トンガ火山噴火による気象津波は奄美大島沿岸で1 mを超える振幅が観測されたが、その具体的な増幅要因は明らかになっていないため、気象津波のシミュレーションを行う。
【浅部地盤構造】液状化の可能性のある緩傾斜地盤を対象に、2次元の有効応力解析を実施することで、地盤の側方流動予測における不確実性について定量的な評価を行う。具体的には、地盤物性が空間的な変動を有するケースを想定し、変動幅が側方流動量にどう影響するかを定量的に評価する。
【構造物被害予測】震前対策としての被害推定に資する技術の検討としては、①等価線形化法を用いた被災度判定における解析精度の影響、②鉄筋コンクリート構造を対象としたフラジリティー曲線の設定方法の検討、を行う。①に関して、特に影響が大きいと考えられる降伏時剛性について、既往の実験データベース等を用いてその精度を検証する。普通強度主筋に加え、降伏強度が490N/mm2を超えるような高強度主筋を用いた構造物についても検討する。また、既にセンサを設置して地震観測を行っている建物の地震時の観測データを用いて、被災度の評価を試みる。更に、近年精力的に研究されているその他の新しい被災度判定法の情報を収集する。☒　については、近年の地震被害においては鉄筋コンクリート構造の被害が限定的であるため、従来の構造物の被害調査結果からフラジリティー曲線を作成する方法では十分なサンプル数を得られない。そこで、非線形構造解析を援用したフラジリティー曲線の設定方法について検討を行う。併せて、AI技術を用いた被災度判定技術の開発に資する既往の構造物の被害写真を収集する。
【リスク評価高度化】UAV等を用いて撮影された写真群および写真群から生成された点群データ、さらに３Dスキャナ等により取得された高解像度点群データによって得られたエクスポージャに関する情報を、マルチスケール（市街地スケール、個別建物スケール、部位スケール）で地理情報システム上に統合する手法を改良するとともに、手法を実街区に展開する。
地震発生時の避難行動や経路を想定することを目的として、和歌山県や兵庫県淡路島の複数の沿岸市街地を対象に、南海トラフ震源域の大地震およびそれに伴う津波による建物被害の比較評価を行う。
【プラットフォーム高度化】モジュールごとのモデルの数やばらつきが採用するモデルに依存することから、複数モデルを考慮したときのモジュール間のばらつきの違いを公平に評価する統一的な手法が確立されていない。また、震源モデルについては、津波によるリスク評価に用いられるものや地震サイクルシミュレーションに基づくものを取り込むために、それらの重みの想定などが課題である。さらに、これまで対象とした建物モデルは木造に限られていたため、2023年度はRC造とS造を組み入れたが、実際に存在する建物との対応がとれていない。2021年度に取りかかり始め、2023年度までに議論をしてきたこれらの課題に対応するための検討を継続して実施する。
【コンピュータサイエンス】高性能物理シミュレーションを人工知能等により高度化し、最新の計算機のアーキテクチャーにあわせたアルゴリズムを計算科学・計算機科学的な観点から開発することで、従来解くことが難しいとされている規模の順問題・逆問題を解くことを目指す。地震動解析、地盤増幅解析、地殻変動解析等に適用することで開発手法の有効性を確認する。
【災害リスク情報・ステークホルダ参画】本研究では、シナリオ・手法の組み合わせにより変化する災害シナリオ評価結果を適切に理解することが可能なシステムの構築を行うことを目的とした研究を行う。

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

【震源過程】プレート境界面における反射係数の違いから摩擦強度の分布を推定し、将来発生する南

海トラフ地震の地震像に迫るために、四国西部において反射波の抽出作業を行った。
【津波予測】2022年トンガ火山噴火による気象津波は奄美大島沿岸で観測された振幅が1ｍを超えた。その具体的な増幅要因を明らかにするため、噴火に伴って発生した大気重力波をモデル化し、奄美大島を含む南西諸島に着目した気象津波の計算を行った。その結果、噴火時に放出された大気重力波を想定した0.5 hPa程度の微気圧波で1m程度の振幅を再現した。さらに特徴的な海底地形による効果を定量化するため、地形を改変した条件での数値実験を行い、実地形条件の計算と比較した結果、奄美での増幅には海嶺等の深い海域での地形が大きく寄与した可能性があることを示した。
【深部地盤・伝播経路】昭和南海地震震源域西端にあたる豊後水道沖合周辺で実施した地殻構造調査の解析を進めた。地震断層にあたるプレート境界面の物性を高解像度で把握するため、地震波反射法構造調査に対する全波形インバージョンの適用に取り組んでいる。また南海トラフ沿いの高解像度地震波速度構造に対する地震波動場の計算を行うための予備調査として、東京大学情報基盤センターのスーパーコンピューターシステムであるWesteria/BDEC-01上で、全国１次地下構造モデルJIVSM（Koketsu et al., 2012）および海底地形ETOPO1を用い、近畿地方から四国・中国を一部含む範囲に対して波動場計算手法OpenSWPCを利用した計算を試行した。
【浅部地盤構造】液状化の可能性のある緩傾斜地盤を対象に、2次元の有効応力解析を実施した。不確実性として、代表的な地盤物性値である相対密度の空間的な変動を考慮した。液状化に起因する地盤の側方流動量は、地盤物性の空間変動を考慮することで大きくなる傾向にあり、特に緩斜面の中央部でその傾向が顕著であることが明らかとなった。
【構造物被害予測】等価線形化法における等価減衰定数および応答低減係数の算定に対する降伏後剛性の影響を解析的に検討した。その結果、応答点での塑性率が比較的に大きい場合、降伏後剛性が大きくなると、等価減衰定数は全体的に減少する傾向、応答低減係数はやや増加する傾向を示した。また、降伏後剛性が大きい場合、現行の設計指針に示されたheq およびFh の計算式による計算値は設計危険側に評価するケースが多く、降伏後剛性を考慮すべきと示唆された。等価線形化法を用いた被災度判定における解析精度の向上を目的として、高強度鉄筋を主筋に用いた鉄筋コンクリート造梁部材の降伏点変形評価法の精度向上に関する研究を行った。鉄筋コンクリート造梁部材の荷重－変形関係における降伏点は、部材の復元力特性、延いては建物の地震応答の評価を大きく左右する重要な因子である。高強度鉄筋コンクリート造梁の降伏点変形は既往の方法では精度良く評価できない場合があることが指摘されている。そこで、高強度鉄筋コンクリート造梁に適合する降伏点変形評価式を提案した。高強度鉄筋コンクリート造梁の曲げせん断実験を行い、既往の降伏点変形評価法と比較して、提案式は降伏点変形を精度よく評価できることを示した。鉄筋コンクリート造建物の被害関数の構築手法を検討した。汎用性の高い被害関数の構築手法として地震動強さを建物の固有周期帯での速度応答値とすること、建物固有周期 と建物耐力を分布に沿ってばらつかせた建物群に対する地震応答解析によって被害を推定する手法を提案した。その結果、周期と耐力のばらつきを正規対数分布と仮定することで非現実的な耐力・周期の建物モデルに対する地震応答解析結果が含まれることになり、それらが作成した被害関数に影響することがわかった。兵庫県南部地震によるガス導管の被害の多くは、ねじ継手鋼管の継手部の破断が原因であった。一方、耐震管であるポリエチレン（PE）管の被害は見られなかった。このため、兵庫県南部地震以降、PE管の敷設割合が高まっている。このような背景から、低圧ガス導管網は鋼管やPE管などの複数の管種から構成されるネットワークとなるため、地震被害を詳細に分析するには耐震管であるPE管の敷設状況を考慮する必要がある。そこで本研究では、様々なPE管の敷設割合（PE管率）の1次元配管系の数値モデルを構築し、PE管率とねじ継手鋼管の破断状況の関係性を評価した。その後、既往地震における被災地域の管路の敷設状況を踏まえた管路数値モデルを作成し、実際のSI値に基づく地盤変位を用いて本検討の妥当性を議論した。
【リスク評価高度化】札幌市において、1976年、1985年、2008年、2020年の航空写真から作成した点群データを用い3D都市モデルを作成した。また、作成したポリゴン情報と「PLATEAU」によるポリゴンデータとを比較することで、モデルの精度を向上させるための補正式を開発した。加えて、過去から現在までの３D都市モデルの建物ボリュームの変化量を用い、街区ごとに将来の建物ボリュームを予測する手法の構築を試みた。斜面地において、撮影時の姿勢情報や位置情報の推定誤差は、エクスポ―ジャ作成時において平面に比べ大きくなることから、撮影個所の地表の傾き等を正確に計測することを目的にスキー場を対象にドローンを用い３Dモデル化を行った。この情報を用い、斜面情報の正確な把握がRTKによる位置情報・姿勢情報へ与える影響を検証した。建築物に関する点群から屋根形状を推定する方法を検討し、大阪府泉佐野市の一部街区を例に取って、屋根勾配を計算した。
　エクスポージャーの振動特性を高精度・多面的に把握するための新たなセンサー・ロガーシステム

を設計した。
　スペクトル型震源断層生成モデルを用いてMw8.0～9.0の地震・津波シナリオをランダムに合計1,100ケース生成し、それぞれのシナリオについて市街地の建物被害指標を計算した。強震動については簡便な距離減衰式を用いて地表最大速度、津波については数値モデルによる計算により対象建物地点の浸水深を求め、構造種別を考慮した被害関数を適用し建物の全壊確率を算出した。その結果、建物被害はMw8.0の場合には強震動が支配的であり、Mw9.0では津波が支配的となるが、津波の被害棟数の期待値が大きくなる地震規模は沿岸都市ごとに異なり、主に防潮堤の高さなどの防護機能に依存することがわかった。また、地震発生直後に強震動による建物被害が全て完了すると仮定した場合、津波による建物被害が上回るまでにはいずれの沿岸都市でも50分程度を要した。これらの結果は地震発生時の避難行動や経路を想定する上で重要となりうる。
【プラットフォーム構築】南海トラフ沿いで発生する巨大地震について、地震発生時の強震動によるリスク評価の他、長周期地震動や津波によるリスク評価を統一して実施することを目的として、震源モデルの在り方について検討した。強震動もしくは長周期地震動を対象としたインバージョンによって得られた既往の震源破壊過程モデルに基づき、得られる地震動の比較から、両者のモデルを統合する方法について検討した。
【コンピュータサイエンス】ランダム入力に対する動的応答を多数回実施し、その卓越振動数等を分析することで、三次元構造の内部状態の推定性能を向上させうると期待されるが、その解析コストは膨大となることが多い。これを削減することを目的として開発した、「CPUとGPUを連成させ、シミュレーション内で生成される過去時間ステップにおける解析結果を学習しつつ、有限要素解析のカーネル部分の稠密化を行う手法」を三次元地盤構造の構造推定に適用し、その推定性能について検討した。
【災害リスク情報・ステークホルダ参画】これまでに構築してきた南海トラフ地震の震源モデル・強震動予測モデル・表層地盤増幅率の組み合わせをもとに作成した地表速度のばらつきのモデルの中で、行政が実施する地震動推定、研究者が新たに実施する地震動推定結果の位置づけをWeb上で簡易に評価、見える化を行うことが可能なシステムの構築を行った。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
南海トラフ沿いで発生する巨大地震により引き起こされる災害について、震源・波動伝播・地盤増幅・建物応答・直接的被害・社会的影響に関する研究分野からの知見を統合したリスク評価を実施することで、最新の科学的知見に基づく災害リスクの大きさとそのばらつきを提示することが出来る。これは、それぞれの分野が災害の予測にどれくらい寄与しているかを示すことで、重点的に対策すべき分野や研究資源の配分を検討するための重要な知見となる。また、災害の不確実性を示すことで、備えるべき災害の規模について考えるための情報を提供することが出来る。さらに、マルチハザードについてのリスク評価を可能とし、それぞれのハザードの相互作用を明確にすることができれば、対策の方針を決定するための情報となることが期待される。

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
・論文・報告書等

Yanxue Ma, Rie Nakata, Kimihiro Mochizuki, Yoshitaka Hashimoto and Yohei Hamada, 2024, Structural control on the shallow tremor distribution linked to seamount subduction: insights from high-resolution seismic imaging in Hyuga-nada, Earth Planets Space, 76, https://doi.org/10.1186/s40623-024-02082-9,査読有,謝辞無

Zelin Wang, Koichi Kusunoki, Yusuke Maida, 2024, Performance-Based Seismic Design With Consideration of Safe Storage From Errors in Reinforced Concrete Member Estimated Yield Deformation, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, DOI: https://doi.org/10.1002/eqe.4280,査読有,謝辞無

木佐貫康貴，劉ウェン，丸山喜久，猪股渉，2024，異管種の混在状況を考慮した数値解析に基づく低圧ガス導管網の地震被害に関する検討，土木学会論文集，Vol. 80, No. 13, 論文ID：23-13096；https://doi.org/10.2208/jscejj.23-13096,査読有,謝辞無

Kai Wu, Masashi Matsuoka, Haruki Oshio, 2024 Earthquake Damage Detection and Level Classification Method for Wooden Houses Based on Convolutional Neural Networks and Onsite Photos, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, Vol.40, No.5, pp.674-694, https://doi.org/10.1111/mice.13224,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

Yanxue Ma, Rie Nakata, Kimihiro Mochizuki, Yoshitaka Hashimoto and Yohei Hamada, 2024, Reflection Full Waveform Inversion for Seamount Subduction Imaging in Hyuga-nada, Japan: Implications for Shallow Tremor Activity, AGU Fall Meeting, S43D-3479

王澤霖，楠浩一，毎田悠承，坂田弘安，2024，等価線形化法を用いた応答変位算定に及ぼす降伏後剛性の影響に関する一考察，日本建築学会大会学術講演梗概集2024（関東），構造IV，pp.491-492

中田健斗，中嶋唯貴，富永佳吾，2024，災害情報を有する画像群と3D都市モデルを使用した建物被害データベースの構築，日本自然災害学会学術講演会講演概要集，43，pp.35-36

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

加藤尚之（東京大学地震研究所）,毎田悠承（東京大学地震研究所）,楠浩一（東京大学地震研究所）,市村強（東京大学地震研究所）,望月公廣（東京大学地震研究所）,仲田理映（東京大学地震研究所）,悪原岳（東京大学地震研究所）,松島信一（京都大学防災研究所）,宮澤理稔（京都大学防災研究所）,倉田真宏（京都大学防災研究所）,上田恭平（京都大学防災研究所）,森信人（京都大学防災研究所）,西嶋一欽（京都大学防災研究所）,伊藤喜宏（京都大学防災研究所）,関口春子（京都大学防災研究所）,長嶋史明（京都大学防災研究所）

他機関との共同研究の有無：有

前田匡樹（東北大学大学院工学研究科）,松岡昌志（東京科学大学環境・社会理工学院）,丸山喜久（千葉大学大学院工学研究院）,中村友紀子（千葉大学大学院工学研究院）,佐伯琢磨（神戸学院大学）,仲西理子（海洋研究発機構）,山本揚二朗（海洋研究発機構）,友清衣利子（熊本大学）

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：京都大学防災研究所
電話：0774-38-4080
e-mail：matsushima@sds.dpri.kyoto-u.ac.jp
URL：

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：松島信一
所属：京都大学防災研究所

令和６年度年次報告

課題番号：CTOC02

（1）実施機関名：

拠点間連携共同研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）巨大地震・津波を起因とする火災リスク評価の高度化

（英文）Sophisticated fire-following-earthquake risk assessments including shaking-induced and tsunami-induced fires

（3）関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化

ア. 強震動の事前評価手法

イ. 津波の事前評価手法

ウ. 地震動に起因する斜面変動・地盤変状の事前評価手法

エ. 大地震に起因する災害リスクの事前評価手法

(2) 地震の災害誘因の即時予測手法の高度化（重点研究）

ア. 地震動の即時予測手法

イ. 津波の即時予測手法

(3) 火山噴火による災害誘因評価手法の高度化

(4) 地震・火山噴火の災害誘因予測・リスク評価を防災情報につなげる研究

地震

火山

（4）その他関連する建議の項目：

（5）令和６年度の計画の概要：

テーマ1：地震火災・津波火災のリスク評価手法の高度化

地震火災・津波火災のリスク評価を実現するための手法について検討する。具体的には、地震火災や津波火災の進展を火災の発生、初期消火、延焼拡大、消防活動などの複数の要素現象に分割し、不確実性を考慮した各要素現象のモデル化を行い、最終的にそれらを統合する。また、火災の誘因となる地震動や津波の確率論的ハザード評価と統合するための枠組みも検討する。本年度は、2024年能登半島地震に伴い発生した地震火災・津波火災に着目し、出火記録や被害調査データを用いて、リスク評価に使用するモデルの検証やアップデートを行う。

テーマ2：地震後火災リスク軽減のための積極的避難誘導照明の有効性に関する研究

本研究は地震後火災のリスク軽減のために、都市空間に新たな避難誘導照明システムを導入し、積極的に出口へと避難誘導を行う手法の確立を目的として、被験者実験によりその有効性の検証を行う。実験は富山県消防学校の主訓練塔にある迷路避難室を利用して、実際の大空間居室のように出口まで直進することはできない実験空間を設定する。また非常用照明と同様に床面平均照度1 lxとなる天井照明器具を均等に配置し、実験空間の曲がり角に通路誘導灯、想定出口に避難口誘導灯を設置して、現行法での避難空間の照明状態を再現する。さらに有機ELを手摺高さ（床から900 mm）に設置し、複雑な避難経路に対して連続的に出口まで誘導する照明パターンを基本とした上で、光源輝度と点灯間隔を変数として照明条件を設定する。迷路避難室に煙投入装置を用いて、白煙を複数の濃度に変化させ、高齢者と青年を対象とした被験者実験を実施する。R5年度に実験空間と照明条件・煙濃度条件の視野輝度分布を測定しており、それと被験者実験結果（歩行速度、行動軌跡、視認距離）を合わせて、避難誘導照明システムの仕様を決定する。

テーマ3：地震火災の発生を抑制する出火パターン別に見た対応行動モデルの策定

巨大地震・津波を起因とする火災リスクを中短期的に低減する方策としては、地域の人々の消火活動可能性や避難可能性を高めておき、地震・津波発生後の火災の拡大やそれにともなう人的被害を抑制することである。本年度には、激震災害となった令和6年1月1日に発生した能登半島地震で建物倒壊が起因となった火災の発生が見られ、激震による初期消火の困難性や消防活動の阻害条件の発生によって大規模延焼火災となった輪島市での事例について日本火災学会地震火災専門委員会が計画・実施した住民アンケート調査に参加し、地震・津波発生後の火災の拡大やそれにともなう人的被害について分析する。

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

テーマ1：地震火災・津波火災のリスク評価手法の高度化

石川県・富山県・新潟県の消防本部にアンケート調査を行い、2024年能登半島地震に伴う個々の火災の正確な情報を収集した。この火災記録を分析し、次のことを明らかにした。（1）今回の地震で発生した12件の地震動起因の建物火災のうち、発火源が不明な2件を除けば、大半は電気器具・電気設備や電気配線を発火源とする火災で、その他は石油ストーブや工場の溶融金属などを発火源とする火災であった（図1）。電気関連の火災が多いという点については、過去30年間に日本で発生した地震火災の傾向と同様である。（2）火災記録を用いて人口一人あたりの出火確率と地震動強さ指標の統計的な関係（以降では、出火モデルと呼ぶ）を推定した（図2）。今回の地震の出火確率は過去30年間の地震の中でも比較的高い値となっており、例えばPGVが80cm/sの場合を考えると100万人あたり約30件であり、これは2011年東北地方太平洋沖地震の約2.2倍、1995年兵庫県南部地震の約0.4倍である。（3）今回の地震で発生した2件の津波火災の発生要因を1993年北海道南西沖地震や2011年東北地方太平洋沖地震のデータと合わせて見ると、建物や自動車を大量に流失させるような強い津波を受けた地域では、津波ガレキが火災の発生に強く関与するが、建物や自動車がさほど流失しない弱い津波を受けた地域では、主に浸水した建物や自動車の電気系統（電気部品・電気設備や電気配線）が火災の発生に関与する。（4）ある地域における津波火災の出火確率は、その地域の建物流失率の関数として表現され、平均では浸水建物1万棟あたり約2件から約6件まで変動する。さらに、建物流失率以外の様々な要因の影響で地域によりばらつくが、1σの範囲を考えるとその1/3～3倍程度となる。

2014年に国土交通省の調査検討会から報告されたF43断層モデルを用いて、輪島市中心部を対象に地震火災リスク評価を行った。F43断層モデルのモーメントマグニチュードや震源域は今回の地震のそれと近いことから、もしF43断層を震源とする地震を想定していたならば地震火災リスクはどのように評価されたのか、さらに評価結果は今回の地震で実際に発生した火災被害とどのような関係にあるのかを調べておくことは、災害の理解を深める観点からもリスク評価の実践の観点からも重要である。具体的には、地震動強さの空間分布、地震動による建物の構造被害、出火の数と場所、風速と風向、消防隊の覚知時間の不確実性を考慮した6000通りのシナリオを作成し、消防力の実態を反映した物理的な延焼シミュレーションを行った。その結果、（1）今回の地震の焼失棟数（約240棟）はリスク評価結果の条件付き超過確率1.9%に相当し、想定される火災被害の中でもかなり大きなクラスに相当すること、（2）焼失確率の相対的に高い建物が集中する範囲がいくつか浮き彫りになり、今回の地震で焼失した範囲はそれらの一つと概ね対応すること（図3）、が分かった。

テーマ2：地震後火災リスク軽減のための積極的避難誘導照明の有効性に関する研究

実験空間の被験者観察位置での輝度分布を測定し、煙濃度や照明条件に応じて視野平均輝度や誘導灯との輝度対比の変動を把握した。また誘導灯や積極的誘導照明の光量が白煙に散乱することで、避難口誘導灯のピクトグラムが見にくくなることを輝度差の変化で捉えられることを示した。手すり位置に積極的誘導照明を配置する際、光源輝度800cd/m2では散乱成分が多すぎて前方の誘導灯が識別しうる輝度対比を維持できないことを把握し、積極的誘導照明の設置の際には光量や配置が重要となることを示した。さらに現在消防法施行規則で規定されている誘導灯の輝度値では濃煙下では識別できないことを、観察位置と輝度対比の関係で示した。現在光源として使用されているLEDは消費電力が非常に低いため停電時に一定時間点灯させるバッテリー容量も小さくすむことを考慮すると、規定値の見直しを行うべきであることを示した。

積極的誘導照明が誘導灯の視認距離や避難経路の歩行速度に及ぼす影響について、青年36名と高齢者90名による被験者実験を実施した。誘導灯の存在を視認する距離や記載内容を識別する距離に対し

て、煙濃度が及ぼす影響は非常に大きく、それに対して積極的誘導照明の光源輝度の影響は小さかったが、光源輝度が高いと周辺と誘導灯の輝度対比が低下する現象が視認距離の減衰と相関した。また高齢者は白内障などの眼球内散乱の個人差が大きく、青年と比較して視認距離のばらつきが大きいことを把握し、高齢化社会に適応した基準値を設定する際は高齢者のバラツキを考慮した安全側の数値とする必要性を示した。避難時に直線移動だけでなく曲がり角を通る経路となる場合、積極的誘導照明が経路探索を補助し得ることを、歩行速度の短縮で把握した。ただし、特に高齢者によっては積極的誘導照明の意味を理解できずに経路選択に活かさず、迷路空間を迷う被験者がいたことを踏まえ、積極的誘導照明の仕様の更なる検討（ISO安全色である緑色の利用など）の必要性や、安全設備教育の重要性を示した。

なお、2024年1月に発生した羽田空港航空機衝突火災事故において、火災の状況とそれに伴う避難行動について整理を行い、白煙中の迅速な避難行動において上部にライン上に点灯された積極的誘導照明が脱出口への誘導に効果があったことを確認した。

テーマ3：地震火災の発生を抑制する出火パターン別に見た対応行動モデルの策定

大規模火災が発生したのは輪島市中心部の日本海沿岸沿いで、ハザードマップでは津波浸水地域となっており、周辺住民の約７割は地震直後に津波を恐れて避難している。出火した住宅の住民も地震直後に避難しており、火災覚知の遅れに繋がったと考えられる。他方でLPガスの元栓をしめる、電気のブレーカーを落とす、火の元の確認や始末をしたのは２～３割程度であった。なお、地震直後の使用していた火気への対応は、1995年の阪神・淡路大震災の時の住民の対応とほぼ同じであり、津波避難による影響は見られなかった。火災を知った時の行動については、「火の様子を見ていた」、あるいは、「何もしなかった」が非常に多く、次いで火災現場へ向かったのは約15%、下敷きになった人の救助をしたのは約7%あるが、延焼防止の活動はほとんど行われておらず、阪神・淡路大震災と大きく異なる。津波避難で遠くに離れていたことによる影響が大きいといえる。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

火災の実態に基づいて予測モデルを開発・更新しリスク評価に応用することで、大地震に起因する災害リスクの事前評価手法の高度化に貢献している。将来の地震を想定した地震火災リスク評価に有用なツールを提供しており、それに基づく軽減対策の立案に資することが期待される。

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

西野智研, 2024, F43断層モデルを用いた輪島市中心部の地震火災リスク評価, 2024年度日本地震工学会大会

西野智研, 2025, 2024年能登半島地震に伴う火災と今後の巨大地震について～数値解析に基づく考察～, 日本火災学会2024年度講演討論会

北後明彦, 2025, 阪神淡路大震災を振り返る－大地震が発生した場合の火災被害を防ぐ－, 日本火災学会2024年度講演討論会

秋月有紀, 2024, 屋外避難経路の照明要件の現状と課題, 照明学会誌, Vol.108, No.3, pp.126-127

秋月有紀・山口秀樹, 2024, 輝度に基づく避難誘導設計に関する基本的検討（３）－経路内の照明が避難出口付近の行動に及ぼす影響－, 2024年度日本火災学会研究発表会梗概集, pp.37-40

Akizuki Y, Horii Y, Yamaguchi H, 2024, Issues related to evacuation exit door’s specifications, 28th International Conference Association People-Environment Studies, Oral presentation

Akizuki Y, 2024, Visual environment planning for smooth evacuation in fire, 15th Asia Lighting Conference 2024 proceedings, pp.38-53

大江由起・山口秀樹・秋月有紀・吉澤望, 2024, 災害時の生活行為を想定した避難所照明環境の在り方に関する研究－教室での実空間実験に基づく年齢層間の比較－, 日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）, 環境工学40216, pp.479-480

秋月有紀・星野公花・山口秀樹, 煙の影響による誘導灯周囲の輝度分布性状の調査, 照明学会2024年度（第57回）講演論文集, 8-O-02, pp.138-139

吉田侑生・吉澤望・川村柊都・秋月有紀・大江由起・山口秀樹, 2024, 避難所の照明の在り方に関する一考察－その１青年被験者を対象とした教室空間での検討, 照明学会2024年度（第57回）講演論文集, 6-Y-16, pp.38-39

川村柊都・秋月有紀・吉田侑生・吉澤望・大江由起・山口秀樹, 2024, 避難所の照明の在り方に関する一考察－その２教室空間での評価における年齢層の比較, 照明学会2024年度（第57回）講演論文集, 6-Y-17, pp.40-41

秋月有紀, 2024, 京都アニメーション火災の避難行動を読み解く, 日本火災学会第63回火災科学セミナー, pp.57-69

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

西野智研（京都大学防災研究所）,森信人（京都大学防災研究所）,宮下卓也（京都大学防災研究所）
他機関との共同研究の有無：有
秋月有紀（富山大学）,堀祐治（富山大学）,北後明彦（神戸大学）

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：京都大学防災研究所
電話：
e-mail：nishino.tomoaki.3c@kyoto-u.ac.jp
URL：

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：西野智研
所属：京都大学防災研究所

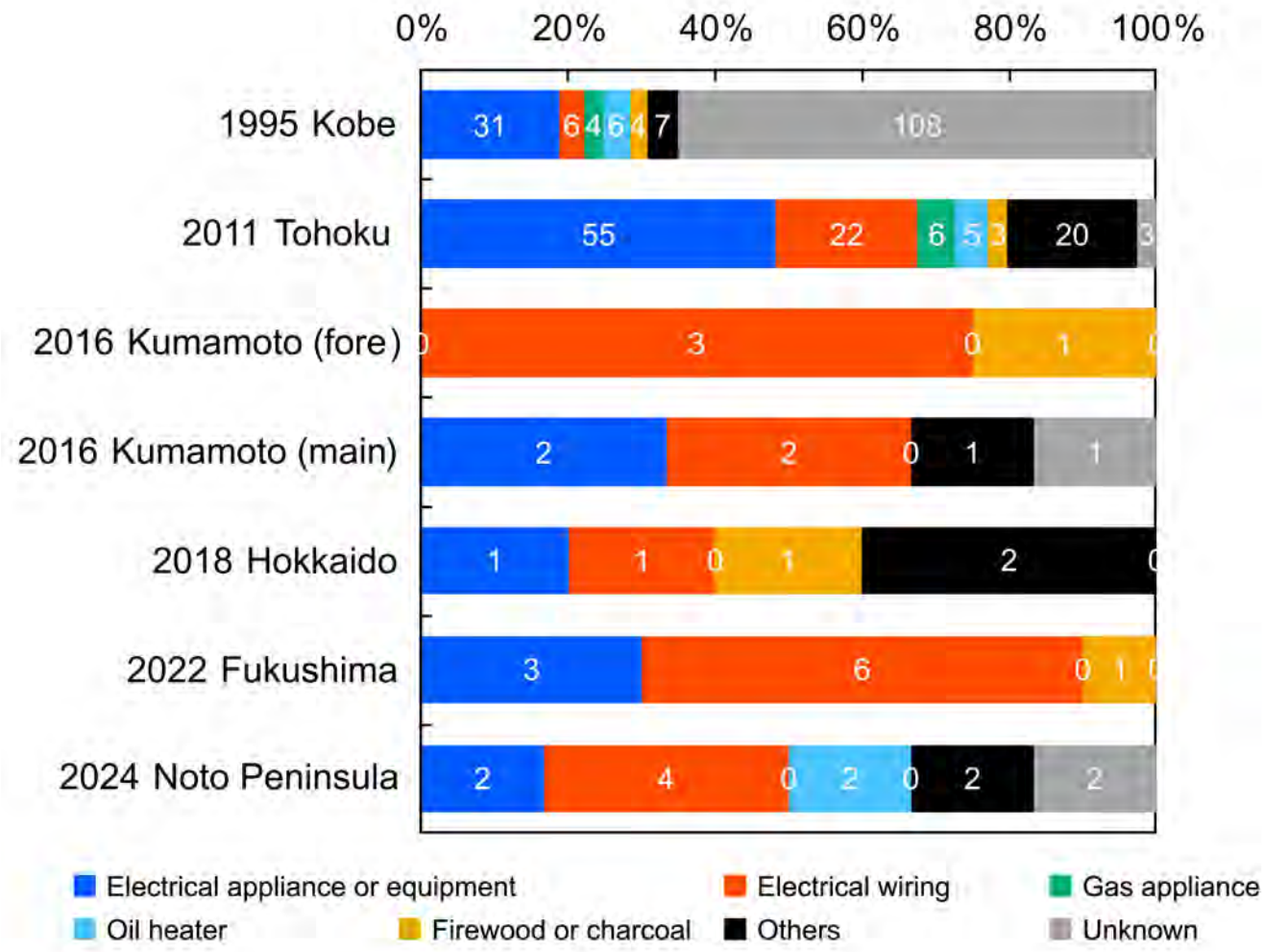


図1　地震動に起因する火災の発火源の内訳（2024年能登半島地震を含む近年の主要7地震について）．Nishino(2023)に加筆.

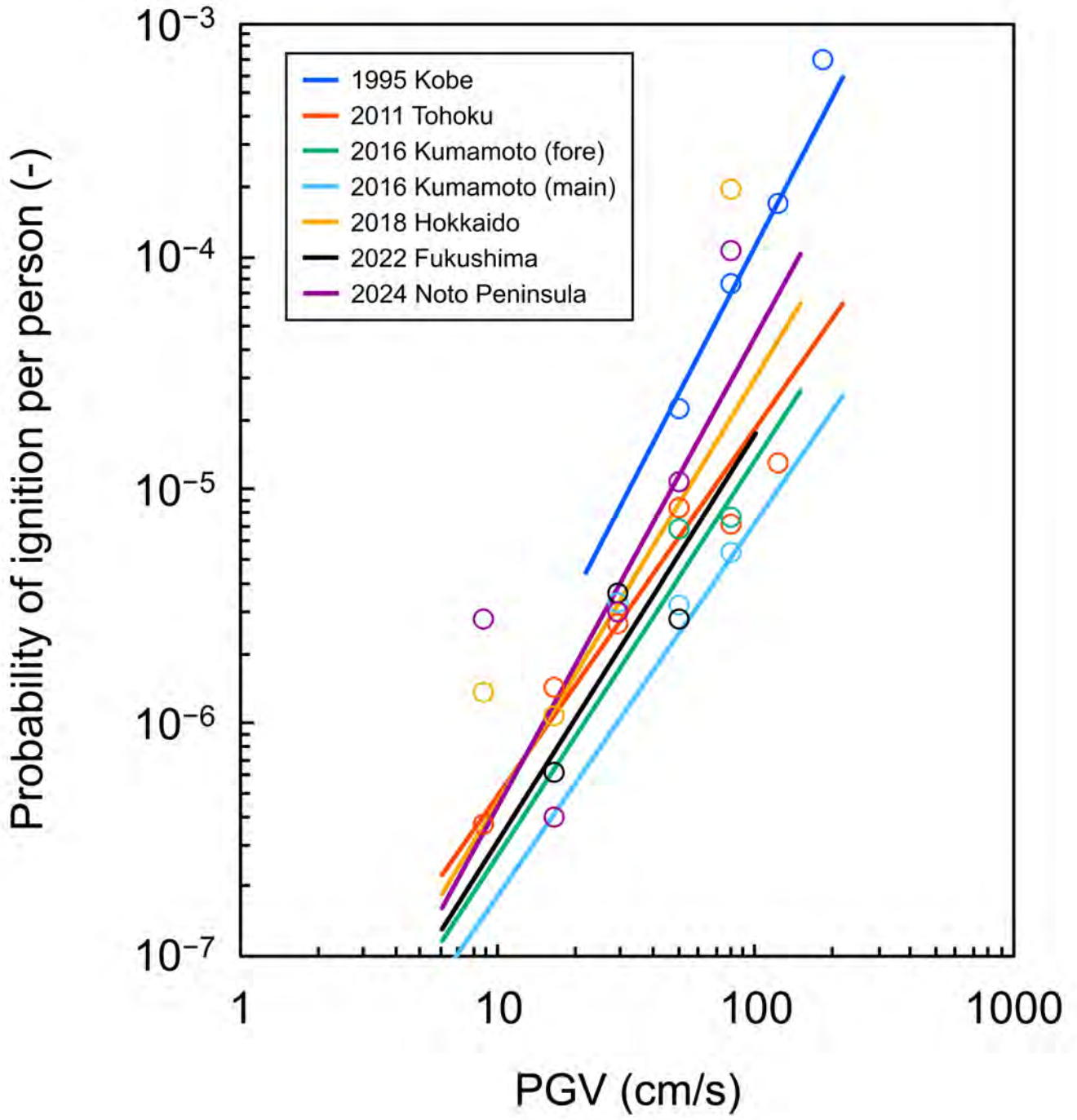


図2　人口一人あたり出火確率と地震動強さ指標の統計的な関係（2024年能登半島地震を含む近年の主要7地震について）．Nishino(2023)に加筆.

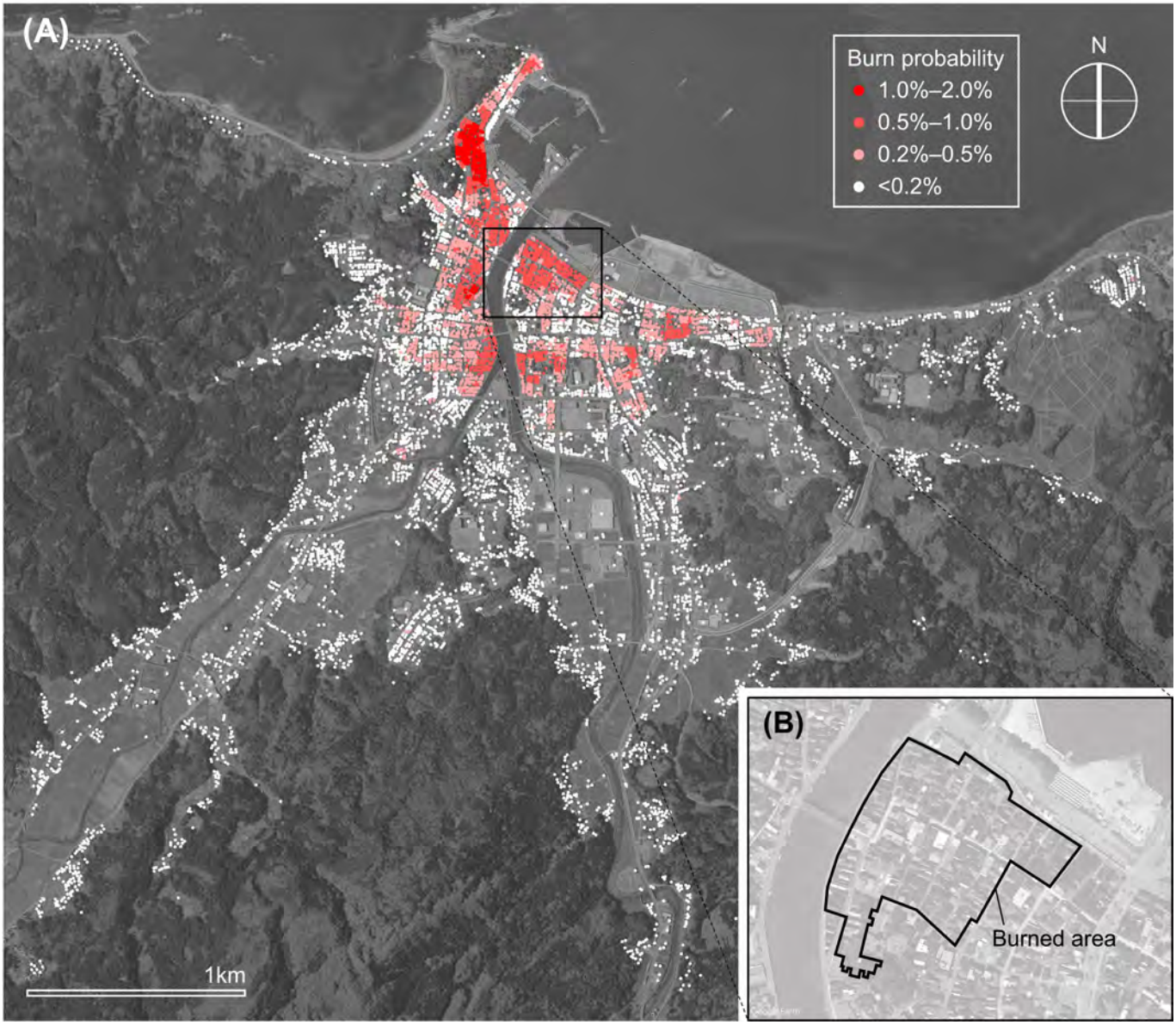


図3　F43断層モデルを用いた地震火災リスク評価から得られた輪島市中心部の一棟一棟の建物の焼失確率と今回の地震の焼失範囲の関係

令和６年度年次報告

課題番号：CTOC03

（1）実施機関名：

拠点間連携共同研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地震ハザードにおける地下構造の影響の定量的評価の研究
（英文）Quantitative evaluation of velocity structure on seismic hazards

（3）関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
ア. 強震動の事前評価手法
イ. 津波の事前評価手法
ウ. 地震動に起因する斜面変動・地盤変状の事前評価手法
エ. 大地震に起因する災害リスクの事前評価手法
(2) 地震の災害誘因の即時予測手法の高度化（重点研究）
ア. 地震動の即時予測手法
イ. 津波の即時予測手法
(3) 火山噴火による災害誘因評価手法の高度化
(4) 地震・火山噴火の災害誘因予測・リスク評価を防災情報につなげる研究
地震
火山

（4）その他関連する建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
ア. 強震動の事前評価手法

（5）令和６年度の計画の概要：

地震の災害誘因の事前評価手法の高度化に資するため、強震動の地下構造の観点から研究を進める。特に、西日本を中心とした観測研究を推進する。

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

地すべり地域や断層近傍では，地形や基盤形状の起伏，断層破砕帯に伴う不整形地盤による局所的な地盤増幅により，地震被害が拡大する可能性がある．このような地域では，都市部と違い中山間地であることが多く，地盤情報が少ないため，当該地域において高精度の地盤構造モデルを構築する．徳島県美馬市，鳥取県鳥取市の地すべり地域，三野断層近傍にて微動探査と重力探査を実施した．微動探査の結果より，地すべり地域では滑落崖やその周辺でH/Vの形状や卓越周期が変化すること，三野断層近傍では断層線上やそのごく近傍で破砕帯の影響とみられるH/Vの卓越周期の変化や水平動成分の異方性があることが確認できた．また，地すべりの移動体と滑落崖の境界，断層のごく近傍でS波速度構造が急変することがわかった．重力探査の結果より，地すべり地域内に地質の不均質性を反映した低重力異常域，断層の褶曲運動に伴う高重力異常域と断層破砕帯の影響を反映した低重力異常域が確認できた．

強震観測網の波形記録とそのスペクトルインバージョンの結果を利用した自己相関関数解析によって観測点直下の地盤の疑似的な反射プロファイルを求める手法を開発し，それを岡山県内にある自治

体の震度計観測網（岡山県震度情報ネットワーク），気象庁の震度観測点と防災科学技術研究所のK-NET、KiK-netなどの稠密な強震観測点と岡山県周辺のK-NET、KiK-net観測点で観測された地震の波形に適用した。その結果とボーリングデータをもとに岡山県内の沖積層と洪積層の境界，続く洪積層と新第三期以前の層（工学的基盤相当）との境界の深度分布を推定した。

2024年能登半島地震で震度7を観測した志賀町富来町香能(ISK006)と領家(JMA914)の2か所において微動アレイ探査を実施し、観測データを取得した。ISK006ではレイリー波を用いて、JMA914ではレイリー波とラブ波の両方の位相速度を求め、約5～30 Hzで両方を満足するような速度構造モデルを推定した。速度構造モデルの推定を試み、推定誤差の分布がラブ波・レイリー波で異なることが示された。さらに位相速度とレシーバー関数を同時に解析する方法を検討し、取得したデータに対する適用を試みている。また、近畿地方に展開されている関西地震観測研究協議会や防災科学技術研究所F-netなどの記録を用い、周期約10～50秒の表面波を用いて、レイリー波およびラブ波位相速度を推定した。推定した位相速度と地殻構造モデルから計算される理論位相速度との比較では、誤差の範囲内で両者が一致した。

京都盆地と花折断層帯を対象に、盆地端部等で地震基盤が不整形となっている場所を含む地盤構造モデルを考慮した地震動シミュレーションにより、定量的な地盤増幅特性を評価するために、盆地端部からの距離や盆地深さに応じたばらつきを評価する方法について検討した。その結果、計算領域全域では、既往の地震動予測式のばらつきと大きな違いがないことが分かったものの、盆地内の詳細な比較についてまだ検討が不十分である。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本研究で取り組んでいる地下構造の影響は、定量化することにより、強震動の事前評価の精度向上に貢献する。

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

山田伸之・竹中博士, 2024, 岡山大学津島キャンパスおける微動探査, ,岡山大学地球科学研究報告, 30(1), 13-20, doi:10.18926/ESR/66845,査読有,謝辞無

Thinzar Yadanar, Shinichi MATSUSHIMA and Fumiaki NAGASHIMA, 2024, UNCERTAINTY OF ESTIMATED GROUND MOTION IN THE KYOTO BASIN BY EARTHQUAKES OCCURRING ON THE HANAORE FAULT, Proceedings of the 18th Annual Meeting of Japan Association for Earthquake Engineering, Paper No. 20240099.,査読無,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

野口竜也・吉田成道・香川敬生・河野勝宣：微動観測による徳島県三次市の地すべり地域における地盤震動特性と地盤構造，令和6年度土木学会全国大会第79回年次学術講演会，CS10-59

野口竜也・香川敬生・河野勝宣：島根県多伎町の地すべり地域における地震動予測のための地盤構造推定，日本地震学会2024年度秋季大会，S16P-04

野口竜也・佐々木祥太・河野勝宣・小野祐輔・香川敬生：中央構造線三野断層近傍における微動探査，日本地球惑星科学連合2024年大会，SSS10-P16

高柳芽依・野口竜也・錦織明日美・河野勝宣：中央構造線三野断層とその周辺における重力探査，日本地球惑星科学連合2024年大会，SSS10-P17

南方昭寛;渡邉禎貢;竹中博士;金島亮次, 2024, サイト増幅特性の自己相関解析への適用：岡山県を事例とした検証, 日本地震学会2024年秋季大会, S16-P08

竹中博士;渡邉禎貢;南方昭寛, 2024, 強震記録のスペクトルインバージョン結果を用いた自己相関解析法の提案：原理と処理方法, 日本地震学会2024年秋季大会, S01-06

上林宏敏・岩田知孝・赤澤隆士、超長周期地震動帯域（10-50秒）の観測位相速度による近畿地方の地震基盤以深速度構造モデルの検証　2011 年東北地方太平洋沖地震による関震協観測網記録を用いた検討、建築学会学術講演梗概集 構造Ⅱ 95-06、 2024.7

上林宏敏・赤澤隆士・岩田知孝，周期10-50秒帯域の観測位相速度による近畿地方の地殻速度構造モデルの検証，地震学会講演予稿集，S15-01，2024.10

Thinzar Yadanar, Shinichi MATSUSHIMA and Fumiaki NAGASHIMA,2025, Estimated Peak Ground Velocity Variability in the Kyoto Basin from Scenario Earthquakes on the Hanaore Fault, DPRI Annual Meeting

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

三宅弘恵（東京大学地震研究所）,飯高隆（東京大学　情報学環）,関口春子（京都大学防災研究所）,松島信一（京都大学防災研究所）,長嶋史明（京都大学防災研究所）,上林宏敏（京都大学複合原子力科学研究所）

他機関との共同研究の有無：有

野口竜也（鳥取大学工学部）,香川敬生（鳥取大学工学部）,小野祐輔（鳥取大学工学部）,河野勝宣（鳥取大学工学部）,竹中博士（岡山大学学術研究院）,山田伸之（高知大学教育研究部）,小松正直（岡山学院大学）,渡邉禎貢（岡山学院大学）,南方昭寛（岡山学院大学）,大橋優（岡山学院大学）,吉田邦一（福井大学国際原子力工学研究所）,宮腰淳一（大崎総合研究所）

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学地震研究所
電話：
e-mail：
URL：

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：三宅弘恵
所属：東京大学地震研究所

令和６年度年次報告

課題番号：CTOC04

（1）実施機関名：

拠点間連携共同研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）日本近海における津波発生要因の多様性を考慮した沿岸地形による波高増幅機構の理解に向けて

（英文）Towards understanding the mechanism of tsunami amplification by coastal topography considering diverse tsunami generation factors near Japan

（3）関連の深い建議の項目：

３ 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
　(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
　　イ. 津波の事前評価手法
　(2) 地震の災害誘因の即時予測手法の高度化（重点研究）
　　イ. 津波の即時予測手法
４ 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
　(1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
　(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
　　地震
　　火山
　(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化
２ 地震・火山噴火の予測のための研究
　(2) 地震発生確率の時間更新予測
　　イ. 観測データに基づく経験的な予測と検証
３ 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
　(3) 火山噴火による災害誘因評価手法の高度化
　(4) 地震・火山噴火の災害誘因予測・リスク評価を防災情報につなげる研究
　　火山
４ 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
　(1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明
６ 観測基盤と研究推進体制の整備
　(1) 観測研究基盤の開発・整備
　　イ. 観測・解析技術の開発
　(3) 関連研究分野の連携強化

（5）令和６年度の計画の概要：

東大地震研グループと京大防災研グループが年3回程度（うち一回は京大防災研発表会を含む）にワークショップを開催し，近年日本近海で観測された津波記録や遡上高・浸水高の解析結果と，数値的な沿岸地形の波高増幅の周期特性研究に関する情報を交換し，多様な要因によって発生する津波の予測手法の高度化に向けた共同研究を行う．

2024年1月能登半島地震津波，2022年1年トンガ噴火津波，および2023年10月鳥島近海津波を中心に，津波波形記録および遡上高・浸水高の現地調査結果の解析を行い，それぞれの津波生成要因の素

過程を明確化する．そして，発生要因に応じた津波波形の周期特性を参照しながら，沿岸地形による津波応答の理論的・数値的解析を行い，沿岸地形が津波波高や継続時間に与える周期依存性，および津波発生要因ごとの特徴を評価して，津波災害の生成要因を明らかにする．

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

令和６年度は主に計画通り，2023年鳥島近海津波の津波生成要因の素過程，2022年トンガ噴火津波の振幅増幅のメカニズム，2024年能登半島地震による津波の特性など，主に津波生成および海洋での伝播過程に着眼した研究調査を進めた．

津波生成要因の素過程の研究

2023年鳥島近海津波は，先行研究で約1.5時の間に14回の津波が繰り返し生成され，波の重なり合いで振幅が増幅したことを示してきた(Sandanbata et al., 2024)．今年度は，日本沖合の津波観測網S-netおよびDONETの海底圧力計記録を解析し，14回繰り返し発生した津波それぞれの初期波源（海水面鉛直変位）分布を推定した．その結果，孀婦海山付近に確認された海底カルデラの周辺で繰り返した海水面を隆起させるような現象が繰り返したことが示され，海底カルデラでの火山活動に伴って津波が生成したこと提案した．この成果はGeophysical Research Lettersに掲載された (Kubota et al., 2024)．また津波発生イベントに伴って強い水中音波が観測されていたが，水中音波記録の解析および数値計算でのモデリングを行い，これらの現象が海底下0.5kmよりも浅い場所で発生したことを明らかにした．この成果はJGR: Solid Earthに掲載された (Takemura et al., 2024)．

一方で海底火山活動起因の津波生成過程の研究として，小笠原諸島・北硫黄島カルデラで2017年と2019年に発生した火山性地震の震源過程を調べた．震源から約1,000km離れたDONETの海底圧力計記録から振幅1～2mmの極小津波を高精度に検出し，その波形解析によって北硫黄島カルデラで数年ごとにトラップドア断層破壊が発生し、カルデラ隆起が繰り返し起きていることを確認した．また2017年と2019年の断層破壊が異なるセグメントで発生したことで，明瞭に異なる津波波形が観測され，カルデラ内断層が複数セグメントに分かれており，マグマ蓄積によってそれらが交互に破壊することで断層破壊および津波発生が高頻度に繰り返す可能性を提案した．この成果はJGR: Solid Earth に掲載された (Sandanbata & Saito, 2024)．

津波伝播過程における増幅機構の研究

2022年トンガ火山噴火による気象津波は奄美大島沿岸で1 mを超える振幅が観測されたが，その具体的な増幅要因は明らかにされていなかった．今年度は奄美大島を含む南西諸島に着目した気象津波の計算を行い，噴火時に放出された大気重力波を想定した0.5 hPa程度の微気圧波で1m程度の振幅を再現できることを示した．複数条件での数値実験の結果，奄美での増幅には海嶺等の深い海域での地形が大きく寄与した可能性があることを示した．この成果は論文誌に投稿中である．

2024年能登半島地震で飯田港に来襲した津波の波状段波に関して，深海域における波数分散効果が浅海域の段波生成に及ぼす影響を調査した．波源域から分散を考慮することで浅海域における段波出現が1kmほど陸に近づき，それによって防波堤に作用する津波波力が大きくなる可能性を示した．また，既往研究で提案されている段波化指標を使うことで水深200m程度の位置の津波振幅から浅海域の段波出現を簡易に予測できる可能性を示した．また，R6年能登半島地震津波調査グループの一員として津波被害に関する調査結果をとりまとめた．調査全体のまとめはCoastal Engineering Journalに掲載され，集約した調査データおよびその概説はScientific Dataに公開・掲載された．

研究集会の開催

10月は京大防災研と東大地震研の合同ワークショップを京大防災研で開催した．今年度は発表者・参加者を両機関以外に，北海道大学・地震火山研究観測センターと防災科学技術研究所からも募って開催された．2024年能登半島地震や2023年鳥島近海地震，2022年トンガ津波などに関する研究発表を通して活発な議論が行われた．

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

日本近海において近年発生した多様な津波現象（例えば日本海の海底断層にも破壊が及んだ地震で

ある能登半島地震による津波や，海底火山起因であると見られる鳥島近海津波など）について，そのメカニズムや伝播・遡上の特性を調べることによって，海底地形の効果や破壊断層の配置，火山活動の連続的発生プロセスなど，多様な機構で津波の波高増幅が発生することを示した．これらの知見は，観測事例が多くはない津波に対して，今後起こりうる災害を事前に予測する上で重要な情報となりうる．今後の展望として，こうした多種多様にわたる津波の沿岸地形による増幅特性を調べることや，発生メカニズムをより高解像度に明らかにすることで，工学，理学の両側面から津波の発生要因および災害リスクをより深く調べる．

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Kubota, T., Sandanbata, O., Saito, T., & Matsuzawa, T. (2024). Accelerating seafloor uplift of submarine caldera near Sofugan volcano, Japan, resolved by distant tsunami recordings. Geophysical Research Letters, 51(12), e2024GL108415. doi:10.1029/2024gl108415,査読有,謝辞無

Sandanbata, O., & Saito, T. (2024). Segmented Trapdoor Fault in Kita-Ioto Caldera, Japan: Insights From Millimeter Tsunami Waves Captured by an Array Network of Ocean Bottom Pressure Gauges. Journal of Geophysical Research. Solid Earth, 129(12), e2024JB029755. doi:10.1029/2024JB029755,査読有,謝辞無

Takemura, S., Kubota, T., & Sandanbata, O. (2024). Successive tsunamigenic events near Sofu Seamount inferred from high-frequency teleseismic P and regional T waves. Journal of Geophysical Research. Solid Earth, 129(10), e2024JB029746. https://doi.org/10.1029/2024jb029746,査読有,謝辞無

Yuhi, M., Umeda, S., Arita, M., Ninomiya, J., Gokon, H., Arikawa, T., Baba, T., Imamura, F., Kawai, A., Kumagai, K., Kure, S., Miyashita, T., Suppasri, A., Nobuoka, H., Shibayama, T., Koshimura, S., & Mori, N. (2024). Post-event survey of the 2024 Noto Peninsula earthquake tsunami in Japan. Coastal Engineering Journal, 1–14. doi:10.1080/21664250.2024.2368955,査読有,謝辞無

Yuhi, M., Umeda, S., Arita, M., Ninomiya, J., Gokon, H., Arikawa, T., Baba, T., Imamura, F., Kumagai, K., Kure, S., Miyashita, T., Suppasri, A., Kawai, A., Nobuoka, H., Shibayama, T., Koshimura, S., & Mori, N. (2024). Dataset of Post-Event Survey of the 2024 Noto Peninsula Earthquake Tsunami in Japan. Scientific Data, 11(1), 786. doi:10.1038/s41597-024-03619-z,査読有,謝辞有

Muhammad, A., De Risi, R., De Luca, F., Kongko, W., Mori, N., Yasuda, T., & Goda, K. (2024). Integrated tsunami risk framework considering agent-based evacuation modelling: The case of Saga, Kochi Prefecture, Japan. International Journal of Disaster Risk Reduction: IJDRR, 101(104193), 104193. doi:10.1016/j.ijdrr.2023.104193,査読有,謝辞無

Shirai, T. Y. Enomoto, K. Haga, T. Tokuta, T. Arikawa, N. Mori, F. Imamura (2024) Potential for tsunami detection via CCTV cameras in northeastern Toyama Prefecture, Japan following the 2024 Noto Peninsula Earthquake, Geoscience Letters, 11, 28, doi:10.1186/s40562-024-00343-9,査読有,謝辞無

Miyashita, T., Nishino, A., Watanabe, S., Yasuda, T., Mori, N., Shimura, T., Ho, T.C. (2025) Contribution of Microtopography off the Ryukyu Islands to Coastal Sea-Level Amplification during the 2022 Tonga Meteotsunami. Earth, Planets and Space, in press.,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

三反畑修, 佐竹健治, 武村俊介, 綿田辰吾, 前田拓人, 久保田達矢 (2024). 2023年10月鳥島近海津波:連続

的な津波発生プロセスによる波高増幅現象, 日本惑星科学連合2024年大会.

綿田辰吾 (2024). T-phase震源決定に海水温が与える影響：2023年孀婦海山群発地震を例に, 日本地震学会2024年秋季大会.

三反畑修, 久保田達矢 (2024). 2023 年 10 月に孀婦海山近海で発生した津波: 連続的な津波発生と海底カルデラとの関係, 日本火山学会2024年秋季大会.

Osamu Sandanbata, Kenji Satake , Shunsuke Takemura , Shingo Watada , Takuto Maeda and Tatsuya Kubota (2024). Enigmatic tsunami waves amplified by repetitive source events near the Sofu seamount, south of Japan, AGU Fall Meeting 2024.

Osamu Sandanbata, Kenji Satake , Shunsuke Takemura , Shingo Watada , Takuto Maeda and Tatsuya Kubota (2025). Enigmatic tsunami waves amplified by repetitive source events near a newly-identified submarine caldera of Sofu Seamount in the Izu–Bonin arc, AGU Chapman Conference 2025.

Osamu Sandanbata, Tatsuhiko Saito (2025). Segmented trapdoor fault in a submarine caldera revealed with milli-meter tsunami waveform record, AGU Chapman Conference 2025.

千田優，鈴木高二朗，高川智博，鶴田修己（2024）．3次元非静水圧モデルを用いた飯田港における2024年能登半島地震津波の解析，第71回海岸工学講演会.

宮下卓也，福井信気，安田誠宏，森信人（2024）．令和6年能登半島地震津波の再現計算および断層域と地形の特性評価，第71回海岸工学講演会.

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

三反畑修（東京大学地震研究所）,綿田辰吾（東京大学地震研究所）,古村孝志（東京大学地震研究所）,
宮下卓也（京都大学防災研究所）,森信人（京都大学防災研究所）,志村智也（京都大学防災研究所）
他機関との共同研究の有無：有
千田優（海上・港湾・航空技術研究所）

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学地震研究所
電話：03-5841-5720
e-mail：osm3@eri.u-tokyo.ac.jp
URL：https://www.u-tokyo.ac.jp/focus/ja/people/k0001_05201.html

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：三反畑修
所属：東京大学地震研究所

令和６年度年次報告

課題番号：CTOC05

（1）実施機関名：

拠点間連携共同研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）岩盤崩壊－河道閉塞－堰止湖決壊による複合連鎖災害の発生場予測: 斜面地形発達史の理解に基づくハザード評価

（英文）Locality prediction of complex cascading disasters caused by bedrock landslides, channel blockage, and barrier lake breaching: hazard assessment based on understanding of topographic evolution history of hillslopes

（3）関連の深い建議の項目：

３ 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
ウ. 地震動に起因する斜面変動・地盤変状の事前評価手法
エ. 大地震に起因する災害リスクの事前評価手法

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ウ. 地形・地質データの収集・集成と文理融合による解釈
４ 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明
６ 観測基盤と研究推進体制の整備
(3) 関連研究分野の連携強化
(5) 社会への研究成果の還元と防災教育

（5）令和６年度の計画の概要：

本研究では、京都大学防災研究所が取り組んできた地形・水文・地質情報の空間解析と、東京大学地震研究所により進められてきた地形の編年および発達史復元とを組み合わせることで、大規模な岩盤斜面崩壊の素因となる斜面の形態と地盤の構造および物性の成立過程をモデリングし、斜面ハザードを定量的に地図表現することで、複合連鎖的な現象の発生場を予測して発災シナリオを提示し、土砂災害に対する地域のレジリエンスを高める上での基盤的情報を提供する。

斜面の岩盤崩壊・河道閉塞・堰止湖決壊は、地震と降水による複合連鎖災害であり、その発生場予測には地形効果を考慮した誘因作用の強さのほか、場の条件としての地形と地盤がもつ素因の評価が必要不可欠といえる。近年、宇宙線生成核種Be-10やC-14を用いた海成・河成の離水地形の編年が可能になり、地殻隆起や河川侵食による斜面の形態進化の履歴が復元できるようになった。また、Be-10により得られる削剥速度情報をパラメータに使った岩盤の風化と強度低下を表現する数理モデルが開発され、地理情報システム上で風化帯の厚みの空間分布を計算できるようになった。一方、層理・節理・断層などの地質的不連続面については、地質構造踏査および風化帯性状調査に基づいて確率論的に付与することが考えられる。

地震動によるせん断破壊は、斜面に内在する地質的不連続面の位置と姿勢が、斜面形態の進化と共に形成された風化前線と合致する場合に発生しやすくなるため、これらのパーツモデルを組み合わせると、斜面の形状および風化帯の構造と物性に基づいて、地震想定に対応した岩盤崩壊のハザードをモデリングすることができる。予測される岩盤崩壊の規模と、その上流側の集水面積から、河道閉塞を生じた場合の堰止湖の湛水量や決壊可能性も推量でき、下流側での土石流あるいは土砂・洪水氾濫

のハザードも空間的・確率論的に評価される。こうした地形学および応用地質学的アプローチにより、岩盤崩壊・河道閉塞・堰止湖決壊の複合連鎖の可能性を可視化したハザードマッピングの実現を目指す。

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本年度は、計画通り直近に地震および豪雨による甚大な被害のあった能登半島での発災実態に関する踏査を行い、地盤構造の解析や物理化学分析のための試料採取を進めるとともに、デジタル地形情報に基づく崩壊発生場の空間解析を行った。これにより、地形条件や風化帯の構造と物性が斜面変動に与える影響が明らかになりつつある。また、西南日本外帯や中部山岳域における地形構造を解析し、隆起に対する応答としての地形発達の途上における不安定斜面の出現を検討した。河川の下刻による斜面の下部切断と起伏量の獲得が岩盤崩壊の素因となる過程についてモデルによる定量化を試みた。またそうした地形の進化に要する時間スケールを推定するため段丘の年代測定や斜面の削剥速度の推定を行った。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本研究で実施する実態調査と発災過程のモデル化は、地震に起因する斜面変動の事前評価と災害リスクの把握に直接的に貢献しようとするものである。研究は途上であるが、着実に発災機構の理解とモデル化は進展している。次年度も引き続き能登半島の斜面変動場を中心とした調査を継続するとともに、過去に発災履歴があり、かつ、今後の海溝型地震や内陸地震での発災が想定される紀伊半島および四国南部あるいは中部山岳を対象に、岩盤崩壊・河道閉塞・堰止湖決壊の発生状況や発生痕跡を詳細に解析し、それを手がかりとして未災の場におけるハザード評価を行う。これらの地域では、いずれも、侵食基準面低下に対する応答としての河道遷急点の遡上を通じて、隆起速度の時空間変化が、内陸部の山地地形にも反映されている。斜面の岩盤崩壊は、こうした地形発達を担う過程として生じており、河川の遷急区間周辺で斜面上に開析前線（遷急線）のみられる大起伏の地形場で多発している。すなわちある場所が、どのような地形進化・風化進行の段階にあるのか、という視点での解析に基づくハザード評価が可能と考えられ、本研究のアプローチが有効に機能するものと期待される。モデルによる予測の精度検証を進めつつ、未災の場での実践的なハザードマッピングを行う。これにより地域間比較の視点をもちつつ、能登半島地震に学んで次の地震に備えるというスコープをもった社会実装が模索される。

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

松四雄騎, 2025. 2024年能登半島地震による斜面変動と連鎖複合災害―予察と展望―. 京都大学防災研究所年報 68A.,査読無,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

Matsushi Y.. 2024. Geomorphological consequences of the 2024 Noto Peninsula Earthquake: tectonic deformations, coseismic landslides, and their implications. European Geophysical Union Meeting 2024.

Matsushi Y.. 2024. Tectonic deformations and coseismic landslides in the 2024 Noto Peninsula Earthquake: their implications to long-term landscape evolution. Japan Geoscience Union Meeting 2024.

松四雄騎. 2024. 能登半島地震により発生した斜面変動. 日本地球惑星科学連合2024大会.

松四雄騎. 2024. 能登半島地震により発生した斜面変動と連鎖複合災害. 地理情報システム学会.

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

松四雄騎（京都大学防災研究所）,石山達也（東京大学地震研究所）,松崎浩之（東京大学総合研究博物館）

他機関との共同研究の有無：無

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：京都大学防災研究所
電話：
e-mail：
URL：

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：松四雄騎
所属：京都大学防災研究所

令和６年度年次報告

課題番号：CTOC06

（1）実施機関名：

拠点間連携共同研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）令和６年能登半島地震の震源域の強震動特性が建物被害に及ぼした影響の解明
（英文）Analysis on the influence of the strong ground motion characteristics to the building damage during the 2024 Noto Peninsula Earthquake

（3）関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
ア. 強震動の事前評価手法
エ. 大地震に起因する災害リスクの事前評価手法

（4）その他関連する建議の項目：

（5）令和６年度の計画の概要：

研究計画としては以下の研究項目のうち令和6年度には①～③の実施を予定していた。

①観測本震記録からの基盤入射波の逆算
強震動観測地点の本震記録に対し、非線形性を含む場合は補正をしてサイト増幅特性を剥ぎ取り、地震基盤上での入射基盤波を逆算する。
②地盤の微動観測とそのデータを用いた強震動特性の評価
大被害地域で面的に地盤の微動観測を行い、得られた微動の水平上下スペクトル比MHVRからKawase et al. (2018)の手法により擬似地震動水平上下スペクトル比pEHVRを計算する。求めたpEHVRに対してNagashima et al. (2014)の地盤構造同定手法を適用し、微動観測地点でのサイト増幅特性を計算する。①で得た入射基盤波に各地点のサイト増幅特性を乗じて各地点の強震動波形を計算し、計算強震動の特性と観測建物被害率との関係を評価する。
③震源域での建物微動計測
震源地を中心とする地域で1981年～1995年および2000年以降に建てられた2階建ての建物の微動計測を行う。データの定量化のため対象建物数は両カテゴリ別に各20棟程度を目標とする。
④2000年以降建築建物も考慮した建物被害予測モデルの構築
③で得られた建物の微動観測データの1階のフーリエスペクトルに対する2階のフーリエスペクトルの比を計算する。その基本ピーク振動数に基づき2000年以降の建物の耐力を推定し、既存の建物被害予測モデルに、その年代区分を追加する。
⑤計算強震動と構築した建物被害予測モデルによる被害予測結果の妥当性の検証
各微動観測地点にて計算した強震動を、④で構築した建物被害予測モデルに入力し、各地点での建物被害率を計算する。得られた被害予測結果を観測被害と比較して本スキームの妥当性を検証する。

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要
上述した通り、令和６年度の計画としては、①観測本震記録からの基盤入射波の逆算基盤波の推定、②地盤の微動観測とそのデータを用いた強震動特性の評価、③震源域での建物微動計測、を予定していた。
①については予定通り解析中で、②はサイト増幅特性の計算手法についてIto et al. (2020)の経験的

補正係数VACFを用いることにしたが、こちらも予定通り進んでいる。③は年度内に実施する予定である。

本記述内では、①②について記載することとする。

まず②に関しては、大被害地域での建物被害と地盤特性の関係を把握すべく、強震観測地点（K-NET, Kik-net, ＪＭＡ）13地点に、空間的補完を考慮した12地点を加えた合計25地点で得られた微動から、微動水平上下スペクトル比MHVRを計算し、Kawase et al. (2018)の手法で擬似地震動水平上下スペクトル比pEHVRを計算した。その上で、Ito et al.(2020)の上下動補正係数VACFを乗じることにより、擬似サイト増幅特性pHSAFを計算した。その結果、建物被害が大きかった地点周辺の観測地点のpHSAFは、概ね、やや短周期（周期１秒付近）の成分が大きいことが分かった。他方、被害が大きくなかった能登町内の、強震観測地点以外に追加した微動観測地点では、擬似サイト増幅特性のピーク振幅も輪島市内のそれと比べると低くなっていた。これらのことから、建物被害の高さと地盤の増幅特性の相関が示唆される。なお、両者の関係の詳細な検討については今後進める所存である。

また、①については、上述した擬似サイト増幅特性での剥ぎ取りを見据え、強震観測地点において、スペクトルインバージョン手法（Nakano et al. (2015)）で得られたサイト増幅特性を用いて基盤波の計算を行った。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況については、該当項目として「内陸地震」と「地震・火災噴火の災害事例による災害発生機構の解明」を選んだが、内陸地震である能登半島地震に対して、現在、それにより生じた建物の大被害が、能登半島固有の地盤特性に寄るものであることを示唆する成果を得ている所であり、その災害発生機構を解明しつつあると言える。

また、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望に関しては、以下の通りである。

本研究は震源特性からサイト増幅特性、そして構造物の応答特性・被害シミュレーションに至る一連の統合的研究を能登半島地震を対象に実施するものである。今後は建物被害予測モデルの更新にも着手する予定であり、本研究を通してこの一連のスキームが確立された後には、将来発生する地震の、より高度な建物被害予測が可能となることが期待される。このような高度な建物被害予測は、災害軽減に資する対策立案のための基礎情報に位置付けられると考えている。

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

川瀬博・仲野健一・伊藤恵理・王自謙・孫紀凱：2024年能登半島地震で観測された強震動のサイト増幅特性と建物被害, JpGU2024年パブリックセッション「能登半島地震」(招待講演）, C004531.

川瀬博・仲野健一・伊藤恵理・宝音図・王自謙：2024年能登半島地震の大被災域（珠洲・輪島）における特異な地盤増幅特性, 2024年度地震工学会大会, B-22-5,Paper No.20240089.

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

伊藤恵理（建築研究所）,松島信一（京都大学防災研究所）,長嶋史明（京都大学防災研究所）,三宅弘恵（東京大学地震研究所）

他機関との共同研究の有無：有

川瀬博（日本建築総合試験所）,仲野健一（安藤・ハザマ技術研究所）

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：建築研究所
電話：0298646663
e-mail：e-ito@kenken.go.jp
URL：

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：伊藤恵理
所属：建築研究所

令和６年度年次報告

課題番号：CTOC07

（1）実施機関名：

拠点間連携共同研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）建物被害と後発地震への応答予測に地盤特性の時空間変化が与える影響の分析
（英文）Effect of Spatio-Temporal Variations in Ground Properties on Prediction of Building Damage and Response to Subsequent Earthquakes

（3）関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(2) 地震の災害誘因の即時予測手法の高度化（重点研究）
ア. 地震動の即時予測手法
4 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(3) 関連研究分野の連携強化

（4）その他関連する建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
エ. 大地震に起因する災害リスクの事前評価手法

（5）令和６年度の計画の概要：

研究グループでは，建物応答や被害の予測精度を向上し，かつ即時に建物利用者や管理者にその情報を提供することを目的に，利用者が多い大規模な建物や災害拠点となる施設を対象として，緊急地震速報の震源情報や拠点建物の観測記録を用いて周辺建物の最大変形角を推定する手法の提案や，立地地盤特性の評価，微動観測記録を用いた詳細建物モデルの構築，後発地震モデルの検討，などを実施してきた．R5年度には後発地震の発生確率を評価するため，過去の地震カタログに基づいた地震の発生しやすさ（時空間ETAS model, Ogata 2022）を求めるプロトタイプシステムを構築した．時空間ETASモデルでは，過去の地震カタログを利用して翌日にあるマグニチュード以上の地震が何個発生するかを求めている．また，建物基礎部での応答に地盤特性が与える影響を検討するための有限要素法モデルを構築した．能登半島地震では，地盤特性が建物被害に与える影響の大きさが再確認された．地盤の卓越周期が1～2秒程度の地域では，木造建物の全壊率が非常に高く，低層建物においても，鉄筋コンクリート造の基礎周辺の地盤変状，不同沈下，基礎滑動，ならびに鉄骨造の外壁や天井の落下などの被害が確認された．そこで本課題では，震源特性と後発地震予測，立地地盤特性評価，建物の特定機能評価を含む高精度地震情報配信手法の開発を命題に，A）軟弱地盤や地耐力変化の建物基礎部応答及び室内被害への影響評価，B)後発地震予測情報の配信方法の検討，に取り組む．

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

地震観測データを使用して赤澤・倉田ら（2024）の評価フロー（図１）に基づき病院室内被害を推定するシステムを開発した。病院室内被害指標はA～Dの4段階である。機器が動き出すPFAの150cm/s^2，転倒が生じ始めるPFAの400cm/s^2，移動により機器同士が衝突し転倒が増えるCA150の300cm/s^2･sを閾値とした．医療継続性の判定については，設置機器の種類や配置状況に応じて異なるため条件に

応じて判定することを基本とするが，PFVが100cm/sを超えるような場合にはランクDとする．ただし，被害ランクB～Dの場合においても，機器が移動および転倒しない措置や床免震など特別な対策が施されている場合はこの限りではない。R6年12月に開催された京大病院の災害訓練では，花折断層を震源とした模擬地震動を入力して室内被害を計算し地震観測網のウェブサイトに表示した．また地震観測網に新たに京都医療センターを追加し，地震計を設置するとともに微動観測により振動モードを同定した．
R5年度に構築した地盤－建物連成系モデルを利用して，軟弱地盤における基礎建物の応答と自由地盤応答の差異を評価した．具体的には，地震観測建物の基礎形式および規模を参照して、3D-FEMにより建物基礎に対する地盤抵抗（基礎インピーダンス）を評価し、基礎インピーダンスを利用したSRモデルによる地盤－建物連成系の動的相互作用解析を実施することによった。その結果、建物基礎で観測された記録から自由地盤の地表面応答をある程度合理的に算出できることを示した。R6年７月に実施した能登半島地震後の病院訪問調査（８病院）において，病院敷地および建物の微動観測を実施し，病院から報告を受けた被害と地盤特性や建物特性の相関について分析を進めている（図2）．

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
３(2)アに関連して，災害拠点施設に設置した地震計を用いて当該地域における災害拠点施設群が受ける地震動および被害を即時に推定する手法を検討した。
４(1)に関連して，2024年能登半島地震における病院被害と災害拠点施設の敷地内の地盤変状を調査し，災害発生機構の解明に向けたデータを取得した。
６(３)　建築構造，損傷モニタリング，基礎地盤，地震発生機構，緊急地震速報の各分野の専門家による研究体制を構築し，分野横断的な視点から災害発生機構の解明ならびに即時被害推定技術の推進に向けた研究を実施した。

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

R. Inoue, M. Kurata, J. Gipson, K. Cho, S. Aida, S. Ohtsuru: DEVELOPMENT OF REGIONAL SEISMIC IMPACT MONITORING SYSTEM FOR HOSPITALS, the proceedings of 18th world conference on earthquake engineering, 2024.7

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：
倉田真宏（京都大学防災研究所）,池田芳樹（京都大学防災研究所）,山田真澄（京都大学防災研究所）,鶴岡弘（東京大学地震研究所）,楠浩一（東京大学地震研究所）
他機関との共同研究の有無：有
中川博人（建築研究所）,柏尚稔（大阪大学工学研究科）,溜渕功史（気象研究所）

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：京都大学防災研究所
電話：
e-mail：
URL：

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：倉田真宏

所属：京都大学防災研究所

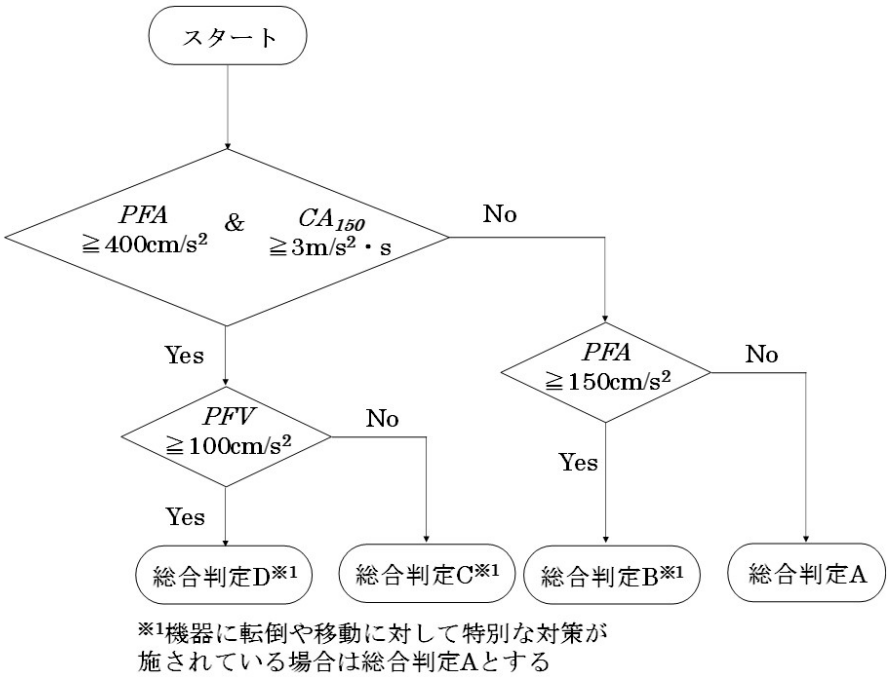


図1 病院地震観測網に導入した室内評価フロー

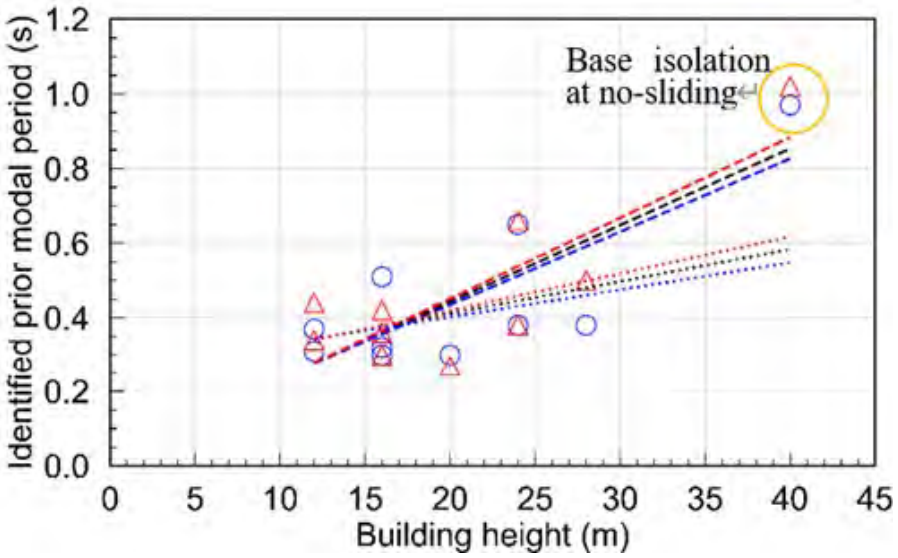


図２　能登半島地震後の病院微動観測結果

令和６年度年次報告

課題番号：CTOC08

（1）実施機関名：

拠点間連携共同研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）既存在来木造建物に大きな被害を引き起こす地震動の発生要因に関する研究
（英文）Study on factors that cause earthquake motions that bring about severe damage to existing wooden houses

（3）関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
ア. 強震動の事前評価手法
エ. 大地震に起因する災害リスクの事前評価手法

（4）その他関連する建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(2) 首都直下地震
(4) 内陸で発生する被害地震

（5）令和６年度の計画の概要：

昨年度までは，耐力が低い木造家屋を対象に検討を行ってきたが，今年度は，耐力が高い建物を対象とした検討を行うために，簡易な振動実験を行うことにより地震動の破壊力を測る箱形試験体として，壁量の多い試験体の開発，検証を行った．

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

その結果，壁量の多い試験体も実大試験体と同様の復元力特性を再現でき，壁量が多いほど，最大耐力時の変形など靭性能が小さくなることを確認できた．

箱形試験体の外観を図1に示す．今回は，壁が入る中央の4P全てに筋交が入っている（昨年度までは4Pのうち2Pのみに筋交）．

入力地震動は，既存建物を想定して，2003年宮城県沖の地震のJMA大船渡50%を入力した後，耐力が低い建物に大きな被害を与える1～2秒より短い0.5～1秒という成分に大きな2016年熊本地震のKiK-net益城EW成分を107%に拡大して入力した．

試験体は，まずHD金物を締めた状態で地震動を入力し，その後，補修，具体的には，中央の壁構面の筋かいを向きを変えて再設置し，HD金物を緩めて入力した．即ち，耐力が高い試験体2レベルのデータを得ることができた．補修後の写真を写真1に，補修前後の荷重変位関係を図2, 3に示す．また，昨年度の耐力が低い試験体と最大耐力時の塑性率を比較して図4に示す．

建物の耐力（降伏ベースシア係数）が大きくなるに従って，最大耐力時の塑性率，即ち，靭性能が低下している傾向を確認することができた．

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

境有紀（京都大学防災研究所）,松島信一（京都大学防災研究所）,五十田博（京都大学生存圏研究所）,楠浩一（東京大学地震研究所）

他機関との共同研究の有無：無

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：京都大学防災研究所
電話：
e-mail：
URL：

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：境有紀
所属：京都大学防災研究所

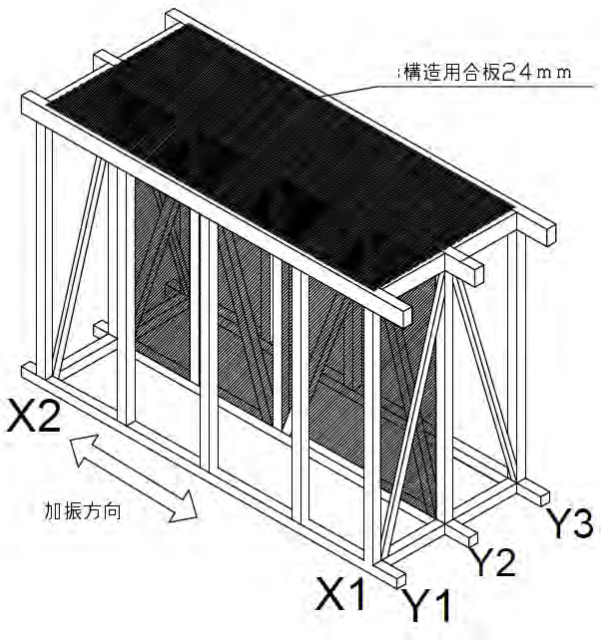


図1 試験体概要

写真1 最終破壊性状

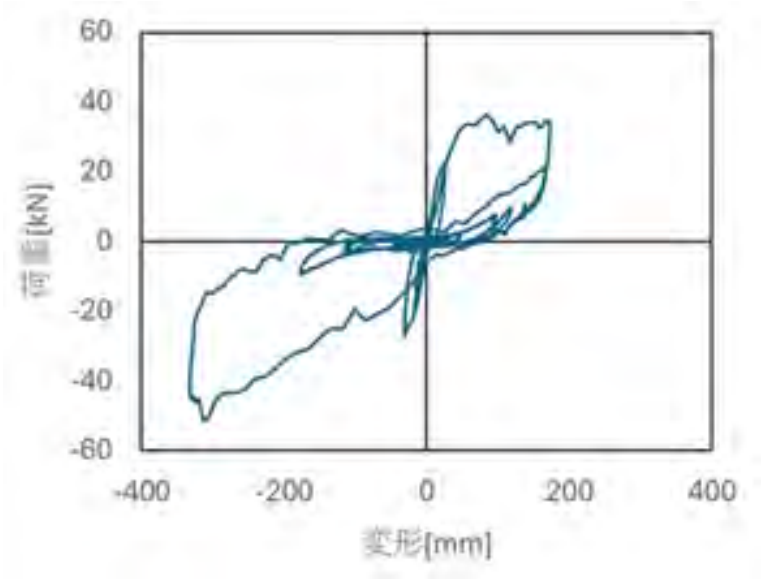


図2 荷重変位関係（補修前）

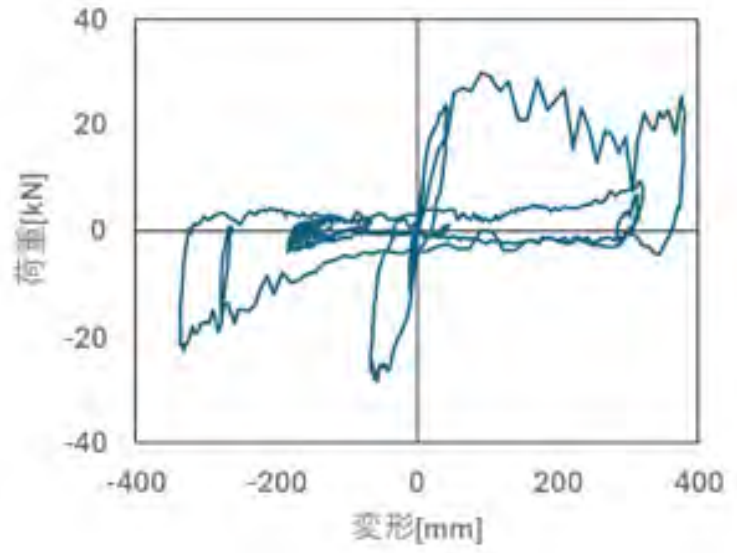


図3 荷重変位関係（補修後）

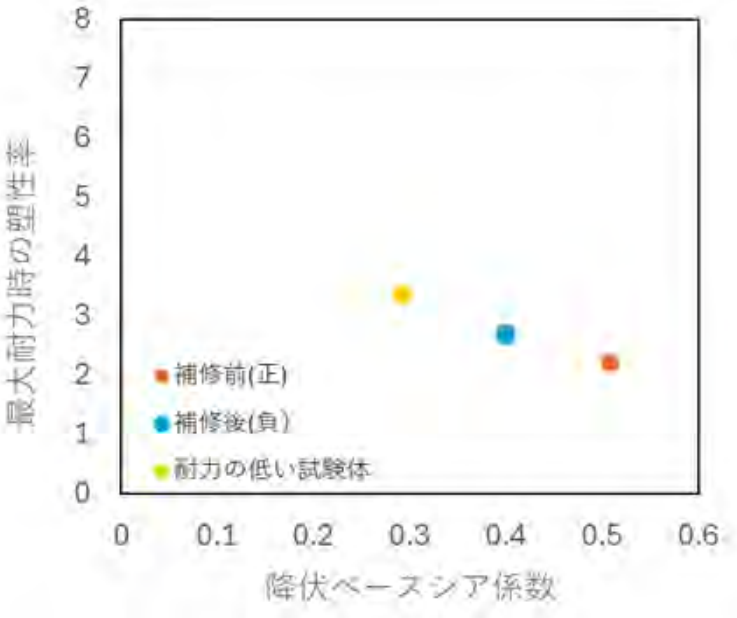


図4 降伏ベースシア係数と最大耐力時の塑性率の関係

令和６年度年次報告

課題番号：CTOC09

（1）実施機関名：

拠点間連携共同研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）震度の世界動向と即時性を有した真の強震動を反映した指標のあり方の検討
（英文）Global Trends in Seismic Intensity and Concept of a True Ground Motion Index with Immediacy

（3）関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(2) 地震の災害誘因の即時予測手法の高度化（重点研究）
ア. 地震動の即時予測手法
(4) 地震・火山噴火の災害誘因予測・リスク評価を防災情報につなげる研究
地震

（4）その他関連する建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備
(3) 関連研究分野の連携強化
(4) 国際共同研究・国際協力
(5) 社会への研究成果の還元と防災教育

（5）令和６年度の計画の概要：

日本の気象庁震度階級や海外で用いられる改正メルカリ震度階（以下、MM震度階）は、地震発生直後や将来の被害想定のために重要な指標である。気象庁震度階級は速報化のため1996年から加速度波形を用いて計算する計測震度となり、MM震度階も地動最大加速度PGA、地動最大速度PGVによる算定式が提案されているが、これらの指標は建物被害と相関の高い周期と対応しておらず、建物被害を表現することが難しい。そこで、応答スペクトルの被害と対応する周期帯を用いてMM震度階を計算する手法の検討を行った。

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

はじめに、建物の大きな被害が想定される高震度では建物の全壊・大破と相関の高い周期1-1.5秒、低震度では人体感覚や物品の動きといった中小被害と相関のある0.1-1秒の弾性加速度応答を用いて、日本の震度階級を応答スペクトルから計算する式を構築した。次に、日本の震度階級とMM震度階の説明文を対応付けることで、応答スペクトルを用いたMM震度階の算定フローを図１のように定めた。表1に、過去の様々な強震記録と強震観測点周辺の被害状況、MM震度階を示す。

表１のうち推定した被害率である1999年台湾集集地震を除き、建物棟数が100棟以上の観測点を対象にMM震度階による被害関数と実被害率の関係を図２に示す。PGA、PGVに基づく既存の算定式（図２（a））では実被害率の大きな観測記録でも震度が10以下であるが、提案する算定法（図２（b））では実被害率の大きな観測記録のいくつかでMM震度階を10と判定できており、海外の強震記録の破壊力をMM震度階という国際的な指標で表現することが可能となった。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

高震度におけるMM震度階を現地調査によらず求めることが出来る算定法は、地震発生直後の迅速

な情報発信を可能とし減災に貢献する。提案した算定法は高震度において日本の中低層建物の被害データに基づくため、日本と海外の建物の耐震性能の違いを考慮した算定式の検討を行っていく。

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

中澤駿佑・汐満将史・境有紀,2004,2024年能登半島地震における建物被害と発生した地震動の破壊力（その1）強震観測点周辺の被害状況と地震動の性質, 日本建築学会大会, 21004

汐満将史・中澤駿佑・境有紀,2004,2024年能登半島地震における建物被害と発生した地震動の破壊力（(その2)非線形地震応答解析による地震動の破壊力の検証, 日本建築学会大会, 21005

亀井健司・境有紀, 2004, 過去の震度計の記録を利用した地震発生直後における建物の被害推定に関する研究　(その2)マグニチュードによる補正, 日本建築学会大会, 21129

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

高井伸雄（北海道大学）,境有紀（京都大学防災研究所）,松島信一（京都大学防災研究所）,楠浩一（東京大学地震研究所）

他機関との共同研究の有無：有

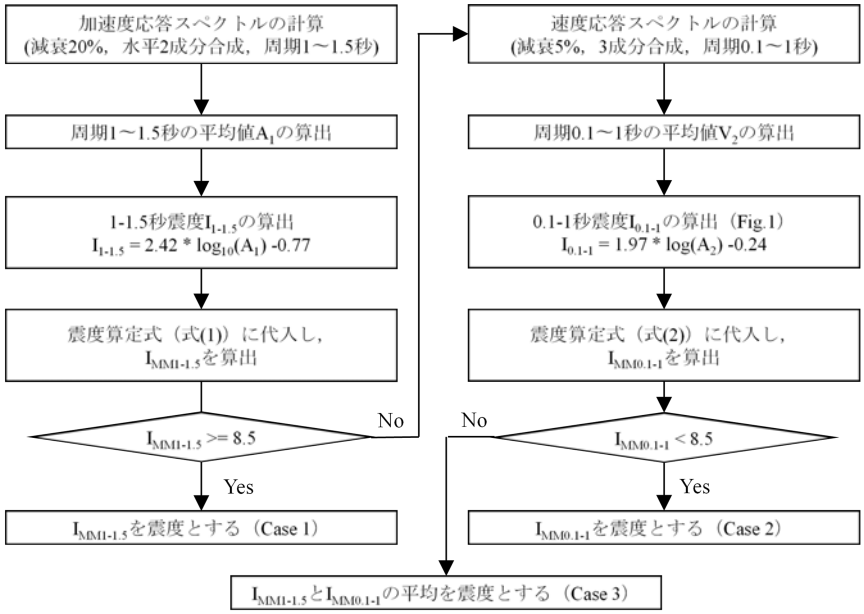
汐満将史（山形大学）,中澤駿佑（宇都宮大学）

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：北海道大学大学院工学研究院
電話：
e-mail：tki@eng.hokudai.ac.jp
URL：

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：高井伸雄
所属：北海道大学大学院工学研究院



$$I_{MM1\text{-}1.5}=\begin{cases}1 & (I_{1\text{-}1.5}<2/3)\\ 3*I_{1.1.5}\text{-}1 & (2/3\leqq I_{1\text{-}1.5}<1.5)\\ I_{1.1.5}+2 & (1.5\leqq I_{1\text{-}1.5}<4.5)\\ 2*I_{1.1.5}\text{-}2.5 & (4.5\leqq I_{1\text{-}1.5})\end{cases} \cdots(1)$$

$$I_{MM0.1\text{-}1}=\begin{cases}1.25*I_{0.1\text{-}1}+0.59 & (I_{0.1\text{-}1}\leqq 2.58)\\ 1.07*I_{0.1\text{-}1}+1.04 & (2.18< I_{0.1\text{-}1}\leqq 3.69)\\ 1.13*I_{0.1\text{-}1}+0.82 & (3.69< I_{0.1\text{-}1}\leqq 4,81)\\ 1.79*I_{0.1\text{-}1}\text{-}2.34 & (4.81< I_{0.1\text{-}1})\end{cases} \cdots(2)$$

図１　応答スペクトルを用いたMM震度階の算定フロー

地震	観測点名	PGA [cm/s^2]	PGV [cm/s]	I_{JMA}	I_{MM}	$I_{MM'}$	d[%]
1993年釧路沖	JMA釧路	752.5	42.5	5.95	8.39	7.98	0.0
1995年兵庫県南部	JR鷹取	742.7	155.2	6.48	10.60	9.62	34.9
	大阪ガス葺合	834.0	129.3	6.49	10.26	9.61	15.3
	JMA神戸	848.0	105.7	6.44	9.24	9.14	2.5
2000年鳥取県西部	境港測候所	762.8	85.4	6.01	8.76	8.98	1.1
2003年十勝沖	K-NET標津	602.9	66.3	5.92	8.80	8.47	1.1
	K-NET広尾	985.6	48.9	6.07	8.44	8.05	0.0
2003年宮城県沖	Ofunato(JMA)	1106.9	35.4	5.85	8.00	7.68	0.0
2004年新潟県中越	川口町震度計	1677.9	150.2	6.52	10.34	9.87	18.0
	JMA小千谷	974.0	93.6	6.34	9.02	8.99	1.2
	十日町震度計	1337.1	56.5	5.93	8.39	8.25	0.0
2007年能登半島	K-NET穴水	883.8	102.4	6.33	9.85	9.25	18.0
	JMA輪島	472.2	98.7	6.15	9.64	9.19	4.6
	K-NET能都	642.5	25.2	5.55	7.58	7.21	0.0
2007年新潟県中越沖	K-NET柏崎	812.0	127.0	6.37	9.91	9.41	4.2
	柏崎震度計	793.5	125.6	6.33	9.83	9.24	5.7
	長岡震度計	692.6	83.2	6.17	8.31	8.86	0/42
2011年東北地方太平洋沖	K-NET築館	2765.2	100.9	6.67	8.68	9.41	0/58
	K-NET日立	1951.4	68.5	6.02	8.01	8.65	0.0
2016年熊本(4/16)	KiK-net益城	1313.8	138.4	6.50	10.00	9.73	6.2
	西原村小森震度計	866.4	262.1	6.62	10.18	10.51	0/57
	K-NET熊本	843.2	95.2	6.09	8.95	9.05	0.0
1994年ノースリッジ	Santa monica city hall	866.8	41.6	5.41	7.75	7.97	1/23
	Tarzana cedar hill nursey	1966.5	109.9	6.55	8.87	9.46	0/10
	LA county fire station	731.8	119.5	6.34	9.36	9.17	2/27
1999年台湾集集	068	530.9	300.1	6.04	9.01	9.87	*2.8
	072	464.5	72.8	5.85	8.17	8.70	*9.7
	074	608.4	79.0	6.04	8.89	8.78	*8.7
	129	992.6	69.1	5.98	8.34	8.18	*0.0
2011年クライストチャーチ	REHS	723.8	99.8	6.21	9.59	9.04	15/98
	CCCC	472.4	68.8	5.99	9.24	8.73	2/23
	HVSC	1708.2	101.7	6.45	8.54	9.27	2/21
	PRPC	737.1	123.1	6.11	9.43	9.18	0.0
2023年トルコ南部	3129	1615.0	172.2	6.47	10.09	10.09	**3/83
	3141	975.0	124.6	6.25	9.36	9.64	**1/27
	4615	643.3	152.8	6.20	9.03	9.67	**0/55

PGA:地動最大加速度(水平2方向ベクトル合成)
PGV:地動最大速度(水平2方向ベクトル合成，加速度波形に0.1-10Hzのバンドパスフィルタをかけて積分)
I_{JMA}:気象庁計測震度，IMM:提案するMM震度階，IMM*:Wald(1999)によるPGA，PGVを用いた算定式
d:全壊・大破率(分数表示:建物棟数が100棟未満，*:崩壊した建物の割合から推定，**:衛星写真より判定)

表1　対象とした地震動

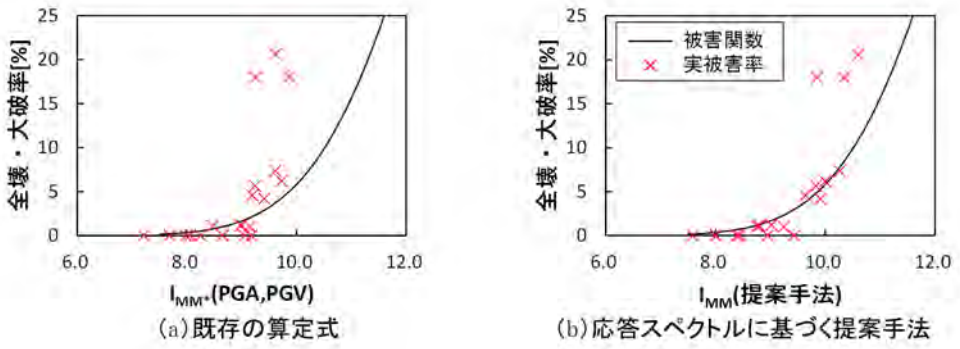


図2　MM震度階の被害関数と実被害率の対応

令和６年度年次報告

課題番号：CTOC10

（1）実施機関名：

拠点間連携共同研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）高精度な地盤増幅特性評価のための多様な地盤構造調査結果の統合化に関する共同研究
（英文）Collaborative Research on Integration of Various Underground Structure Survey Results for Highly Accurate Evaluation of Soil Amplification Characteristics

（3）関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
ア. 強震動の事前評価手法

（4）その他関連する建議の項目：

（5）令和６年度の計画の概要：

令和6年能登半島地震（2024/1/1，Mj7.6）では、石川県志賀町と輪島市門前町において震度7を記録し、奥能登地域を中心に甚大な被害が生じた。観測された強震記録は様々な周期特性を持ち、特に穴水や輪島などにおける周期1～2秒付近の地震動の卓越は顕著であり、建物の甚大な被害に影響を及ぼしたと考えられる。このような地震動の生成には、震源特性はもとより、地盤による地震動の増幅特性が強く影響しており、その生成要因を解明するためには、地盤構造の把握が重要な鍵となる。

そこで令和6年度は、奥能登西部を対象として、余震観測を実施し、これまでの観測記録を含めて地盤増幅特性の検討を行うとともに、余震観測や微動観測の結果の分析、ならびに表面波探査や電気探査などの様々な探査から地下構造を推定し、これらの結果を多角的に検討することで地下構造モデルを構築する。また、このモデルと過去の研究で得られた地下構造モデルやJ-SHISなどの全国レベルの既存の地下構造モデルとの関係や構築された地下構造モデルに基づく地盤増幅特性と建物被害との関係などから、モデルの妥当性について検討する。さらに、年に1回、研究会を開催し、現地調査の結果を共有するとともに、各種検討結果について意見交換を行い、様々な手法によって推定された地下構造を統合する際の課題の明確化、その課題の解決方法など今後のESG研究の課題も含めて議論する。

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

1．はじめに

令和6年能登半島地震で甚大な被害を受けた地域の一つである輪島市街地には、常設の地震観測点として、防災科学技術研究所のK-NET輪島観測点（ISK003）と気象庁の輪島観測点（JMA輪島）が東西に約1 km離れて存在している。本震時の震度は両地点とも6強であったが、その振幅や周期特性には大きな違いが認められた。また、輪島市街地内での被害の分布には偏りがあることに加え、市街地が山地に囲まれた川沿いに広がる細長い沖積平野にあることから、同地域の地震動特性は直下の構造による地盤増幅特性の違いだけでなく、地形や2・3次元的な地盤構造の影響も受けていると考えられる。

そこで令和6年度は、輪島市街地を対象に余震観測を実施し、さらにこれらの観測点周辺で微動観測を実施し、対象地域の地盤震動特性について検討した。

2．余震観測

余震観測は、平野全体をカバーし、地盤震動特性の変化を把握できる高密度なアレイ配置を念頭に、市街地の東側を流れる河原田川に沿った測線とそれにおおよそ直交しISK003とJMA輪島を結ぶ測線、西側を流れる鳳至川に沿った測線とそれに直交する２つの測線の計5つの測線を設け、合計30点で行わ

れた。観測点の間隔は50～800 m程度であった（図1）。
余震観測期間中に観測された2024年11月26日22:47の石川県西方沖の地震（Mj 6.6）の速度波形によると、被害が大きかった市街地北部のISK003からJMA輪島を結ぶ測線の周辺の観測点の最大速度は、比較的標高が高い地域やISK003の近傍などの他の地点に比べて大きく、加えて後続波の振幅も大きく、継続時間も長くなることが明らかになった。
さらに、いくつかの余震観測点において、ISK003で共通して記録が得られた地震のS波Transverse成分を対象に、ISK003の記録とのスペクトル比の観測点ごとの平均を求めた。被害が大きかった地域では、周期1 Hz付近に明確なピークが見られた。一方、市街地の南側の地域では3～6 Hzにピークを持ち、2 Hzよりも低周波数側では倍率は1以下となり、ISK003に近接する点では増幅率が1程度以下になるなど、平野全体での地盤増幅特性に大きな変化があることが明らかになった。
3．微動アレイ観測
余震観測点の周辺において浅部の地盤構造を推定するために微動アレイ観測を行った。河原田川に沿った測線とそれに直交する測線の観測点における微動アレイ観測（正三角形の辺長を6 m、3 mとした7点アレイ）によると、被害の大きかった地域における高周波数側の帯域の位相速度は100 m/s程度で、本観測で検出された位相速度はほぼ平坦なものであり、表層は非常に軟弱であることが想定された。一方、それ以外の観測点は、高周波数側の位相速度は被害が大きかった地域よりも速い地点が多く、本観測で位相速度が検出された周波数範囲内で位相速度が増加する様子も見られるなど、平野内の表層地盤にも様々な変化があることが分かった。
4．単点微動観測
ISK003のごく近傍では被害が全く生じていなかったが、西側や北西側に100～200 m程度離れると甚大な被害が生じていた。これは本震時の地震動がISK003とその周辺で異なっていたことを示唆している。そこで、ISK003を通る南北測線とISK003からJMA輪島に向かう東西測線の２つの測線を設け、単点微動観測を行った。観測点間隔は60～100 m程度であった。両測線ともH/Vスペクトル比の形状は系統的に変化しており、特に被害が大きかった地域は1 Hz付近で非常に明確なピークを持ち、H/Vスペクトル比の特徴と建物被害は概ね良い対応を示した。
5．おわりに
令和6年度は、対象地域を輪島市街地に限定して余震観測の実施に注力し、得られた一部の記録の基本的な分析と観測点周辺の浅部の地盤構造の評価を目的とした微動観測記録の分析に留まり、当初計画されていた地下構造モデルの関する様々な分析結果の多角的な検討には至っていない。今後、得られた余震記録の詳細な分析とともに、ごく表層の詳細な地下構造やより深い地下構造の把握のための調査を行い、多角的な検討を深める予定である。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
【「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況】
本研究の成果は、輪島市街地における観測記録から本震時の強震動の成因解明に資する地盤構造の情報を提供している。観測事実による知見を地盤構造のモデル化に還元することは、地盤構造モデルの精緻化や精度の検証にとって不可欠であり、強震動評価の高度化に貢献している。
【「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望】
地震災害の軽減に必要な強震動予測では、震源特性、伝播経路特性、地盤増幅特性を明らかにする必要があるが、本研究はこの内の特に地盤増幅特性の観点から強震動予測の高精度化に貢献するものである。今後、観測されたデータの詳細な分析等を通して、地盤による地震動の増幅特性に大きな影響を与える地盤構造モデルの高度化に資する知見を蓄積していく予定である。

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

神野達夫・重藤迪子・髙井伸雄・津野靖士・山中浩明・是永将宏・三宅弘恵・安部魁人・中川尚郁・青井優太朗・Fredrick Ouma・Bilal Ozaslan・松田大幹・大野登羽, 2024, 輪島市街地におけ

る2024年能登半島地震余震の臨時高密度強震観測, 日本地震学会2024年度秋季大会, S22P-02

津野靖士・山中浩明・是永将宏・三宅弘恵・福元俊一, 2024, 2024年能登半島地震の石川県鳳珠郡穴水町における地震動特性, 日本地震工学会年次大会梗概集, 20240191

神野達夫・重藤迪子・髙井伸雄・津野靖士・山中浩明・是永将宏・三宅弘恵・松島信一・浅野公之・山田伸之・地元孝輔・安部魁人・中川尚郁・青井優太朗・Ouma FREDRICK・中村愛彩・Ozaslan BILAL・松田大幹・大野登羽, 2025, 輪島市街地における2024年能登半島地震の高密度余震観測および微動観測, 令和6年度京都大学防災研究所研究発表講演会, P02

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：地震：地震：強震動地震観測
概要：臨時強震観測を行った。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：石川県輪島市 37.3917504 136.895926
調査・観測期間：2024/6/14-2024/12/21
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

神野達夫（九州大学）,重藤迪子（九州大学）,松島信一（京都大学防災研究所）,浅野公之（京都大学防災研究所）,三宅弘恵（東京大学地震研究所）
他機関との共同研究の有無：有
山中浩明（東京科学大学）,山田伸之（高知大学）,高井伸雄（北海道大学）,地元孝輔（香川大学）,是永将宏（鉄道総合技術研究所）,津野靖士（東京科学大学）

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：九州大学大学院人間環境学研究院
電話：
e-mail：kanno@arch.kyushu-u.ac.jp
URL：

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：神野達夫
所属：九州大学大学院人間環境学研究院

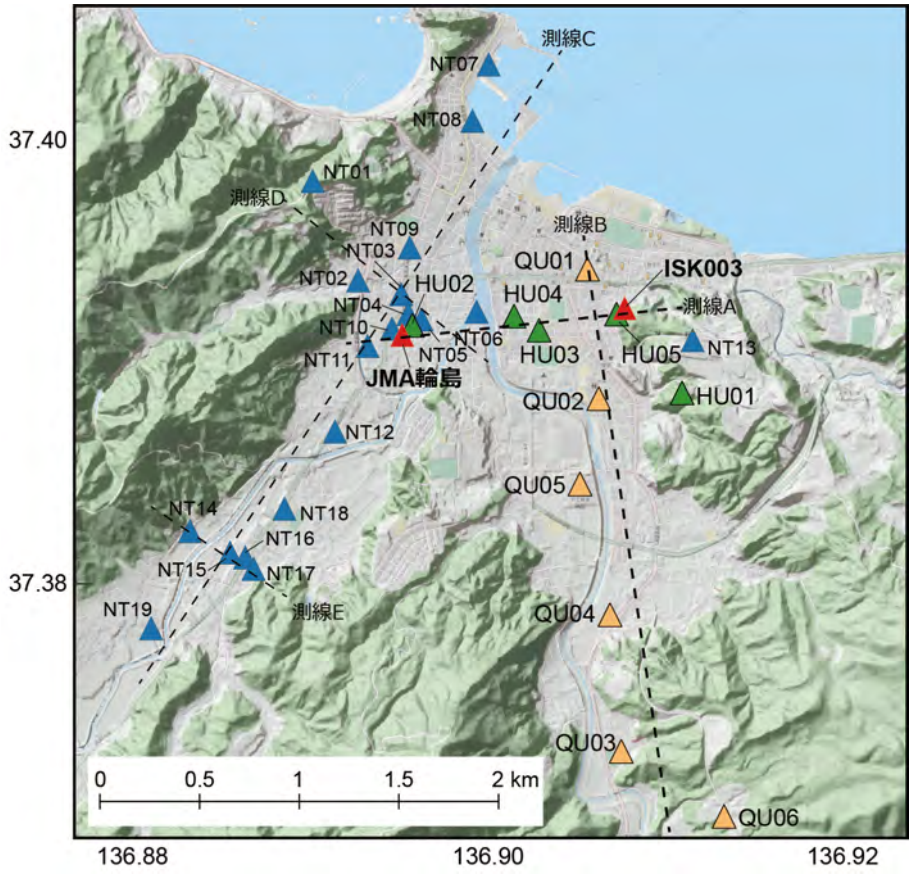

測線C
NT07
NT08
37.40
NT01
測線D
NT09
NT03
測線B
QU01
ISK003
NT02
HU02
HU04
測線A
NT04
NT10
NT06
HU03
HU05
NT13
NT11
NT05
JMA輪島
QU02
HU01
NT12
QU05
NT14
NT18
NT16
NT15
NT17
37.38
NT19
測線E
QU04
QU03
0
0.5
1
1.5
2 km
QU06
136.88
136.90
136.92

図1　余震観測点の分布

令和６年度年次報告

課題番号：CTOC11

（1）実施機関名：

拠点間連携共同研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）1894年庄内地震の詳細な建物被害分布に基づく地震動特性評価手法に関する研究
（英文）A study on a method to evaluate ground motion characteristics considering the detailed building damage distribution during the 1894 Shonai Earthquake

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ア. 史料の収集・分析とデータベース化
3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
ア. 強震動の事前評価手法
(4) 地震・火山噴火の災害誘因予測・リスク評価を防災情報につなげる研究
地震
4 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(4) 内陸で発生する被害地震
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(3) 関連研究分野の連携強化

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
地震
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(5) 社会への研究成果の還元と防災教育

（5）令和６年度の計画の概要：

本研究ではまず、歴史資料に基づき1894年庄内地震の詳細な建物被害分布を再検討し、被害の大きかった地域だけではなく、被害が小さいもしくはほぼ無被害であった地域を洗い出す。その際に、集落の分布などを考慮し、被害状況が建物棟数に左右されないことを確認する。並行して、庄内平野において地震観測および微動観測をおこない、表層地盤による地盤増幅特性を推定するためのデータ収集を行う。最終的に、被害分布と地盤増幅特性の関係を精査し、さらに、震源断層の影響を考慮して、絶対的な地震動強さの推定に繋げる。

2024年度には、歴史資料による被害分布と当時の集落における建物分布などから、1894年庄内地震による被害分布を精査する。一方、庄内平野における複数点において地震観測を実施し、庄内平野内の地盤増幅特性について調査する。さらに、微動観測を実施し、地震観測地点間の地盤構造の変化などを補完的に調査することで庄内平野の面的な地盤構造を推定するためのデータを収集する。

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

複数点における微動観測をおこない、表層地盤による地盤増幅特性を推定するためのデータ収集を行った。アレイ微動観測は中サイズの計9地点、小サイズの11地点の計20地点でRayleigh波位相速度を求めた。アレイの形状は原則、一辺が135m、45m、15m、5m、2mである正三角形とした（1アレイのみ別形状）。単点微動観測は主として東西方向に7測線，南北2測線で間隔が狭い所では1km間隔、広い所では2km間隔で観測点を配置した（図1）．また，測線間を補完するように測線内外で単点微動観測を行い、アレイ観測点中心点と臨時強震観測点と合わせて計132地点となった。観測には主に加速度地震計SMAR-6A3PとJU410を用いた。サンプリング周波数は200Hzとし、単点観測では30分以上、アレイ観測では大きさに応じて10分から2時間の計測を行った。微動水平上下スペクトル比（MHVR）については盆地構造に起因する方位依存性や卓越周期の変化を期待したが、空間的傾向を明確には確認できない地点が多く存在している。特に、ピークがほとんどみられない上に、高振動数域で振幅比が1を下回るような地点もあり、通常盆地内で観測されるMHVRとは異なる様相を呈している。観測で得たMHVRとRayleigh波位相速度をターゲットにインバージョンを行い、観測結果と理論が合致する地下構造を同定した。推定した地下構造から地盤増幅率を計算し、1.0Hzでの増幅率分布が1894年庄内地震の被害分布とよく対応することが分かった。

庄内地震の被害に関する史資料を整理し、これらをデジタルデータ化した。被害記録は大字ごと（酒田町と松嶺町は町丁ごと）に残されており、それぞれの大字、および町丁の代表地点の位置情報を付与した。GISを活用した当該地震被害（家屋被害、これに基づく震度分布、一戸あたりの死者数）の分布を可視化した。その結果、家屋全壊率が高い地域では1戸当たりの死者数も多くなる傾向がみられるが、平野の中央部ではその傾向が弱まることから，家屋倒壊率が高く、死者数も多い松嶺町の至近距離に1894年庄内地震の震源断層が存在することが示唆された。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

観測記録に基づく地盤構造の推定とそれによる地盤増幅特性を調べることで過去の地震の際の被害との関係を示すとともに、将来の地震時の強震動予測による災害対策策定に活用できる成果が得られた。

中小地震の地震動シミュレーションにより地下構造の確からしさを検証した上で、庄内平野東縁断層帯北部を震源とした強震動シミュレーションにより、1894年庄内地震の被害分布の再現性を確認する。次に、庄内平野東縁断層帯南部を震源とした強震動シミュレーションを行い、現在の建物についての被害予測を行うことで、災害の軽減に貢献する。

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

石瀬素子，大邑潤三，飯野真帆，加納靖之，長嶋史明，吾妻崇，松島信一，投稿済，1894年庄内地震の被害記録のデジタルデータ化と被害分布に関する検討，歴史地震,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

石瀬素子，大邑潤三，加納靖之，飯野真帆，長嶋史明，吾妻崇，松島信一，2024，1894年庄内地震の被害分布に関する検討，第41回歴史地震研究会，P-08

松島信一，山本耕平，長嶋史明，2024，庄内平野での常時微動の単点観測とアレイ観測から推定される地盤構造，日本地震学会2024秋季大会予稿集，S16-01

山本耕平，松島信一，長嶋史明，2024，庄内平野の地下構造推定のための常時微動の単点観測とアレイ観測，日本建築学会大会（関東）学術講演梗概集B2，21037

山本耕平，松島信一，長嶋史明，2024，庄内平野での常時微動観測による水平上下スペクトルと推定位相速度，日本地震工学会第18回年次大会梗概集，20240107

山本耕平，松島信一，長嶋史明，周宇廷，ティンザーヤダナー，五熊大，按田悠，山中宏起，2025，庄内平野における地下構造推定のための微動水平上下スペクトル比とレイリー波位相速度の同時イ

ンバージョン解析，京都大学防災研究所令和6年度研究発表講演会，P44

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

松島信一（京大・防災研）,長嶋史明（京大・防災研）,加納靖之（東大・地震研）,大邑潤三（東大・地震研）

他機関との共同研究の有無：無

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：京都大学防災研究所
電話：0774-38-4080
e-mail：matsushima@sds.dpri.kyoto-u.ac.jp
URL：

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：松島信一
所属：京都大学防災研究所

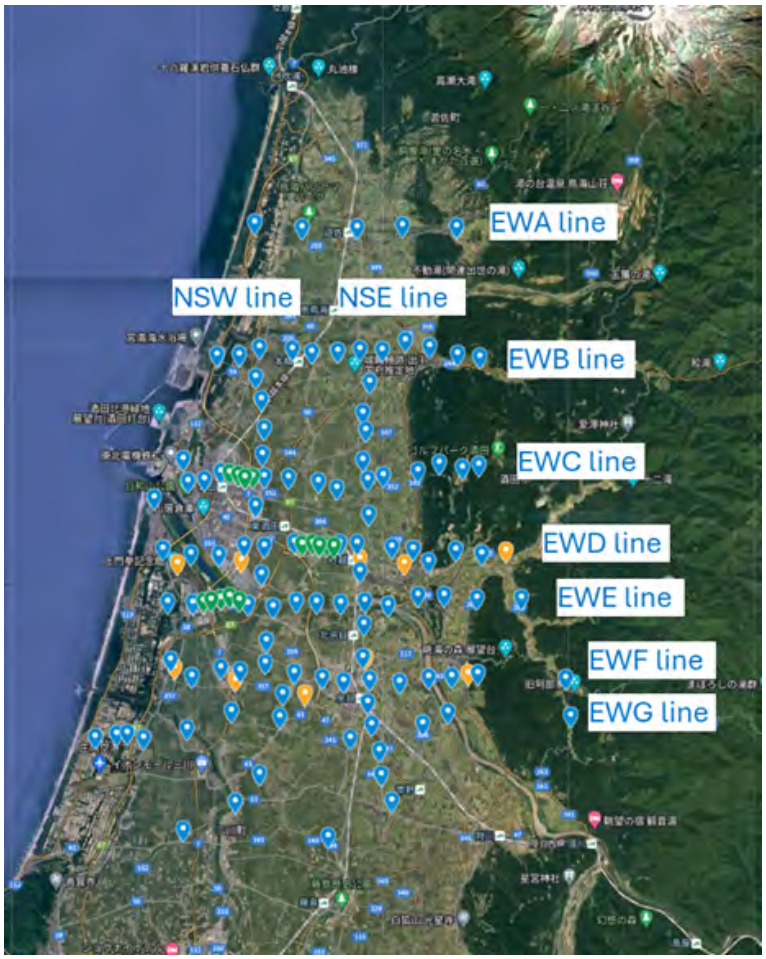


図1　微動観測を実施した観測点配置
青：東西・南北測線、緑：狭間隔測線、黄色：臨時地震観測点（Google Mapに加筆）

令和６年度年次報告

課題番号：DPRI01

（1）実施機関名：

京都大学防災研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）火山活動と火山近傍の地震活動との関連性に関する研究
（英文）Study on the relationship between volcanic activity and seismic activity near volcanoes

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明

（4）その他関連する建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(5) 大規模火山噴火

（5）本課題の５か年の到達目標：

火山活動が活発化する際にマグマの蓄積・上昇過程において火山性地震が増加し，噴火規模に応じて地震活動の範囲や規模が大きくなることが多い。火山近傍において群発的に地震が発生することがあるが，その地震活動が火山活動の前駆現象である場合（例えば，1989年伊東沖，1990年雲仙普賢岳）と直後には火山噴火に至らない場合がある（例えば，焼岳，開聞岳，岩木山）。また、群発地震活動は長期に渡る場合や何度も繰り返し発生することも多く，群発地震活動の初期段階で噴火に至る可能性を判断することは難しい。火山体から離れた場所で地震活動が発生した場合，噴火活動と関連のある地震活動かどうか判断できない場合もある。本課題では火山近傍で発生する地震活動についてデータベースを作成し，火山と群発地震域との距離関係，群発地震活動の時系列変化や震源メカニズム，GNSSなどの地盤変動データの特徴，周辺の地震波速度構造や広域応力場との関係を調べ，火山噴火に至った事例の共通項を見出し，火山活動と火山近傍の地震活動との関連性を明らかにすることを目的としている。

（6）本課題の５か年計画の概要：

令和6年度
桜島，焼岳，開聞岳，諏訪之瀬島の定常観測点の維持を行い，地震活動（群発的な地震）と噴火の履歴を調べる。桜島の南西部や開聞岳については群発地震活動域の近傍に臨時観測点を設置して，地震活動域の範囲やメカニズムの推定を行う。開聞岳については，1967年に群発地震活動が発生しており，現在も周辺の地震活動は高い状況であり火山活動との関連性を調べる。特に，焼岳においては繰り返し群発地震が発生していることから群発地震の特徴を精査する。

令和7-8年度
上記以外の火山について，主に一元化震源や地震カタログを用いて，火山近傍で発生する地震活動の範囲（火口からの距離）や規模，関連する火山現象（火山性地殻変動や噴気異常など）の有無，繰り返し地震活動が発生する場合は時系列を整理してデータベースを作成する。
火山周辺における地震活動のうち，噴火に至った事例の震源移動，規模，メカニズムなどの時系列を整理し，噴火に至る共通項を見出す。

令和9-10年度
地震活動時の周辺の地盤変動データがある地域では，応力場と火山活動の関連性を明らかにする。地震活動と火山体周辺の構造や周辺応力場との関連を調べる。
火山周辺において発生した比較的規模の大きな過去の地震について，その地震活動域と現在の地震活動との比較を行い，火山活動との関連性を調べる（例えば，1914年大正大噴火前に薩摩半島西方で地震活動および噴火直後の桜島地震、1968年えびの地震など）

(7) 令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本課題は火山近傍で発生する地震活動についてデータベースを作成し、火山と群発地震域との距離関係、群発地震活動の時系列変化や震源メカニズム、GNSSなどの地盤変動データの特徴、周辺の地震波速度構造や広域応力場との関係を調べ、火山噴火に至った事例の共通項を見出し、火山活動と火山近傍の地震活動との関連性を明らかにすることを目的としている。桜島、焼岳、開聞岳、諏訪之瀬島の定常観測点の維持を行い、地震活動（群発的な地震）と噴火の履歴を調べるための基礎観測を継続した。姶良カルデラを含む桜島で発生した過去の群発的な地震活動のデータベースを作成し地震活動域の範囲やメカニズムの推定を行った。姶良カルデラ内の群発地震活動は噴火が続く桜島山頂直下の他に、１．カルデラ北東部、２．桜島東部、３．桜島南西部で地震活動が活発で、震源の深さはそれぞれ0-11km、6-11km、4-12kmの範囲で発生している。姶良カルデラを東西に挟むGNSS基線長の変化から2015-2017年、2023年5月-7月、2023年11月などに膨張と見られる地盤変動が観測された。その直後に１．カルデラ北東部と３．桜島南西部の領域で地震活動が増加し、その後に桜島の噴火活動が活発化する傾向が見られた。桜島南西部で発生する地震の震源メカニズムは正断層型が多く、姶良カルデラのマグマ溜まりから桜島へマグマ貫入が生じ桜島南西部が引張場となることで地震が発生していると考えられる。群発地震活動がたびたび発生する焼岳においての解析を行う準備を進めているが、京都大学防災研究所に保管されている焼岳火山の地震データは多様なメディアに保管されており、解析のためには一元的に大容量ハードディスクにまとめる必要があり時間を要し、引き続き来年度もデータ収集を行う。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本課題は火山近傍で発生する地震活動についてデータベースを作成し、群発地震活動や震源メカニズムなどに着目し、火山活動と火山近傍の地震活動との関連性を明らかにすることを目的としている。姶良カルデラで発生する群発地震活動の後に桜島の噴火活動が活発化する傾向が見られ姶良カルデラ下のマグマ溜まりから桜島直下へのマグマの移動によって地震活動が生じている可能性が考えられる。これらは地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化のうち火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明に貢献している。

(8) 令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

為栗健・井口正人・筒井智樹、2024、マグマ蓄積期における姶良カルデラの周辺地震活動の変化、日本地球惑星科学2024年大会、SVC26-08

為栗健・澁谷拓郎・筒井智樹・井口正人、2024、地震波速度構造解析から見た姶良カルデラの構造とマグマ溜まり、日本火山学会2024年秋季大会、B1-02

(9) 令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

(10) 令和７年度実施計画の概要：

焼岳で発生する群発地震のデータベース化を行う。また、桜島や焼岳以外の火山について、主に一元化震源や地震カタログを用いて、火山近傍で発生する地震活動の範囲や規模、関連する火山性地殻変動や噴気異常など火山現象の有無、繰り返し地震活動が発生する場合は時系列を整理してデータベースを作成する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

為栗健（京都大学防災研究所）,中道治久（京都大学防災研究所）,大見士朗（京都大学防災研究所）,山本圭吾（京都大学防災研究所）,山田大志（京都大学防災研究所）
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：京都大学防災研究所
電話：0992932058
e-mail：tameguri.takeshi.2u@kyoto-u.ac.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：為栗健
所属：京都大学防災研究所

令和６年度年次報告

課題番号：DPRI02

（1）実施機関名：

京都大学防災研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）日本列島の地震―火山噴火の基本場解明：地殻とマントルにおける物質，温度・流動-変形，応力場

（英文）Understanding of basic fields of earthquakes and volcanic eruptions in Japanese islands: stress and strain, fluid-magma, temperature, and flow fields in the crust and mantle

（3）関連の深い建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
エ. 地震発生と火山活動の相互作用の理解とモデル化

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
イ. 内陸地震
ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明

（5）本課題の５か年の到達目標：

地震・火山現象の機構の解明には、物質場、温度場、流動―変形場、応力場など基本場の理解が不可欠である。基本場とその性質の理解に基づいてこそ、初めて異常が定義・検出でき、なぜ異常（例えば地震破壊やマグマの発生・移動といった時空間的に局在した現象）が発生するのか、その機構に定量的制約を課すことができる。本課題では、前期の課題を引き継ぎ、まずはそれら基本場について、これまでよりもより包括的かつ高精度に求めると共にその生成メカニズムについて理解を深める。さらに各基本場の情報を合わせることで、Geofluid Mappingを核として、まずはprimitive なものになることが予想されるが、その統合的理解を行うことを目標とする。具体的には、栗駒火山周辺域や日光・足尾地域など特定の地域において、Geofluid Mappingから得られる地殻流体の組成込みの分布と、震源分布、応力場、地表および地殻内変形場、温度場等とを比較することで、地殻の変形や地震の発生が流体の分布とどのように関わっているのかを明らかにする。さらに、地殻の変形や応力場が地殻流体の分布や移動をどのように規定しているのか、つまりは地殻流体と変形・応力場の相互作用について理解を深める。

（6）本課題の５か年計画の概要：

［物質場］深部流体やマグマの分布を定量的にとらえつつ、上昇・移動過程を明らかにすることを大きな目標とする。このため、地下水（温泉水、鉱泉水、湧水を含む）や溶岩の野外調査・試料採取と分析（主成分・微量および同位体組成）・データ解析（多変量統計解析、機械学習手法を含むプロセス推定）・シミュレーションを組み合わせ、沈み込むスラブからの脱水に始まり、マントル・地殻中の移動と反応、マグマの生成過程、湧出・噴火に至るまでの基本場と日本列島に沿ったそれらの場の変化の解明を目指す。また、地震火山活動が活発な日光・足尾地域において、電磁気MT法観測を実施し、地下の電気伝導度構造を明らかにする。実験的・数値的研究を基に、亀裂の選択配向も考慮して、アスペリティ接触が生じている現実的な亀裂のモデルを構築する。上記の電気伝導度や岩石バルク物性に関する最新の研究成果を取り入れつつ、栗駒火山周辺域や跡津川断層域、本課題でMT法観測を実施する日光・足

尾地域などに対してGeofluid Mapping（岩質、液体の種類や組成・量・分布のミクロ形状パラメターの同時推定）を適用し、地殻流体の分布を組成込みで推定する。

［温度・流動－変形場］本研究課題で構築してきた対流–流体発生と移動の数値モデル、およびマグマ生成温度・圧力条件に基づくマントル温度構造推定に基づき、日本列島下の温度構造-流れ場の確度の高い推定を行う。「沈み込み帯のdislocation model」の開発を引き続き着実に行うことにより、海洋プレートの沈み込みに伴う島弧の３次元的な変形をそのメカニズムも含め明らかにすると共に、観測データに基づき地形や重力異常分布、応力状態、火山分布などに関する比較沈み込み学的研究も進める。スパースモデリングを導入することにより、GNSSの観測データから活断層スケールでの地殻変動場の高解像度推定を行うと共に、地殻内部の変形場についても、ガウス過程に基づく逆解析手法を導入することにより、弾性歪みと非弾性歪みの区別含め、空間解像度を大きく上げて推定する。

［応力場］大地震時に滑り分布から期待される応力変化と観測応力場の時空間変化の比較により、空間変化も含めた絶対応力についてより的確な拘束を課す。そのため、M7級の内陸地震を対象に、誤差も含めて高精度に滑り分布を推定することに加え、地震波形解析とAI技術を組み合わせ当該地域のモーメントテンソル解を高精度に多数求める。ガウス過程に基づく応力逆解析を用いて応力場の時空間変化を求めることで、応力の載荷過程や地震後の緩和過程の検出を目指す。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

［物質場］

封圧増加に伴う含水岩石の弾性波速度および電気伝導度の変化について、マイクロック内のアスペリティ接触を考慮した解析を行い，クラック閉鎖に伴うアスペリティ接触の増加およびクラック開口の減少を定量的に評価した。前年度はアスペリティ接触部が塑性変形することを仮定したが、今年度は弾性変形から塑性変形まで幅広く考慮した。アスペリティ接触部がどのように変形するかは、媒質の物性だけでなく、クラックの表面形状によって決まる。現時点では表面形状については情報がないためパラメータ化して扱った。

ある封圧での真の接触面積は、弾性変形の場合の方が塑性変形の場合よりも大きい。そのため、弾性変形の場合は少数の大きなアスペリティ接触、塑性変形の場合は多数の小さなアスペリティ接触が生じる（図１）。真の接触面積が大きくなる弾性変形の場合であっても、接触面積の割合が20%程度に達すると、ほぼ固相の弾性波速度を示すようになる。この接触状態では、クラック内の液相連結は保たれている。したがって、弾性波速度に対しては閉鎖状態であっても、電気伝導度に対しては閉鎖していないという状態がクラックの閉鎖状態であると考えている。クラックの連結は圧力変化にほとんど依存しないため、電気伝導度変化はもっぱらクラック開口の変化によって決まる。このように考えることで、地殻内部で観測されている小さな地震波速度変化（<10%）、大きな電気伝導度変化（数桁）を同時に説明することができる。

計画通り，地震火山活動が活発な日光・足尾地域でMT法観測を実施した．観測期間中，地磁気活動が活発であり，S/N比の高い観測データを取得できた．その結果，0.01秒弱から10000秒近い広い帯域で良好なMT応答関数を得ることができた．応答関数から逆解析により3次元電気比抵抗構造を推定した結果，日光白根山と男体山の下の地殻に低比抵抗域が分布することを明らかにした．この低比抵抗域は，先行研究で低速度，低Q域とされており，日光白根山と男体山のマグマ供給系を示している可能性がある．この低比抵抗域の上端付近では2013年にM6.3の内陸地震が起きている．低比抵抗域は流体に富んでいると考えられ，その流体が地震の発生に関与した可能性を示唆する．

連結した亀裂内に（流体などの）低比抵抗物質が存在する場合を対象に，岩石のバルク比抵抗を与えるmixingモデルを解析的に導出した．亀裂に選択配向がある場合にも対応したモデルであり，横等方性 (transverse isotropy)に従う任意の選択配向に適用可能である．従来モデルでは互いに孤立した亀裂を仮定しているのに対して，開発したモデルは亀裂が互いに連結した状態を想定しているため，地下の低比抵抗域を解釈する上でより適切である．横等方性の選択配向を有する亀裂に対しては弾性波速度の理論モデルも導出されており，開発した電気比抵抗のモデルを用いることで，地震波速度と電気比抵抗の異方性について理論的な比較が可能となった．

地震・火山活動に重要な役割をはたしていると考えられる「地殻流体の実態と分布」をとらえるため、ケーススタディとして跡津川断層沿いなど深部流体湧出が期待される大きな構造線沿いの既存の湧水データを精査した。今年度は、岐阜県高山～白川郷にかけて分布する代表的な湧水・泉源を選定し、調査・サンプリングを行った。またこれらの試料について、主要溶存成分濃度分析およびヘリウ

ム同位体比分析を行い、高いNaCl濃度（～３％）およびマントル由来のヘリウム成分を含む湧水が広く分布することを見出した。当該地域には深部流体のフラックスがあると推定される。これらを先験的情報とし、前計画において構築した定量的GeofluidMappingの手法を応用し、予察的な結果を得た。すでに公表されている地震波速度構造（Nakajima et al。、 2010）と電気伝導度構造（Usui et al。、 2021）に基づき、ベーズ統計に基づく同時解析・インバージョンを行ない、当該地域の2次元断面（北西－南東方向～70㎞、深さ40㎞の断面）における地殻流体の分布を得つつある。今後、計算条件をさらに吟味し、より確からしい推定を行う予定である。

並行して、マントルでのマグマ生成から上昇・噴出にいたるまでの全過程を解読するために、
＊テストフィールドとしての、富士・箱根の岩石・地球化学的研究、
＊沈み込んだプレートから地表までの流体・マグマの移動時間を制約するため、ウラン系列中間核種（238U-230Th-226Ra）について、迅速かつ平易な放射非平衡の新たな分析手法開発、
を開始した。ウラン系列中間核種の同位体比を簡易・迅速に測定するための手法開発について、現時点ではJB-3標準岩石試料（富士山溶岩試料）において226Raと230Thに関する同位体比を確度良く測定できることが確かめられた（図２）。

箱根火山については、既存の約200試料から選定した溶岩試料について、同位体分析を開始した。富士山は、北米－ユーラシア－フィリピン海プレートの三重会合点近くに位置し、活発な地殻変動域に形成されている。「新富士」は約17、000年前の富士宮期以降の活動によって形成されているが、富士山ハザードマップは5600年前以降の須走期の噴火履歴を基に作成されている。一方、約10万～17、000年前の星山期に形成された「古富士」の山体と噴火履歴はあまり理解されていない。今回、富士山山頂から東方向に18˜20 km離れた2地点の調査により、古富士に由来する馬伏川岩屑なだれ堆積物とテフラ層が確認されてた。岩屑なだれ堆積物には玄武岩質溶岩礫と植物片が含まれ、放射性炭素年代測定により約18、931-18、764年前（2σ）とされる。これは、星山期終盤に古富士が東方向に大規模に崩壊したことを意味する。スコリア層も数枚確認され、それらは爆発的な噴火活動に由来し、古富士の活動が山体崩壊直前にあったことを示唆している。新富士起源のテフラ層を構成するスコリア粒子と比べ、相対的に大きく、稀に直径15 cmほどの火山弾に似たスコリアも含まれていることから、（A）星山期終盤に、より爆発的な噴火が起きていた、（B）給源の主火口からの距離が短かった。これら２つの要因が考えられる（図３）。

［温度・流動場］
玄武岩質マグマの組成を化学プローブとして用い、「日本列島下のマントルの含水量とポテンシャル温度」を推定するための岩石学と機械学習の手法開発を開始した。その一環として、白色化クラスタ解析（Iwamori et al., 2017）を日本列島全体の火山岩同位体組成に応用し、沈み込んだプレートからの流体量、溶融度、温度構造などについて制約を得つつある。特に中部日本下では沈み込んだ2枚のプレート（太平洋、フィリピン海）が覆い重なるため、流体量が多く、かつ低温の場が出現し、沈み込んだスラブ、特に太平洋スラブの脱水が深部にずれ込むことが確認された。このため、中部日本では火山帯が大きく背弧に向かって折れ曲がり、かつ幅が広くなる。さらにこの深部脱水の一部は能登半島下で起こり、2020年以来継続する地震・地殻変動活動に寄与している可能性が示唆された（岩森・中村、 2024; Iwamori and Nakamura, accepted）。

［応力・変形場］
地震波形の振幅比を用いた解析により、2011年と 2016年にMw5.9地震が繰り返し発生した茨城県北部地域において、約 30,000個の中小地震 (図４)のモーメントテンソル解の推定に成功した（Yoshida et al., 2024, JGR）。

2024年能登半島地震発生域における断層構造と微小地震のマイグレーションを明らかにし、本震発生への流体関与の可能性を示した（Yoshida et al., 2024, GRL）。図５は本震震源直下の微細断層構造 (図５a-e)と微小地震の時間発展 (図５f-k)を示しており、流体が本震前に深部の微細断層を通じて震源付近にまで移動していたことを示唆している。図６は、本震が開始した断層上における微小地震の西方向へのマイグレーションを示しており、この更に西側に本震に伴う大隆起域が位置している。

物理法則を組み込む深層学習(Physics-Informed Neural Network: PINN)による地震時地殻変動解析を、プレート沈み込み境界などの記述に用いられる面内問題に応用した（Okazaki et al., 2025)。地表の地殻変動データから地下の断層運動を推定する逆解析に取り組み、従来法と異なり数学的正則化なしで安定解が得られた（図７， ８）。これはPINNを用いることで物理的要請に基づき合理的な推定

を行える可能性を示唆している．

2024年能登半島地震について，グリーン関数の誤差を明示的に取り入れたPDTI (Potency density tensor inversion; Shimizu et al., 2020) 法を用いて震源過程を推定した．その結果，初期破壊が10秒ほどかけて静かに成長し、その後東西約150 kmに渡って複数の断層を次々と破壊する複雑な震源過程が明らかとなった（図９）．また，2024年能登半島地震に先立つ同地域での群発地震活動は地下深部からの流体によって引き起こされたと考えられているが，東北沖地震後の大規模な余効変動による伸張的運動により流体の上昇が容易となる環境が整えられていたことを指摘した（Nozue & Fukahata, 投稿中）．

世界で初めてスパースモデリングを用いてGNSSデータから地殻の歪み速度を推定する方法を定式化し，模擬データに適用してその有効性を確かめ，実際の観測データに適用した（図１０；Nozue & Fukahata, 2025).

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本研究では，圧力下で岩石内部のクラックがどのように閉じるか、それがどのように観測量に反映されるかについて理解を深めることができたと考えている。この理解を地震波速度および電気伝導度の解釈に応用することで，より確度の高い流体分布を推定することができる。これは地震発生および火山活動を支配する場の解明に貢献するものである。また，地震波速度および電気伝導度から推定される流体分布は，地震活動や火山活動の予測を行う上で基礎となるデータであり，活動場の理解を通して災害軽減に貢献するものである。

今後の展望としては，地震発生を考えるとき，流体の情報として重要なのは量よりもむしろ流体圧である。クラック内部でのアスペリティ接触を考えた場合、弾性波速度はクラック密度、接触部の大きさ、数で決まる。一方、電気伝導度はクラック密度、接触部の大きさ、数、有効開口で決まる。したがって、接触部の大きさや数、有効開口を有効圧（＝封圧―流体圧）の関数として理解できれば、観測量からクラック密度や有効圧を推定することが可能になる。この実現を目指して，今後は流体圧をコントロールした物性測定を行う。

日光・足尾地域のMT法観測で明らかになった，日光白根山と男体山のマグマ供給系と考えられる地殻の低比抵抗域とその上端付近で発生した内陸地震（M6.3）の関係は地殻流体が本地域の火山および地震活動に関与している可能性を示唆するものであり，地震活動，火山活動及びそれらの総合作用の理解を目指すという中項目(5)の[エ]に直接的に貢献する．また，小項目［ウ］の火山のマグマ供給系の解明にも直接的に貢献するとともに，小項目[イ]の内陸地震の破壊と地下構造の関係の解明のためにも重要な情報を与えている．

新規開発したmixingモデルを用いることで比抵抗構造から地下の流体量や亀裂の選択配向を定量的に推定することができる．地下岩石の電気比抵抗は多かれ少なかれ異方性を有していると考えられ，異方性を有する比抵抗構造を定量的に解釈するためには開発したモデルが必要である．そのため，開発したモデルは小項目[イ]，[ウ]，[エ]に関し，地下構造（地下流体分布）と地震・火山活動の関係を理解する上で今後重要なツールとなり得る．このように，地下のGeofluidの分布や圧力（水溶液超臨界流体、マグマなど）を定量的にとらえることにより、変動現象の基本場の理解が各段に進む。

「地震発生及び火山現象を支配する場の解明とモデル化」の基礎となる断層構造と応力場の推定に必要な高精度の震源分布と大量のメカニズム解を得ることに成功した。PINNによる地震時地殻変動の順・逆解析の基本的枠組みを確立も，モデル化の基礎となる重要な成果である．

このように，地味ではあるが「地震発生及び火山現象を支配する場の解明とモデル化」の基礎となる知見を着実に積み重ねており，長期的視点において災害の軽減に大いに資する成果が上がっている．

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Yoshida, K., Takagi, R., Fukushima, Y., Ando, R., Ohta, Y., Hiramatsu, Y., 2024, Role of a Hidden Fault in the Early Process of the 2024 Mw7.5 Noto Peninsula Earthquake, Seismological Research Letters, 51, 16, https://doi.org/10.1029/2024GL110993．,査読有,謝辞無

Yoshida, K., Emoto, K., Takemura, S., Matsuzawa, T., 2024, Near-Source Waveform Modeling to

Estimate Shallow Crustal Attenuation and Radiated Energy of Mw 2.0-4.5 Earthquakes, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 129(9), e2023JB028523, https://doi.org/10.1029/2023JB028523,査読有,謝辞無

Yoshida, K., 2024, Direct Evidence for Diverse Source Complexity in Small Earthquakes (Mw 3.3–5.0) Obtained from Near-Source Borehole Seismic Data, Seismological Research Letters, 95 (4): 2409–2421, https://doi.org/10.1785/0220230431,査読有,謝辞無

Matsumoto, R. & Yoshida, K., 2024, Quasi-Real-Time Earthquake Relocation and Monitoring in the Northeastern Noto Peninsula, Earth, Planets and Space volume 76, 131, https://doi.org/10.1186/s40623-024-02079-4,査読有,謝辞有

Okazaki, T., Hirahara, K., Ito, T., Kano, M. and Ueda, N., 2025, Physics-informed deep learning for forward and inverse modeling of inplane crustal deformation, Journal of Geophysical Research: Machine Learning and Computation, accepted,査読有,謝辞有

Okuwaki, R., Yagi, Y., Murakami, A., and Fukahata, Y., 2024. A multiplex rupture sequence under complex fault network due to preceding earthquake swarms during the 2024 Mw 7.5 Noto Peninsula, Japan, earthquake, Geophysical Research Letters, 51, e2024GL109224. https://doi.org/10.1029/2024GL109224,査読有,謝辞無

Nozue, Y. and Fukahata, Y., 2025, Geodetic data inversion to estimate a strain-rate field by introducing sparse modeling. Earth Planets Space, 77:12. https://doi.org/10.1186/s40623-024-02115-3,査読有,謝辞無

Ishizu, K., Goto, T., Fukahata, Y., Koike, K., Vachiratienchai, C., and Siripunvaraporn, W., 2025, Inversion algorithm determining sharp boundaries in electrical resistivity tomography, Geophysics, in press. https://doi.org/10.1190/geo2024-0385.1,査読有,謝辞無

Watanabe, T., Tomioka, A., and Yoshida, K. 2024, The closure of microcracks under pressure: inference from elastic wave velocity and electrical conductivity in granitic rocks. Earth, Planets and Space, 76:153, https://doi.10.1186/s40623-024-02103-7,査読有,謝辞有

Usui,Y., 2024, Electrical conductivity model for transversely isotropic rocks with interconnected cracks, Physics of the Earth and Planetary Interiors, 354, 107226, doi: 10.1016/j.pepi.2024.107226,査読有,謝辞有

Kondo, Y., Obayashi, M., Sugioka, H., Shiobara, H., Ito, A., Shinohara, M., Iwamori, H., et al., 2024, Seismic image of the central to southern Andean subduction zone through finite-frequency tomography. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 129, e2024JB028844. https://doi.org/10.1029/2024JB028844,査読有,謝辞無

岩森　光・中村　仁美, 2024, 冷たい沈み込み帯としての中部日本と能登半島下でのスラブ深部脱水. 地震ジャーナル, 78, 2-12. https://doi.org/10.60191/eqj.2024.78_2,査読無,謝辞無

Iwamori, H., Nakamura, H. (accepted), Bend of volcanic front around Asama Volcano and deep dehydration beneath the Noto peninsula: constraints from regional magma geochemistry. In: “Asama Volcano —Portrait of the most active and hazardous andesitic volcano near the Tokyo metropolitan area—” (Aramaki, S., Takahashi, M., Takeo, M., Yasui, M. and Aoki, Y., eds. Series of “Active Volcanoes of the World”, Springer),査読無,謝辞無

Takashi Yuguchi, Kyoka Endo, Satoshi Suzuki, Yasuhiro Ogita, Shuhei Sakata, Tatsunori Yokoyama, Takumi Imura, Takeshi Ohno, Eiji Sasao, 2025, Growth processes of zircon crystals in a granitic magma chamber, variation in U Pb age, titanium concentration, and Th/U in relation to internal texture. Lithos, 494-495, 107909-107909. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2024.107909,査読有,謝辞無

Takashi Yuguchi, Takenori Kato, Yasuhiro Ogita, Minori Watanabe, Hayoto Yamazaki, Asuka

Kato, Daichi Itoh, Tatsunori Yokoyama, Shuhei Sakata, Takeshi Ohno, 2024, Crystallization processes of quartz in a granitic magma: Implications for the magma chamber processes of Okueyama granite, Kyushu, Japan. Journal of Asian Earth Sciences, 265, 106091-106091. https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2024.106091,査読有,謝辞無

Yusuke Sawaki, Hisashi Asanuma, Shuhei Sakata, Mariko Abe, Hisahiro Ueda, Wataru Fujisaki, Takeshi Ohno, 2024, Zircon Trace-Element Compositions in Cenozoic Granitoids in Japan: Revised Discrimination Diagrams for Zircons in I-Type, S-Type, and A-Type Granites. Island Arc, 33: e12539. https://doi.org/10.1111/iar.12539.,査読有,謝辞無

西澤達治，吉本充宏，亀谷伸子，岩森光，安田敦，富士山のマグマ供給系解明に向けた基礎研究．山梨県富士山科学研究所年報，第27号，42–43.,査読有,謝辞無

東郷洋子、森川徳敏、高橋正明、高橋浩、清水徹、中村仁美、風早康平、清水日奈子、都井美穂、瀬口寛樹、福田和幸、朝川暢子、清水裕子、常木俊宏、森田澄人 (2025) 地質標本館特別展「プレートテクトニクスがつくるなぞの温泉『深部流体』」開催報告. GSJ 地質ニュース Vol. 14、 p 35-37, 査読無,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

Keisuke Yoshida, 2024, The 2024 Mw7.5 Noto Peninsula, Japan, Earthquake initiated in Fluid-Driven Swarm Activity, Seismological Society of America 2024 Annual Meeting (招待講演)

吉田圭佑, 髙木涼太, 福島 洋, 安藤亮輔, 太田雄策, 内田直希, 平原 聡, 木村 洲徳, 岡田知己, 日野亮太, 酒井慎一, 平松良浩, 松本聡，2024，2024年Mw7.5能登半島地震の震源断層において数年間継続した微小地震のマイグレーションと本震の発生過程，日本地球惑星科学連合2024年大会

吉田圭佑，地殻流体の移動に関係して発生したと考えられる近年の日本の内陸地震，日本地球惑星科学連合2024年大会 (招待講演)

Keisuke Yoshida, 2024, Rupture Initiation of the 2024 Mw7.5 Noto Peninsula, Japan, Earthquake that Occurred within a Complex Fault Network, International Joint Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes

Keisuke Yoshida, 2024, Earthquake Swarms in Japan Triggered by Upward Fluid Migration following the 2011 M9 Tohoku Earthquake and the 2024 Mw7.5 Noto Peninsula Earthquake , International Workshop on: Swarm-like Seismicity …What We Know, What We Don’t Know, and What We Need to Learn

岡崎智久・平原和朗・伊藤武男・加納将行・上田修功, 2024, 物理深層学習PINNによるInplane地殻変動の順・逆解析, 日本地震学会秋季大会, S21-09.

岡崎智久・平原和朗・伊藤武男・加納将行・上田修功, 2024, 物理法則を組み込む深層学習PINNによるInplane地殻変動解析, 日本測地学会講演会, 18.

深畑幸俊，2024，断層すべりインバージョンにおける誤差についての考察　日本地震学会2024年秋季大会，S01-14

Y. Fukahata, Y. Mori, 2024, 3-D Numerical Simulation of Island Arc Deformation based on the Dislocation Model for Plate Subduction and its Insight into Topographic Evolution of Island Arcs, EGU2024, EGU24-14479

深畑幸俊・森祐太朗，2024，琵琶湖はなぜそこにあるのか？，日本地球惑星科学連合2024年大会，HGM03-07

Nozue Y and Fukahata Y (2025), Influence of the 2011 Tohoku-oki earthquake on the strain-rate field around the Noto Peninsula, O14, Taoyuan-Taiwan

Nozue Y and Fukahata Y (2024), 能登地域の歪み速度場に対する2011年東北沖地震の影響, 日本地

球惑星科学連合2024年大会, U16-P04, 千葉市

Nozue Y and Fukahata Y (2024), Influence of the 2011 Tohoku-oki earthquake on the strain-rate fields around the Noto Peninsula, Geo-INQUIRE Corinth Summer School 2024, No.5, Corinth-Greece

T. Nishizawa Y. Fukahata, (2024), Parameterization of Outer-rise Seismic Normal Faults and its Implication to Subduction Zone Tectonics, 日本地球惑星科学連合2024年連合大会, SCG55-P04

西沢貴志 深畑幸俊, (2024) 沈み込み帯の変位の食い違いモデルに基づく中央沈降帯の形成メカニズム, 日本測地学会第142回講演会, P24

T. Nishizawa Y. Fukahata, (2025), Formation Mechanism of Central Lowland Zone based on Dislocation Model for Plate Subduction, Japan-Taiwan Workshop on Crustal Dynamics

西沢貴志, (2024), 中央沈降帯（内海）はどこで形成されるのか？, 理学共創イノベーションコンソーシアム, P21

岩野 英樹、仁木 創太、浅沼 尚、坂田 周平、折橋 裕二、平田 岳史, 2024, 後期更新世火山年代学のためのアパタイトU-Th非平衡年代測定の開発, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SCG51-11

澤木 佑介、坂田 周平、大野 剛, 2024, Host rocks of Hadean zircons; based on comparison with the zircons in Japanese Cenozoic granitoids, 日本地球惑星科学連合2024年大会, MIS23-P08

小出鯉太朗, 深畑幸俊, 2024, 弾性-粘弾性成層構造媒質中の断層運動が作る非直観的な変位場について, 日本地球惑星科学連合2024年連合大会, SCG55-P11

小出鯉太朗, 深畑幸俊, 2024, 弾性-粘弾性成層構造媒質中の逆断層および水平断層が作る非直観的な変位場について, 日本地震学会2024年秋季大会, S03P-05

渡邊了, 2024, 弾性波速度・電気電度から推定される圧力下におけるマイクロクラックの構造、日本地球惑星科学連合2024年大会、SCG55-07

Watanabe, T., Yoshida, K., and Tani, K.,2024, Surface topography of microcracks in a granitic rock, 日本地球惑星科学連合2024年大会、SCG55-P06

臼井嘉哉, 上嶋誠, 坂中伸也, 山谷祐介, 小川康雄, 市來雅啓, 本蔵義守, 黒木英州, 北関東MT観測グループ, 2024, Magnetotelluric explorations of the three-dimensional electrical resistivity structure under the Nikko-Ashio area, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2024年秋季年会, R003-04

Satoru Haraguchi, Kenta Ueki, Hikaru Iwamori, 2024, Geochemical characteristics of the Japan Arc based on the logarithmic distribution of chemical data for each rock facies, Japan Geoscience Union Meeting, SGL18-07

Yusuke Katsuki, Shuhei Sakata, Tatsuji Nishizawa, Masaki Takahashi, Shun-ichi Nakai, Hitomi Nakamura, Satoru Haraguchi, Hikaru Iwamori, 2024, Latent thermodynamic parameter in the chemical compositional variation of basalts of the Fuji volcano, central Japan, identified by unsupervised machine learning, Japan Geoscience Union Meeting, SVC30-07

Hikaru Iwamori, Hitomi Nakamura, Noritoshi Morikawa, Satoru Haraguchi, Shuhei Sakata, 2024, Cycling of groundwaters and deep-seated fluids beneath Kyushu: unsupervised machine learning of geochemical data, Japan Geoscience Union Meeting, SMP21-02 Invited Oral

西澤達治, 吉本充宏, 亀谷伸子, 安田敦, 2024, 1万9千年前の星山期終盤における富士山の火山活動, 日本地球惑星科学連合2024年大会, S-VC30-06

中村 仁美, 横尾 亮彦, 岩森 光, 森川 徳敏, 西澤 達治, 森 俊哉, 2024, 阿蘇火山火口湖湯だまりにおける地球化学的研究, 日本火山学会秋季大会, B3-11

Mizuki Ishida, Yuki Hieda, Shuhei Araki, Koichiro Fujinaga, Toru Shimizu, Masaharu Tanimizu, Hitomi Nakamura, Hikaru Iwamori, Shiki Machida, Shigekazu Yoneda, Kentaro Nakamura,

Kato Yasuhiro, 2024, Genesis of the enriched volcanic rocks at Sapporo-dake and Soranuma-dake in southwestern Hokkaido: Insights into the formation of the Toyoha polymetallic deposit, Japan Geoscience Union Meeting, SMP21-P03

Nozue Y. and Fukahata Y., 2024, 能登地域の歪み速度場に対する2011年東北沖地震の影響, 世界の沈み込み帯におけるSlowとFastの破壊現象の実像に関する研究集会, No.12, 岐阜県高山市

西沢貴志, 2024, 中央沈降帯（内海）はどこで形成されるのか？, 京都大学大学院教育支援機構奨励 沈研究員によるポスター発表会・研究交流会, P2

西沢貴志 深畑幸俊, 2025, 地形・重力異常から読み解く沈み込み帯の多様性, 京都大学防災研究所 令和6年度研究発表講演会, P45

Zhang, H., Morishige, M., and Iwamori, H., 2024, The effects of coordinate systems on mantle convection and the cooling of oceanic lithosphere, Japan Geoscience Union Meeting, SCG48-P10

Tamura, T., Yokoyama, T., Kuritani, T., Nakagawa, M., Gill, J.B., Iwamori, H., and Ueki, K., 2024, Mo-Sr-Nd-Pb isotopic compositions in Quaternary volcanic rocks: Northeast Japan (Hokkaido, Tohoku) arc and Izu islands, Japan Geoscience Union Meeting, SGC33-03

Chatterjee, S., Iwamori, H., Bandyopadhyay D., Guo, P., Tegner, C., Haraguchi, S., and IODP Expedition 396 scientists, 2024, Unsupervised machine learning approach for regional geochemical data from North Atlantic Igneous Province: Implications for LAB and plumerift interaction, Japan Geoscience Union Meeting, MGI28-04

Kuwatani, T., Nagata, K., Sakai, T., and Iwamori, H., 2024, Estimation of lithology and geofluid parameters from seismic velocities and electrical resistivity using Bayesian inference, Japan Geoscience Union Meeting, MGI28-P01

坂田 周平、大野 剛, 2024, Development of practical measurement method for 238U-230Th-226Ra disequilibria in volcanic rocks using ICP-MS/MS, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SCG51-P04

岩野 英樹、仁木 創太、浅沼 尚、坂田 周平、折橋 裕二、平田 岳史, 2024, 後期更新世火山年代学の ためのアパタイトU-Th非平衡年代測定の開発, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SCG51-11

澤木 佑介、坂田 周平、大野 剛, 2024, Host rocks of Hadean zircons; based on comparison with the zircons in Japanese Cenozoic granitoids, 日本地球惑星科学連合2024年大会, MIS23P08

山本 伸次、伊藤 正一、大野 剛、小宮 剛、坂田 周平、青木 翔吾, 2024, Hydrogen isotope compositions in early earth mantle from apatite inclusions in detrital early Archean zircons from the Jack Hills metaconglomerate, W. Australis, 日本地球惑星科学連合2024年大会, BCG06-02

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：火山：構造：MT・AMT観測
概要：日光・足尾地域における広帯域MT法観測
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：栃木県，群馬県栃木県日光市、群馬県片品村、群馬県沼田市、群馬県みどり市日光・足尾地域 36.661877 139.417034
調査・観測期間：2024/4/17-2024/11/13
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

（10）令和７年度実施計画の概要：

［物質場］

（１）岩石試料内部のマイクロクラックについて，SEM観察により表面形状を調べ，アスペリティ接触部の変形モードを明らかにする。（２）石英ガラスと方解石単結晶の円板試料を用いてクラック閉鎖のモデル実験を行い，塑性変形がクラック閉鎖に及ぼす影響を明らかにする。（３）含水岩石試料の弾性波速度・電気伝導度測定を封圧下で行う。流体圧を変えることで，クラック閉鎖を有効圧の関数として理解する。

日光・足尾地域の3次元比抵抗構造について，得られた比抵抗の値がどの程度確からしいか定量的な評価を行う．さらに，地下の物性（流体量や温度）の定量的な見積もりを行う．また，新規開発したmixingモデルでは全ての亀裂が連結したネットワークに属しているという仮定をしているが，実際は流体を含んでいても電気比抵抗などの輸送特性に寄与しない亀裂が存在する．ランダムに生成した複数の亀裂モデルに対して数値シミュレーションを行うことにより，輸送特性に寄与する亀裂の割合(backbone fraction)の統計的な特徴を調べ，mixingモデルを拡張する．

前年度の結果に基づき，深部流体のサンプリング・分析、およびそれらに基づくGeofluid Mappingをさらに進める．富士・箱根の火山発達史や特徴的噴火・イベントをカバーするように補完調査・分析を行い，元素・同位体組成データセットを構築する．構築した組成データベースについて，教師なし機械学習手法によるデータ構造の把握と，それに基づく成因解析を開始する．新開発の放射非平衡測定方法の信頼性を，標準岩石（JB-3，JR-2）の分析を通して評価する．

[温度・流動場]

前年度に引き続き，玄武岩質溶岩組成に基づく「日本列島下マントルの含水量とポテンシャル温度」の解析手法の開発・高度化を進める．マントル対流モデルにC-H-O流体を含む系の溶融・メルト組成再現の定式化を組み込む．前年度に定式化したスパースモデルとガウス過程の手法をそれぞれの模擬データに適用し，手法の有効性と限界を確かめる．

［応力・変形場］

2024年能登半島地震震源域において中小地震のモーメントテンソル解を推定し，応力場の時空間分布を明らかにする．

PINNを用いて3次元構造における地震時地殻変動の実データ解析に取り組み、現実的な地形・地下構造を考慮した断層すべり逆解析を実施する。歪み集中域や火山地域を対象に、測地データからPINNを用いて地下のモーメントテンソル体積密度の空間分布を推定し、地殻内の変動様式を議論する。

沈み込み帯の変位の食い違いモデルを用いて，島弧の長期的変形の理論的理解を進める．また，逆解析手法を高度化することにより，測地データから地殻の変形を，地震波データから地震の破壊過程をより高い信頼度で高精度に推定する手法を開発するとともに，実データへの適用も進めていく．

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

深畑幸俊（京都大学防災研究所）,岩森光（東京大学地震研究所）,臼井嘉哉（東京大学地震研究所）,坂田周平（東京大学地震研究所）,中村仁美（産業技術総合研究所）,吉田圭佑（東北大学）,西澤達治（富士山火山防災研究センター）,岡崎智久（理化学研究所）,渡辺了（富山大学）

他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：京都大学防災研究所
電話：0774-38-4226
e-mail：fukahata.yukitoshi.3e@kyoto-u.ac.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：深畑幸俊
所属：京都大学防災研究所

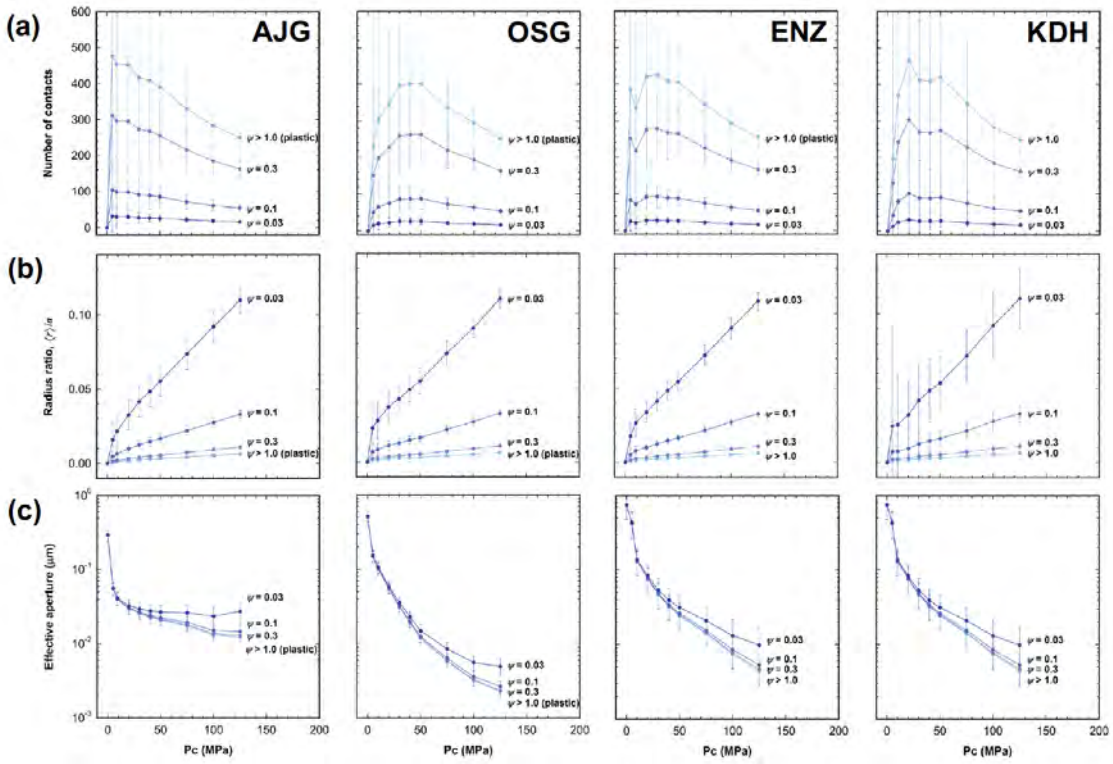


図 1
封圧増加に伴うクラック内のアスペリティ接触の数，およびクラックと接触部の半径比，有効開口の変化。Plasticity index が大きいほど塑性変形の寄与が大きい。岩石試料は庵治花崗岩（AJG），大島花崗岩（OSG），塩山花崗閃緑岩（ENZ），勝原閃緑岩（KDH）である。間隙流体圧は大気圧に保っている。

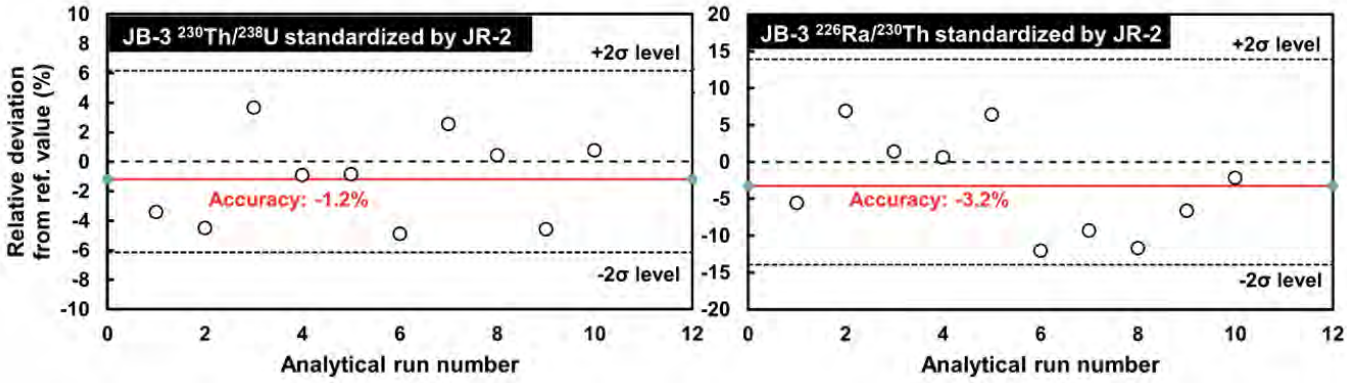


図 2
JB-3標準試料の^{230}Th/^{238}U、^{226}Ra/^{230}Th測定テスト結果

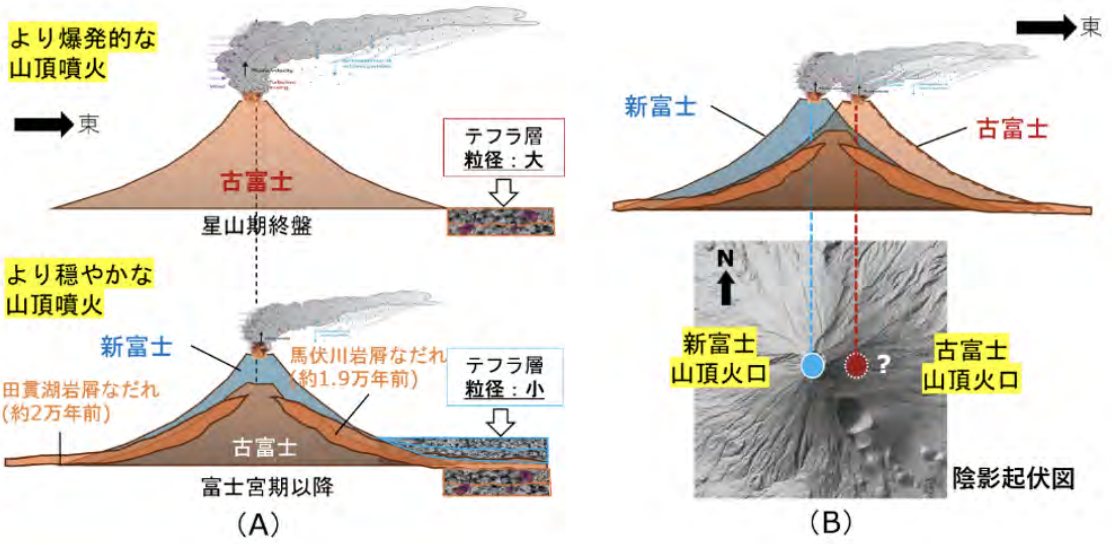


図３
星山期終盤の古富士から富士宮期初期の新富士形成にかけての富士山の活動モデル。（A）星山期終盤の古富士は、新富士よりも爆発的な噴火を繰り返していた。（B）古富士の主火口は、新富士の山頂火口よりも東側に位置していた。（A）または（B）、あるいは両方の影響により、古富士のテフラを構成するスコリアの粒径が新富士よりも相対的に大きくなった可能性がある。

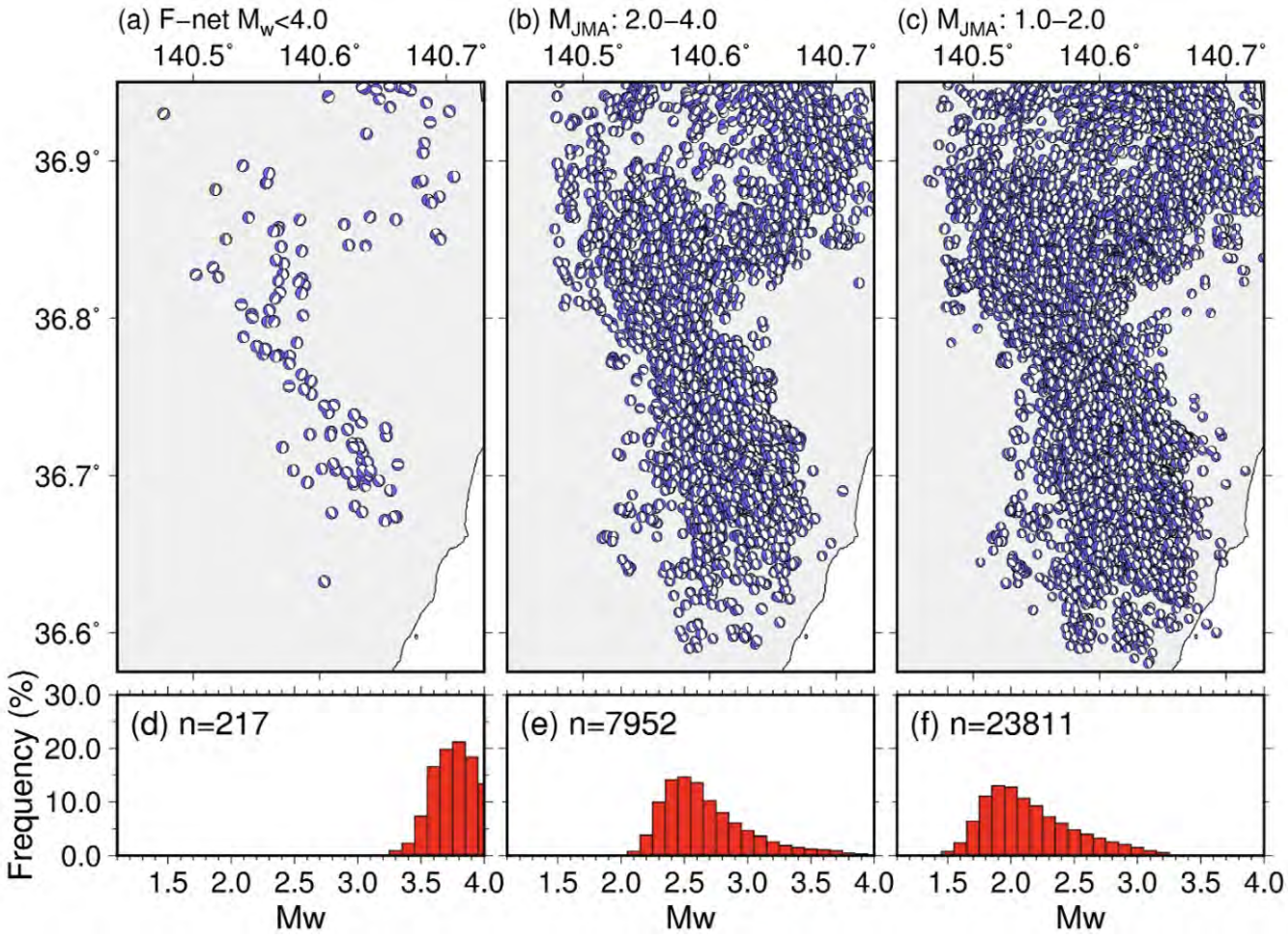


図4
モーメントテンソル解の分布 (Yoshida, Emoto et al., 2024)。(a) F-netカタログによる 3.5 < Mw < 4.0のリ

ファレンスイベントのモーメント・テンソル解。(b) 推定した M 2.0-4.0の地震のモーメントテンソル解。(c) 推定した M1.0-2.0の地震のモーメントテンソル解 。(d)、(e)、(f): それぞれ (a)、(b)、(c)の Mwの頻度分布。

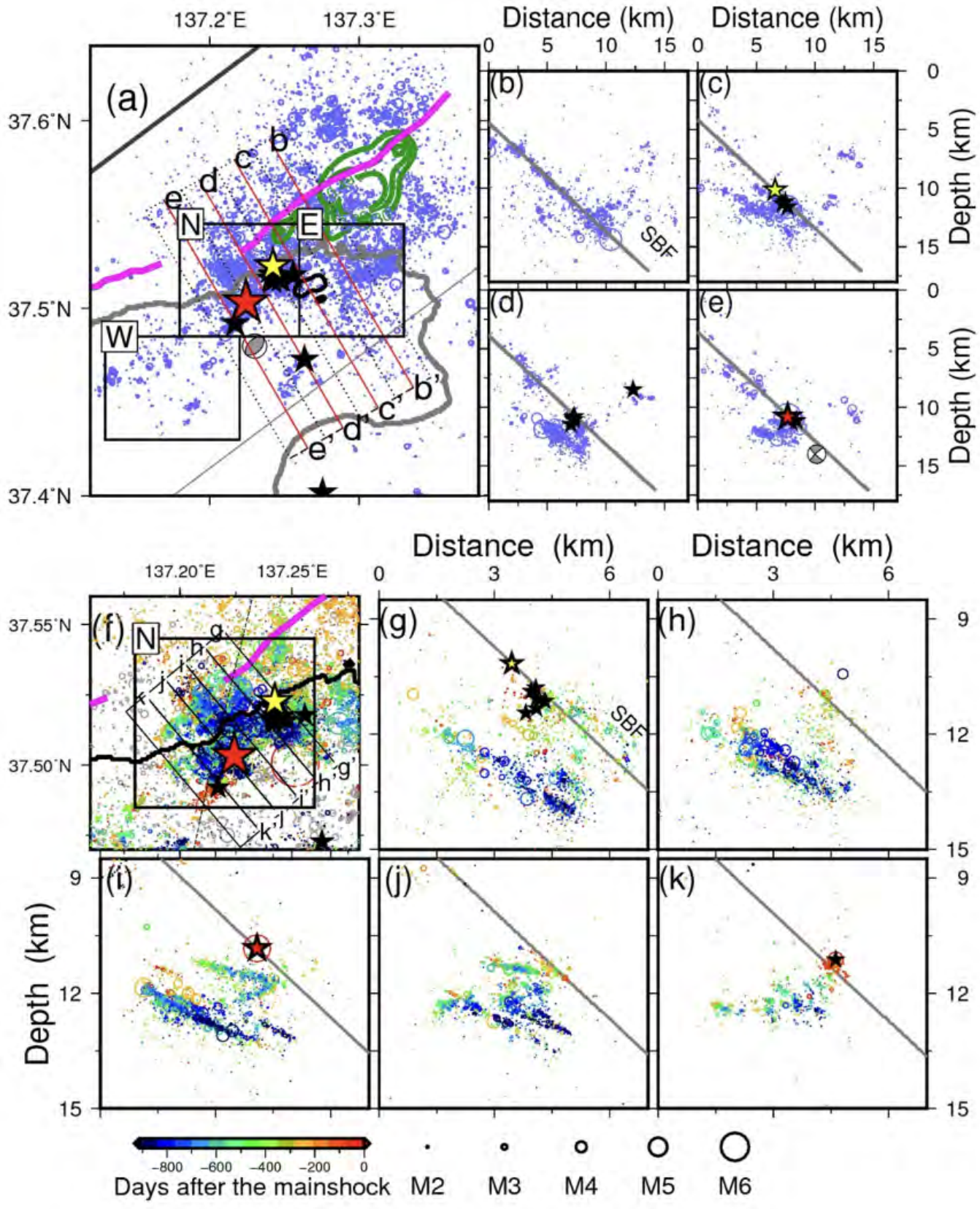


図5

2024年能登半島地震の震源付近の拡大図 (Yoshida, Takagi et al., 2024)。(a)-(e) 青丸は本震発生前300日以内の地震を表す。赤星と黄星はそれぞれ本震と直前の前震の震源位置を示す。黒星は本震発生から1日以内の地震を示す。灰色のビーチボールは、非地震性すべりの点震源近似を表す。(a) 平面図。(b)-(e) 断面図。(f)-(k) 本震震源付近の時空間分布。カラースケールは各地震の発生時刻を示す。(f) 平面図。(g)-(k) 断面図。

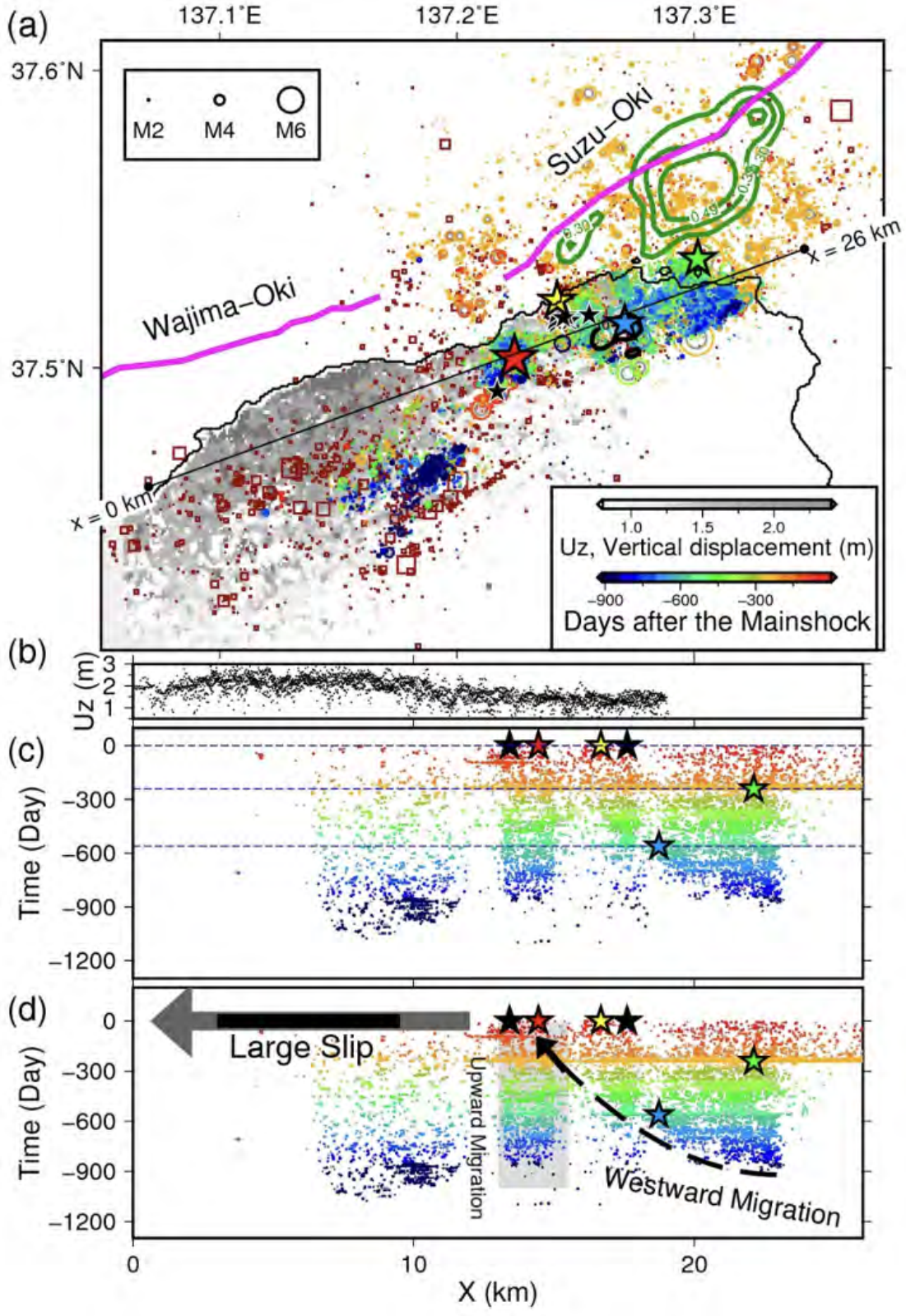


図6
(a) 本震破壊が開始した断層（珠洲伏在断層; SBF）上での微小地震の移動と本震時準鉛直変位 (Yoshida, Takagi et al., 2024)。円は本震発生前の地震の震源を示し、色は発生時を表す。濃赤色の四角は余震を示す。背景色は本震時準鉛直変位を、緑と黒のコンターは、それぞれ 2023年 Mw6.2地震と 2022年 Mw5.2地震の地震時すべり分布を表す。赤、緑、シアン、黄、黒の星印は、それぞれ本震、2023年 Mw6.2地震、2022年 Mw5.2地震、本震直前の前震、および本震発生1日以内の前震の震源を示す。(b) x軸から1km以内の本震時準鉛直変位。(c)および (d) x軸方向（aに示す）における SBF上での微小地震の移動。(d)には解釈を示す。

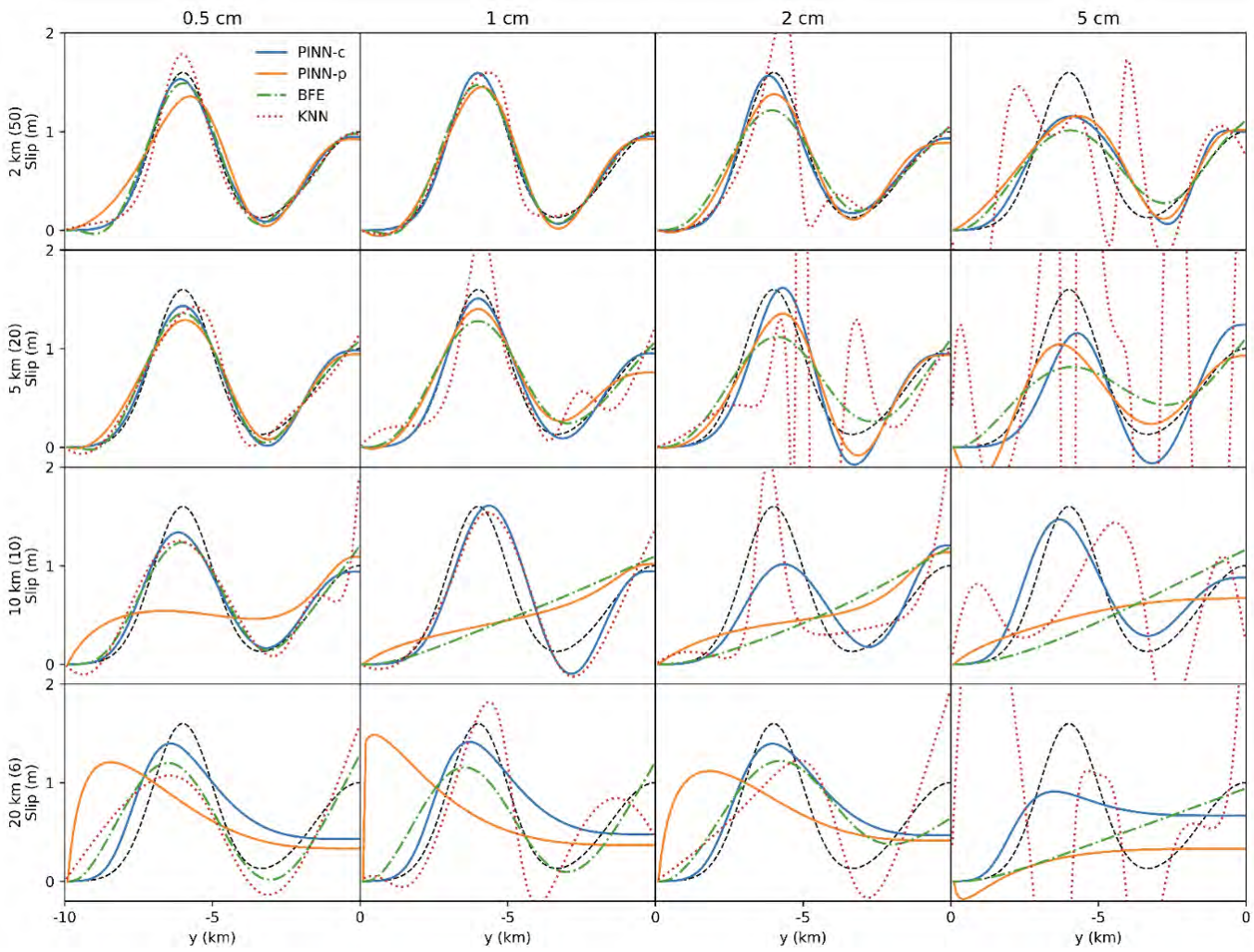


図7
PINN (physics-informed neural network)による面内歪みにおける断層すべり推定結果（数値実験）。仮定した滑り分布（黒破線）から計算される地表変位を観測データとして異なる手法で推定した。単一のすべり分布に対し、観測点間隔（行）・観測誤差（列）を変更して実験した。PINN-c: PINN（直交座標）、PINN-p: PINN（極座標）、BFE: 基底関数展開（平滑化条件あり）、KNN: 運動学的ニューラルネットワーク。PINN-cは標準的手法であるBFEより高解像度（2つのピークを良く再現）で、正則化を陽に課していないにもかかわらず推定が安定している。

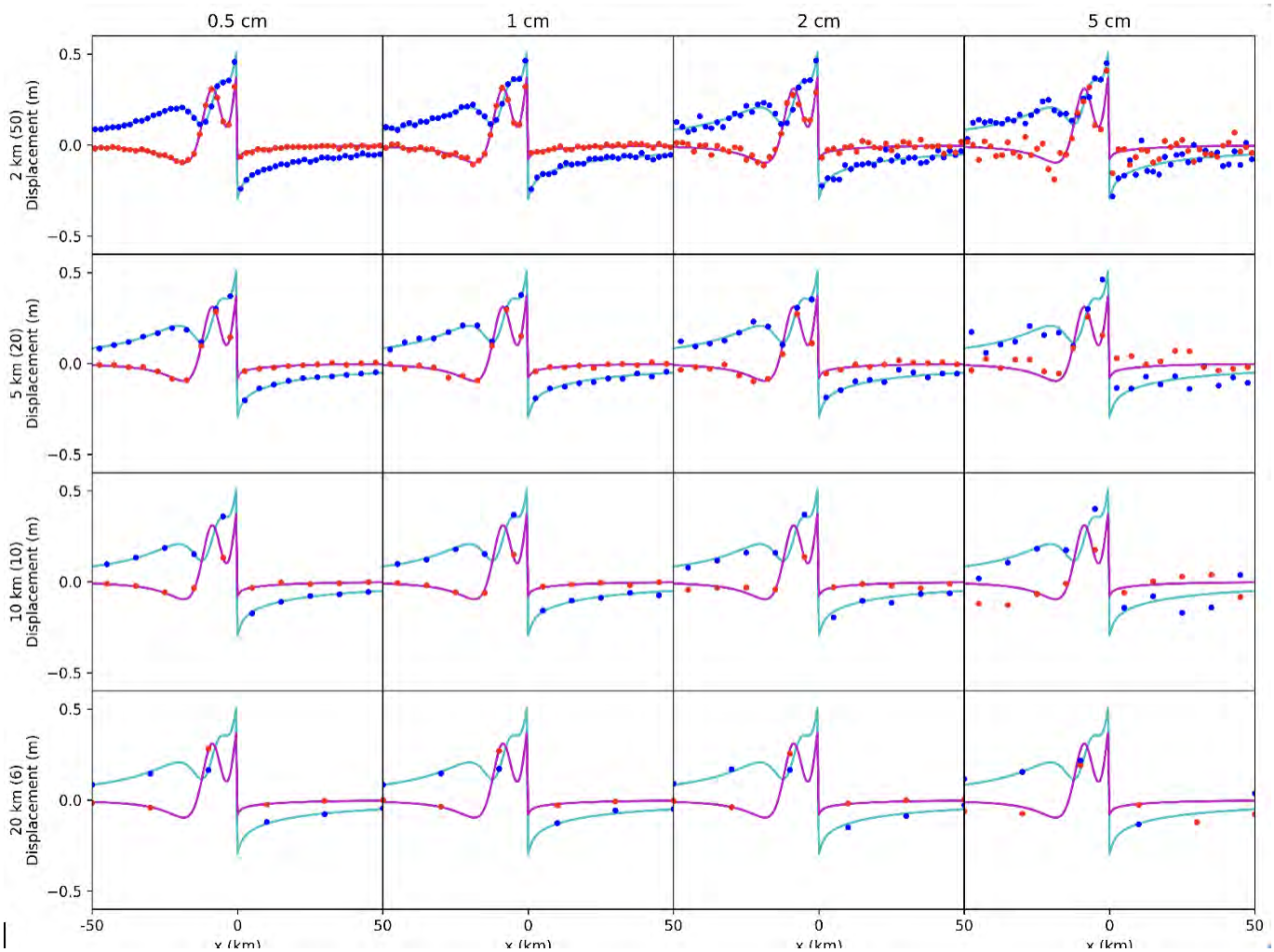


図8
逆解析に使用した地表変位データ（青：水平、赤：鉛直成分）。実線は解析解を表す。

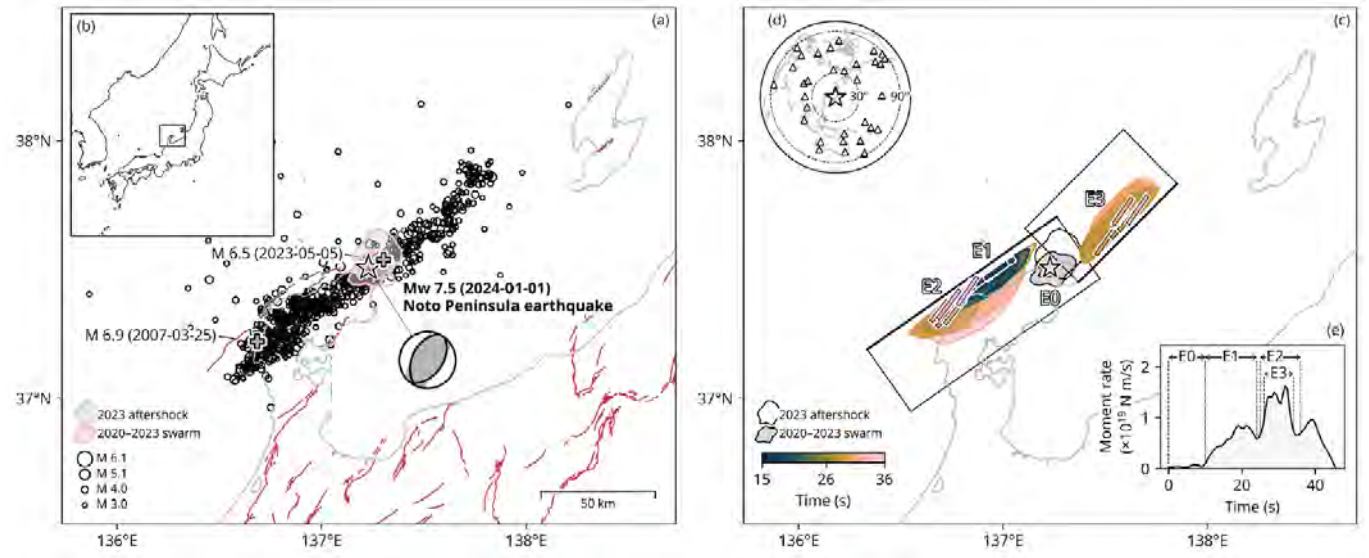


図9
2024年能登半島地震の破壊過程の概略．(a)気象庁が決定した能登半島地震の余震（丸印）と最近の主な地震の震源（＋印）．ピンク色の領域は2020～2023年の群発地震域，灰色の領域は2023年5月に発生したM

6.5能登半島地震の余震域である．赤線は活断層，星印は本震の震源位置を表す．本研究で得られたモーメントテンソル解も震源の南東に示されている．(c) 断層すべりの時空間分布の概略．(d)に示した観測点の遠地実体波を用いて推定した．地震発生後の時間で色分けした領域（E1～E3)は、この地震で大きな断層すべりが求まった領域を示す。(e)はモーメントレート関数を表す．

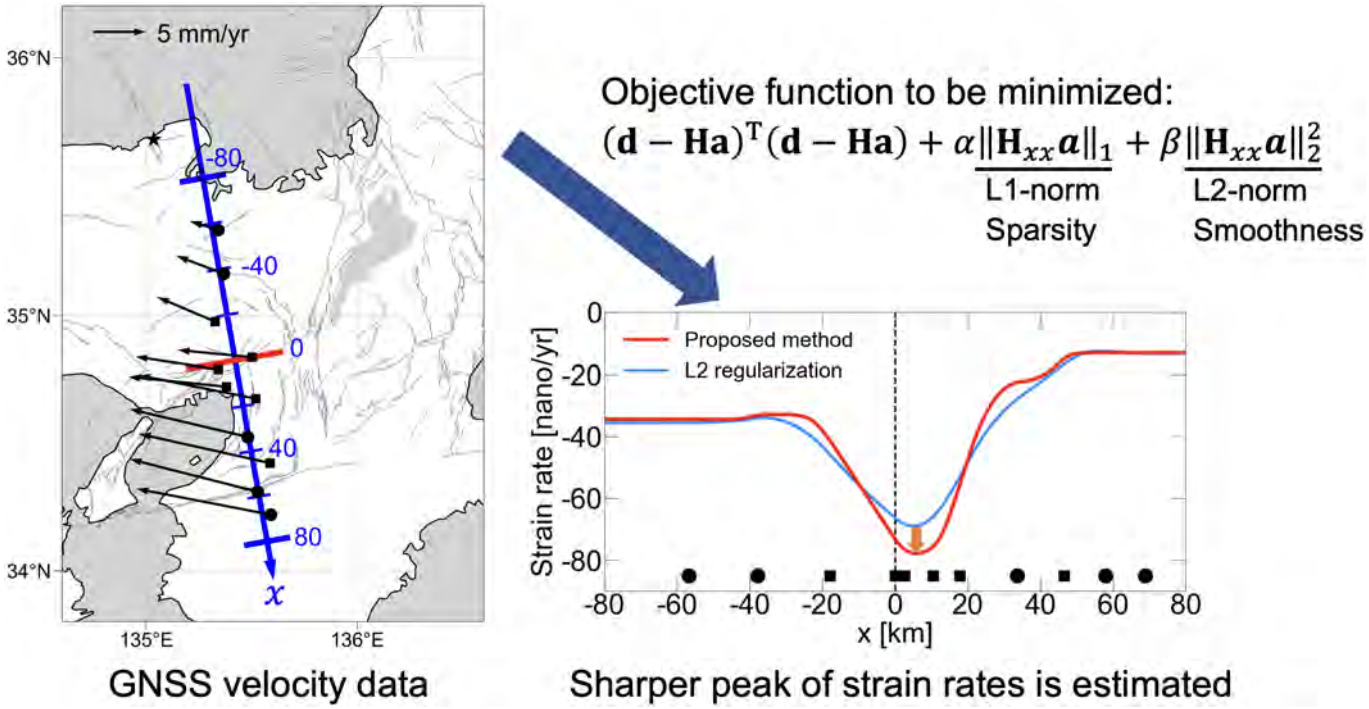


図10
(左）有馬高槻構造線（赤線）に直交する方向に取った測線上（青線）のGNSSデータの変位速度ベクトル（黒矢印）．（右上）スパースモデリングの評価関数．L1ノルムを新たに導入することで，解にスパース性が要求される．（右下）標準的な手法（青線）とスパースモデリングを用いた提案手法（赤線）との結果の比較．点線は有馬高槻構造線の地表位置を表す．提案手法により平滑化の影響が緩和されることで，歪み速度のより顕著な局在化が推定された．

令和６年度年次報告

課題番号：DPRI03

（1）実施機関名：

京都大学防災研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）測地・地震観測データに基づく地殻内地震長期予測手法の高度化

（英文）Development of long-term forecast methods for crustal earthquakes using geodetic and seismicity data

（3）関連の深い建議の項目：

２地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
イ. 内陸地震の長期予測

（4）その他関連する建議の項目：

１地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
イ. 内陸地震
２地震・火山噴火の予測のための研究
(2) 地震発生確率の時間更新予測
ア. 地震発生の物理モデルに基づく予測と検証
イ. 観測データに基づく経験的な予測と検証
５分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(4) 内陸で発生する被害地震
６観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
ア. 観測基盤の整備
イ. 観測・解析技術の開発

（5）本課題の５か年の到達目標：

現在、日本国内の地殻内地震の長期予測は主に活断層調査に基づく過去の地震発生履歴に基づいて行われているが、複数のデータや手法を統合した予測を行うことで、より高精度な地震長期予測モデルを構築できることが先行研究で示されている。このため、本研究では、地殻内地震の長期予測の高度化に寄与することを目指し、測地観測データ（GNSS及びInSAR）や地震活動データに基づく地殻内地震の長期予測手法について、日本列島における予測モデルの高度化を行う。活断層評価に基づく従来の長期予測を含む複数の予測モデルの結合方法を検討し、地震本部が提供する地震動予測地図の高度化に貢献することを目標とする。さらに、地震やスロースリップイベント等の地殻活動の時間変化を反映した中期予測について、複数の地域におけるシナリオを検討する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

１．測地データを用いた定常地震の予測の高度化

・時間変化しない（定常活動）地殻内地震の予測については、GNSSなどの測地データから計算されるひずみ速度を用いて地震発生確率を計算する手法の有効性を今期の観測研究計画で実証した。しかし、計算に用いるひずみ速度以外のパラメータにおいては、地域性が存在するものの、これらが十分に検

討されていない。例えば、測地観測に基づくひずみのうち地震によって解放されるひずみの割合や、地震活動解析から推定されるマグニチュード分布などがそのパラメータとなる。これらの地域性を考慮に入れた予測の有効性を検討するとともに，項目４で実施する多様な測地データを用いたひずみ速度推定手法や地震発生確率計算手法の改良に継続的に取り組む。
・余効変動などの影響を含む長期間のGNSSデータを用いて変位速度を安定的に求める手法や観測されたひずみ速度からプレート間カップリングに伴う弾性変形や過去の大地震に伴う粘弾性緩和を補正する手法について標準的な計算手順を整備する。
・測地、地震活動及び活断層等の複数の手法に基づく長期予測結果を比較し、その解釈を試みる。また、複数の予測結果の結合方法について検討し、妥当性の検討を行う。
２．地震活動データを用いた定常地震の予測の高度化
・地殻内地震のマグニチュード分布（グーテンベルグ・リヒター則のb値や最大マグニチュード）の地域性と時間変化を検討する。
・地震カタログにおける地震検出率の地域性と時間変化を検討する。
・リアルタイム震源データを取り入れてデータ同化・パラメータ最適化により予測精度の向上を図る。
３．地殻活動の時間発展を考慮した地震予測の高度化
・多くの事例研究を通した速度および状態依存型クーロンモデル（RSクーロンモデル）の改良。震源データの質・量ともに優れる2000年以降の日本列島の大地震と広義の余震活動の後ろ向き予測（retrospective forecast）を通じてパラメータの地域特性の解明を図る。
・GNSSデータに基づくひずみ速度（応力載荷レート）の時間変化を取り入れたRSクーロンモデルの改良。群発地震活動やスロー地震などにともなう応力載荷レート–地震応答の関係をさぐり、上記地震時応力ステップモデルへの組み込みを行う。
４．多様な測地データを用いた詳細ひずみ速度分布推定や活断層の活動性の検討
・地殻内地震の長期予測に用いられるひずみ速度分布の空間解像度は、現在国土地理院のGEONET観測点の密度である25km程度であるが、ひずみ集中帯や活断層の周辺ではより短波長の不均質なひずみ分布があることが想定される。これらの地域で独自のGNSS観測を行なって、ひずみ速度及び地震長期予測分布の空間解像度を向上させる。さらに、民間企業によって整備されたGNSS観測点網や研究機関による観測網のデータも可能な限り収集してGNSS観測点の速度を計算し、空間解像度の向上に努める。
・ALOS2やSentinel-1などの現行SARミッションのみならず、次期SAR衛星ミッション(ALOS4、NI-SARなど)を踏まえたInSAR時系列解析手法の向上を行なって、広域に面的な地殻変動速度分布を算出する。今期の計画において時系列解析や電離層および大気遅延ノイズ軽減の手法の個別要素の開発を行っていたが、次期の計画においては機械学習による新たなノイズ軽減手法を取り入れつつこれらを統合し、さらにGNSS変位データと融合させることとで、広域で面的な３次元変位及び２次元ひずみ速度分布の高精度推定を行う。これと平行して、個別のノイズを原理的に軽減する手法を大規模化・高精度化する取り組みも行い、変位・歪の推定精度を高める。
・GNSSやSAR等の多様な測地データから得られた変位速度分布から、主要活断層帯の深部すべり速度、浅部固着率などの活動性を表すパラメータを推定し、地質学的や地震学的推定結果との比較とその解釈を行う。
各年度の実施計画は、令和６年度:各テーマにおける観測解析の実施及びデータの整理、令和７年度:、令和８年度:各テーマにおける観測解析の実施、令和９年度: 各テーマにおける観測解析の実施、テーマ１－３間の予測の統合手法の検討、令和10年度：地震発生確率算出手法の標準化及び成果のとりまとめ。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

１．測地データを用いた定常地震の予測の高度化

まず、機械学習を用いた地震発生長期予測手法の開発のために、ランダムフォレストを利用して地震の発生に関連すると考えられる多項目データ（GR則ab、ひずみ速度、地震波速度等）を学習させて地震発生数を予測し、地震発生確率（図１）を算出するとともに、説明変数の重要度等を評価するスキームを開発した。

次に、非弾性変形と地震活動や地殻強度との関係を明らかにすることを通して、地殻内地震の長期予測手法の高度化を行うため、GNSSデータを用いた非弾性変形の空間分布を推定した。Barbot et al.（2017）で提案された非弾性変形の一般化された歪み表現 を採用し、GNSSデータを用いた 3次元空

間での非弾性歪み変形速度の分布推定手法を開発した。推定される非弾性歪みは、3次元空間における6成分の歪みテンソルとして表現される。観測データはデロニー分割を用いてひずみデータへ変換し、非弾性ブロックの歪み成分を最小長さ解推定に基づいて算出した。さらに、実際のGNSS観測データを適用するにあたり、西南日本のGNSS観測で得られた変位速度からフィリピン海プレートの沈み込みによる影響を除去したデータを使用した。非弾性ブロックは水平方向に10 km間隔で配置し、最も浅い部分を除いた深さ方向の10 km間隔で3次元トモグラフィー的に解析を実施した。解析の結果、非弾性変形の空間分布は活断層や地震の分布と強い相関を持ち、深さが増すにつれて非弾性ひずみ値の空間的不均質性が減少することが明らかとなった（図２）。特に、新潟―神戸ひずみ集中帯では、30–40 km以浅に非弾性変形が集中し、短縮場と剪断歪み場が卓越している。また、中央構造線沿いにも大きな非弾性ひずみが確認され、20 km以浅の領域に変形が集中 しているが、こちらでは 主に剪断歪み場が卓越 している。これらの結果は、地域による非弾性変形の深さの違い を示しており、地殻内地震の地域性に関する新たな知見を提供する可能性を持つ。

また、GNSS観測点での速度・ひずみ速度を求める基礎となる日座標値の再計算を行なった。　基準座標系として最新の国際測地座標系ITRF2020(Altamimi et al., 2023)に準拠した座標系を用い、GipsyX Ver2.3でバイアス整数化精密単独測位法(PPP-AR)を用いて日座標値を計算した。2002年以降のGEONET及び京都大学等の観測点の再計算が終了したが、従来の日座標値と比べて、東西成分と上下成分の日座標値のばらつきが10%程度、低減した。

２．地震活動データを用いた定常地震の予測の高度化

階層ベイズ時空間ETAS（HIST-ETAS）モデルを用いて、海域を含む日本周辺のM☒　5地震の背景活動度を算出し、常時確率予測を導出した。HIST-ETAS-5paとHIST-ETAS-mKの背景強度の空間分布に大きな違いは見られず、M6～M7クラスの大地震の発生位置と良好な一致が得られた。

４．多様な測地データを用いた詳細ひずみ速度分布推定や活断層の活動性の検討

InSARとGNSSの変位データを融合させたひずみ速度場導出の研究においては、新潟神戸ひずみ集中帯においてGEONETおよびSoftBank社のGNSS観測網から得られたひずみ速度場とInSARによる歪速度場を統合し、面的ひずみ速度場を導出した。その結果、暫定的結論として、糸魚川ー静岡構造線北部の歪速度がとりわけ大きいこと、GNSS観測点が疎である山岳地域ではInSARの寄与が大きいこと、InSARが積雪の影響を受ける冬季はGNSSが有利であること等がわかった（図３）。短波長から長波長までのひずみ速度場導出に強みを持つと考えられるwaveletを使ったひずみ速度場導出手法の開発の着手や、GNSSで推定された対流圏遅延量を用いたInSAR対流圏ノイズ補正手法における解析ストラテジの検討も行った。また、トルコの東アナトリア断層帯において2015年から2024年までのInSAR解析を実施し、すべり収支の計算から、2020年Elazig地震や2023年Kahramanmaras地震の破壊域や余効すべり域以外でM7クラスの地震を起こしうる未破壊域を特定した。

なお、「３．地殻活動の時間発展を考慮した地震予測の高度化」については、能登半島地震など実際の地震活動に対して適用を試みた。今年度は、概ね計画通りに実施したが、当初の想定にはなかったGNSSデータの日座標値の再解析の必要性が生じたため、ひずみ速度の補正方法の検討は実施できなかった。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

今年度の成果の多くは、地殻内地震の発生確率を評価するための基礎となる測地データの処理方法の高度化やひずみ速度の推定手法に関連している一方で、より実践的に機械学習を用いて、長期予測のための地殻活動パラメータの重要度の判別や長期予測の試行を行う研究で成果があった。また、日本列島で測地学的に観測される地殻変動にについては、プレート間の固着に伴う弾性変形や剛体運動が主な要因と考えられてきた。しかし近年、地殻内部の脆性破壊や塑性変形に伴う非弾性変形の重要性が注目されつつある。今年度実施した非弾性変形の地域特性や時間的変化を調べることにより、地殻の変形特性を理解し地殻内地震の長期予測手法の高度化に繋げることができると考えられる。これにより、特に地殻内地震の震源断層への応力蓄積過程を考慮した新たな長期評価手法の開発に繋げることができることが期待できる。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Ogata, Y., 2024, How the ETAS models were created, used, and evolved -- Personal views and perspectives, Annals of Geophysics, Vol.67, No.4, S428, doi: 10.4401/ag-9153,,査読有,謝辞無

Ogata, Y., 2024, Estimating Real Seismicity Rates from Nonhomogeneously Recorded Earthquake Catalogs, Seismological Research Letters, Vol.95, No.6, 3604-3616, https://doi.org/10.1785/0220240153,,査読有,謝辞無

Kumazawa, T. and Ogata, Y., 2024, Non-Stationary ETAS Model: How It Works for External Forcing, Seismological Research Letters, https://doi.org/10.1785/0220240166,査読有,謝辞無

Ogata, Y. and Kumazawa, T., 2024, Inverse analysis of seismic activity rate changes for severely incomplete sequences: comparison of aftershock activity patterns immediately following the 2023 M6.5 and 2024 M7.6 Noto Peninsula earthquakes. Earth Planets Space 76, 112. https://doi.org/10.1186/s40623-024-02057-w.,査読有,謝辞無

尾形良彦, 2024, 大きな地震連鎖の確率予測をどう求めるか, 日本地震学会モノグラフ, “等身大の地震学をどう社会に役立てるか" s, 第 7 号, .20-23.,査読有,謝辞無

尾形良彦, 2024, 地震データの欠測率を考慮したトカラ列島および鳥島近海の地震活動の解析, 地震予知連絡会会報, 111, 497-504.,査読無,謝辞無

尾形良彦・熊澤貴雄, 2024, 2024年M7.6能登半島地震前後の地震活動の逆解析, 地震予知連絡会会報, 112, 697-705.,査読無,謝辞無

尾形良彦・熊澤貴雄, 2024, 系統的な欠測を伴う地震カタログから実際の活動率変化の推定： M6.5 能登半島地震の余震活動について, 地震予知連絡会会報, 111, 292-298.,査読無,謝辞無

尾形良彦, 2024, 地殻活動の予測実験(1)　― 内陸地震の短期確率予測と評価について, 地震予知連絡会会報, 111, 584-588.,査読無,謝辞無

Hainzl, S., Kumazawa, T. and Ogata, Y., 2024, Aftershock forecasts based on incomplete earthquake catalogs: ETASI model application to the 2023 SE Türkiye earthquake sequence, Geophysical Journal International, 202, doi: 10.1093/gji/ggae006.,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

伊藤武男, 2024, 西南日本における非弾性変形インバージョンを用いた地殻変形構造の推定, 日本測地学会第142回講演会, 44

Ogata, Y., 2024, Development of ETAS models: before its birth to today, Scientific Seminars by renowned international experts – INGV 25th Anniversary, INGV Rome

尾形良彦, 2024, ETASモデルによる非一様な地震データの逆解析, 日本地震学会2024年度秋季大会,

熊澤貴雄・尾形良彦, 2024, 地震活動カタログのみから誘発地震活動を定量化するためのモデリング, 日本地震学会2024年度秋季大会,

熊澤貴雄*, 尾形良彦, 2024, 点過程モデルを用いた異常地震活動の研究：M7.6能登半島地震に至る群発地震活動の時空間変動と異常活動の解釈について, 科学研究費「大規模複雑データの理論と方法論の革新的展開」主催シンポジウム「あたらしい統計科学」

尾形良彦, 2024, 不均質に記録された地震カタログから真の地震活動率を推定する, 2024年度統計関連学会連合大会

熊澤貴雄・尾形良彦, 2024, 2024年M7.6能登半島地震前後の地震活動の統計的特徴, 2024年度統計関連学会連合大会

尾形良彦, 2024, 大地震直後の非均一地震カタログに基づく非定常ETASモデルによる余震活動の逆解析, 日本地球惑星科学連合2024年大会

熊澤貴雄・尾形良彦, 2024, 能登半島での一連の地震活動の推移とM7.6発生前期間における異常活動の解釈, 日本地球惑星科学連合2024年大会

尾形良彦, 2024, Recent progress in ETAS models of heterogeneous seismic activity, 第13回統計地震学国際ワークショップ

藤田知之・高橋浩晃・大園真子，2024，機械学習を用いた内陸地震の発生数の推定，日本地震学会秋季大会予稿集，S14-03.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

当初の計画通り、測地データおよび地震活動データを利用した定常地震の予測、地殻活動の時間発展を考慮した地震予測、多様な測地データを用いた詳細ひずみ速度分布推定や活断層の活動性の検討の観点から研究を進める。測地学的に検出した地震間ひずみ速度場と活断層を含む広義変動地形の詳細な対比を行い、活動様式および活動度を定量的に評価する。ALOS-4のSAR画像、ソフトバンク社を含む稠密GNSSデータの活用、新たなひずみ速度場推定手法開発等を通して地震間ひずみ速度場の検出精度を向上させる。また、2024年能登半島地震に対する歪集中域の応答特性を精密に検出する。GNSS観測点のメンテナンスを継続する。東アナトリア断層帯においては、応力変化の時空間分布から断層上の摩擦パラメーターの空間分布を求め、そのパラメータを用いて、地震発生ポテンシャル評価をさらに高度化する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

西村卓也（京都大学防災研究所）
他機関との共同研究の有無：有
高橋浩晃（北海道大学大学院理学研究院）,高田洋一郎（北海道大学大学院理学研究院）,遠田晋次（東北大学国際災害研究所）,福島洋（東北大学国際災害研究所）,青木陽介（東京大学地震研究所）,尾形良彦（統計数理研究所）,伊藤武男（名古屋大学大学院環境学研究科）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：京都大学防災研究所
電話：
e-mail：
URL：https://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：西村卓也
所属：京都大学防災研究所地震災害研究センター

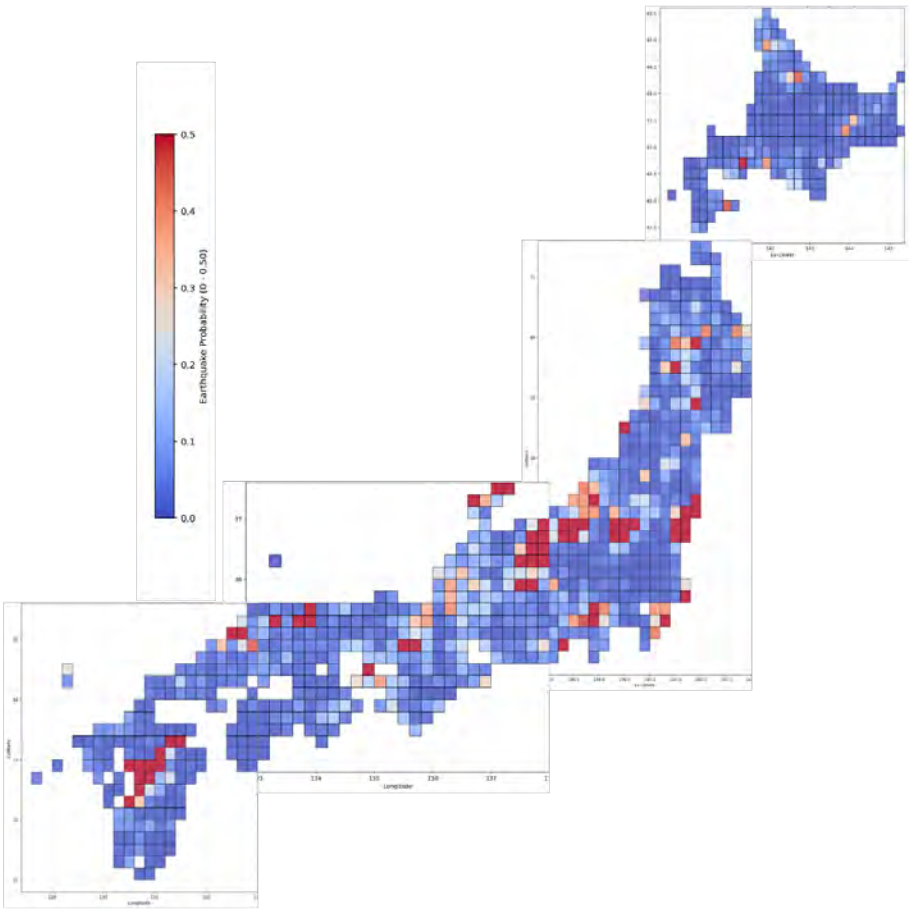


図１　機械学習を用いた内陸地震発生確率の予測結果
図中のカラースケールが30年間にM5以上の地震が発生する確率を表す。

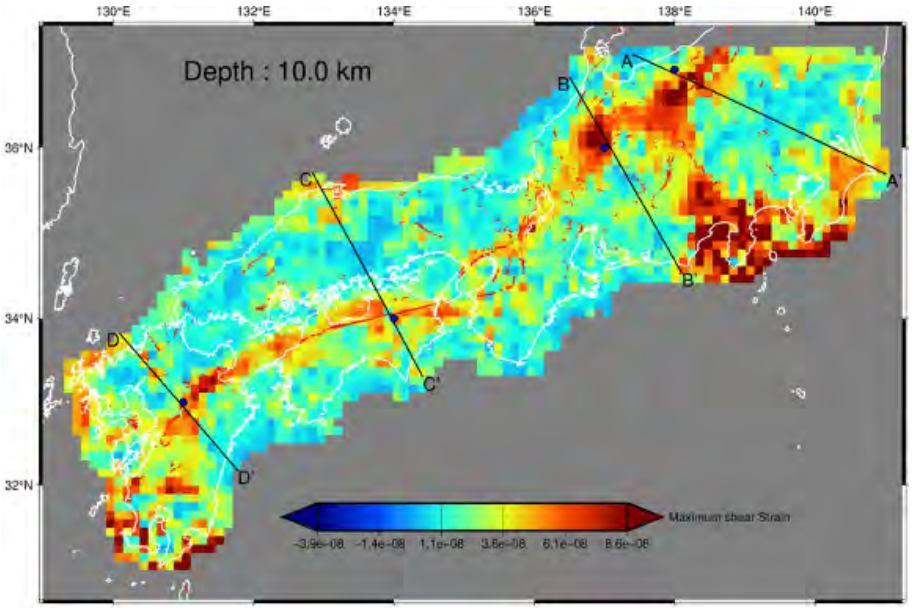


図2 GNSSデータから推定した深さ10kmでの非弾性変形(最大せん断ひずみ)の分布

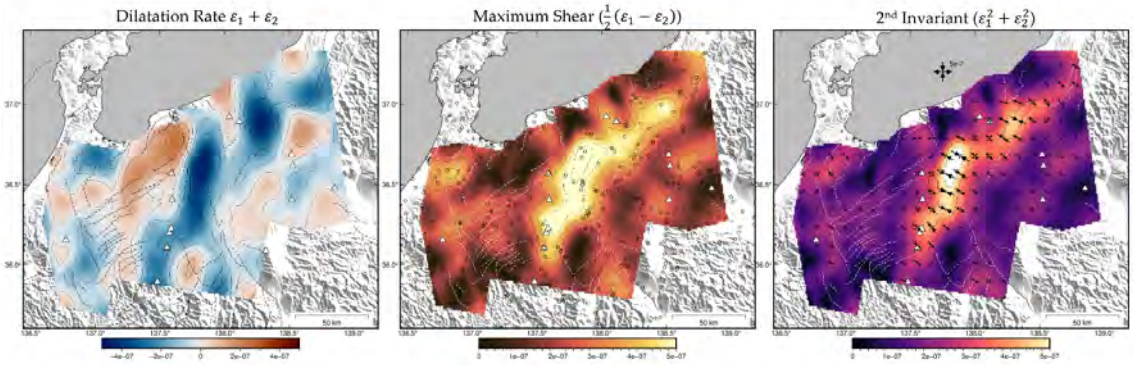


図3　InSAR時系列解析+GNSSによる中部地方のひずみ速度場。
推定されたひずみ速度は空間的な変化が大きく、特に糸魚川ー静岡構造線(ISTL)の北東側で短縮ひずみが集中している。また、火山帯や断層に沿ったひずみの集中域が見られる。

令和６年度年次報告

課題番号：DPRI04

（1）実施機関名：

京都大学防災研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）広帯域強震動予測のための地盤構造のモデル化

（英文）Subsurface structure modeling for broadband strong motion prediction

（3）関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化

ア. 強震動の事前評価手法

（4）その他関連する建議の項目：

（5）本課題の５か年の到達目標：

土木・建築構造物被害等に直結する広い周波数帯の地震動の高精度な評価を実現するため、平野や盆地の堆積層全深度を対象とした深部地盤構造から、軟弱地盤等を含む浅部地盤構造までの地盤構造モデルを精緻化するとともに、より適切なモデル化手法を開発することを目的とする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

［深部地盤構造モデルの精緻化のための研究］

大阪・京都・奈良・近江盆地をはじめとする堆積平野・盆地の深部地盤構造について、全国１次地下構造モデルや様々な研究プロジェクトで開発されてきた既往のモデルをベースに、それらベースモデルの問題点を検討し改良を行う。対象地域における各機関の強震観測データを入手、整理し、モデルの検証や高度化を進める。この際、既往観測データが少ない地域などにおいて、地震観測や微動観測を実施する。これまでの堆積平野・盆地の地盤構造のモデル化の研究を通して、堆積盆地中央部での観測地震動はよく再現される一方、堆積盆地縁辺部や基盤形状が大きく変化している場所に近い地域は、地震動の再現性能の低くなりやすいことがわかってきたため、これらの場所のモデルの精緻化にも焦点を当てる。また、大阪・京都・奈良盆地の地盤構造モデルについては、モデルを公開することを目標とする。

［浅部地盤構造モデルの精緻化のための研究］

堆積平野・盆地内の浅部地盤構造について、観測記録に基づく地盤応答評価による検証と改良を含む形でのモデル化を進める。必要に応じて、地震観測や微動観測を実施する。さらに、過去の被害地震で被害集中域の原因となった浅部地盤構造を分類し、そのモデル化の方針について検討する。また、近年、田圃や河川を埋め立てて住宅地となった地域など、地震応答の観点から都市に潜む新たな危険性についても、ボーリング情報、古地図情報，微動観測などを活用して検討する。

Ｒ６年度：既往の地盤構造モデルの地震動応答特性評価・モデルの改良。強震観測。
Ｒ７年度：既往の地盤構造モデルの地震動応答特性評価・モデルの改良。強震観測。大阪盆地地盤構造モデルのとりまとめ。
Ｒ８年度：既往の地盤構造モデルの地震動応答特性評価・モデルの改良。強震観測。奈良盆地地盤構造モデルのとりまとめ。
Ｒ９年度：既往の地盤構造モデルの地震動応答特性評価・モデルの改良。強震観測。浅部地盤構造のモデル化手法についてとりまとめ。

R10年度：既往の地盤構造モデルの地震動応答特性評価・モデルの改良。強震観測。京都盆地地盤構造モデルのとりまとめ。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

大阪盆地の3次元地盤構造モデルの精緻化を目的として、物理探査・地震動観測データに基づき、モデルを構成する速度変換式の空間不均質に関する検討を行った。本課題では、文科省委託・上町断層帯重点観測（文部科学省研究開発局・京都大学防災研究所, 2013）で作成された大阪盆地の3次元地盤構造モデル（Sekiguchi et al., 2016）の改良を進めている。このモデルの作成においては、複数の鍵層を設定し、反射法地震探査とボーリング、地表地質から得られた鍵層の深度データから3次元の地質構造モデルを作り、それを経験式を使って物性値に変換することで3次元速度構造モデルを構築している。地質構造モデルのパラメータである堆積年代とその地点の深さからP波速度に変換する変換式（Vp変換式）については、反射法探査の解析時に得られる区間P波速度を用いて経験式が作られている。しかし、一部の反射法探査測線の区間P波速度データについて、Vp変換式の観点で周辺のデータとずれているものの、既往3次元モデルではその空間変化が考慮されていなかった。そこで、そのようなデータのうち、大津川測線の湾岸部の区間P波速度データに注目し、同地域の微動観測データや周辺の反射法探査データと比較することにより、Vp変換式の空間不均質の度合いや速度構造への影響、地盤構造モデルへ反映させる方法について検討した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本研究は、地盤構造モデルの精緻化に関して、これまでの度合いをさらに進める研究であると考えている。今年度の研究は一つのサイトに注目したものであるが、このような局所精緻化の試みを重ねることで、精緻化に関するノウハウを積み、地盤構造モデル高精度化の方法に組み込んでいきたい。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

浅野公之・関口春子・岩田知孝, 2024, 強震記録の自己相関関数を用いた京都－奈良盆地深部地盤構造モデルの検証, 日本地震工学会論文集, 24(5), 45-57, doi:10.5610/jaee.24.5_45

・学会・シンポジウム等での発表

関口 春子・浅野 公之・岩田 知孝，2024，地震動再現シミュレーションによる京都盆地地盤構造モデルの検証，日本地震学会2024年秋季大会,S16P-02

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

関口春子（京都大学防災研究所）,浅野公之（京都大学防災研究所）
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：京都大学防災研究所社会防災研究部門都市防災計画研究分野
電話：
e-mail：sekiguchi.haruko.6u@kyoto-u.ac.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：関口春子
所属：京都大学防災研究所

令和６年度年次報告

課題番号：DPRI05

（1）実施機関名：

京都大学防災研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）断層破壊過程の解明と強震動予測に関する研究

（英文）Study on earthquake source rupture process and strong motion prediction

（3）関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化

ア. 強震動の事前評価手法

（4）その他関連する建議の項目：

（5）本課題の５か年の到達目標：

これまでの成果も踏まえつつ、本計画期間内及びそれ以前に発生した国内外の顕著な地震の断層破壊過程の解析を継続的に行う。特に、本課題では、地殻構造や応力場の不均質性と破壊過程との関係などを重点的に調査し、災害誘因の事前評価としては重要な強震動予測のための震源モデル設定に必要となる地震シナリオ想定に有用な知見を得る。そのために必要な、震源インバージョン解析手法の改良や適用周波数帯域の拡張を目指すほか、他課題等でなされる地殻構造・地盤構造に関わる成果も活用し、動力学的破壊シミュレーションから得られる知見なども参考にしながら、時空間的に複雑な断層破壊過程と震源域の強震動特性の関係解明のための研究を行う。

また、過去の地震の断層破壊過程の分析で得られた震源モデルから、平均的な地震像だけではなく、強震動予測に必要な各々の断層パラメータのばらつき（不確実性）を評価することのできる情報を抽出し、広帯域強震動予測に活用できる形で整理・提案することを目標とする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

震源断層破壊の物理解明に加え、 地震被害に関係する強震動生成メカニズムの解明やその事前評価手法の高度化のために、強震記録等を用いて実際に発生した国内外の大～巨大地震の断層破壊過程を解析することで、時空間的に複雑な断層破壊過程と建物被害に直結する震源域の強震動特性の関係を明らかにする。震源断層の破壊過程の分析の観点としては、地殻構造や応力場の不均質性と破壊過程との関係などを重点的に調査し、災害誘因の事前評価としては重要な強震動予測のための震源モデル設定に必要となる地震シナリオ想定に有用な知見を得る。その際は、平均的な地震像だけではなく、強震動予測に必要な各々の断層パラメータのばらつき（不確実性）を評価することのできる情報を抽出する。これには、現行計画以前の各課題等で蓄積されてきた解析結果も活用することができる。また、広帯域強震動予測のための震源モデル高度化のため、震源断層内の小スケールの空間不均質を適切に表現できる震源モデル化手法の開発を継続する。これらのために、より高度な解析手法の開発、波形インバージョンの適用周波数帯域の拡大や動力学的破壊シミュレーションから得られる知見の導入等も視野に入れながら研究を進める。

本課題の研究期間内に新たに発生した地震についても、断層破壊過程の分析や特徴的な地震動の生成メカニズム解明を継続する。得られた震源モデルについては、他課題等の研究でも活用できるように、これまでと同様に成果の迅速な発信やデジタルデータの公開を推進する。

今後30年以内に高い確率での発生が予測されている南海トラフ地震を前にした、関西地方の内陸地震活発化の可能性（例：2018年大阪府北部の地震）も踏まえ、関西地方で観測される地震の震源特性や強震動特性を高精度に把握することを目指し、京都盆地及びその周辺地域の堆積層及び岩盤での広

帯域速度型強震計を中心とした強震観測を継続する。加えて、前計画期間以前から観測・収集している強震波形記録の適正な保管、整理、利活用を行う。また、定常・機動的強震観測や微動観測のための観測機材維持と利用も適切に行う。

以上の研究実施に際しては、関係する大学院生の協力も得ながら実施する。

令和6年度：強震記録等を用いた断層破壊過程と強震動生成メカニズムの解析（手法改良も含む）、過去の地震の震源モデル収集と整理、強震観測の維持管理、過去の強震記録の整理保存方法の検討

令和7年度：強震記録等を用いた断層破壊過程と強震動生成メカニズムの解析（手法改良も含む）、断層破壊過程と地殻構造不均質等の比較、強震観測の維持管理、過去の強震記録の整理保存方法の検討の継続

令和8年度：強震記録等を用いた断層破壊過程と強震動生成メカニズムの解析（手法改良も含む）、断層破壊過程と地殻構造や応力場不均質等の比較、強震観測の維持管理

令和9年度：強震記録等を用いた断層破壊過程と強震動生成メカニズムの解析（手法改良も含む）、断層パラメータのばらつき評価、強震観測の維持・管理

令和10年度：強震記録等を用いた断層破壊過程と強震動生成メカニズムの解析（手法改良も含む）、断層パラメータのばらつき評価継続、本研究課題の成果を踏まえた強震動予測のための震源モデル設定法の整理と提案、強震観測の維持管理

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

時空間的に複雑な断層破壊過程と地震被害に直結する震源域の強震動特性の関係解明やその事前評価手法の高度化や震源断層破壊の物理解明のため、強震記録を用いた大地震の断層破壊過程の解析を、前計画（課題番号DPRI09）より引き継いだ。令和6年度は主として、前計画の最終年度内の2023年5月5日に能登半島で発生した地震（M_{JMA}6.5）及び2024年1月1日に発生した令和6年能登半島地震の本震（M_{JMA}7.6）の断層破壊過程の解析とそれらの結果の検討を重点的に行った。2023年5月5日の地震については、三次元速度構造モデル（JIVSM）によるGreen関数を用いた震源インバージョン解析結果（使用した強震波形の帯域0.05～1 Hz）では、深さ8～11 kmの範囲に最大すべり量0.8 mのすべりの大きな領域が見られている（前計画令和５年度成果で報告済；Asano and Iwata, 2025）。この最終すべり量分布とMatsubara et al. (2022)の走時トモグラフィによる不均質地殻速度構造を比較したところ、すべりの大きい領域と低V_P/V_S比の領域が空間的に対応し、すべりの大きな領域の周囲は比較的高いV_P/V_S比の領域で取り囲まれていることが分かった（図1）。2024年能登半島地震本震については、地震後に各機関から公表されている余震分布や海域活断層分布などの情報をもとに、傾斜角が深さで異なる断層も含む複数の断層面で構成される震源断層モデルを仮定し、強震波形（0.03～0.4 Hz）による震源インバージョン解析を実施した結果、能登半島北西岸付近と禄剛崎北東沖海底下の2カ所にそれぞれ最大8m程度のすべりの大きな領域が存在することが分かった。富山トラフ西縁付近の西傾斜の断層では、浅部にすべりの集中が見られるものの、すべり量は他の断層面に比べると相対的に小さかった。それぞれのすべりの強震波形への寄与を確認したところ、能登半島北西部～南部にかけて観測された強震波形には、能登半島北西岸沿いの震源断層を南西に向かって進展した破壊の寄与が支配的であった。一方、能登半島北東部の珠洲市や佐渡島の強震波形には、珠洲市付近から北東沖に向かって遅れて開始した破壊の寄与が大きいことが確認された。なお、2023年5月5日のM_{JMA}6.5の地震の断層破壊過程については、査読論文として投稿中であり、令和6年度中または令和7年度初頭での出版公表を目指している。

動力学的破壊特性と強震動生成メカニズムの関係に関する知見を得るため、海外での先行研究を参考にしつつ、強震波形記録を用いた動力学的震源インバージョン手法の解析コードの開発を進めた。すべりの時空間分布を未知数として解く運動学的震源インバージョン解析と異なり、動力学的震源インバージョンでは、震源断層面上の初期せん断応力、ピーク摩擦係数、臨界すべり量の空間分布をMCMC法によって解く。平成28年熊本地震の最大前震（M_{JMA}6.5）を模擬したテスト用動力学震源モデルから生成した波形データを入力して、手法のテスト及び改良を実施した。その結果、断層が破壊し地震波を放射した領域については、与えた動力学的震源パラメータを一定の精度で復元できることを確認した。一方、既往の研究でも指摘されていることではあるが、限られた周波数帯域の波形から臨界すべり量を精度よく拘束することは相対的に難しいことを確認した。

関西地方で観測される地震の震源特性や強震動特性を高精度に把握することを目指した、京都盆地

及びその周辺地域の堆積層及び岩盤での広帯域速度型強震計を中心とした強震観測を継続し、強震波形記録を収集・整理した。このうち、令和5年6月に教育活動を終了した京都市立塔南高等学校吉祥院校地（京都市南区）に設置されていた強震観測点について、跡地への京都市学校給食センター（仮称）の建設がPFI事業で実施されることとなったため、令和7年2月末で広帯域速度型強震計による観測を終了し、地震計等を撤収した。炭山観測室（宇治市）は、令和7年1月初めに加速度型強震計の観測を終了し、令和7年度に観測室建物を解体する予定である。定常・機動的強震観測や微動観測のための観測機材については、データ収録装置のGPS時計のロールオーバに対応するためのファームウェアの更新、収録装置の内蔵鉛畜電池や地震計の電源ユニットの交換など、適切な維持管理を実施した。連続記録を学内ネットワーク経由でリアルタイム受信している京都大学宇治構内及び京都大学百周年時計台記念館で観測された有感地震の波形記録はホームページで公開している。

また、前計画期間以前から観測・収集している強震波形記録の適正な保管、整理、利活用についても検討を進めた。平成7年兵庫県南部地震以前に京都大学防災研究所旧地震動研究部門によって大阪平野や滋賀県などに設置され、同地震の貴重な本震記録等が得られているものの、現在は廃止されている強震観測点の観測波形記録については、観測点情報が当時の日本測地系で記録されているため、世界測地系への変換と併せて、地理院地図や写真情報などを用いて、当時設置されていた観測点の正確な位置を特定し直すことで、観測点座標の位置精度の見直し作業を進めた。

以上の通り、概ね計画に沿った進捗が得られた。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

建議の項目「3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究 (1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化 ア. 強震動の事前評価手法」における「地震被害を起こしうる大地震や巨大地震の震源特性を強震記録等により解析し、時空間的に複雑な断層破壊過程と震源近傍の強震動特性の関係を明らかにする。また，過去の地震の断層破壊過程の分析で得られた震源モデルから，将来発生する地震の広帯域強震動予測のための震源モデル設定に有用となる情報を抽出する」に直接的に貢献することを目指した課題である。令和6年度は能登半島で発生した大地震について、時空間的に複雑な断層破壊過程と震源近傍の強震動特性の関係を明らかにしたとともに、断層破壊過程と地殻速度不均質構造の関係を検討することで、将来発生する地震の広帯域強震動予測のための震源モデル設定に有用となる情報を抽出するための知見のひとつを得た。引き続き、多くの大地震の断層破壊過程について、このような検討事例を蓄積・整理していくことで、地殻内の断層面上のどのような場所がアスペリティ（強震動生成域）の候補になり得るかの知見を獲得し、災害の軽減に不可欠である将来発生する地震を想定した強震動予測の不確実性を抑えることに繋がると期待できる。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

浅野公之, 2024, 令和6年能登半島地震の地震動, 日本地震工学会誌, 52, 6-9,査読無,謝辞無

浅野公之, 2025, 内陸地震の地震ハザード評価のための震源像の理解, 日本地震学会広報誌なゐふる, 140, 4-5,査読無,謝辞無

Asano, K. and T. Iwata, 2025, Source Rupture Process of the Mw 6.2 Earthquake in the Noto Peninsula, Central Japan, on May 5, 2023, Earth Planets Space, revision in review,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

浅野公之・岩田知孝, 2024, 強震波形による2024年能登半島地震の震源破壊過程, 日本地球惑星科学連合2024年大会, U15-P20.

浅野公之・岩田知孝, 2024, 2024年能登半島地震（M7.6）の強震動と震源過程, 日本地震学会2024年秋季大会, S22-07.

宮本　英・浅野公之・岩田知孝, 2024, 強震動生成メカニズムの理解に向けた動的震源インバージョン

手法の性能検証, 日本地震学会2024年秋季大会, S15-10.

浅野公之, 2024, 令和6年能登半島地震の震源モデル, 第52回地盤震動シンポジウム, pp. 3-12.

Asano, K. and T. Iwata, 2024, Source Rupture Process and Its Strong Ground Motions During the 2024 Noto Peninsula Earthquake, Japan, AGU 2024 Fall Meeting, N51B-05.

Miyamoto, T., K. Asano, and T. Iwata, 2024, Investigation on Generating Mechanisms of Strong Ground Motion through Dynamic Source Inversions, AGU 2024 Fall Meeting, S41G-3393.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：地震：地震：強震動地震観測
概要：広帯域速度型強震計または加速度型強震計による強震観測。トリガー観測が主体であるが、一部観測点は連続観測。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：京都府宇治市・京都市 34.91014 135.80216
調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定
公開状況：公開留保中（協議のうえ共同研究として提供可） https://sms.dpri.kyoto-u.ac.jp/kyoto/

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和6年度に引き続き、令和6年能登半島地震本震（M_{JMA}7.6）などの詳細な断層破壊過程の解析を継続するとともに、他の地震の既往の解析結果の収集・分析もあわせて、震源断層での破壊過程と地殻構造や応力場の不均質性との関係などについて系統的な分析を進める。断層破壊過程の解析手法の高度化の一環として、動力学的震源インバージョンの開発を継続する。京都盆地及びその周辺地域の堆積層及び岩盤での広帯域速度型強震計を中心とした強震観測を継続する。過去の強震波形記録の情報整理や利活用方法の検討を継続する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

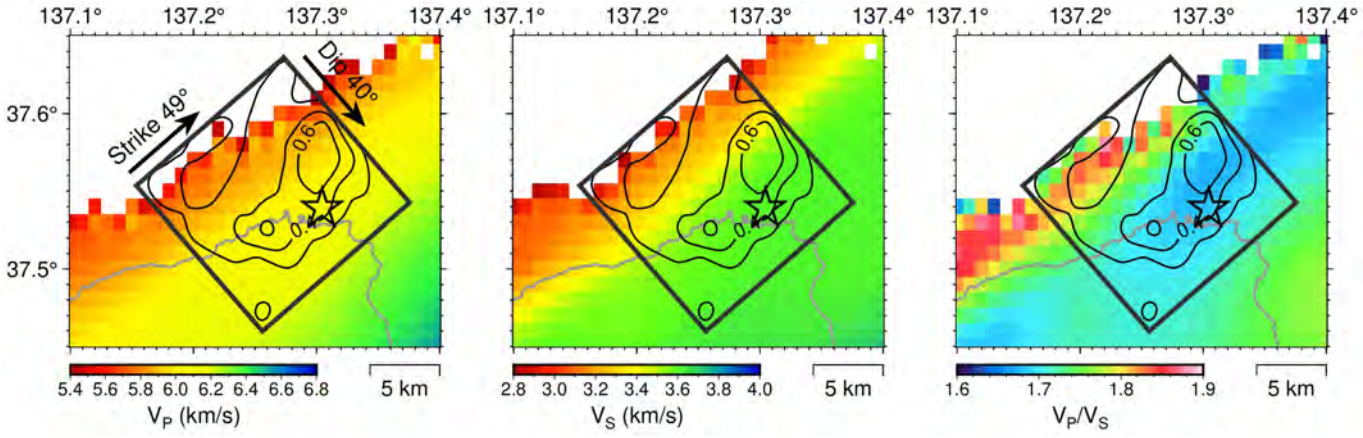
浅野公之（京都大学防災研究所）,関口春子（京都大学防災研究所）
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：京都大学防災研究所地震災害研究部門強震動研究分野
電話：
e-mail：
URL：https://sms.dpri.kyoto-u.ac.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：浅野公之
所属：京都大学防災研究所地震災害研究部門強震動研究分野



2023年5月5日能登半島の地震（M_{JMA}）の最終すべり量分布とMatsubara et al. (2022)の速度構造モデルから抽出したP波速度（左）、S波速度（中）、V_P/V_S比（右）の比較

令和６年度年次報告

課題番号：DPRI06

（1）実施機関名：

京都大学防災研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地震時地すべりの準備過程から発生後の災害に至るまでの総合的な事前評価手法の高度化
（英文）Sophistication on evaluation method of coseismic landslides from preparation to disaster stages

（3）関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
ウ. 地震動に起因する斜面変動・地盤変状の事前評価手法

（4）その他関連する建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(2) 首都直下地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

地震時地すべりは大地震のたびに発生し、地震による最も大きな災害要因の一つとなっている。近い将来、大規模な地震が予測される南海トラフ巨大地震や首都直下地震などにおいても、膨大な数の地震時地すべりが発生し、広域かつ甚大な被害に至ると考えられる。これまでの研究によって、地震時地すべりの地質・地形的な発生条件、特定の斜面における地震動増幅特性、強震時の斜面の変位特性や地下水挙動などが明らかになってきた。しかしながら、観測を未実施の斜面も含めた広域における斜面での地震波挙動や、地下水圧の変化や末端侵食などによって時間変化する斜面の安定性の評価が十分ではなく、地震時地すべりのリスクを時空間的に広く把握するには至っていない。また、崩壊した土砂の流動性も災害を拡大する大きな要因であり、さらに、地震動で不安定化した斜面においてもその後の降雨によって災害が発生しており、地震時地すべりの発生場だけではなく発生後のリスクについても把握することが必須である。このようなギャップを埋めるべく本課題では、①地質・地形的な発生条件のさらなる体系化、②地質・地形と結びついた地震波挙動の解明、③時間変化する斜面の安全率を考慮した地震時地すべりリスクの把握、④崩壊土砂の移動機構の解明、⑤強震を受けた後の斜面の長期的挙動の把握などを視野に入れ、地質・地形的な調査、物理探査、長期的な観測を実施し、地震時地すべりの事前予測手法の高度化やハザードマップ作成に向けてどのようなアプローチが可能かについて、地震時地すべりの発生メカニズムに基づいて明らかにすることを目的とする。準備過程から発生時のメカニズム、発生後の影響に至るまで、地震時地すべりが関わる一連の現象を本課題では扱う。

（6）本課題の５か年計画の概要：

・地震時地すべりに特徴的な地質構造の抽出：　これまでに付加体の大規模山地において得た重力変形斜面内部の地質構造など崩壊斜面に共通する地質構造以外でも、過去の地震時に局所的に崩壊箇所が集中する場所について地質構造の抽出を進める。R6-8年度には硬岩地域の中でも中央構造線など大変形を受けた地質帯に着目しフィールドでの地質調査やDEMなどを用いた地形解析をおこなう。R9-10年度には、このような変形を受けた地質帯がどのように重力変形において再利用され、地震時地すべりの発生ポテンシャルに影響を与えるかについて検討する。

・より危険な斜面の特定手法の開発：　地質や地形をもとに抽出された危険斜面の数は膨大であり、それらの間でも、内部における風化や変形の進行度によって、地震時の崩壊リスクは異なる。そこで、物理探査によって斜面内部構造を明らかにし、危険な斜面の特徴を抽出する方法を開発する。R6-8年度に調査地の選定や観測を実施、R9-10年度にハザードマップの高度化に向けた手法開発を進める。
・斜面内外における地震波挙動の解明：　上記に関連し、地質調査、物理探査、常時微動観測を観測地すべり内外において多点かつ稠密に実施し、観測斜面内および周辺の斜面において、地震動の不均質性が地形や地質などのどのような要因に支配されているかについて議論する。これまで地震観測を実施してきた四国山地、北海道南東部などをフィールドとし、R6-9年度に観測・調査の実施、R7-10年度に解析および地震波挙動との関係についての考察を予定する。
・斜面の安全率の変化と強震時の斜面の変位、変形の関係の把握：　特に不安定な斜面においては、（降水や融雪による）地下水圧の変化や末端侵食などによって斜面の安定性が大きく時間変化する。このような斜面において強震動と斜面の変位・変形を同時観測することで、斜面の安全率に応じて時間変化する地震時地すべりリスクの把握手法を模索する。これまで地震・斜面観測をおこなってきた北海道南東部および阿蘇地域の地すべりにおいて実施する。観測はこれまでのものを継続、拡充しながらR6-10年度に実施し、R9-10年度にリスクの把握手法の検討をおこなう。
・崩壊土砂の移動挙動の把握：　崩壊土砂の移動挙動によって、災害の範囲や被害が大きく変化する。しかし、これまでのハザードマップ作成には崩壊発生場所のみが記述され、どの領域まで崩壊物質が流出するか組み込まれていない。そこで、R6-8年度にはこれまでに崩壊した斜面から崩壊物質を採取し、リングせん断試験をおこなうことによって流走距離の見積もりの高精度化を目指す。また、R9-10年度には数値シミュレーションも活用し、ハザードマップにどのようにして組み込むことが可能かについての示唆を得る。
・強震を受けた斜面の長期的な挙動の解明：　強震を受けた宅地盛土斜面はその後も不安定となり、年単位で変形が継続することが指摘されている。このような現象を多様な斜面で明らかにするため、熊本地震時に崩壊したテフラ斜面におけるこれまでの観測をR6-10年度にわたって継続し、観測データに基づいてR9-10年度に長期的な影響を明らかにする。さらに、強震後の斜面の長期的な安定性の評価には地震後にどのようなモニタリングが必要となるか提案する。
・総合討論：　斜面のスケールや崩壊に至るタイムスパンが斜面によって大きく異なるため、上記の研究はそれぞれの目的に応じて適切な調査地の選定をおこなったうえで実施するが、地震時地すべりが関わる一連の現象として捉えた時に上記の研究がどのように結びつくかについての総合討論をR10年度に実施する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本年度は、第2次からの斜面での観測を継続するとともに、令和6年能登半島地震についての災害調査を集中的に実施した。

地震時地すべりに特徴的な地質構造の抽出としては、下記の項目を実施した。四国地域の地震によって崩壊したと考えられている深層崩壊地の調査と令和６年能登半島地震で発生した地すべり地の地質構造、地形を重点的に調査し、国土地理院が公表している干渉SAR時系列解析結果において移動速度を持つ四国地方の斜面は仁淀川および吉野川の中流域・変成付加体地域に集中していることがわかった。また、令和6年能登半島地震で発生した崩壊地の地形・地質特性について現地踏査を行った。その結果，表層崩壊の崩壊深は，風化帯や熱水変質により形成された脆弱な土層の厚さと関係があることを指摘した。また，最大の崩壊である大久保崩壊地は，流れ盤構造をもつ珪質シルト岩が分布し，その下部に実質不透水層かつ膨潤性粘土鉱物であるスメクタイトを含む凝灰岩が分布することが崩壊の素因であることを明らかにした。斜面内部の地下水環境を明らかにするために、これまで被災した谷埋め盛土において屈折波探査を実施し、2018年北海道胆振東部地震や2018年大阪府北部の地震などで被災したいくつかの谷埋め盛土で深さ数 m に地下水位が形成されていることを見出した。

さらに、地形や地質から推定される危険斜面の中で、より切迫性が高い斜面を抽出するために、地すべりなどの斜面において表面波探査や微動アレイ探査、三成分常時微動測定を行い、これらの手法により斜面の概略のS波速度構造を推定できることを確認した。機械学習により地質や微地形などを併せて物理探査結果を補間することにより、広域の三次元地盤構造を推定する手法を開発した。時間的に変化する斜面の安全率を評価するためのモニタリングにおいては、米国および日本国内において、微動アレイ探査を用いて浅部地盤のS波速度構造を連続測定し降雨に伴う明瞭なS波速度の変化を観測

した。
　また、強震を受けた斜面のその後の影響についても令和6年能登半島地震の被害調査や第2次計画から継続する観測によって明らかにした。2023年5月5日の能登地方の地震において変状が認められた斜面のうち、珪藻質シルト岩の岩盤崩壊（珠洲市正院町）、再活動型地すべり（珠洲市馬緤町）、流紋岩海岸斜面の崩落（珠洲市真浦町）においては、令和6年能登半島地震において崩壊体積が拡大したり、変位量が大きくなる形で再度変状を呈したことが現地調査の結果から明らかとなった。熊本県南阿蘇村の火山研斜面においては、震度４程度の揺れによって、地震時に水圧（負圧）の変化が認められ、さらに、傾斜変化が地震後に観測された。震度４程度でも条件によっては土粒子の配置が変化したり、斜面が変形が進行することがわかった。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

　今年度明らかとなった地震時地すべりの素因に関する成果は、地震動に起因する斜面変動・地盤変状を事前評価することに直接寄与し、探査などのアプローチも他の場所に応用可能である。地形・地質的な特徴によって抽出した危険斜面のリスクの大小をどのように評価するかについても、まずは事例研究をスタートさせ、将来的に精度の良いハザードマップの実現に向けた手法開発を進めている。
　また、研究対象地には南海トラフ沿いの巨大地震によって被害を受けうる範囲が含まれており、令和６年能登半島地震で被害を受けた斜面などで開発を進めている危険斜面・箇所の抽出方法に関しては、南海トラフ沿いの巨大地震や首都直下地震によって被害を受けうる斜面にも適用可能である。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

松澤 真, 下村 博之, 花川 和宏, 末武 晋一, 木村 一成, 渡壁 卓磨, 佐藤 昌人（2025）：令和6年能登半島地震により発生した崩壊の地質的特徴，令和6年度能登半島地震災害調査団報告書，37-44.,査読無,謝辞無

松澤 真, 渡壁 卓磨, 佐藤 昌人, 下村 博之, 花川 和宏（2025）：令和6年能登半島地震により発生した大久保崩壊の地形・地質的特徴，令和6年度能登半島地震災害調査団報告書，71-77.,査読無,謝辞無

花川 和宏, 末武晋一, 松澤 真, 木村一成, 下村 博之（2025）：令和6年度能登半島地震における安山岩質火山岩類分布域で発生した斜面崩壊の地形・地質的特徴，令和6年度能登半島地震災害調査団報告書，66-70.,査読無,謝辞無

林宏一 (2024) : 表面波を用いる探査法の原理とその応用, 基礎工, 2024-3, 18-24.,査読無,謝辞無

林宏一 (2024) : 地盤工学と物理探査の架け橋 －空間的な補間と時間的な補間－, 地盤工学会誌, 72, 6, 7-12.,査読無,謝辞無

荻野將樹, 山中稔, 林宏一, 中田卓, 嘉村哲也 (2024) : 常時微動探査による地層区分と熊本城三次元地盤図を援用した石垣被災要因の検討, 地盤工学ジャーナル, 19, 143-156, https://doi.org/10.3208/jgs.19.143.,査読有,謝辞無

中島康介, 藤岡一頼, 上野慎也, 八嶋厚, 山崎充, 沢田和秀, 村田芳信, 小西千里, 林宏一, 町島祐一 (2024): 交通規制を伴わない高速道路土工構造物ヘルスモニタリングへの挑戦, 土木学会論文集, 80, 5, https://doi.org/10.2208/jscejj.23-00249. 荻野將樹, 山中稔, 林宏一, 中田卓, 嘉村哲也 (2024) : 常時微動探査による地層区分と熊本城三次元地盤図を援用した石垣被災要因の検討, 地盤工学ジャーナル, 19, 143-156, https://doi.org/10.3208/jgs.19.143.,査読無,謝辞無

Hayashi, K., Suzuki, T., Inazaki, T., Konishi, C., Suzuki, H., and Matsuyama, H., (2024) : Estimating S-wave velocity profiles from horizontal-to-vertical spectral ratios based on deep learning, Soils and Foundations, 64, 6, 101525, ISSN 0038-0806, https://doi.org/10.1016/j.sandf.2024.101525.,査読有,謝辞無

山崎新太郎，国土地理院・干渉SAR時系列解析結果を用いた四国山地の斜面変動推定領域の抽出，日

本地すべり学会誌，62 巻 1 号 p. 20-25, DOI https://doi.org/10.3313/jls.62.20,査読有,謝辞有

山崎新太郎・渡邊達也，令和5年および令和6年能登半島地震前後の干渉SAR解析と現地調査で確認された斜面変動事例，日本応用地質学会，令和6年能登半島地震災害調査団報告書，Ⅲ-8.,査読無,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

山崎新太郎，斜面災害場所評価のための地域地質特性の把握の重要性，２０２４年日本地すべり学会研究発表会（仙台），4-16

山崎新太郎，地質構造に起因する崩壊が多発する付加体砂岩地域，日本応用地質学会令和６年度研究発表会（高松），84

山崎新太郎，四国山地の深層崩壊と地すべり，２０２４年日本応用地質学会中四国支部総会（招待講演）

岡庭信幸・土井一生・松浦純生・大澤光・岡本隆・土佐信一・柴崎達也・大石怜生・澤田麻沙代（2025）：地すべり内部構造と地震動の特徴との関係性把握に向けての試みー北海道釧路町仙鳳趾地すべりを例としてー、日本地すべり学会第63回研究発表会、1-14.

大澤光・土井一生・松浦純生・土佐信一・柴崎達也・岡本隆（2025）：急崖裸地斜面の土砂侵食量を観測する試み、日本地すべり学会第63回研究発表会、2-33.

Yamasaki, S. Mineralogy of Pelitic schist relating to Landslide and Weathering, XIVth International Symposium on Landslides (France, Chambery), A10397SY

Yamasaki, S. Wide-Area Landslide Observation Monitoring Using JAXA/GSI Interferometric SAR Analysis and Distribution Characteristics of Active Landslides in Shikoku Mountains, Japan, 2024 American Geophysical Union, Annual Meeting, 1541737

Hayashi, K., Matsuzawa, M., Kikuchi, T., and Sakaki, S. (2024) : Seismic response at a gravitational slope deformation based on geophysical measurements and numerical simulation, American Geophysical Union 2024 annual meeting.

Hayashi, K., Suzuki, T., Inazaki, T., Mima, K., Konishi, C., and Suzuki, H. (2024) : Estimating regional 3D S-wave velocity model from active/passive surface wave methods and horizontal-to-vertical spectral ratios based on deep learning, 3rd Edition Workshop on Geophysical Aspects of Smart Cities.

林宏一，鈴木徹，横澤航生，坂西啓一郎，稲崎富士，美馬健二，小西千里，鈴木晴彦 (2024) : 京都盆地における表面波探査・微動アレイ探査および単点三成分常時微動の測定, 物理探査学会第150回学術講演会.

土井一生・松浦純生・大澤光・岡本隆・土佐信一・柴崎達也・澤田麻沙代（2024）：Ultra-dense seismic observation in and around a seashore landslide、2024 Japan Geoscience Union Meeting、HDS08-P19.

Hayashi, K., Suzuki, T., Inazaki, T., Mima, K., Konishi, C., and Suzuki, H. (2024) : Estimating shallow S-wave velocity structure at the Kyoto Basin by deep learning, 64th symposium on geotechnical engineering.

Hayashi, K., Matsuzawa, M., Kikuchi, T., and Sakaki, S.(2024) : S-wave velocity profiles obtained from active and passive surface wave methods at gravitational slope deformation and their effect on surface ground motion from earthquakes, The Japan Landslide Society 63rd annual meeting.

Hayashi, K., Suzuki, T., Konishi, C., Suzuki, H., and Matsuyama, H.(2024) : Predicting Vs profile from horizontal-to-vertical spectral ratio by supervised machine learning, 18th World

Conference on Earthquake Engineering.

Hayashi, K., Suzuki, T., Inazaki, T., Konishi, C., Suzuki, H., and Matsuyama, H., (2024) : Estimating S-wave velocity profile from horizontal-to-vertical spectral ratio based on supervised machine learning, 6th Asia Pacific Meeting on Near Surface Geoscience & Engineering.

Hayashi, K. (2024) : S-wave velocity changes associated with rainfall observed by continuous seismic ambient noise measurements, Society of Exploration Geophysicists of Japan 150th annual meeting.

Hayashi, K. (2024) : Near-surface shear-wave velocity monitoring using seismic ambient noise, 2024 Japan Geoscience Union Meeting.

松澤 真，菊地輝行（2024）：表層傾斜計による重力変形斜面の観測～長野県辰野町の美濃帯分布域の例～，令和6年度日本応用地質学会研究発表会講演論文集

松澤 真（2024）：重力変形斜面の素因となる美濃帯の断層破砕帯の比較，日本地すべり学会 第63回（2024年度）研究発表会講演要旨集

Makoto Matsuzawa, Effects of Fault Fracture Zones on the Formation of Gravity-Deformed Slopes ˜A case study of Jurassic accretionary complexes˜, American Geophysical Union 2024 annual meeting.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：地震：地震：短周期地震観測
概要：斜面の地震動と変形を計測する
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：高知県大豊町
調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定
公開状況：

項目：地震：地震：短周期地震観測
概要：斜面の地震動や傾斜、変形を計測する
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：北海道釧路町
調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定
公開状況：

項目：地震：地震：強震動地震観測
概要：斜面の地震動を計測する
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：北海道根室市
調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定
公開状況：

項目：地震：その他：斜面の総合観測
概要：斜面の傾斜、水分量、水圧を計測する。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：熊本県南阿蘇村
調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定
公開状況：

（10）令和７年度実施計画の概要：

斜面崩壊の素因を明らかにする研究として、能登半島、四国山地の断層、それに関連する褶曲の存

在状態から周辺岩盤のテクトニックな損傷を評価することが地震性の斜面変動発生場の様式（拡散程度，危険性評価）に重要であることが判明したため、次年度計画ではこの視点を中心に現地調査を実施する。また、地すべりなどの斜面に物理探査手法を適用しその適用性を評価する。機械学習によりボーリングや物理探査結果などを併せて広域の三次元地盤構造を推定する手法を開発する。谷埋め盛土での調査も進め、滑動した盛土と安定な盛土の違いについて明らかにする。

さらに、地震前の斜面の安全率の変化を把握するため、微動アレイ探査を用いた浅部地盤のS波速度モニタリングを斜面に適用し、降雨時などの地盤物性の変化をリアルタイムで把握する。また，深層崩壊の恐れの高い重力変形斜面での表層傾斜計の観測を継続し，重力変形斜面の崩壊発生危険度の評価手法を検討予定である。

地震時の斜面の振る舞いについては、斜面での密な地震観測を継続し、観測点間の揺れ方の違いや地震波伝播の特徴について情報を抽出する。阿蘇の火山研斜面においては、熊本地震後8年経過しても変形が継続している様子が観測されたが、令和6年度途中で計器が故障してしまったため、新たにボーリング掘削し、観測の継続性を担保する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

土井一生（京都大学防災研究所）,王功輝（京都大学防災研究所）,林宏一（京都大学防災研究所）,山崎新太郎（京都大学防災研究所）,松澤真（京都大学防災研究所）

他機関との共同研究の有無：有

大倉敬宏（京都大学大学院理学研究科）,西山賢一（徳島大学大学院社会産業理工学研究部）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：京都大学防災研究所
電話：0774-38-4113
e-mail：doi.issei.5e@kyoto-u.ac.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：土井一生
所属：京都大学防災研究所

令和６年度年次報告

課題番号：DPRI07

（1）実施機関名：

京都大学防災研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）融雪火山泥流の発生・流動と噴火後の土石流・泥流発生ポテンシャルに関する観測と予測手法の開発

（英文）Observation and development of prediction methods for the generation and flow characteristics of snow-melting volcanic mudflows and the generation potential for debris/mud flows after eruptions

（3）関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(3) 火山噴火による災害誘因評価手法の高度化

（4）その他関連する建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(5) 大規模火山噴火

（5）本課題の５か年の到達目標：

融雪火山泥流の発生時の火山噴出物による雪の融解過程や融雪火山泥流の氾濫範囲、流速と流動深の時空間的な変化を予測する手法の確立を目的として、焼岳火山を対象に観測と予測モデルの開発を行う。さらに、火山噴出物の堆積や流出による土石流・泥流の発生ポテンシャルの時間的な変化と火山を有する流域からの土砂流出過程を予測する手法の確立を目的として、桜島、 メラピ、焼岳の火山を対象に観測と予測手法の開発を行う。

（6）本課題の５か年計画の概要：

令和6年度：（桜島火山）有村川において土石流の土砂濃度観測を実施する。これまでに有村川および野尻川において観測された水位、流量、LVPセンサーのデータ、XMPレーダーによる降水量、降灰量のデータの収集・整理をする。桜島東側斜面に形成されているガリの形状をドローンを用いて計測する。（メラピ火山）現地に設置されている降雨、水位観測装置の状況を確認するとともに、2018年以降の観測データを回収する。（焼岳火山）大規模な土砂流出に対応できる計測手法を検討するとともに、足洗谷流域で流砂観測を行う。焼岳で発生する融雪型火山泥流を対象として、これまで実施した融雪実験等の整理を行い、融雪型火山泥流の発生機構の未解明な要素について検討を行う。
令和7年度：（桜島火山）前年度に引き続き、土石流の土砂濃度観測、ガリ形状の計測、有村川・野尻川の各種データの収集・整理をする。取得された流出量と降水量の関係を流出解析モデルで良好に再現出来るような計算パラメータ（透水係数、地表面の粗度係数）の最適値を土石流イベント毎に求める。また、不攪乱火山灰堆積箇所でのクラスト強度と透水特性を計測する。（メラピ火山）現地に設置されている降雨、水位観測装置のメンテナンス、データ回収を行い、桜島火山を対象に構築した流出解析モデルをメラピ火山に適用できるように改良する。（焼岳火山）足洗谷流域を対象に大規模な土砂流出イベントにも対応できるような流砂観測体制を構築する。観測結果を利用して流域土砂動態モデルに改良を加える。火山噴火時の熱水噴出が融雪機構に及ぼす影響について、焼岳での現地積雪を用い、水路実験を実施して検討を行う。
令和8年度：（桜島火山）前年度に引き続き、土石流の土砂濃度観測、ガリ形状の計測、有村川・野尻川の各種データの収集・整理をするとともに、土石流の流動メカニズムについて検討する。流出解析

モデルの計算パラメータの最適値を土石流イベント毎に引き続き求める。計算パラメータと降灰量との関係について解析する。（メラピ火山）現地に設置されている降雨、水位観測装置のメンテナンス、データ回収を引き続き行い、メラピ火山用の流出解析モデルに改良を加える。（焼岳火山）足洗谷流域で流砂観測を継続するとともに観測結果を利用して流域土砂動態モデルに改良を加える。火山噴火時の熱水噴出が融雪機構に及ぼす影響について、焼岳での現地積雪を用い、水路実験を実施して検討を行うとともに砕流と積雪層との混合による融雪過程について、現地実験によって検討を行う。
令和9年度：（桜島火山）前年度に引き続き、土石流の土砂濃度観測、有村川・野尻川の各種データの収集・整理をするとともに、噴火起源の土砂供給と土石流の流動性の関係について検討する。降雨・流出の関係を流出解析モデルで良好に再現出来る計算パラメータの最適値を引き続き求める。また、クラストの形成・破壊を考慮したガリの発達・統合過程の数値シミュレーションを実施する。（メラピ火山）現地に設置されている降雨、水位観測装置のメンテナンス、データ回収を引き続き行う。桜島と同様の解析を行い、流出モデルの最適パラメータを求める。計算パラメータと降灰量、降水量の経時変化を予測するモデルを構築する。（焼岳火山）足洗谷流域では流砂観測を継続するとともに流域土砂動態モデルにより、流域土砂動態モデルにより噴火が起きた後の土石流発生ポテンシャルの時間変化を検討する。火砕流と積雪層との混合による融雪過程についての現地実験による検討を継続するとともに、泥流の流動による斜面・渓床の侵食過程を考慮した数値シミュレーションモデルによって融雪火山泥流の発達・流下・減衰過程について検討を行い、泥流の氾濫範囲、流速と流動深の時空間的な変化を予測する手法の開発を行う。
令和10年度：桜島火山の有村川、焼岳火山の足洗谷流域での観測を継続し、噴火後の土石流発生ポテンシャル予測手法を構築する。また、クラストの形成・破壊とガリの発達が土石流発生ポテンシャルに与える影響を示す。焼岳火山による泥流の氾濫範囲、流速と流動深の時空間的な変化を予測する手法の完成を目指すとともに、これまでの成果のとりまとめを行う。桜島火山の有村川・野尻川、インドネシアメラピ火山で観測された各種データを収集・整理し、新規に取得したデータを用いて計算パラメータと降灰量、降水量の経時変化を予測するモデルの検証を行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

前計画「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第２次）」では、火山防災上重要な２つの現象、すなわち火山灰堆積後の降雨による土石流・泥流の発生および噴火時の融雪型火山泥流の発生に関して、その危険度や規模を予測する手法の確立を目的とし、桜島火山、焼岳火山、メラピ火山等の火山を対象に観測と予測モデル開発を行った。また、時間的に変化する泥流・土石流の発生危険度や規模を予測する手法を検討するとともに、融雪型火山泥流の発生に関する従来の研究をさらに進展させた。さらに、これらのモデルを使って、噴火後の土石流・泥流の発生基準雨量や融雪型火山泥流に関する火山防災情報が提供できる知見を得た。
今計画「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第3次）」では、融雪火山泥流の発生時の火山噴出物による雪の融解過程や融雪火山泥流の氾濫範囲、流速と流動深の時空間的な変化を予測する手法の確立を目的として、焼岳火山を対象に観測と予測モデルの開発を行う。さらに、火山噴出物の堆積や流出による土石流・泥流の発生ポテンシャルの時間的な変化と火山を有する流域からの土砂流出過程を予測する手法の確立を目的として、桜島、 メラピ、焼岳の火山を対象に観測と予測手法の開発を行う。
2024年度は、有村川流域において、火山噴出物堆積量と雨の地中への浸透能の月ごとの変化を観測した。また、ピーク流量の再現度を重視して、降雨流出波形の再現度の評価法を再考し、浸透能の逆解析を行った。その結果、月別降灰量が増大するほど透水係数が減少する傾向が示された。さらに、土石流の発生条件について、従来の堆積物のすべりによる移動に加え、河道の表面流が河床堆積物を侵食することで発生する条件も考慮した。その結果、いずれの条件でも、表面流による河床堆積物の侵食を考慮することで、弱い降雨強度、少ない積算降雨で土石流が発生することが明らかとなった。
融雪型火山泥流発生機構に関する検討として，火砕流や熱水による融雪について水路実験で検討を行った。火砕流による融雪については，火砕流に含まれる礫の粒径が融雪特性に与える影響を明らかにした．

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

土石流の発生ポテンシャルは、火山噴出物の堆積量の影響を強く受ける。つまり、堆積量が多いと浸食される火山噴出物が増えるとともに、浸透能の低下による表面流の増加によって土石流が発生しやすくなる。これらのメカニズムを明らかにするとともに土石流の発生条件を定量的に評価できるような解析モデルを開発した。また、融雪型火山泥流の規模に大きく影響を与える融雪特性について、粒径などの火山噴出物特性が融雪量の時間的な変化に与える影響を明らかにし、泥流の時空間的な変化を再現する数値シミュレーションモデルの高度化のための基礎的な知見を得た。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

岩井智哉, 宮田秀介, 山野井一輝, 藤田正治（2024）：渓床堆積物が土石流下する場の条件に関する感度分析―改良版SiMHiSの神通川水系ヒル谷への適用－，砂防学会誌，77(1)，17-24，査読（有），謝辞（この研究費への謝辞が無）,査読有,謝辞無

Timur Ersöz, Yutaka Gonda，The role of volcanic ash thickness on the hydraulic conductivity of the ground and the initiation of debris flows，Natural Hazards, 120(12), p.10969-11007, 2024, https://doi.org/10.1007/s11069-024-06654-6, 査読有, オープンアクセスではない，謝辞なし,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

岩井智哉, 宮田秀介, 山野井一輝（2024）：火山噴出物の土石流発生に対する影響評価，日本火山学会2024年度秋季大会，P151，DOI: 10.18940/vsj.2024.0_252

岩井智哉,宮田秀介,山野井一輝,藤田正治（2024）：足洗谷流域源頭部における土石流発生ポテンシャルの変動，令和6年度砂防学会研究発表会，P-211，DOIなし

菅原隼斗, Timur ERSÖZ, 権田豊、流出解析モデルを用いて推定した桜島有村川流域における土石流発生時の透水係数と火山灰の堆積厚の関係,令和６年度砂防学会研究発表会,2024

権田豊, 松田梨里, 航空測量データを用いた桜島・有村川流域における 地形変化および土砂動態の分析, 令和６年度砂防学会研究発表会,2024

Sugawara, H., Gonda, Y., Relationship between occurrence of lahar and thickness of ashfall on ground surface in the Arimura River basin of Sakurajima volcano, Japan, 11th International Workshop on Multimodal Sediment Disaster in Niigata Japan, 2024

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

（桜島火山）前年度に引き続き、土石流の土砂濃度観測、ガリ形状の計測、有村川・野尻川の各種データの収集・整理をする。取得された流出量と降水量の関係を流出解析モデルで良好に再現出来るような計算パラメータ（透水係数、地表面の粗度係数）の最適値を土石流イベント毎に求める。また、不攪乱火山灰堆積箇所でのクラスト強度と透水特性を計測する。（メラピ火山）現地に設置されている降雨、水位観測装置のメンテナンス、データ回収を行い、桜島火山を対象に構築した流出解析モデルをメラピ火山に適用できるように改良する。（焼岳火山）足洗谷流域を対象に大規模な土砂流出イベントにも対応できるような流砂観測体制を構築する。観測結果を利用して流域土砂動態モデルに改良を加える。火山噴火時の熱水噴出が融雪機構に及ぼす影響について、焼岳での現地積雪を用い、水路実験を実施して検討を行う。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

中道治久（京都大学防災研究所火山防災研究センター）

他機関との共同研究の有無：有

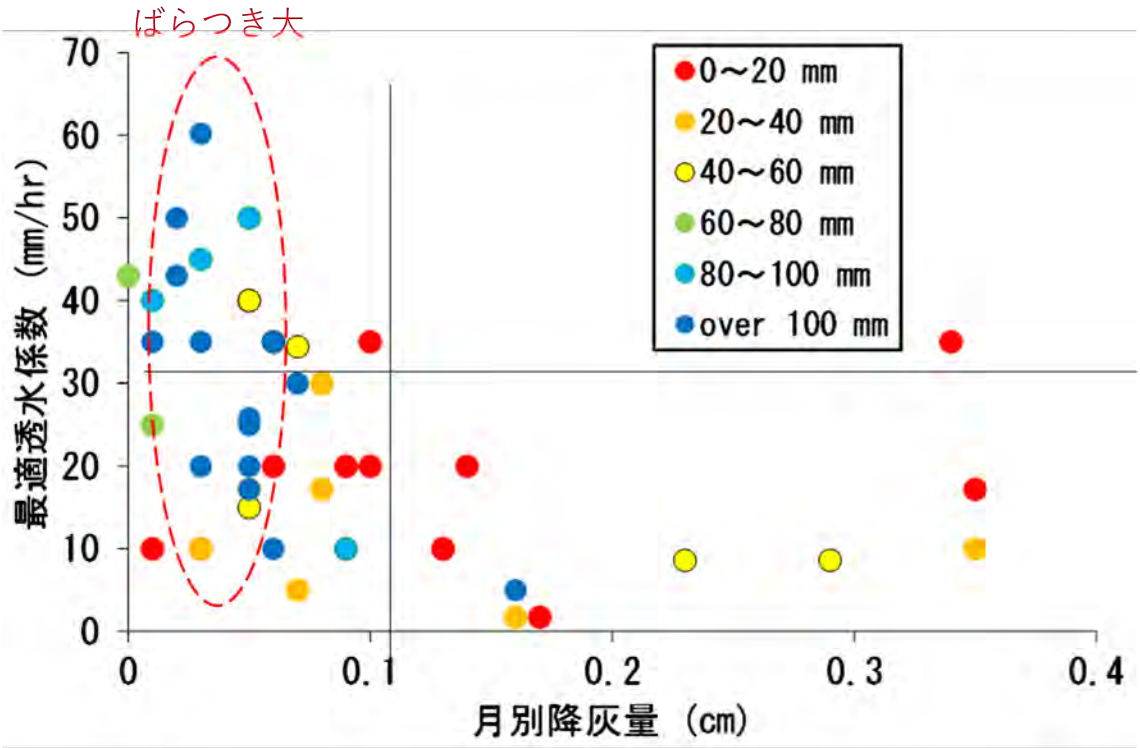
宮田秀介（京都大学大学院農学研究科）,権田豊（新潟大学）,堤大三（信州大学）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

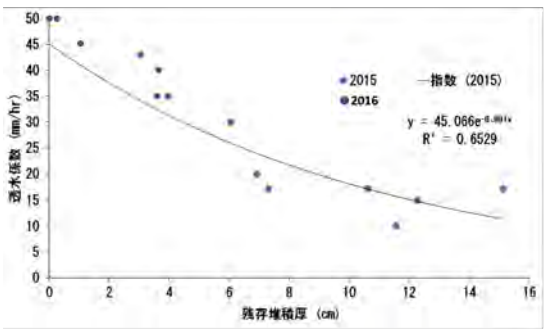
部署名等：
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

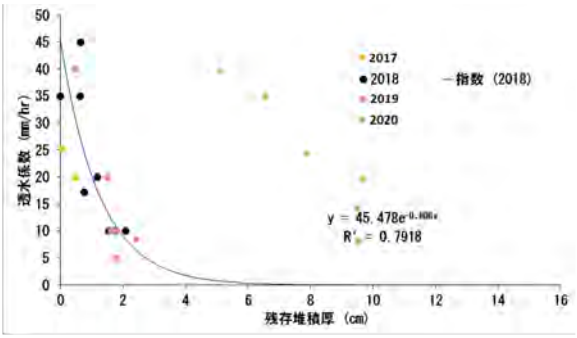
氏名：竹林洋史
所属：京都大学防災研究所



月別降灰量と最適透水係数との関係



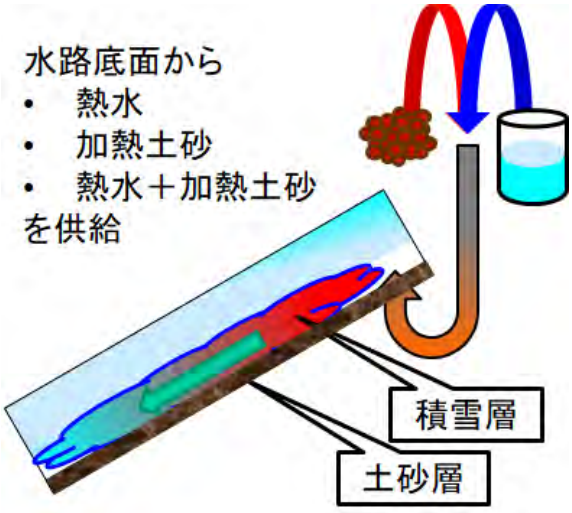
a)2015年-2016年（昭和火口が噴火）



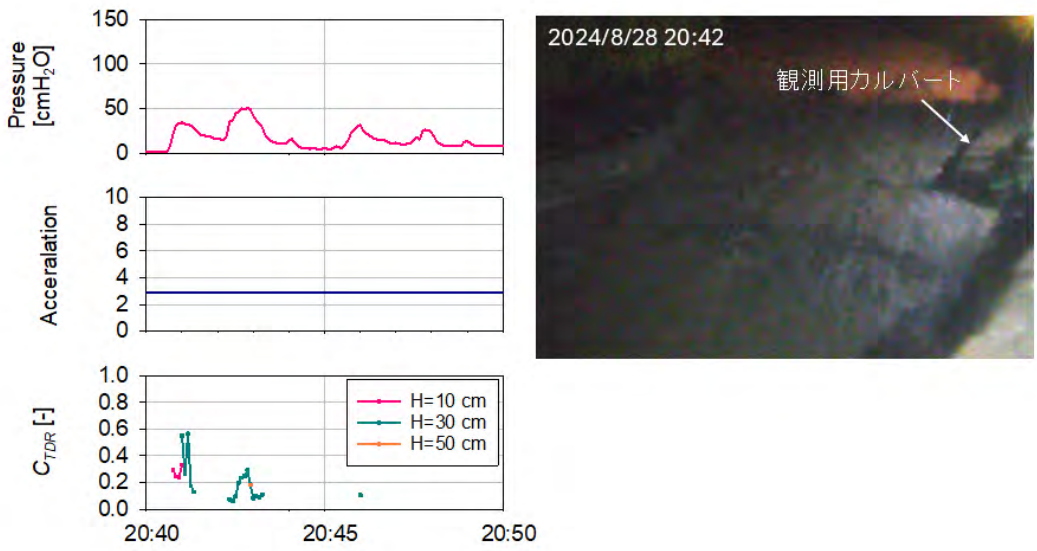
b)2017年-2020年（南岳が噴火）

侵食を考慮した残存堆積厚と透水係数の関係（有村川流域）

火砕流による礫と積雪の混合を想定した実験



熱水の噴出による積雪の泥流化を想定した実験



TDRによって観測された土砂濃度と土石流発生時の観測の様子（有村川）

令和６年度年次報告

課題番号：DPRI08

（1）実施機関名：

京都大学防災研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）火山噴出物の流下による災害のリアルタイムハザードマップの構築
（英文）Construction of real-time hazard map for disasters caused by flow down of volcanic products

（3）関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(3) 火山噴火による災害誘因評価手法の高度化

（4）その他関連する建議の項目：

2 地震・火山噴火の予測のための研究
(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(5) 大規模火山噴火

（5）本課題の５か年の到達目標：

火山噴火によって放出される火山噴出物は、火山灰や火山レキとして降ってくる降下火砕物に火砕流や溶岩流として山腹を流動し堆積するものがある。それぞれ降灰予測や火砕流・溶岩流の流動シミュレーションが行われているが，それらの多くは噴出物量を仮定して計算されたものである。本研究では主に桜島火山を対象として、事前に降下火砕物，火砕流，溶岩流のシミュレーションによる堆積範囲や堆積量のデータセットを作成しておき，地震・地盤変動観測のリアルタイムデータから噴火により放出される噴出物量を計算し，その噴出物量にあったデータセットから降下火砕物・火砕流・溶岩流の堆積範囲と量を選び出すことで，噴火発生前に観測量の変化から更新されるリアルタイムハザードマップを作成するものである。また，火山噴出物の堆積範囲や量の事前予測に気象データを加えることで，降雨時の土石流リアルタイム予測を試行するものである。

（6）本課題の５か年計画の概要：

令和6年度は過去の火山噴火における地震・地盤変動データの収集・解析を行い，膨張量と降下火砕物、火砕流、溶岩流の配分比の検討を行う。降下火山灰の量の把握を含め，火砕物の堆積量や土石流を把握するための観測体制を維持する。
令和7年度は噴出物量・配分比ごとの数値シミュレーションのデータセットの作成を行い、火砕流・溶岩流の流動シミュレーションの検討、土石流観測の継続とその流動シミュレーションの検討を行う。
令和8年度は前年度に続き、火砕流・溶岩流の流動シミュレーションの検討，過去の噴火によって流出した火砕流・溶岩流とシミュレーション結果の比較を行い，チューニング等を行う。土石流シミュレーションの判定に気象場条件の導入・検討を行う。令和9年度は火山噴出物の配分比に基づき，桜島の流域ごとに前駆現象と火砕流・溶岩流・土石流の関係を示したハザードマップを作成し、行政関係向けのセミナー等を開催しハザードマップのチューニングを行う。令和10年度は前駆現象のリアルタイムデータを入力したオンラインハザードマップを試作する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第２次）」においては火砕流の発生と流下予測の課題を担当し、噴火に先行する地盤変動、地震活動、火山ガス放出量などのうち、火砕流発生の予測を可能とするパラメータを抽出し、過去の火砕流を伴った噴火の再解析を行い、流下距離からシミュレーションにより火砕流の体積を逆算し、噴火に伴う地盤収縮量から求められる噴出物量と比較することにより火砕流配分比を決定した。最終的には、配分比に基づき火砕流が流下する流域ごとに、先行地盤膨張量と火砕流堆積量、流下距離の関係を示した火砕流ハザードマップを作成し、地盤変動のリアルタイム処理結果と結合することにより、オンラインハザードマップのプロトタイプを試作した。

第３次においては、桜島火山の噴火によって生じる火砕流に加えて溶岩流や噴火直後から降雨時に発生の危険性がある土石流のリアルタイムハザードマップを作成することを噴火発生前に観測量の変化から更新されるリアルタイムハザードマップを作成するものである。今年度は、過去の火山噴火における地震・地盤変動データの収集・解析を行い，膨張量と降下火砕物、火砕流、溶岩流の配分比の検討を行った。その際、1955年から噴火が継続している南岳・昭和火口における小規模噴火と1914年の大正噴火や1946年の昭和噴火のような溶岩流を流出する規模の大きな噴火に分けて配分比を見積もった。南岳や昭和火口の小規模な噴火の際に発生する火砕流については前課題において検討を行っており噴出物のうち３割程度が火砕流として流下する結果が得られている。昭和、大正、安永、天平宝字の大規模噴火時においては地質調査などから噴出物総量の７割程度が溶岩流となっている（小林、2019）。これらを元に火砕流の流下シミュレーションを改良して溶岩流の流下予測と危険度判定のロジック作成を進め、次年度に行う数値シミュレーションのデータセットの作成の準備を行った。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

火砕流は高温の火砕物や火山ガスが山腹斜面を高速で流れ下るもので、火山噴火の中で最も危険な現象の一つであり、溶岩流は低速で流れ下るため人的被害は少なくてもその後の復旧は非常に困難で経済的被害が大きく、火山防災上、その発生予測は必要不可欠である。本課題において観測された前駆現象から火砕流・溶岩流の発生危険度判定の精度が上がり、シミュレーションによる火砕流・溶岩流の流下距離予測と組み合わせてリアルタイムハザードマップ作成の準備を進めている。このことは火山噴出物による災害誘因の即時予測手法の開発に貢献している。次年度以降、上記に加え降雨時に発生する土石流のハザードマップ作成にも着手し、火山噴火による斜面災害についての事前予測を高精度化していく。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和7年度は火砕流と溶岩流の噴出物量・配分比ごとの数値シミュレーションのデータセットの作成を行い、火砕流・溶岩流の流動シミュレーションの検討、土石流観測の継続とその流動シミュレーションの検討を行う。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

為栗健（京都大学防災研究所）,竹林洋史（京都大学防災研究所）,中道治久（京都大学防災研究所）,山本圭吾（京都大学防災研究所）,山田大志（京都大学防災研究所）

他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：京都大学防災研究所
電話：0992932058
e-mail：tameguri.takeshi.2u@kyoto-u.ac.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：為栗健
所属：京都大学防災研究所

令和６年度年次報告

課題番号：DPRI09

（1）実施機関名：

京都大学防災研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）西南日本と中南米地域における巨大地震の地震津波災害軽減に向けた学際的比較研究
（英文）An interdisciplinary comparative study on earthquake and tsunami hazard mitigations of megathrust earthquakes in Southwest Japan and the Central and South American regions

（3）関連の深い建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ア. 史料の収集・分析とデータベース化
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
(2) 地震発生確率の時間更新予測
イ. 観測データに基づく経験的な予測と検証
3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
ア. 強震動の事前評価手法
イ. 津波の事前評価手法
エ. 大地震に起因する災害リスクの事前評価手法
(2) 地震の災害誘因の即時予測手法の高度化（重点研究）
イ. 津波の即時予測手法
(4) 地震・火山噴火の災害誘因予測・リスク評価を防災情報につなげる研究
地震
4 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発
(2) 推進体制の整備
(3) 関連研究分野の連携強化
(4) 国際共同研究・国際協力
(5) 社会への研究成果の還元と防災教育
(6) 次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成

（5）本課題の５か年の到達目標：

プレート沈み込み帯に位置する国・地域では、将来の大地震と津波の災害の軽減に向けた取り組みとその推進が共通の課題である。本課題では、これまでの拠点間連携やメキシコなどで実施された地震津波災害の軽減に向けた研究で開発された、リスク評価と成果の社会実装のスキームを利活用して、南海トラフ沿いで発生する巨大地震の地震動及び津波に伴う災害の軽減に向けた学際的研究に取り組む。第一に南海トラフにおけるプレート間固着状況、震源モデルの構築、地震動及び津波によるハザード及びリスク評価と防災教育を含む地域社会への実装に向けた観測・調査研究を実施する。第二に、日本および海外で実施された地震・津波災害に関する分野横断型の学際的研究とその成果の比較研究により、南海トラフにおける巨大地震・津波のハザードとリスク評価の高度化とそれに対する自治体等の具体的な対策の提案を図る。

南海トラフ西端の日向灘ではM8級の巨大地震の発生可能性が地震調査研究推進本部から指摘されている。メキシコやエルサルバドルなど北中南米地域の太平洋沿岸部では、南海トラフと類似のテクトニクスと同様の防災研究における課題を有する。しかしながら、これらの巨大地震像と予測される被害は十分に理解されていない。

本課題の５か年では、日向灘及び宮崎県で実施する新たな観測結果に基づき、震源モデルの構築、地震動及び津波浸水に関するハザード評価とそれらによる被害のリスク評価を自治体と連携して実施する。また、リスク評価を適切に反映した防災教育を実施する。さらに、日向灘及び宮崎県など日本で得られる成果と、メキシコやエルサルバドルなどの海外の沈み込み帯で得られる研究事例との比較を行う。特に西南日本と中南米地域の理学、工学、人文・社会科学における地震防災科学の比較研究を実施し、地震・津波現象の理解のさらなる深化と、両地域に顕在、潜在する地震・津波災害の軽減に向けた課題の把握とその解決策の提案を図る。

（6）本課題の５か年計画の概要：

日向灘に面する宮崎県において、将来発生が危惧されるM8級の巨大地震の地震像の理解と、それに伴う地震・津波災害の軽減に向けて、国際比較研究を含む以下の４つの小課題を設定し、相互に連携して研究を実施する。

A. 地震・測地観測によるモニタリングに基づくプレート間固着状況の解明

小課題Aでは、南海トラフ西端部に位置する日向灘におけるプレート間固着状況の理解に向けて、海陸両方で地震・測地観測を実施する。スロー地震（テクトニック微動やスロースリップ）の検出や固着域推定に向けた手法の高度化を進める。波動論的なアプローチに基づくプレート境界の摩擦強度推定手法の開発を進める。観測されたスロー地震・微小地震活動に基づき、地震活動を統計的・物理的に予測する手法の開発を進める。さらに京都大学防災研究所宮崎観測所が保管する過去の観測記録（レガシー記録）のデータベース化や解析手法の開発及び解析も進める。これらの観測に基づき同地域におけるプレート相対運動とファスト及びスロー地震による地殻活動から固着分布を調べて、日向灘で将来発生しうる地震の震源像の構築及び巨大地震の予測手法の開発を目指す。

令和６年度においては、陸上GNSS観測を実施する。日向灘における過去のスロー地震記録と地震活動記録を比較し、スロー地震による地震活動の誘発効果を調査する。超広帯域･高ダイナミックレンジ海底地震計の開発および試験を行うとともに、次年度実海域に設置する6台の整備を進める。宮崎観測所内の過去の記録媒体の整理を行う。

令和７年度においては、陸上GNSS観測を継続し、GNSSデータから日向灘の固着分布の時間変化を推定する。日向灘におけるスロー地震による地震誘発効果を、既存の地震活動の統計モデルや物理モデルに組み込み、新たなモデルの開発に取り組む。前年度に開発した超広帯域･高ダイナミックレンジ海底地震計６台を日向灘に設置する。宮崎観測所内の過去の記録媒体のバイナリデータをアスキー化する。

令和８年度においては、陸上GNSS観測を継続し、GNSSデータを用いたSSEの検出手法の改良を行う。日向灘で新たに取得された地震・測地観測データに対して、上述のモデルを適用し、地震活動の予測の試行を行う。前年度に日向灘に設置した海底地震計６台について回収及び設置作業を行う。回収したデータの解析を行い、陸上観測点およびN-netとデータを統合した日向灘における高精度地震カタログの作成に着手する。宮崎観測所内の過去のアナログ記録（紙媒体）の電子化を実施する。

令和９年度においては、陸上GNSS観測を継続し、測地データと地震データを組み合わせて固着分布

の時間変化を推定する。日向灘で新たに取得された地震・測地観測データに基づいて、地震活動モデルの改良を行い、予測精度の向上を図る。前年度に日向灘に設置した海底地震計６台について回収及び設置作業を行う。回収したデータの解析を進めて日向灘の高精度地震カタログの作成を継続する。宮崎観測所内のアスキー化した過去の記録媒体にメタデータを付与する。

令和10年度においては、陸上GNSS観測を継続する。また、前年度までに引き続き日向灘に設置した海底地震計６台について回収及び設置作業を行い、回収されたデータを解析することで高精度地震カタログを作成する。宮崎観測所の過去の記録を整理したデータの再解析を実施する。本計画の先行の4年間を含む海陸の地震・測地観測データを総合し、日向灘における地震活動発生パターンを整理するとともに、日向灘における最適な地震活動予測モデルを提示し、将来発生しうる地震の震源像を構築する。

B. 地震・津波モデリングに基づく地震・津波シナリオの構築

小課題Bでは、小課題Aで得られる日向灘における巨大地震の震源像に基づき、地盤モデルや水深データを用いて、特に宮崎市の強震動予測地図および津波浸水予測地図、地震・津波シナリオおよびこれらをもとにした強震動・津波浸水による被害の結合ハザードマップの作成を自治体と連携して行う。地震時表層地盤応答モデルの高度化に向けた手法の開発及び調査観測を実施する。宮崎県沿岸部における津波堆積物の調査から過去の大津波の発生履歴の解明と波源域モデルの構築を目指す。津波伝播・遡上シミュレーション高精度化のために、周辺の浅海海底地形および古地形を含む陸上地形の収集及び計測を行う。震源像の基本想定のもと、さまざまな地震の震源過程の不確実性を考慮した確率強震動・津波モデルを構築する。特に得られた確率震源モデルにより、津波の伝播・遡上シミュレーションと強震動評価を実施し、津波災害の被害評価を行う。強震動域と津波浸水域を推定して、地震・津波シナリオおよびハザードマップを構築する。

令和６年度及び令和７年度においては、地震時表層地盤応答モデルの高度化に向けた手法の開発を行う。宮崎県沿岸部の特に県央部において、表層地盤の微動調査と津波堆積物調査を実施する。宮崎県沿岸部の古地形を含む陸上地形の調査を実施する。日向灘における、さまざまな地震の震源過程の不確実性を考慮した確率強震動・津波モデルを構築する。

令和８年度及び令和９年度においては、宮崎県沿岸部の特に県南部において、表層地盤の微動調査と津波堆積物調査及び古地形を含む陸上地形の調査を実施する。日向灘における津波の伝播・遡上シミュレーションと強震動評価を実施する。

令和10年度においては、令和９年度までの調査結果を精査し、日向灘M8級巨大地震の発生履歴を明らかにした上で、強震動域と津波浸水域を推定した地震・津波シナリオおよびハザードマップを構築する。

C.リスク評価と自治体の要望に即した地震・津波減災教育プログラムの開発と実施

小課題Bで得られる地震・津波シナリオ及びハザードマップに基づき、建築構造物や地形情報を考慮したリスクシナリオおよびリスクマップを作成する。リスクコミュニケーションの研究として、宮崎県や宮崎市が有するM8級の巨大地震に対する行政の対応の現状とニーズの把握に向けてインタビューを実施する。沿岸地域住民（自主防災組織等）や学校教育関係者からも同様のヒアリングを行う。その上で、小課題AやBで得られる最新の知見を行政・住民それぞれにどのように生かす事ができるか，成果の社会実装の視点から検討する。また、沿岸部の小中学校にIT強震計を設置するとともに津波避難訓練の結果を記録するアプリを活用し、地震計記録を生かした地域の震度モニタリングと避難行動記録を生かした津波避難戦略のプラニングを実施し、防災リテラシーの向上と学校教育・地域防災の教材開発にも取り組む。

令和６年度及び令和７年度においては、突発的な巨大地震・津波の発生シナリオや、南海トラフ東側での先行地震に伴う「臨時情報」の発表シナリオなど、さまざまな発災シナリオに応じた津波避難行動について、沿岸地域の住民等関係者からの聞き取り調査、避難訓練アプリ「逃げトレ」を用いた訓練や、同アプリによって収集したデータを地域ごとに分析するためのツール「逃げトレView」を用いた解析を実施する。また、IT強震計を宮崎市沿岸部の小中学校に設置するための準備および手続きを進め、準備が整い次第設置を進める。

令和８年度及び令和９年度においては、上記の訓練と解析から得られた実証的なエビデンスを用いて、沿岸地域住民や地元自治体職員を対象とした避難戦略立案ワークショップ、災害対応訓練を実施し、地震・津波災害に関する防災リテラシーの向上と、地震対応・津波避難戦略を地域社会への実装を行

う。また、設置したIT強震計データを収録する為のサーバーを立ち上げ，学校関係者や地域住民向けにデータを可視化したWebサイトの開発に着手する．開発したWebサイトについてユーザーからののフィードバックを収集し，Webサイトによる情報提供の在り方を検討する。

令和10年度においては、先行の4年間の成果を総括し、地震・津波に関する理学・工学的研究の成果を効果的に社会実装するためのプログラムを学際的な研究を通して体系化する。この際、「臨時情報」など、大きな減災効果をもたらす反面、不確実性や社会的混乱を招く可能性のある災害情報に関するリスクコミュニケーションに特に焦点を当てる。構築したIT強震観測網を維持する上での問題点を整理して、継続して維持できるよう対策を施すとともに，将来的な自治体への移管を視野にパッケージ化を行う。

D. 比較研究による地震・津波防災科学の推進

上記3つの小課題 A、B、Cを組み合わせた類似の研究は、これまでに日本国内のみならず、海外でも多く実施されてきた。特に中南米地域では日本の技術協力により、これまで多くの地震・津波防災に関する研究が実施された。本課題では、これらの成果に着目して理学―工学―人文・社会科学を総合した「比較沈み込み帯防災科学」として情報を集約して沈み込み帯における各地域間の比較研究を行う。比較研究を通じて、地域毎に顕在化する課題・問題点の整理を通して潜在化する問題点の把握を図る。顕在・潜在する問題の解決法を比較研究により見出す。これらの成果に基づき、地震・津波防災科学における「モニタリング・モデリング・リスク評価及び成果の社会実装」 の一連のスキームの高度化を図る。５か年では特に、メキシコ及びエルサルバドルを中心として、地震・津波災害の軽減に向けた調査・観測研究の実施と社会実測の事例との比較研究に取り組む。

令和６－８年度においては、メキシコとエルサルバドルにおける地震活動及び地殻変動の調査観測を実施する。メキシコ及びエルサルバドルとの研究者らとの協力により、現地における地震・津波シナリオの把握とその高度化を進める。地震・津波リスクの理解とリスク軽減に向けた中央及び地方行政の取り組みと実施上の問題点に関する情報を集約する。

令和９年度及び令和１０年度においては、前３ヵ年の調査を継続しつつ、日本国内の研究事例も含めて、比較研究により地域毎の課題・問題点を整理する。日本、メキシコ、エルサルバドルにおける地震・津波災害軽減に向けた課題の解決策を自治体等に提示する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

令和6年度は、日向灘に面する宮崎県において、将来発生が危惧されるM8級の巨大地震の地震像の理解と、それに伴う地震・津波災害の軽減に向けて、国際比較研究を含む以下の４つの小課題を設定し、相互に連携して研究を実施した。

A. 地震・測地観測によるモニタリングに基づくプレート間固着状況の解明

小課題Aでは、南海トラフ西端部に位置する日向灘におけるプレート間固着状況の理解に向けて、海陸両方で地震・測地観測を実施した。得られたデータを解析したところ、日向灘沿岸に設置した14ヶ所でのGNSS連続観測を継続し、日向灘で2024年8月8日に発生したM7.1、2025年1月13日に発生したM6.6に伴う地震時と地震後の地殻変動を明らかにした。また、地殻変動から震源断層モデルの推定を行った結果、両者の主滑り域は南北に隣接しているが重複せず、2025年の地震については、1996年10月と12月に発生したプレート間地震の滑り域と重なっていることがわかった。

日向灘で将来発生しうる巨大地震の予測手法の開発に向けた新たな取り組みとして、韓国の国立数理科学研究所（NIMS）、東京大学地震研究所との共同研究として超伝導重力計を用いた早期地震警報の開発に着手した。今年度は韓国のNIMSの地下実験場Yemi Labに設置される超伝導重力計の隣に広帯域地震計を設置して重力計と地震計の並行観測を開始した。

B. 地震・津波モデリングに基づく地震・津波シナリオの構築

小課題Bでは、日向灘で想定される巨大地震の震源像に基づき、地盤モデルや水深データを用いて、特に宮崎市の強震動予測地図および津波浸水予測地図、地震・津波シナリオおよびこれらをもとにした強震動・津波浸水による被害の結合ハザードマップの作成を自治体と連携して進めた。特に、津波伝播・遡上シミュレーション高精度化に関して都市を解像する津波氾濫モデルの開発を行った。また、確率震源モデルにより南海東南海を対象とした津波の伝播・遡上シミュレーションと強震動評価を実施し、津波・建物災害の被害評価を行った。加えて、能登半島地震津波の調査を行い被害特性を明らかにした。

日向灘沿岸における津波堆積物調査を継続して実施した。今年度はハンディジオスライサーを使用した試料採取を宮崎県新富町、都農町、宮崎市において実施した。県の遺跡調査で見出されていた砂層の採取等に成功しており、今後成因等について明らかにするため炭素年代測定や化学的分析等を行う。

C.リスク評価と自治体の要望に即した地震・津波減災教育プログラムの開発と実施

小課題Cでは地震・津波シナリオ及びハザードマップに基づき、建築構造物や地形情報を考慮したリスクシナリオおよびリスクマップの作成に向けた準備を開始した。特に、今後の防災教育プログラム開発のため、地震計を用いた防災教育手法の調査、過去に宮崎市向けに開発した防災教育冊子のレビュー、南海トラフ臨時情報時の住民対応等の基礎的情報収集を行った。

宮崎県門川町において小中学生に対して例年実施されている下校時一斉避難訓練について、避難経路の閉塞等を想定した訓練を実施した。門川高校のボランティア生徒や地元消防団員の協力を得て、町内に障害箇所を設け、児童らにその場で新たな避難ルートを判断させた。障害箇所を回避し避難をできた児童が多かったが、実施に際して多くの課題も見出された。

宮崎公立大学と協力し、2024年11月に宮崎市青島で実施された宮崎市総合防災訓練において、「逃げトレ」を活用した観光客を模した避難行動調査を実施した。学生100名以上が参加し、避難の傾向を見える化した。得られたデータは宮崎市に提供されると共に、地域住民と共有し避難計画の見直しを今後行う予定である。

D. 比較研究による地震・津波防災科学の推進

小課題Dに関連して理学―工学―人文・社会科学を総合した「比較沈み込み帯防災科学」として情報を集約するための環境整備を進めた。京都大学では海外機関等と活発な研究交流を行い、世界をリードする最先端研究を推進することを目的に、世界各地に現地運営型研究室(On-site Laboratory)を設置している。学際的な視点から様々な地域における地震・津波災害を比較し、普遍性や地域性を調査する「比較地震・津波災害科学」の研究拠点として「地震・津波未災学国際Lab(iLETs)」の設置を令和6年度に申請し認可された。メキシコ国立自治大学と京都大学宇治キャンパス内に11月にiLETsのラボを設置して活動を開始した。iLETsでは、メキシコとの国際共同研究の発展に加えて、チリ、エルサルバドルなどの中南米の研究機関との新たな共同研究も含めて地震・津波災害とリスクの理解の高度化を進める。

総合研究グループ間の相互理解を目的としたスペシャルセッションを、第43回自然災害学術講演会（2024年9月20日：千葉大学西千葉キャンパス工学部講義室）を開催した（図１及び２）。本スペシャルセッションでは「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」（第3次）の中で実施される分野横断型の総合的研究の6つの課題間での情報や問題が共有された。セッションを通じて、共通の課題の解決に向けた課題間連携の必要性が確認された。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究の（１）南海トラフ沿いの巨大地震の項目の成果として、以下に述べる内容で目的達成に貢献した。

将来の巨大地震の震源像の構築及び予測手法の開発を目指して陸域と海域で先進的な地震・測地観測が国内外で開始された。特に、日向灘で2024年8月8日に発生したM7.1と2025年1月１３日に発生したM6.6に伴う地震時と地震後の地殻変動の解析によりプレート境界の固着分布の理解が進展した。

津波伝播・遡上シミュレーション高精度化に関して都市を解像する津波氾濫モデルの開発が進んだ。さらに、地震時表層地盤応答モデルの高度化に向けた手法開発に関連して確率震源モデルにより南海東南海を対象とした津波の伝播・遡上シミュレーションと強震動評価の実施により津波・建物災害の被害評価が可能となった。

これまでのリスクコミュニケーションの取組の体系的整理による地震津波リスクの軽減に向けた方法論の確立に向けて、宮崎市内における取組のレビューや2024年8月8日の南海トラフ臨時情報時の住民対応等の基礎的情報収集が実施された。

南海トラフと類似のテクトニクスや防災研究上の課題を抱える，他の国や地域での研究事例との比較研究を実施に向けて、メキシコ国内における研究推進に向けた拠点の形成が達成できた。これは、観測基盤と研究推進体制の整備における（４）国際共同研究・国際協力の項目について、特にメキシコ国内における国際共同研究および国際共同観測の実施に貢献できる。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
・論文・報告書等

Ito, Y., 2025, Toward Disaster Mitigation of Future Nankai Tough Megathrust Earthquakes and Tsunamis: An Overview, J. Disaster Res., in press,査読有,謝辞有

伊藤喜宏, 2024, 南海トラフ沿い巨大地震の地震像とスロー地震の関係ーその巨大地震への備え日向けてー, 消防防災の科学, 155, 5-12,査読無,謝辞無

Mukherjee, P., Y. Ito, K. Borah, A.P. Mpuang, E.S. Garcia, and R.Plata-Martinez, 2024, Along-strike forearc and subducted upper slab structure beneath north Chile: Slow slip implications, J. S. America Earth Sci., 148, 105064, doi:10.1016/j.jsames.2024.105064,査読有,謝辞無

Woods, K., L. M. Wallace, C. A. Williams, I. J. Hamling, S. C. Webb,, Y. Ito, N. Palmer, R. Hino, S. Suzuki, M. K. Savage, E. Warren-Smith, and K. Mochizuki (2024), Spatiotemporal Evolution of Slow Slip Events at the Offshore Hikurangi Subduction Zone in 2019 using GNSS, InSAR, and Seafloor Geodetic Data, JGR:Solid Earth,129, e2024JB029068 , doi:10.1029/2024JB029068, 査読有,謝辞有

An, L., F. Grigoli, B. Enescu,M. Buttinelli, M. Anselmi, I. Molinari, and Y. Ito, 2024, Offshore Fault Geometry Revealed from Earthquake Locations Using New State-of-Art Techniques: The Case of the 2022 Adriatic Sea Earthquake Sequence, Seismological Research Letters, doi:10.1785/0220230264,査読有,謝辞無

De Luca, F., A. Muhammad, R. De Risi, A. Hargono, N. Mori, T. Yasuda, and K. Goda, 2024, Integrated tsunami risk framework considering agent-based evacuation modelling: the case of Saga, Kochi Prefecture, Japan, International Journal of Disaster Risk Reduction, 104193, doi:10.1016/j.ijdrr.2023.104193,査読有,謝辞無

Shirai, T. Y. Enomoto, K. Haga, T. Tokuta, T. Arikawa, N. Mori, and F. Imamura, 2024, Potential for tsunami detection via CCTV cameras in northeastern Toyama Prefecture, Japan following the 2024 Noto Peninsula Earthquake, Geoscience Letters, 11, 28, doi: 10.1186/s40562-024-00343-9,査読有,謝辞無

Yuhi, M., S. Umeda, M. Arita, J. Ninomiya, H. Gokon, T. Arikawa, T. Baba, F. Imamura, A. Kawai, K. Kumagai, S. Kure, T. Miyashita, A. Suppasri, H. Nobuoka, T. Shibayama, S. Koshimura, and N. Mori, 2024, Post-event Survey of the 2024 Noto Peninsula Earthquake Tsunami in Japan, Coastal Engineering Journal, Taylor and Francis, 1–14. doi:10.1080/21664250.2024.2368955,査読有,謝辞無

Ching-Yu Hu, Masanao Shinohara, Yusuke Yamashita, Takashi Tonegawa, Tomoaki Yamada, Takeshi Akuhara, Kimihiro Mochizuki, 2024, Seismic activity around shallow plate boundary near westernmost Nankai Trough revealed by ocean bottom seismometer observation. Earth, Planets and Space., 168, doi:https://doi.org/10.1186/s40623-024-02122-4,査読有,謝辞有

山下裕亮, 2025, 日向灘における大地震の発生履歴と特徴, 日本地震学会広報誌「なゐふる」, 140, 2-3, 査読無,謝辞無

山下裕亮, 2025, 南海トラフ地震の特徴と南海トラフ地震臨時情報, 全建宮崎, 60, 印刷中,査読無,謝辞無

山下裕亮, 2024, 日向灘最大級の巨大地震復元の試みと推定された津波高, 西部地区自然災害資料センターニュース, 70,査読無,謝辞無

山下裕亮, 2024, 「南海トラフ地震臨時情報」ご存じでしたか？, みやぎん経済研究所 調査月報, 376, 2-10,査読無,謝辞無

山下裕亮, 2024, ICTを活用した地震津波防災教育, みやぎん経済研究所 調査月報, 375, 2-10,査読無,謝

辞無

山下裕亮, 伊尾木圭衣, 加瀬善洋, 2024, 1662年日向灘地震（外所地震）の新たな断層モデル構築, 地震ジャーナル, 77, 48-59, doi:10.60191/eqj.2024.77_48,査読無,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

伊藤喜宏, 2024, 「南海トラフ沿いの巨大地震」総合研究グループの５ヵ年計画と目指すもの, 第43回日本自然災害学会学術講演会, スペシャルセッション２「分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究 ー災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第3次）での取り組みー」

久我知弘・宮下卓也・森信人・志村 智也, 2025, 確率過程を導入した津波遡上の不確実性評価, 京都大学防災研究所　令和6年度研究発表講演会, A102

伊藤喜宏・中野元太, 2025, 京都大学On-site Laboratory「地震・津波未災学国際Lab(iLETs)」の開設, 京都大学防災研究所　令和6年度研究発表講演会, A106

中野元太・伊藤喜宏, 2025, メキシコとの国際共同研究の発展― SATREPS・オンサイトラボ・共同声明 ―, 京都大学防災研究所　令和6年度研究発表講演会, A107

山下裕亮・杉山高志・新村拓也・辻 利則, 2025, 宮崎県における地震津波防災への取り組み, 京都大学防災研究所　令和6年度研究発表講演会, A108

矢守克也・杉山高志・岡田夏美, 2025, 9 津波避難戦略検討システム「逃げトレView」の開発と社会実装, 京都大学防災研究所　令和6年度研究発表講演会, A109

西川友章・Vladimir KOSTOGLODOV・西村卓也, 2025, 中米沈み込み帯における群発地震検出：地震活動とスロースリップイベントの関係に関する示唆, 京都大学防災研究所　令和6年度研究発表講演会, P04

小松理子・西村卓也・松島健・廣瀬仁, 2025, GNSSデータを用いた日向灘におけるプレート間固着状況の推定, 京都大学防災研究所　令和6年度研究発表講演会, P41

Shukei OHYANAGI・Yusuke YAMASHITA・TakeshiAKUHARA・Yasunori SAWAKI・Yoshihiro ITO・Tomoaki YAMADA・Masanao SHINOHARA, 2025, Long-duration Signal Generated by Volcanic Activity at Nishinoshima Detected by Dense OBS Array Observation at Hyuga Nada, 京都大学防災研究所　令和6年度研究発表講演会, P42

国吉健太郎・伊藤喜宏・大柳修慧・Raymundo PLATA-MARTINEZ・西川友章・伊藤悠太・Ketzallina FLORES・ Yanhan CHEN・Emmanuel Soliman GARCIA・Victor Manuel CRUZ-ATIENZA, *ゲレロ地震空白域南東部におけるテクトニック微動の震源決定と手法の比較, 京都大学防災研究所　令和6年度研究発表講演会, P46

小山凱・西川友章・西村卓也, 2025, 統計モデルを用いた大地震前の前震活動加速現象に関する全世界的調査, 京都大学防災研究所　令和6年度研究発表講演会, P49

石原祐太朗・伊藤喜宏, 2025, 波形相関を用いた紀伊半島南東沖における超低周波地震の検出, 京都大学防災研究所　令和6年度研究発表講演会, P52

Ching-Yu Hu, Masanao Shinohara, Yusuke Yamashita, Takashi Tonegawa, Tomoaki Yamada, Takeshi Akuhara, Kimihiro Mochizuki, 2024, Earthquake distribution by OBS observation in Hyuga-nada region and comparison with slow earthquake activities, AGU fall meeting 2024, S41C-03

山下裕亮・篠原雅尚・山田知朗・仲谷幸浩・平野舟一郎・八木原寛・中東和夫・松島健・伊藤喜宏, 2024, 日向灘における2023年4月～7月の浅部微動活動, 日本地震学会2024年度秋季大会, S09P-10

平田一聖・山下裕亮・松島健・仲谷幸浩・平野舟一郎・八木原寛・中東和夫・江本賢太郎・松本聡・大柳修慧・伊藤喜宏・胡靚妤・山田知朗・篠原雅尚, 2024, 日向灘の通常の地震と浅部スロー地震の

発生領域境界部における地震活動, 日本地震学会2024年度秋季大会, S09-07

Issei Hirata, Yusuke Yamashita, Takeshi Matsushima, Yukihiro Nakatani, Shuichiro Hirano, HiroshiYakiwara, Kazuo Nakahigashi, Kentaro Emoto, Satoshi Matsumoto, Shukei Oyanagi, Yoshihiro Ito, Chin Yu Hu, Tomoaki Yamada, and Masanao Shinohara, 2024, Seismic activity in the transition zone between the ordinary earthquake and shallow slow earthquake in Hyuga-nada, southwest Japan, International Joint Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes 2024, P126

Ching-Yu Hu, Masanao Shinohara, Yusuke Yamashita, Takashi Tonegawa, Tomoaki Yamada, Takeshi Akuhara, Kimihiro Mochizuki, 2024, Seismicity in shallow part of Hyuga-nada subduction zone by ocean bottom seismometer from 2015 to 2022, 日本地震学会2024年秋季大会，S09-14

平田一聖・山下裕亮・松島健・仲谷幸浩・平野舟一郎・八木原寛・中東和夫・江本賢太郎・松本聡・大柳修慧・伊藤喜宏・山田知朗・篠原雅尚, 2024, 日向灘の通常の地震と浅部スロー地震の発生領域境界部における地震活動, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SSS08-P15

Ching-Yu Hu, Masanao Shinohara, Yusuke Yamashita, Takashi Tonegawa, Tomoaki Yamada, Takeshi Akuhara, Kimihiro Mochizuki, 2024, Seismic activity around plate boundary near westernmost Nankai trough revealed by ocean bottom seismometer observation, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SCG40-P20

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

日向灘に面する宮崎県において、将来発生が危惧されるM8級の巨大地震の地震像の理解と、それに伴う地震・津波災害の軽減に向けて、国際比較研究を含む以下の４つの小課題を設定し、相互に連携して研究を実施する。

A. 地震・測地観測によるモニタリングに基づくプレート間固着状況の解明

令和７年度においては、陸上GNSS観測を継続し、GNSSデータから日向灘の固着分布の時間変化を推定する。日向灘におけるスロー地震による地震誘発効果を、既存の地震活動の統計モデルや物理モデルに組み込み、新たなモデルの開発に取り組む。前年度に開発した超広帯域･高ダイナミックレンジ海底地震計６台を日向灘に設置する。宮崎観測所内の過去の記録媒体のバイナリデータをアスキー化する。

B. 地震・津波モデリングに基づく地震・津波シナリオの構築

令和７年度においては令和6年度に引き続き、地震時表層地盤応答モデルの高度化に向けた手法の開発を行う。宮崎県沿岸部の特に県央部において、表層地盤の微動調査と津波堆積物調査を実施する。宮崎県沿岸部の古地形を含む陸上地形の調査を実施する。日向灘における、さまざまな地震の震源過程の不確実性を考慮した確率強震動・津波モデルを構築する。

C.リスク評価と自治体の要望に即した地震・津波減災教育プログラムの開発と実施

令和７年度においては令和6年度に引き続き、突発的な巨大地震・津波の発生シナリオや、南海トラフ東側での先行地震に伴う「臨時情報」の発表シナリオなど、さまざまな発災シナリオに応じた津波避難行動について、沿岸地域の住民等関係者からの聞き取り調査、避難訓練アプリ「逃げトレ」を用いた訓練や、同アプリによって収集したデータを地域ごとに分析するためのツール「逃げトレView」を用いた解析を実施する。また、IT強震計を宮崎市沿岸部の小中学校に設置するための準備および手続きを進め、準備が整い次第設置を進める。

D. 比較研究による地震・津波防災科学の推進

令和７年度においては令和6年度に引き続き、メキシコとエルサルバドルにおける地震活動及び地殻変動の調査観測を実施する。メキシコ及びエルサルバドルとの研究者らとの協力により、現地における地震・津波シナリオの把握とその高度化を進める。地震・津波リスクの理解とリスク軽減に向けた中央及び地方行政の取り組みと実施上の問題点に関する情報を集約する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

伊藤喜宏,矢守克也,松島信一,森信人,西村卓也,宮澤理稔,浅野公之,長嶋史明,山﨑健一,山下裕亮,西川友章,中野元太,宮下卓也（京都大学防災研究所）

他機関との共同研究の有無：有

平石哲也（一般財団法人　沿岸技術研究センター）,篠原雅尚（東京大学地震研究所）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：京都大学防災研究所
電話：0774-38-4240
e-mail：ito.yoshihiro.4w@kyoto-u.ac.jp
URL：http://www.rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp/yito/index.html

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：伊藤喜宏
所属：京都大学防災研究所

分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
ー災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第３次）での取り組みー

京都大学防災研究所　　伊藤 喜宏

1. 趣旨

国民の生命とくらしを守るための地震・火山災害科学の推進において，基礎研究とそれを支え得る観測の継続は不可欠です。一方，科学的アプローチをもって効果的に防災・減災につなげるためには、理学，工学，人文学・社会科学が連携する分野横断型の「総合的研究」の視点は欠かせません。本スペシャルセッションでは「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」（第３次）の中で実施される６つの分野横断型の総合的研究の情報や問題を共有し，共通の問題や課題などを見出すことにより各課題の目標や共通の課題解決に向けた新たな知見を議論を通じて探ることを目的とします。特に本研究計画に参加されていない多くの方々からの意見を得られる場となることを期待しています。加えて皆様との新たな共同研究への発展も期待しつつ、今後５ヵ年の研究の更なる活性化を目指します。多くの方々のご参加をお待ちしております。

2. 背景

日本では，地震及び火山噴火の予知の実現を通じた災害の軽減に向けて，測地学 審議会（現在の科学技術・学術審議会測地学分科会）の建議に基づき，昭和 40 年度から地震予知計画が，昭和 49 年度から火山噴火予知計画が実施されました。平成 21 年度から地震と火山の２つの予知計画は、「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」に統合されました。平成 23 年に発生した東北地方太平洋沖地震後には，これまでの計画が防災・減災に十分に貢献できていなかったことから，これまでの理学分野だけではなく工学，人文学，社会学の分野を含めた学際的な災害科学として，平成 26 年度より「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」を実施しています。

第１次・第２次計画では，地震・火山災害科学としての重要性が特に高いテーマについて，複数分野の連携の枠組みで総合的研究を進めてきました。令和６年度から開始された第３次計画では以下の６つの「総合的研究」が実施されています。

（１） 南海トラフ沿いの巨大地震
（２） 首都直下地震
（３） 千島海溝沿いの地震
（４） 内陸で発生する被害地震
（５） 大規模火山噴火
（６） 高リスク小規模火山噴火

3. スペシャルセッションの内容

○日時：2024 年 9 月 20 日（金） 午後 1 時 30 分-午後 3 時 （休憩 10 分） 午後 3 時 10-午後 4 時 40 分
○場所：千葉大学西千葉キャンパス 会場 A（15 号棟 15-110 室）
○テーマ
分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
ー災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第３次）での取り組みー
○内容：地震及び火山噴火の予知の実現を通じた災害の軽減に向けて，測地学 審議会（現在の科学技術・学術審議会測地学分科会）の建議に基づき，令和６年度より「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」（第３次）が実施されています。特に地震・火山災害科学としての重要性が高いテーマについて，６

図１　スペシャルセッションの案内１
第43回日本自然災害学会学術講演会におけるスペシャルセッションの案内（1ページ目）

つ分野横断型の災害科学研究が進められています。本スペシャルセッションでは、６つの総合研究グループのリーダが一堂に会して，第３次５カ年の研究計画と現状の問題点，課題などを共有します。その上で本研究計画に参加されていない多くの方々との議論を通じて、課題の解決法などを探ります。さらに新たな共同研究への発展も含めて、今後５ヵ年の研究の更なる活性化を目指します。

○スケジュール(講演 20 分、質疑５分)

13:30-13:40 趣旨説明・講演者紹介

13:40-14:05「南海トラフ沿いの巨大地震」総合研究グループの５ヵ年計画と目指すもの
伊藤喜宏　京都大学防災研究所　准教授

14:05-14:30「首都直下地震」総合研究グループの今後の方向性
加藤愛太郎　東京大学地震研究所　教授

14:30-14:55「千島海溝沿いの巨大地震」総合研究グループの戦略と取り組み
高橋浩晃　北海道大学大学院理学研究院　教授

14:55-15:00 討論

（休憩 10 分）

15:10-15:35「内陸で発生する被害地震」総合的研究グループ
岡田知己　東北大学大学院理学研究科　教授

15:35-16:00 桜島と富士山における大規模火山噴火の総合的研究
中道治久　京都大学防災研究所　教授

16:00-16:25「高リスク小規模火山噴火総合研究グループ：これまでの取り組みと課題」
寺田暁彦　東京工業大学大学院科学技術創成研究院　准教授

16:25-16:40 総合討論「現状の総合的研究グループに足りないもの、今後目指すべき方向性」

伊藤喜宏（京都大学）

加藤愛太郎（東京大学）

高橋浩晃（北海道大学）

岡田知己（東北大学）

中道治久（京都大学）

寺田暁彦（東京工業大学）

図２　スペシャルセッションの案内２
第43回日本自然災害学会学術講演会におけるスペシャルセッションの案内（2ページ目）

令和６年度年次報告

課題番号：DPRI10

（1）実施機関名：

京都大学防災研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地殻活動の機動観測を通じた内陸地震に伴う災害の軽減に関する総合的研究
（英文）Interdisciplinary investigations into mitigating crustal earthquake disasters through campaign observations of crustal activity

（3）関連の深い建議の項目：

５分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(4) 内陸で発生する被害地震

（4）その他関連する建議の項目：

１地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
イ. 考古データの収集・集成と分析
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
イ. 内陸地震
３地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
ア. 強震動の事前評価手法
４地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究
６観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
ア. 観測基盤の整備
(6) 次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成

（5）本課題の５か年の到達目標：

我が国において内陸で発生する大地震は、これまで甚大な災害をもたらしてきており、また南海トラフのプレート境界で繰り返し発生する巨大地震前には、西日本の内陸地震が活発に発生する傾向があることが知られている。このような内陸で発生する地震を対象として、５か年を通じて総合的なアプローチで災害軽減に資する研究を推進することを目標とする。本課題では、近畿・北陸地方を中心に、地震活動や、構造、変形速度、応力場等の調査から、内陸地震が発生する場やその過程を、多項目の機動観測を通じた研究により明らかにし、史料・考古記録も活用することで、地震ハザード予測に貢献する。社会科学的アプローチから、近隣の地震活動に関する市民の理解を醸成するための双方向型・対話型のリスクコミュニケーションモデルの提案を目指す。大地震発生時の観測対応を行うほか、機動観測を通じた人材育成を進める。

（6）本課題の５か年計画の概要：

１．能登半島地震の地球科学的調査とリスクコミュニケーションモデルの提案
能登半島地震発生域において、地震観測や、GNSS観測、電磁気観測、光ファイバーセンシングによる歪み観測等の地球科学的観測を継続的に実施する。これにより、令和6年能登半島地震に関して、背

景テクトニクス場の解明、地震の発生過程の解明、地震活動モデルのアップデート等の研究を行う。
2020年末から群発地震活動の活発化が始まっていた石川県珠洲市において、シンポジウムとパネルディスカッションを定期的に開催し、市民、地元自治体、地域事業者、マスメディアの理解の醸成を狙ったリスクコミュニケーションモデルを提案する。
都市近傍でも発生する被害地震や群発地震を念頭に、リスクコミュニケーションモデルを用いた市民向けイベントを阿武山観測所において実践し、モデルの検証とフィードバックを図る。
２．京都府南部を中心とした歴史被害地震に関する調査
長岡京（京都府）を対象としたDASによる地震動測定や機動観測を実施する。地震痕跡と浅部地盤解析結果との比較や、歴史地震との対応を調査する。また、その様な歴史地震の候補となる断層帯における機動観測を通じて、地震発生場の解明を進めるほか、地震痕跡を残した地震動の調査を行う。
３．地震・地殻変動観測による人材育成と内陸地震発生時への対応
地震・GNSSの機動観測を通じた若手研究者育成や、地震・地殻変動定常観測点の適正化、内陸地震発生時の臨時地震観測を実施する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

１．能登半島地震に関する研究
M7.6能登半島地震後の地殻活動や、一連の地震活動に伴う構造の変化を捉えるために、能登半島における臨時観測（GNSS地殻変動観測、電磁気観測、地震観測、ひずみ観測）を継続して行った（図１）。電磁場連続観測については、磁場参照点の整備も進めた。
能登半島北東部の群発地震の群発地震および令和６年能登半島地震に関する総合調査の成果を被災自治体および地方気象台と共有し、意見交換を行なった。能登半島北東部の群発地震の静的応力降下量の時空間分布や震源メカニズム解および応力テンソルの解析から群発地震活動における流体の影響を評価した。M7.6能登半島地震による日本列島での誘発地震活動を調査したところ、火山地帯を中心に広域にわたり誘発地震が確認された。臨時観測点、GEONET観測点、ソフトバンク観測点記録を用いたGNSS地殻変動観測により、M7.6能登半島地震後の余効変動を粘弾性緩和と余効滑りにより説明し、将来の変動を予測した（図２）。
能登半島地震で被災した学校及び地域を訪問し、地震発生時の避難行動、避難所運営、心のケアに関するヒアリングを実施した。これは、住民らの地震活動に関する理解を醸成するためのリスクコミュニケーションモデル構築に向けた基礎資料となる。
２．京都府南部を対象とした調査
分布型音響センシング技術であるDASを用いて測定した地震記録を解析した。下部地殻に存在すると考えられている地震波反射帯の構造を推定（図３）したほか、DASの振幅記録から震源メカニズムを求めることに成功した。
３．人材育成と内陸地震発生時への対応
これまで余震観測の経験のない若手研究者に、M7.6能登半島地震の臨時余震観測調査に同行してもらい、地震計設置に関する技術を現場で継承した。なお、余震観測は他機関と協力して行った。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
対話的・双方向的リスクコミュニケーション・モデルを提案するために、能登半島において地球科学的観測を継続し、現象の解明と市民シンポジウムの開催に備えている。また、リスクコミュニケーション・モデルの検証とフィードバックを、阿武山地震・防災サイエンスミュージアムにおいて同地域での調査研究結果を活用して行い、災害の軽減に貢献することを目指す。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Miyazawa, M., 2024, Inclined bending seismic reflection layer in the crust illuminated by distributed fibre-optic-sensing measurements in western Japan, Sci. Rep., 14, 25877, doi:10.1038/s41598-024-77024-2,査読有,謝辞有

Takeda, Y., B. Enescu, M. Miyazawa and L. An, 2024, Dynamic Triggering of Earthquakes in Northeast Japan before and after the 2011 M 9.0 Tohoku-Oki Earthquake, Bull. Seism. Soc. Am., 114 (4), 1884-1901, doi:10.1785/0120230051,査読有,謝辞有

Fukuoka, Y., Y. Hiramatsu, and T. Yamada, 2024, Linking the spatiotemporal distribution of static stress drops to source faults in a fluid-driven earthquake swarm, northeastern Noto Peninsula, central Japan. Earth, Planets and Space, 76:125, doi:10.1186/s40623-024-02074-9,査読有,謝辞無

Takano, S., Y. Hiramatsu, and Y. Yukutake, 2024, The role of fluids in earthquake swarms in northeastern Noto Peninsula, central Japan: insights from source mechanisms, Earth, Planets and Space, 76:151. doi:10.1186/s40623-024-02099-0,査読有,謝辞無

平松良浩, 2024, 火山防災協議会を念頭に、２年前からトップとの意見交換会や住民対象シンポ, 日本災害情報学会ニュースレター, 97, 3-3

平松良浩, 2024, 令和６年能登半島地震のメカニズム, 建築雑誌, 139, 1788, 3-3

平松良浩, 2024, 令和6年能登半島地震の背景とメカニズム, 日本地震工学会誌 52号, 2–5

平松良浩, 2024, 令和6年能登半島地震と群発地震と海底活断層, 消防防災の科学, 夏季（157）号, 21-28

平松良浩・青木賢人, 2024, 石川県における被害想定と地域住民への啓発活動, 日本地震工学会誌 53号, 7-10

An, L., B. Enescu, Z. Peng, M. Miyazawa, H. Gonzalez-Huizar, and Y. Ito, 2024, Dynamically triggered seismicity in Japan following the 2024 Mw7.5 Noto earthquake. Earth Planets Space 76, 181, doi:10.1186/s40623-024-02127-z,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

宮澤理稔・荒木 英一郎・田中愛幸, 2024, 分布型音響センシングによる能登半島群発地震の2023年における測定に関する技術的な報告, JpGU, STT36-P10

荒木英一郎・宮澤理稔・田中愛幸・横引貴史,2024,令和６年能登半島地震における震源近傍での光ファイバー歪変動観測, JpGU, U15-P19

松尾凌・宮澤理稔, 2024, 遠地地震による日本列島における地震活動の変化にもとづく動的誘発の定量的研究, JpGU, SSS08-05

船曳祐輝・宮澤理稔 2024, 光ケーブル直下で観測された地震のDASによる震源メカニズム推定, JpGU, STT36-06

木村圭吾・後藤浩之・宮澤理稔, 2024, 常時微動計測および既設光ファイバーケーブルのDAS観測データを用いた地盤特性の評価の試み, 土木学会全国大会, CS10-53

石田航・鍬田泰子・後藤浩之・宮澤理稔, 2024, DASを用いた地震時の稠密な地盤ひずみの観測, 第44回地震工学研究発表会, 344

Kuwata, Y., W. Ishida, H. Goto, and M. Miyazawa, 2024, Seismic ground strain by simultaneous observation of DAS and seismometer, The 9th International Symposium on Lifeline and Infrastructure Earthquake Engineering (ISLIEE 2024)

Kimura, K., H. Goto, and M. Miyazawa, 2024, Evaluation of ground response using microtremor observations and fiber-optic distributed acoustic sensing, The 35th KKHTCNN symposium.

船曳祐輝・宮澤理稔, 2024, DAS記録のS/P 振幅比による震源メカニズム推定―サイクルスキップを伴う場合―, 日本地震学会秋季大会, S02-02

松尾 凌・宮澤 理稔, 2024, 遠地地震を用いた能登半島北東部における地震活動のtriggerability の時間変化, 日本地震学会秋季大会, S22P-14

Funabiki, Y. and M. Miyazawa, 2024, Estimating Focal Mechanisms of Small Earthquakes Using S/P Amplitude Ratios from DAS Records, AGU FM, S23E-05

宮澤理稔, 2024, 京都府南部で身近に発生する地震, 2024年度第35回京都大学防災研究所公開講座

平松良浩, 2024, 能登半島の地震活動と令和６年能登半島地震, 日本地球惑星連合2024年大会, U15-01

平松良浩, 2024, 令和６年能登半島地震：群発地震からM7.6の地震まで, 日本地質学会第131年学術大会, T18-O-1

平松良浩, 2024, 能登半島北東部の群発地震活動と令和６年能登半島地震, 海洋調査技術学会第36回研究成果発表会

中野元太, 2024, 能登半島地震－これからの防災教育とこころのケアー, 防災教育学会シンポジウム（コーディネーター）

吉村 令慧・山崎 健一・小松 信太郎・山崎 友也・中川 潤・宮町 凜太郎・吉川 昌弘・畑 真紀・平松 良浩・石川 尚人, 2024, 能登半島東部群発地震活動域周辺での電磁場連続観測, JpGU, U15-P55

吉村 令慧・平松 良浩・後藤 忠徳・笠谷 貴史・宮町 凜太郎・中川 潤・山下 凪・天野 玲・深田 雅人・杉井 天音・乾 太生・山崎 健一・小松 信太郎・岩堀 卓弥・吉川 昌弘・波岸 彩子・長岡 愛理・達山 康人・澤田 明宏・張 策・福岡 光輝・陣出 湧也・大島 由有希・金沢 桃夏, 2024, 2024年能登半島地震震源域周辺の3次元比抵抗構造, JpGU, U15-P56

吉村 令慧・山崎 健一・小松 信太郎・山崎 友也・中川 潤・宮町 凜太郎・吉川 昌宏・石川 尚人・平松 良浩・畑 真紀, 2024, 地下比抵抗構造変化検出を目的とした電磁場連続観測－能登半島群発地震域を対象に－, SGEPSS2024, R003-02

Yoshimura, R., Hiramatsu, Y., Goto, T., Kasaya, T., Miyamachi, R., Nakagawa, J., Yamashita, N., Amano, R., Fukata, M., Sugii, A., Inui, T., Yamazaki, K., Komatsu, S., Iwahori, T., Yoshikawa, M., Namigishi, A., Nagaoka, A., Tatsuyama, Y., Sawada, A., Zhang, C., Fukuoka, M., Jinde, Y., Oshima, Y., Kanazawa, M., 2024, Characteristics of the resistivity structure around the earthquake swarm activity leading up to the 2024 Noto (Mw7.5) earthquake, 26th Electromagnetic Induction Workshop, 4P11

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

１．能登半島地震

能登半島地震を対象とした観測（GNSS地殻変動観測、電磁気観測、地震観測、ひずみ観測）研究を継続して行い、群発地震活動から始まる一連の地震活動の推移を、引き続き調査する。令和６年度に実施できなかった被災地における市民シンポジウムを開催し、市民との対話を通じたリスクコミュニケーション・モデルの構築を試みる。

２．京都府南部

京都府南部を中心とした歴史被害地震による被害と地盤構造等を比較するために、分布型音響センシングによる超高密度ひずみ測定を実施する。

３．人材育成と内陸地震発生時への対応

１および２の活動に併せて実施する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

宮澤理稔,伊藤喜宏,大見士朗,長嶋史明,中野元太,西川友章,西村卓也,深畑幸俊,松島信一,矢守克也,吉村令慧

他機関との共同研究の有無：有
平松良浩（金沢大学理工研究域地球社会基盤学系）,城下英行（関西大学社会安全学部）,村田泰輔（奈良文化財研究所埋蔵文化財センター）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：京都大学防災研究所
電話：
e-mail：
URL：https://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：宮澤理稔
所属：京都大学防災研究所

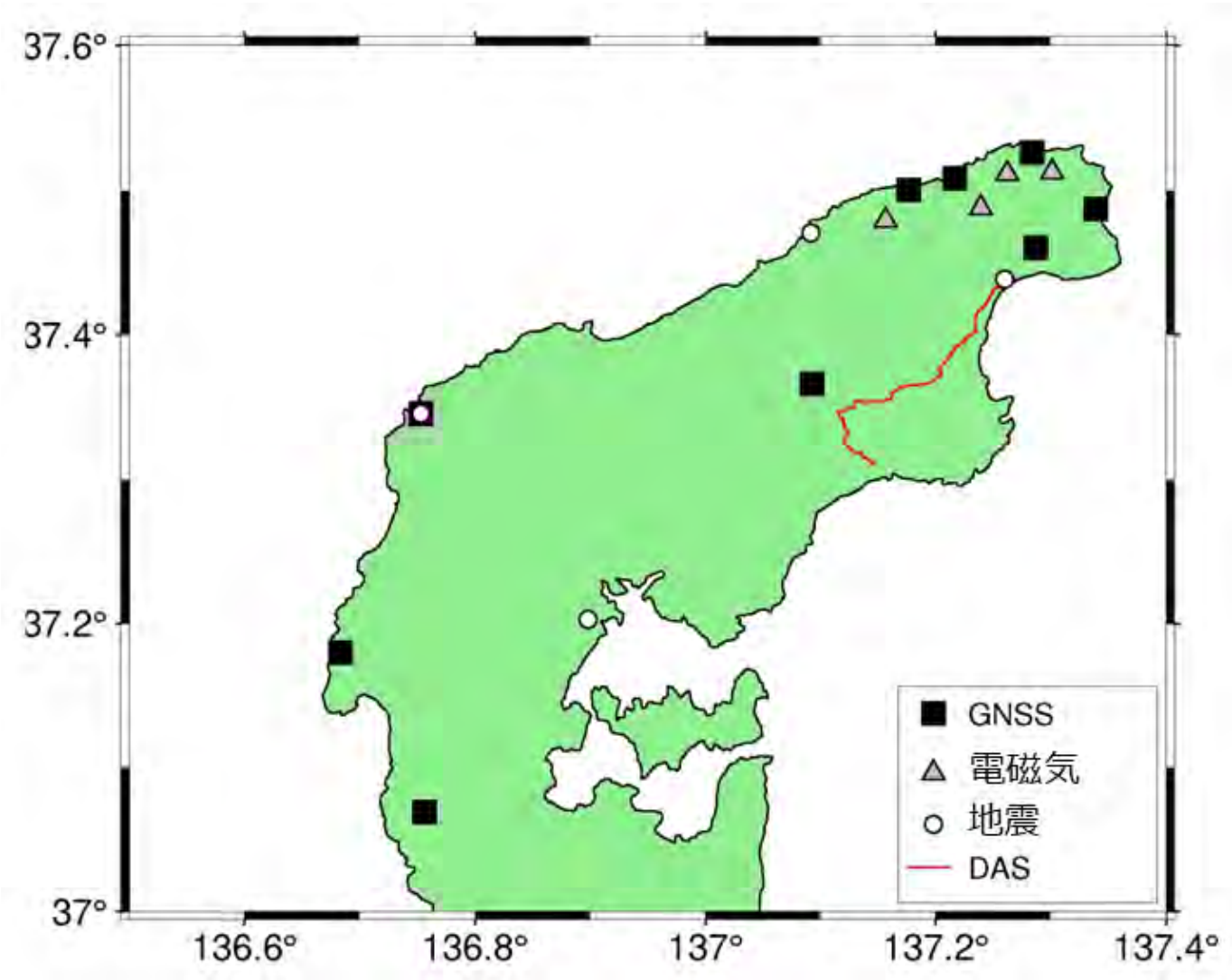


図１．能登半島における臨時観測点地図
R6年度における本研究課題に関連する臨時観測点。

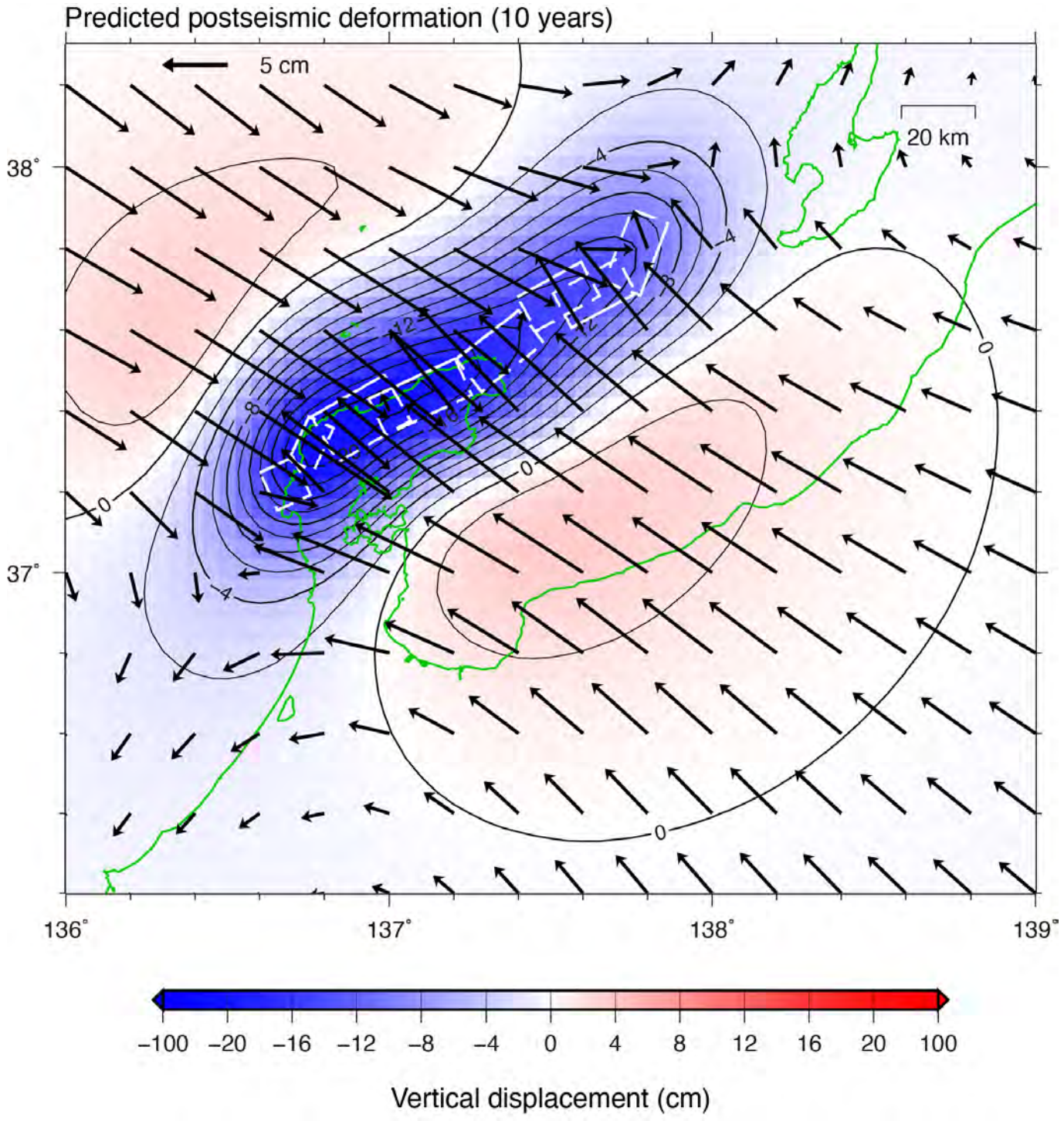


図２．能登の粘弾性緩和から予測される変動
モデルに基づく10年後の変動の予測。全体的に北西方向への水平変動が見られるほか、地震時に隆起した能登半島北部全体がゆっくりと沈降する。

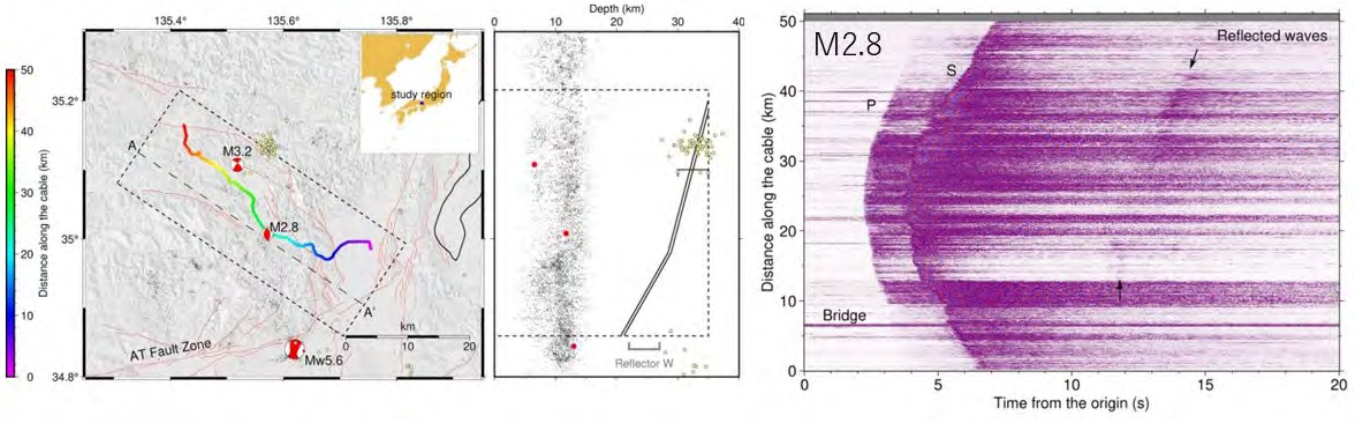


図３．京都国道９号のDAS観測による地下構造推定
京都国道９号沿いの光ケーブル（左図）を利用したDAS観測によってとらえられたM2.8地震の記録（右図）。後続波として下部地殻からの反射波が記録されており、屈曲しながら北傾斜する低速度の反射帯（中図）によるものと考えられる。

令和６年度年次報告

課題番号：DPRI11

（1）実施機関名：

京都大学防災研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）火山噴出物による災害の軽減のための総合的研究
（英文）Integrated study for disaster mitigation by ejection of volcanic products

（3）関連の深い建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(5) 大規模火山噴火

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明
エ. 地震発生と火山活動の相互作用の理解とモデル化
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）
3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(3) 火山噴火による災害誘因評価手法の高度化
(4) 地震・火山噴火の災害誘因予測・リスク評価を防災情報につなげる研究
火山
4 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

（5）本課題の５か年の到達目標：

火山噴出物による災害の軽減のためには，火山噴火の理解にもとづく予測，災害誘因となる火山噴出物の挙動の把握と予測，そしてリスク評価，さらには火山観測情報や災害誘因予測およびリスク評価を社会の共通理解として，災害の軽減のための意思決定につなげる必要がある。そのために，火山活動と噴火機構の解明とモデル化，また火山噴火を支配する地下構造の解明を行い，観測とモデルによる火山噴出物放出の予測手法を高度化する。同時に，火山噴出物の把握手法の高度化とモニタリングを行う。火山観測情報や研究成果を社会へ発信する方法を検討するとともに，火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成に貢献するための方法を検討する。また，大規模噴火の発生を想定しての観測研究の継続のための方策を検討する。
これらの目的のため，大規模噴火の発生が懸念され噴火が頻発している桜島と，国内において噴火が最も頻発しており，噴火災害時には桜島と同様に全島避難となりうる諏訪之瀬島を対象とする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

本研究は，項目5(5)「大規模火山噴火」の中核的研究課題に位置づける。本研究では，大規模噴火の想定にもとづき広域避難計画が立案されつつある桜島を対象として，大規模火山噴火の予測に資する

観測研究を行うとともに，火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成に貢献するための方法，大規模噴火時の観測手法・通信手段の開発や，噴火にともなう災害誘因手法の開発を行う。したがって，5(5)「大規模火山噴火」の各研究項目を擁する総合的研究課題であり、以下の項目の研究を実施する。

1.火山現象の解明のための観測研究
1.1.噴火機構の解明とモデル化
桜島および諏訪之瀬島において，地震，地殻変動，空気振動，映像，電磁気などの観測から噴火機構の解明とモデル化を進める。桜島においては，噴火に伴う傾斜および歪みの時空間変化と，地震アレイおよびDASで得られた地震波動から火口直下から深部への減圧過程を反映した噴火機構モデルを構築する。諏訪之瀬島においては，地震，空気振動，気象レーダ観測により，火山灰放出卓越噴火と岩塊・ガス放出噴火の特徴量を定量化し，両者の噴火機構の違いを明らかにする。噴火機構の解明により，観測データからの火砕物及び火山ガスの放出量（率）の推定の高度化を進める。
1.2.構造解析によるマグマ供給系の解明と時間変化の検出
桜島島内および周辺領域において稠密広帯域MT観測を実施し，高分解能の3次元比較抵抗構造を推定する。推定された構造を基準にして，火山流体の移動に伴う構造変化を想定した最適モニタリング手法を検討し，長期電磁気連続観測から構造変化検出を試みる。これにより，後述のマグマ溜まりなどでの密度変化の成因の理解を深化させる。
1.3.マグマ貫入に伴う地震・地盤変動の解明
若尊および周辺の地震活動が活発な場所において毎年繰り返しOBS観測を行う。そして，定常地震観測と併合データ処理を行い，３次元速度構造を用いて震源とメカニズム解を決定する。また，桜島・姶良カルデラ周辺の地殻変動と震源およびメカニズム解変化との対応を明らかにすることで，マグマ貫入に伴う火山構造性地震の群発機構を明らかにする。これにより大規模噴火に前駆する地震活動の想定をする。

2.噴火発生と活動推移の定量的評価
2.1.脱ガス卓越期における火山体とマグマ溜まりの密度変化と噴火活動推移の関係
桜島の中央部および北部を中心に水準測量を行い，姶良カルデラ周回路および桜島周回路の水準測量データと併合して姶良カルデラ直下おける膨張ならびに，桜島の中央部直下の収縮を定量的に評価する。また，桜島の複数箇所での複数回の相対重力測定と，相対測定と同じ期間における有村観測坑道内の定点およびハルタ山観測室で絶対重力測定を行う。そして，地下水および上下変動による重力変動効果の補正を行い，マグマ溜まりの質量・密度の時空間変化を明らかにする。
2.2.物理・化学データからの定量的火山活動指標の試作
地震，地殻変動，重力，火山ガス，火山灰水溶性付着成分，火砕物の色彩・形状の測定を進めデータベース化する。そして，現在の桜島の脱ガス卓越期を特徴づける定量的火山活動指標を試作する。例えば，深部低周波地震と火山構造性地震の地震モーメントの推移と，地殻変動量，重力変化量，二酸化硫黄放出率との比較を行うことで，深部低周波地震が火山活動指標となり得るかどうか議論する。

3.火砕物による災害誘因ハザード評価手法の高度化
3.1.マルチセンシングによる火砕物のモニタリング手法の開発
桜島に展開されている複数周波数帯のレーダ，光学式ディスドロメータ，ライダーなどを用いて，広範なサイズ分布をもつ火砕物のモニタリング手法の開発を進める。そのために，火砕物の採取によるモニタリング結果の検証を進める。
3.2. 火山岩塊の飛散距離の評価手法の開発
噴火災害誘因である火山岩塊の最大到達距離を空気振動からの評価手法を開発する。
3.3.土石流評価手法の開発
土石流頻度の高い桜島の河川流域を対象に光ファイバーを用いたDAS観測と，近傍の傾斜観測から土石流流下過程を明らかにする。

4.火山噴火災害に関する災害誘因とリスクの認識向上と避難意思決定のあり方検討
4.1.大規模噴火を想定した広域避難意思決定システムの検討
桜島における大規模噴火を想定した噴火火口と噴出率変化を仮定し，季節毎の平均的気象場を与えて，

火山灰移流拡散シミュレーションから想定火砕物堆積分布を求める。堆積分布から被害を想定して，事前避難区域とタイミング設定を含めた広域避難のための意思決定システム化を検討する。
4.2.オープンサイエンス拠点形成と火山災害に関する情報提供方法の検討
阿武山観測所など既存の取り組みを参考に，桜島を対象に火山学のオープンサイエンス拠点を構築し，火山災害に関する災害誘因とリスクについて市民ならびに行政の認識度を向上させるために効果的な情報提供方法やコミュニケーション手法を開発する。

5.大規模災害時における観測研究継続のための方策の検討
5.1.大規模災害時の通信・データ伝送手段確保と迅速な観測網構築に資する手法開発
V-High帯，LoRa等新たな無線通信手法についての技術開発動向を関係機関にて情報交換をし，大規模災害時の通信・データ伝送に適した手法候補を選定する。そして，火山および地震観測に適した技術検討をして，桜島・姶良カルデラ周辺等にてフィールド試験を行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

2024年の桜島の火山活動を評価するために、2008年からのGNSS、伸縮計、地震発生頻度、爆発回数、降下火山灰量、二酸化硫黄放出率のデータを整理した（図１）。2022年から2024年は南岳山頂火口の噴火期あり、2009年から2016年の昭和火口噴火期に比べて噴火回数、火山灰量が数十分の１と低いだけでなく、2017年から2021年における南岳山頂火口噴火期よりも噴火回数、火山灰量ともに10分の１と少ないことが分かった。一方、2022年から2024年はそれ以前よりも、火山構造性（A型）地震の頻度が徐々増加しており、GNSSおよび伸縮計の記録から山体の膨張および膨張の停滞が見られ、桜島へのマグマ供給の増加が示唆される。現在も南岳山頂火口からは噴気が継続的に出ており、二酸化硫黄放出率は、昭和火口噴火期および、2021年までの南岳火口噴火期と同程度の高い値を2022年から2024年において維持していることから、マグマからのガス放出が卓越していることが窺える。

日本の10火山の噴火直前の傾斜変動について類似性に基づき、加速型、減速型、加速→減速型、減速→加速型の４類型に分類した。加速型は桜島に多く、減速型は総数が少ないが諏訪之瀬島に比較的多いといった特徴が見出されたが、噴火規模指標との関係は用いる指標の種類(噴煙高度、空振振幅、噴石飛散距離)によってまちまちであり、噴火規模と傾斜変動タイプの間に明瞭な関係性は見いだせなかった。

2017年11月13日の南岳火口の爆発的噴火の立ち上がり時間における傾斜とひずみ変化に対する地盤変動源を有限要素法にて検討した。そして、南岳火口直下の海水面付近にシル状の収縮源と、その体積減少量を1350 m^3と推定した（図2）。

桜島の爆発・噴火前の山体膨張と二酸化硫黄フラックスの挙動について検討し、膨張とフラックスの減少が対応して起こる噴火・爆発が多く見られた。そして、フラックスの増加・減少パターンと噴火の関係から、火道上部の閉塞によるガスフラックスの減少とそれに伴う増圧による山体膨張という従来からのシンプルな系でなく、深部からのガスの供給の変化と閉塞過程を合せたより複雑な系の検討の必要性が示唆された。

桜島の非噴火性地盤変動（NED）発生時の噴出物解析を行った。この噴出物は微小量だが，自動火山灰採取装置を用いた日別試料の継続採取により、爆発、噴火、NEDそれぞれのみ発生した日の試料を解析することで比較が可能になった。NED時の火山灰は系統的に発泡粒子が多く、特に活発な時期は最も未分化な組成を持つガラス質粒子を含むことがわかった。

2014年8月から同一位置（１箇所）での繰り返し海底地震観測を継続してきたことで、若尊カルデラ域、鹿児島湾奥部周辺の地震の検知能力が向上し、震源決定およびメカニズム解の推定精度が向上した。2023年9月～2024年10月期間において、若尊カルデラ域の顕著な地震活動は、2024年8月8日に日向灘で発生したM_{JMA}=7.1の発生直後に開始し、翌日まで継続した活動で、この活動の80の地震の震源を決定した。

火山噴火を支配する地下構造モデルの精緻化を目的に、本年度は桜島島内の計35地点において広帯域MT観測を実施した（図３）。高品質のMT応答を推定するために、各観測地点では長期間測定を継続し、大部分の測点では3週間以上の電磁場データを収録した。

桜島において例年実施している水準測量を2024年11月に実施し、2023年11月からの地盤上下変動量を求めたところ、桜島中央部付近において顕著な地盤沈降を確認した（図４）。そして、桜島西岸

（S.17）を基準とした桜島中央部（BM.OBS）の比高の経年変化を求めたところ、桜島中央部は姶良カルデラや桜島北部の地下におけるマグマ蓄積や2015年8月15日のダイク貫入の影響を受けて隆起する時期もあるが、2007年頃から概ね沈降の傾向にあることが分かった（図５）。

2024年10月に桜島火山およびその周辺でキャンペーン相対重力測定を実施した。また、1998年～2024年に測定された相対重力データを統合的に解析し、桜島遠方を基準とした経年重力変化量を推定した。その結果、桜島島内では遠方基準の重力値が経年的に増加しており、重力増加速度は桜島中央部で最大5.6 micro gal/年と計算された（図６）。また、ハルタ山観測室および有村観測坑道において絶対重力観測を行い、それぞれ年間+3.2 micro galおよび+4.6 micro galの重力増加傾向が検出された。これらの観測結果から、桜島中央部直下において年間約10^{10} kgの質量増加源が存在する可能性が示唆された。

2024年の梅雨期に桜島の野尻川および有村川においてDAS観測を実施し、ワイヤーセンサーにて検知されるよりも多くの土石流を検知することに成功した。

1955年以降の桜島の噴火データに基づいて、将来発生しうる大規模噴火シナリオを推測する新たな手法を開発した。そして、火山灰の輸送・拡散シミュレーションから、火山灰降下リスク評価を行った（図７）。桜島火山観測所の一般公開参加者のアンケート調査から、火山観測施設が有する希少性と非日常性が参加者の興味を引きつけることを指摘した。

無線伝送に関係する研究について情報交換を行った。特に、低軌道衛星通信（Starlink）や920MHz無線LAN（Wi-Fi HaLow）については、消費電力や上空の障害物、通信時間制限に対応した送信方法に課題はあるが、大規模災害時の通信・データ伝送手段として実用化できる可能性があることを確認した。2025年2月11日にStarlinkとWi-Fi HaLowにて京都大学ハルタ山観測室（桜島）基地として通信実験を行った。Wi-Fi HaLowにより、湯之平展望台を中継地とした２ホップでのWINによる波形伝送が可能であること、最長でハルタ山観測室から桜島ビジターセンターまでWIN波形のリアルタイム伝送が可能であることを確認した（図８、９）。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

大規模噴火の想定に基づき広域避難計画が立案されつつある桜島火山を主対象として、現象解明から避難や帰還に関わる課題までを視野に入れた総合的研究を行っている。大規模噴火の予測に資するマグマ供給系の理解と活動推移シナリオの構築、大規模噴火時の観測手法・通信手段の開発、大規模噴火に伴う災害誘因の予測手法の開発などの研究に取り組んでいる。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Nakamichi, H., 2024, Open-door events of the Sakurajima Volcano Observatory, Kyoto University in the last ten years, J. Disaster Res., 19, 1, 147-153, doi:10.20965/jdr.2024.p0147.,査読有,謝辞無

Sakamoto, M. and H. Nakamichi, 2024, Open science initiatives by Sakurajima Volcano Observatory, J. Disaster Res., 19, 1, 154-158, doi:10.20965/jdr.2024.p0154.,査読有,謝辞無

Rahadianto, H., M. Iguchi, and H. Tatano, 2024, Designating Areas with Debris Flow Potentials as Secondary Evacuation Zones Anticipating Massive Ash Fallout from A Large Volcanic Eruption, In: Schneider et. Al (eds), Proceedings of IP 2024: Natural hazards in a changing climate – How to manage risks under global warming?, International Research Society INTERPRAEVENT (Peer-reviewed conference paper).,査読有,謝辞無

八木優明・風間卓仁・山本圭吾・大柳　諒, 2024, 桜島火山東部における局所的沈降の定量化と物理的解釈, 京都大学防災研究所年報, 67B, 55-65.,査読無,謝辞無

風間卓仁・山本圭吾・岡田和見・大島弘光・大柳　諒・小濱瑞希・竹中悠亮・井口正人, 2024, 桜島火山における繰り返し相対重力測定 (2023年10～11月および2024年3月), 京都大学防災研究所年報, 67B, 66-78.,査読無,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

Taguchi, K., T. Nishimura, K. Emoto, S. Hamanaka, H. Nakamichi, H. Nakahara, and T. Hirose, 2024, Analysis of seismograms associated with a debris flow at Sakurajima volcano, Japan, observed with the DAS system, EGU, GC12-FibreOptic-36. doi:10.5194/egusphere-gc12-fibreoptic-36

中道治久, 2024, 京大ウィークスによる桜島火山観測所の一般公開の概要と参加者質問票調査結果, 日本地球惑星科学連合2024年度大会, HDS10-04.

阪本真由美・中道治久, 2024, 桜島火山観測所による市民参加型減災コミュニケーション, 日本地球惑星科学連合2024年度大会, HDS10-P04.

山田大志・井口正人, 2024, 空気振動観測によるブルカノ式噴火の岩塊到達距離評価―運動方程式に基づく初速度と圧力積分の検討―, 日本地球惑星科学連合2024年度大会, SVC25-P07.

山本圭吾・松島 健・吉川　慎・内田和也・井上寛之・園田忠臣・竹中悠亮・岡田和見・上土井歩佳・滿永大輔・田町勇気・久保武史・佐藤直生・塚口正臣・谷田部史尭・小澤大輝・大倉敬宏, 2024, 水準測量によって測定された桜島火山の地盤上下変動（2023年11月測量の結果）, 日本地球惑星科学連合2024年度大会, SVC26-09.

上土井歩佳・松島　健・山本圭吾, 2024, 地殻変動データを用いた桜島浅部圧力源の推定, 日本地球惑星科学連合2024年度大会, SVC26-P18.

高橋龍平・中道治久, 2024, 長周期－超長周期帯域から見た桜島火山の爆発地震の発生機構, 日本地球惑星科学連合2024年度大会, SVC26-P19.

Maeda, Y., 2024, Classification of tilt changes before volcanic eruptions in Japan, Japan Geoscience Union Meeting 2024, SCG40-P03.

剣持拓未・青木陽介・井口正人・中道治久, 2024, GNSSキネマティック解析により観測された2015年桜島ダイク貫入に伴う地盤変動の時間発展, 日本火山学会2024年秋季大会, A1-13.

中道治久・江本賢太郎・米盛航平・田口貴美子・廣瀬　郁・西村太志, 2024, 桜島の有村川と野尻川における2024年DAS観測と土石流検知, 日本火山学会2024年秋季大会, A3-07.

長谷川誉久・西村太志・中原　恒・廣瀬　郁・田口貴美子・中道治久・江本賢太郎・濱中　悟, 2024, 桜島におけるDASを用いた爆発地震の発震機構の推定, 日本火山学会2024年秋季大会, B1-11.

野上健治・井口正人・味喜大介・山田大志・山本圭吾・園田忠臣・中道治久・為栗　健・筒井智樹・竹中悠亮, 2024, 火山灰水溶性成分から推察した桜島火山から放出される火山ガス組成の変化, 日本火山学会2024年秋季大会, P104.

上土井歩佳・松島　健・山本圭吾, 2024, 地殻変動データを用いた桜島浅部圧力源の推定, 日本火山学会2024年秋季大会, P110.

山本圭吾・風間卓仁・岡田和見・大島弘光・大柳　諒・竹中悠亮,2024,桜島火山における精密重力測定（2019年～2023年）, 日本火山学会2024年秋季大会, P111.

田口貴美子・西村太志・中原　恒・廣瀬　郁・中道治久・江本賢太郎・濱中　悟, 2024, 桜島DASにより観測された土石流に伴う地盤振動波形データの振幅および位相解析, 日本火山学会2024年秋季大会, P112.

前田裕太, 2024, 連続波形からの噴火前傾斜変動検知に向けた全自動の前処理システムの開発, 日本火山学会2024年秋季大会, P124.

本間凪々海・嶋野岳人・井口正人, 2024, 桜島火山の Non-Eruptive Deflation における火山灰の粒子構成比の特徴, 日本火山学会2024年秋季大会, P106.

Rahadianto, H., M. Iguchi, and H. Tatano, 2024, Designating Areas with Debris Flow Potentials

as Secondary Evacuation Zones Anticipating Massive Ash Fallout from A Large Volcanic Eruption. INTERPRAEVENT 2024 (IP2024).

Rahadianto, H., M. Iguchi, and H. Tatano, 2024, Stochastic Risk Evaluation of Volcanic Ash Hazards from Large Sakurajima Eruptions. 14th Annual Conference of the International Society for Integrated Disaster Risk Management (IDRiM2024).

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：地震：地震：短周期地震観測
概要：桜島北東海域における繰り返し海底地震観測
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：鹿児島県鹿児島湾奥部海域 31.66 130.75
調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：火山：地震：DAS観測
概要：野尻川および有村川におけるDAS観測
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：鹿児島県鹿児島市桜島 31.58983 130.60127
調査・観測期間：2024/6/3-2024/7/25
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：火山：地殻変動：水準測量
概要：桜島火山の地盤上下変動を調査するため水準測量を行った。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：鹿児島県鹿児島市桜島 31.58983 130.60127
調査・観測期間：2024/11/6-2024/11/15
公開状況：公開留保中（協議のうえ共同研究として提供可）

項目：火山：地殻変動：重力測定
概要：キャンペーン相対重力観測
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：鹿児島県鹿児島市桜島 31.58983 130.60127
調査・観測期間：2024/10/21-2024/10/28
公開状況：公開留保中（協議のうえ共同研究として提供可）

項目：火山：その他：無線伝送試験
概要：京都大学桜島ハルタ山観測室周辺でWIN波形の伝送試験を実施
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：鹿児島県鹿児島市桜島 31.58983 130.60127
調査・観測期間：2025/2/11-2025/2/11
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：ソフトウエア開発（解析）
概要：長期間の連続波形から傾斜変動を検知するための前処理プログラム群
既存データベースとの関係： doi:10.5281/zenodo.6976106
調査・観測地域：
調査・観測期間：
公開状況：公開中（データベース・データリポジトリ・Web）
https://doi.org/10.5281/zenodo.13251238

（10）令和７年度実施計画の概要：

桜島の噴火・爆発前の山体膨張と二酸化硫黄フラックスの関係をさらに精査し、噴火・爆発前の両者の変動のメカニズムを検討する。また、この検討に向けた火山ガス観測を行う

噴火直前の傾斜変動について引き続き研究を行う。令和7年度は海外の噴火事例についても傾斜変動の検知を進め、国内事例と合わせたグルーピングと特徴抽出を行う。また特徴を説明する数値モデル構築を試みる。

引き続き、繰り返し海底地震観測を継続し、中長期的な微小地震活動の推移等を把握する。また深さ精度の向上のための検討を進める。

桜島火山およびその周辺で、2025年秋と2026年春にキャンペーン相対重力測定を実施し、桜島島内における重力時空間変化や、火山内部の質量変動を把握する。

引き続き、MT応答推定の高度化を進め、桜島下数km深までの3次元比抵抗モデリングを行う。次年度は、より深部の構造推定を行うために、桜島島外にて広域の観測を実施する。

令和7年11月に桜島火山において水準測量を実施する。令和6年11月実施の測量からの１年間における地盤上下変動量を計算し、圧力源モデル解析を行うことで、この期間のマグマ蓄積量とマグマ蓄積速度を見積もり、これらの時間的な推移を明らかにする。

有村観測坑道およびハルタ山観測室における年次観測を継続し、年間の重力変動を正確に把握することが課題である。特にハルタ山観測室の重力データについて、降水効果の影響を除去・補正するためのデータ解析を行う。また、観測データから火道内およびマグマだまりの動態モデルの構築を進め、脱ガス過程に関するメカニズムの解明を図る。

桜島において、災害対応IoT通信システム（DR-IoT）無線機を用いた通信のフィールド試験を行う。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

中道治久（京都大学防災研究所）,吉村令慧（京都大学防災研究所）,為栗健（京都大学防災研究所）,山本圭吾（京都大学防災研究所）,山田大志（京都大学防災研究所）,畑真紀（京都大学防災研究所）,
多々納裕一（京都大学防災研究所）,矢守克也（京都大学防災研究所）

他機関との共同研究の有無：有

青山裕（北海道大学理学研究院）,西村太志（東北大学理学研究科）,岡田知己（東北大学理学研究科）,山本希（東北大学理学研究科）,内田直希（東北大学理学研究科）,太田雄策（東北大学理学研究科）,吉田圭佑（東北大学理学研究科）,廣瀬郁（東北大学理学研究科）,田口貴美子（東北大学理学研究科）,森俊哉（東京大学理学系研究科）,今西祐一（東京大学地震研究所）,西山竜一（東京大学地震研究所）,野上健治（東京科学大学）,前田裕太（名古屋大学環境学研究科）,大倉敬宏（京都大学理学研究科）,風間卓仁（京都大学理学研究科）,松島健（九州大学大学院理学研究院）,相澤広記（九州大学大学院理学研究院）,江本賢太郎（九州大学大学院理学研究院）,中尾茂（鹿児島大学理工学研究科）,嶋野岳人（鹿児島大学理工学研究科）,八木原寛（鹿児島大学理工学研究科）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：京都大学防災研究所
電話：099-293-2058
e-mail：nakamiti@svo.dpri.kyoto-u.ac.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：中道治久
所属：京都大学防災研究所

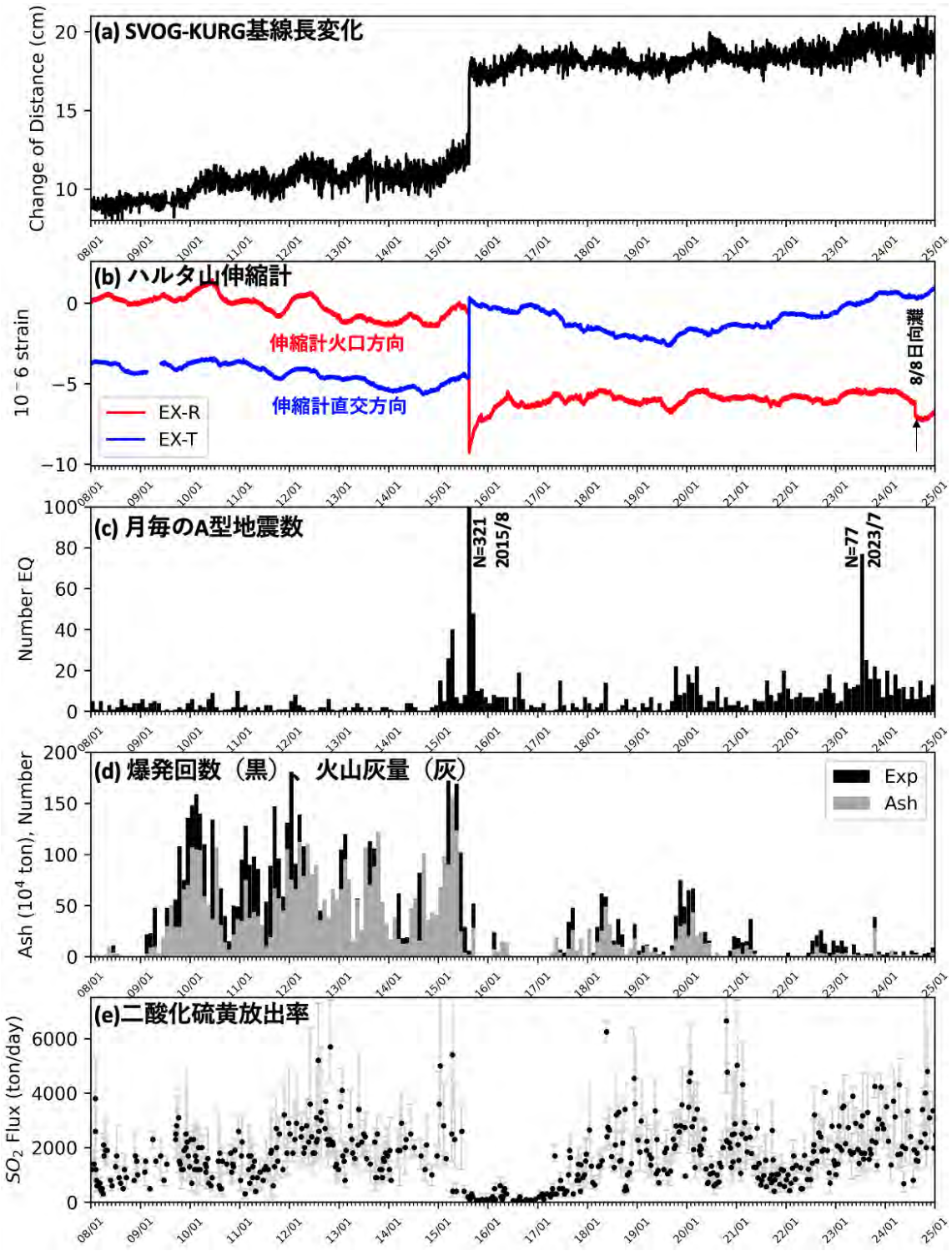


図 1
(a)桜島の東西（SVOG-KURG）の基線長変化　(b)ハルタ山観測坑道における伸縮計の記録(c)月毎のA型地震回数　(d)月毎の爆発回数・火山灰量（万トン単位）(e)二酸化硫黄放出率（トン/日）

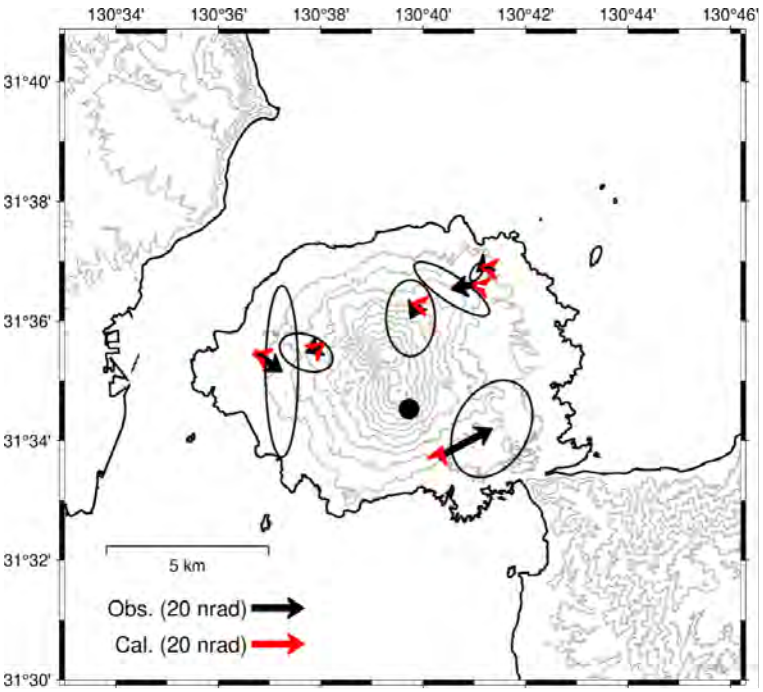


図２
2017年11月13日の南岳火口の爆発的噴火の立ち上がり時間における収縮変動源（シル）の位置（黒丸）と傾斜変化の観測値（黒矢印）と計算値（赤矢印）の比較。誤差楕円は標準誤差の３倍の大きさ。

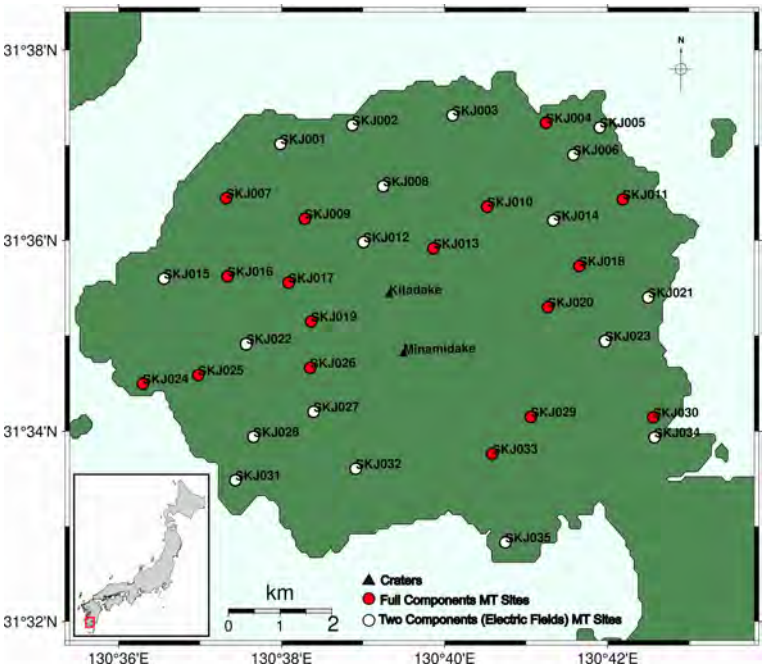


図３
2024年度に実施した広帯域MT観測点分布図。赤丸は5成分電磁場、白丸は2成分電場観測点を示す。

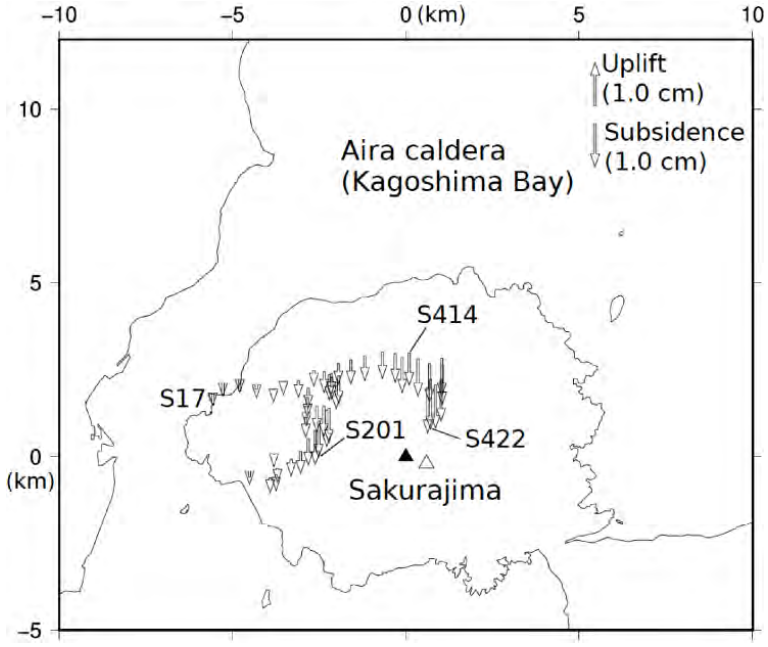


図４
2023年11月～2024年11月の期間における地盤上下変動量（基準点：S.17）。黒三角、白三角は、それぞれ南岳、昭和火口の位置を示す。

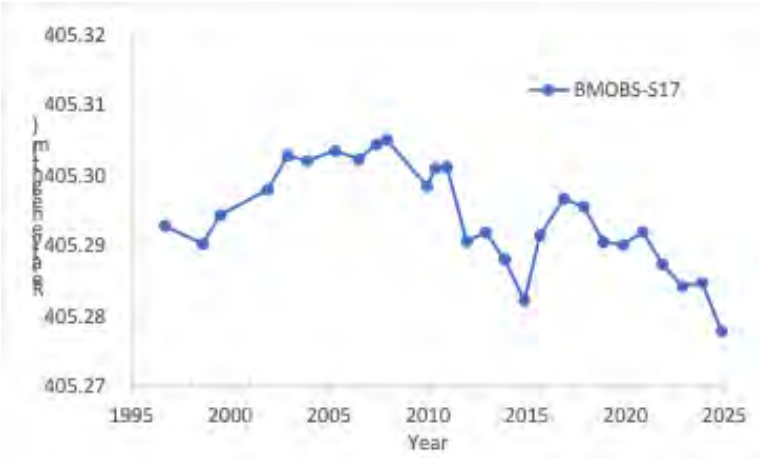


図５
桜島西岸S.17を基準点とした桜島中央部に近いハルタ山観測室BM.OBSの比高の経年変化（データ期間：1996年10月～2024年11月）

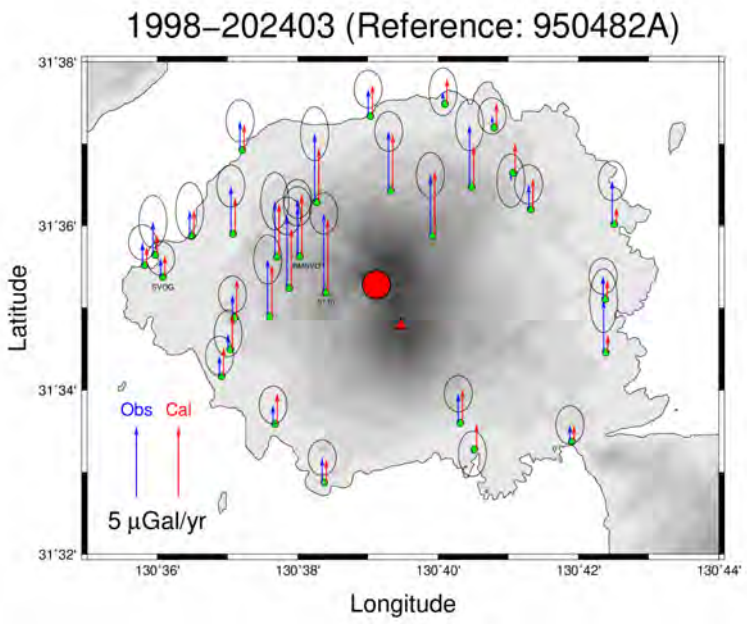


図 6
桜島島内の重力点における重力変化速度の空間分布、および推定された質量変動源の位置。

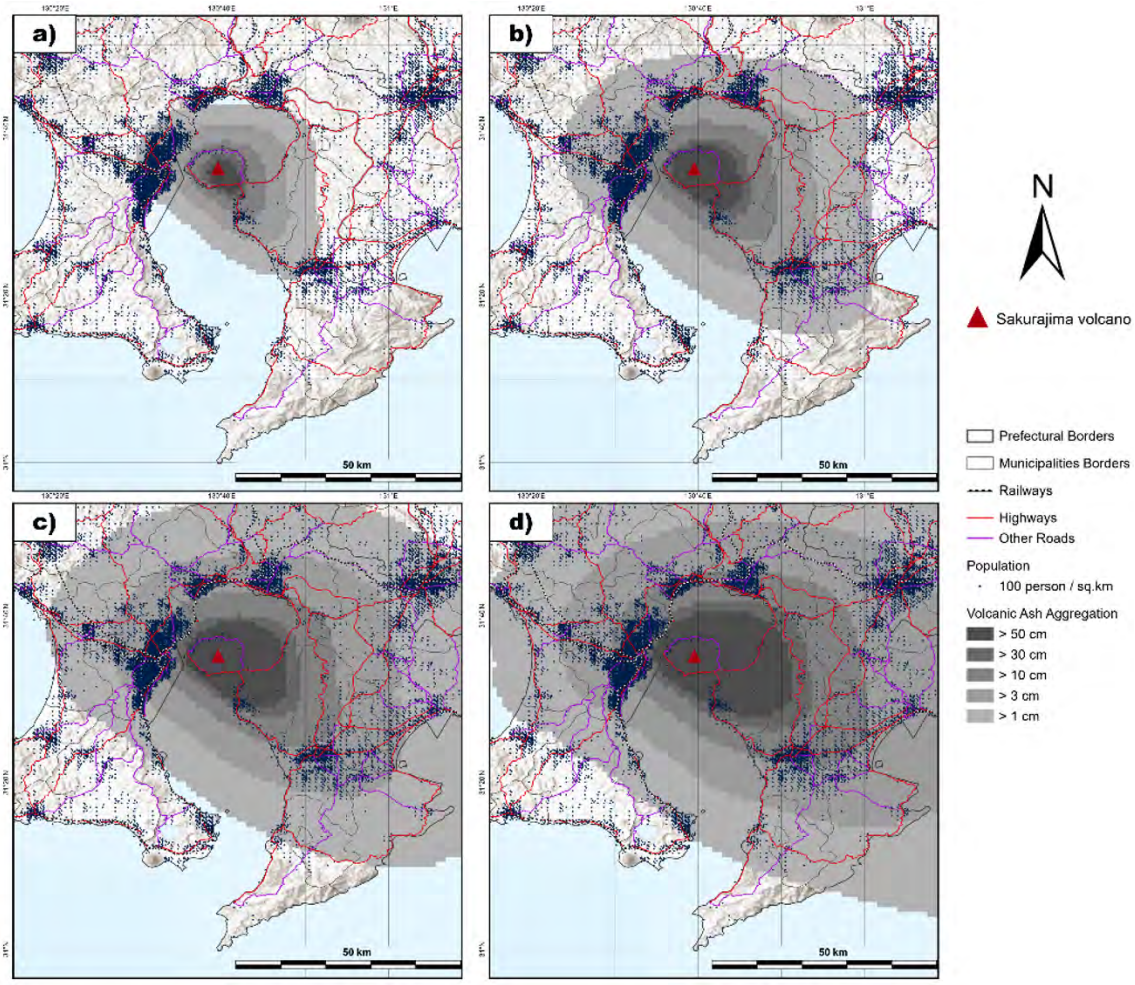
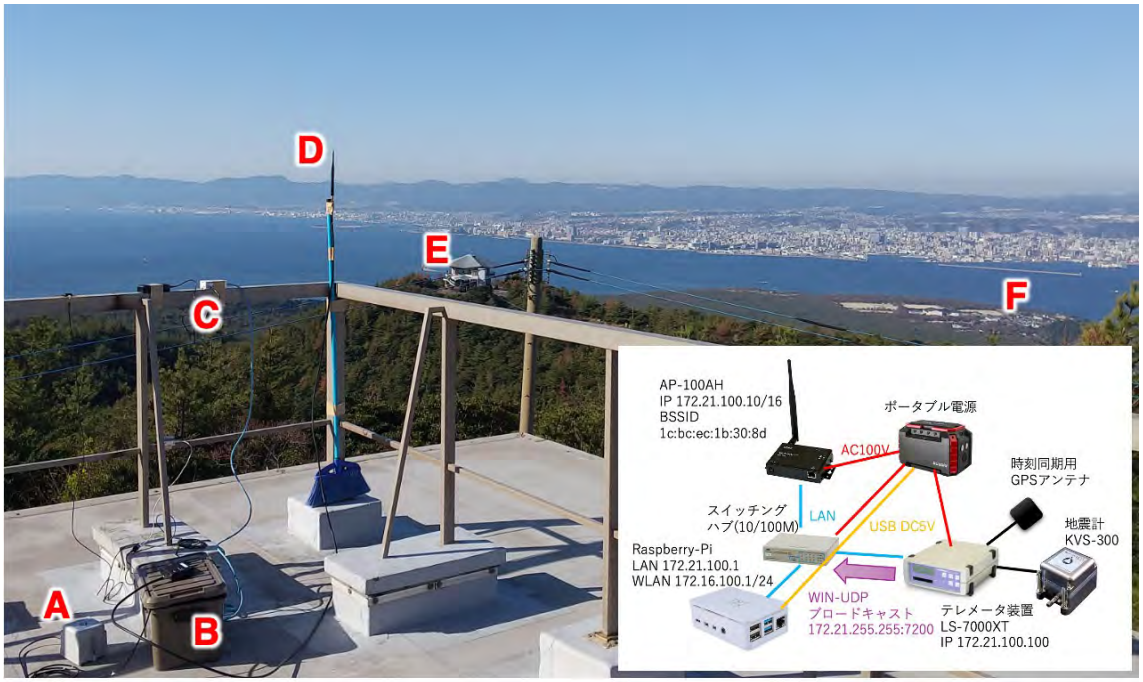


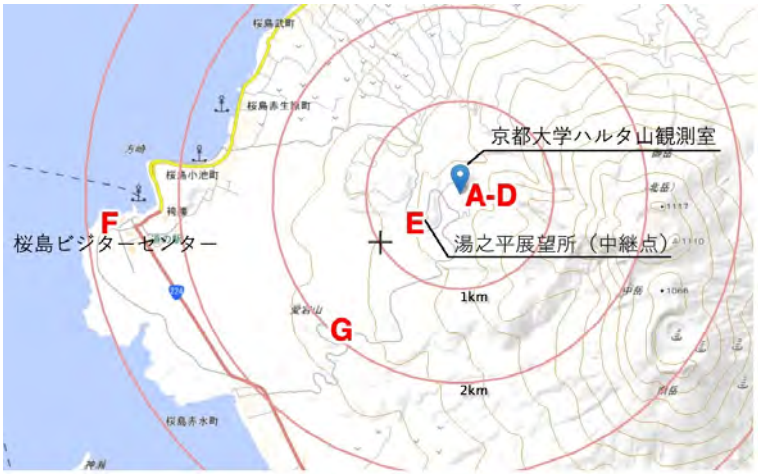
図 7
桜島の噴火シナリオにおける火山灰拡散範囲（a）50年周期、(b)100年周期、(c)150年周期、(d)200年周期

灰色のグラデーションは火山灰の厚さの違いを示す。



A: 地震計　B: 無線機、テレメター装置 C: RaspberryPi D: アンテナ
E: 湯之平展望台（中継点） F: 桜島ビジターセンター

図８
京都大学ハルタ山観測室屋上から、中継点・桜島ビジターセンター方面を望む。右下はハルタ山での機器の構成図。



G地点からハルタ山、湯之平方面を望む

F地点からハルタ山、湯之平方面を望む

図９
観測地点周辺地図（上）と波形の受信成功を確認したG地点・F地点（桜島ビジターセンター）の様子。右下のF地点では2月11日正午ころの桜島南岳の噴火も見える。

令和６年度年次報告

課題番号：DPRI12

（1）実施機関名：

京都大学防災研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）分野横断で取り組む大規模火山噴火災害に伴う大規模広域避難に関する研究
（英文）Interdisciplinary research on wide area evacuation in large-scale volcanic eruptions

（3）関連の深い建議の項目：

５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(5) 大規模火山噴火

（4）その他関連する建議の項目：

４ 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

（5）本課題の５か年の到達目標：

本研究は、大規模火山噴火に伴う「大規模広域避難」のための戦略を立案し、有効な避難行動の実現に向けた社会的理解と合意を促進することを目的とした分野横断的研究である。大規模火山噴火に伴う避難は、従来の災害避難にはあまり例を見ない「大規模広域避難」となることが予想されるが、それに関する研究蓄積は数少ない。しかし、桜島や富士山などで近い将来の噴火が懸念される中、「大規模広域避難」に関する研究は喫緊の重要課題となっている。本研究では、桜島が位置する鹿児島市をメインフィールドとして、地域住民、地元および周辺自治体、さらに、研究者が関与した参画型ワークショップと、サイエンスミュージアムを活用した火山災害に関するリスク・コミュニケーションを通じて、「大規模広域避難」に対する意識啓発と戦略立案の促進を図るためのアクションリサーチを実施する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

令和6-7年度に、効果的な「大規模広域避難」について構想し実現するための基本要件（たとえば、火山災害リテラシーの向上、噴火関連情報の整備と体系化、その普及啓発、「大規模広域避難」に関わる関係機関の事前協定など）を明確にする。また、火山災害に関するリテラシーを地震火山災害に関するサイエンスミュージアムを活用して向上させるための手法を確立する。令和8-9年度に、鹿児島市内のテストフィールドにおいて、上記の基本要件を念頭に具体的な広域避難計画を立案し、実際に避難訓練も実施する。令和10年度に、以上の成果を、富士山における広域避難計画と比較し、噴火シナリオや利用可能な情報の違い、および、周辺地域の社会経済的条件の違いが「大規模広域避難」の戦略にもたらす影響についても整理する。また、火山噴火とは異なる種類の災害に伴う「大規模広域避難」との比較も行う

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本年度は、以下の3つの研究成果を得た。第1に、火山噴火時の大規模広域避難に関する意志決定が伴うジレンマについて、地域住民が主体的に学ぶことができるゲーム型の教材「クロスロード（富士山噴火版）」のパイロット版を作成した。あわせて、富士山北麓地域の複数のフィールド（小中学校、地域社会等）で同教材を用いた授業やセミナーを数回試行した。第2に、桜島噴火時の大規模広域避難に関わる住民の意志決定をサポートするためのガイドブックを、鹿児島市内八幡校区において数年間

にわたって実施した連続住民ワークシップの成果をもとに作成し公開した。第3に、火山災害に関するリテラシーを地震火山災害に関するサイエンスミュージアムを活用して向上させるための手法の一つとして、サイエンスコミュニケーションに関わる活動に従事する複数の市民団体（北海道の有珠山火山マイスターと京都大学阿武山地震観測所で活動する阿武山サポーター）の交流事業を実施、その成果と課題について整理した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本研究に「関連の深い建議の項目」は、「分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究 (5) 大規模火山噴火」である。この項目に対して、本研究は次の2つの意味で直接的に貢献し、そのいずれもが「災害の軽減に貢献する」という目標をダイレクトに志向している。第1に、本研究の対象は、地域住民やその有志が組織した市民団体であり、火山災害からの避難方法や火山災害に対するリテラシーの向上について、ゲーム型の教材、参加型のワークショップの成果をまとめたガイドブック、そして市民団体のメンバー間の交流会といった具体的なプロダクツを生み出している。また、第2に、いずれの研究項目も、理学者（たとえば、火山噴火のメカニズム研究）、工学者（たとえば、火山噴出物から身を守るためのハード施設に関する研究）、そして、人文社会学系の研究者（たとえば、避難情報の有効性に関する研究）の三者が密接に連携しており、分野横断を理想的な形で実現している。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

矢守克也（2024）火山災害からの避難に関する考察－桜島と富士山とフィールドにして－　地区防災計画フォーラム第47回・第48回研究会基礎資料, 71-74.,査読無,謝辞無

望月 祐洋, 西田 純二, 大西 正光, 水野 真由己, 丸山 佳子, 小林 潔司（2024）スマートフォンプローブデータによる能登半島地震における交通状況モニタリング, 自然災害科学, Vol. 43, No.3, 459-470., 査読有,謝辞無

大西正光研究室（2024）桜島大規模噴火ガイドブック,査読無,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

矢守克也（2024）不確実性・多様性・柔軟性、そしてアロケーション　第43回日本自然災害学会学術講演会,

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和7年度は、当初の計画通り、基本的には、令和6年度にスタートさせた3つの研究を継続・発展させる。第1に、火山噴火時の大規模広域避難に関する意志決定が伴うジレンマについて地域住民が主体的に学ぶことができるゲーム型の教材「クロスロード（富士山噴火版）」については完成版を作成するとともに、社会実装機会を増やし、その上で、他の教育手法（たとえば、ハザードマップ作成・解読など）との併用を念頭にした教育手法開発、および、噴火災害に関する教育カリキュラムとしての体系化作業を実施する。第2に、桜島噴火時の大規模広域避難に関わる住民の意志決定をサポートするためのガイドブックについては、作成のベースとなったテストフィールドとは別の地区にも水平展開し、その課題と効果を明らかにする。第3に、サイエンスコ・ミュニケーションに関わる活動に従事する複数の市民団体（北海道の有珠山火山マイスターと京都大学阿武山地震観測所で活動する阿武山サポーター）の交流事業については、令和6年度の第1回に続き第2回を実施し、あわせて、地震火山災害に関するサイエンスミュージアムを活用したリテラシー向上策について一般化された知見を得ることを目指す。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

矢守克也（防災研究所）,中野元太（防災研究所）

他機関との共同研究の有無：有

大西正光（京都大学大学院工学研究科）,山　泰幸（関西学院大学災害復興制度研究所）,竹之内健介（香川大学創造工学部）,嶋本　寛（宮崎大学工学教育学部）,吉本充宏（山梨県富士山科学研究所）,久保智弘（山梨県富士山科学研究所）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：京都大学防災研究所
電話：0774384024
e-mail：momo-san@mx5.canvas.ne.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：矢守克也
所属：京都大学防災研究所

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_01

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）新しい観測技術に基づく活断層の位置・形状・活動性の解明
（英文）Research on defining locations, geometries and activities of active faults based on new observational techniques

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ウ. 地形・地質データの収集・集成と文理融合による解釈

（4）その他関連する建議の項目：

2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
イ. 内陸地震の長期予測
3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
ア. 強震動の事前評価手法
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(4) 内陸で発生する被害地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

本研究課題では、縮尺2.5万分の1相当の高精度活断層トレースデータの既往データに基づき、日本列島をカバーする高精度の活断層トレースのデジタルデータを作成し、研究者がダウンロードして研究目的で利活用できる形で公開するとともに、研究の進展を反映した更新を順次行う。また、活断層の変位様式・活動性などのメタデータを付加した高精度活断層トレースデータベースの将来的な構築を目指した手法検討を行う。
また、航空レーザー測量成果に基づく超高解像度DEMや、地上・ドローンLiDAR測量などの高精度地形測量技術の導入・検討と高精度14C年代測定・原位置宇宙線生成核種年代測定等の最新の年代測定手法を組み合わせたフィジビリティ調査研究を行い、変動地形解析による活断層の詳細な位置・形状と平均変位速度など精度良い活動性推定に向けた手法開発を目指す。

（6）本課題の５か年計画の概要：

航空レーザー測量成果の解析による超高解像度DEMや、地上・ドローンLiDAR測量などの高精度地形測量技術の導入・検討と高精度14C、原位置宇宙線生成核種年代測定等を組み合わせることで、変動地形解析による活断層の詳細な位置・形状と平均変位速度などをより高い精度で明らかにし、精度良い活動性推定へむけた手法開発・検討を行う。
（令和６年度）既往研究や航空レーザー測量成果の整備状況を考慮し、活断層の詳細位置・平均変位速度など活動性推定の手法開発のためのテストフィールドを複数地点選定し、適地選定のための地形地質調査を実施する。
（令和７年度）選定した調査地点の航空レーザー測量成果を収集し、高密度ランダム点群により適切なフィルタリング等に基づく1ｍ未満グリッドの高精度DEMを作成する。また、地上LiDAR測量・ド

ローンLiDAR測量などの高精度地形測量を実施する。
（令和８年度）選定した調査地点の高精度地形測量データの解析による超高解像度DEMを作成し、１ｍ未満グリッドの高精度DEMと共に変動地形解析を行い、微細な変位基準のずれや変位基準を含む微小堆積地形等の検出を行う。加えて、地形地質調査を実施し、高精度14C年代測定・原位置宇宙線生成核種年代測定等の調査適地を選定する。
（令和９～10年度）前年度までの変動地形解析の結果に基づき、選定した調査地点にて試料採取を行い、年代測定を行う。推定される変位基準の年代および変位量に基づき平均変位速度等の活動性を推定するとともに、既往の手法・事例との比較検討を行い、地形形成環境・テクトニック・セッティング等の諸条件を考慮し、活動性推定のための手法の定式化を図る。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

〇活断層・変動地形の活動性推定に向けた新規手法の開発

活動性推定手法の開発のためのテストフィールドを検討した結果、十日町盆地及び能登半島北西岸地域を選定し、予察的調査を行った。十日町盆地では、既往研究や航空レーザー測量成果の整備状況を調査し、測量成果を入手した。能登半島北西岸地域においては、既往航空レーザー測量データによる地形判読ののち、適地選定のための地形地質調査を実施した。

・十日町盆地

対象地域は、十日町市から津南町に至る信濃川流域の十日町盆地である。信濃川の両岸、特に東側に顕著な河成段丘面が発達する（例えば，白濱，2019；図１）。これらの段丘面は風成堆積物に覆われており、その中に認められる複数の広域火山灰をもとに段丘面の形成年代が推定されている。本地域の段丘堆積物には、宇宙線生成核種年代測定に必要な石英を豊富に含んだ花崗岩が豊富に含まれていることから、新規手法である表面照射年代測定が適用できる。加えて、既往の形成年代との比較が可能な地域であることから、活動性推定手法開発のテストフィールドとして選定した。今年度は、調査地域の地形判読及び地形解析へ向けて既存の航空レーザー測量成果の調査と収集を行った（図１）。国土交通省北陸地方整備局の管理する航空レーザー測量成果を入手できたことから、それらの整備、各種の地形表現図の作成、地形解析を進めている。

・能登半島

2024年能登半島地震は沿岸海底活断層の重要性と危険性を再認識させる地震であったが、その平均変位速度や活動間隔・活動時期・活動確率等の評価のためには、海底活断層そのものの調査とともに、陸上の海成段丘から得られる情報も極めて重要である。しかし、能登半島地震時に最大5 mを超える大きな隆起を経験した能登半島北西岸地域では更新世海成段丘の発達・保存が悪いため、これまで長期間の隆起速度がまったく得られていない（太田・平川，1979；小池・町田編，2000）。そこで、令和6年度は活断層の活動性推定手法開発のテストフィールドのひとつとして能登半島北西岸地域（猿山岬～大長崎周辺）を選定し、このような場所における隆起速度を明らかにするための予察的調査を実施した。

具体的には、石川県が地震発生前の2022年度に実施した航空レーザー測量データ（1 m DEM）から作成したMPI赤色立体地図ステレオペア（Kaneda & Chiba, 2019）を用いて詳細な地形判読を行ったうえで、更新世海成段丘面と考えられる地形が断片的に確認された輪島市門前町大長崎および深見北方において露頭調査およびハンドコアラ–による予察的地層採取を実施した。その結果、両地点ともに基盤岩の侵食面の上に風成堆積物が直接載る侵食性段丘面であること、および基盤岩は火山岩礫からなる礫岩で石英がほとんど含まれないことが明らかとなった。したがって、十分な量の石英が必要な^{10}Beによる宇宙線生成核種年代測定法の適用は難く、これらの段丘面の離水年代決定のためには、今後、本格的なコア掘削を行ったうえで、段丘面を被覆する風成堆積物に対する光ルミネッセンス年代測定法やテフラ編年法の適用を試みる必要がある。

〇高精度活断層トレースデータの作成・公開

本課題では、日本列島陸域の活断層の位置・形状を示す縮尺2.5万分の1相当の既存高精度トレースデータを収集し、比較・検討を行った上で、日本列島陸域をカバーするトレースデータの作成を行い、研究者向けの公開を目標の一つとしている。そこで、本年度は既に出版・公開されている活断層図に

ついての情報収集を行った。
日本列島陸域の活断層の位置・形状を示す縮尺2.5万分の1相当の活断層図として、中田・今泉編（2002）「活断層詳細デジタルマップ」、今泉・他（編）（2018）「活断層詳細デジタルマップ新編」、国土地理院発行の地理院活断層図が挙げられる。このうち、中田・今泉編（2002）については付属のDVDに活断層の位置情報についてのデジタルデータ（シェープファイル）が含まれている。今泉・他（編）（2018）にはデータは含まれていないが、中田・今泉編（2002）と同様のデータ形式をベースに作成されている。一方、地理院活断層図については地理院地図で画像が公開されているほか、ウェブマップタイルサービスで配信されているが、デジタルデータは公開されていない。また、中田・今泉編（2002）・今泉・他（編）（2018）は全国をカバーしているのに対し、地理院活断層図は主要活断層帯を主な対象として、2万5千分の1地形図を基図として238面(令和6年10月29日現在)の整備が進められているが、全国を網羅している訳ではない。ただし、地理院活断層図は各図郭毎に2名以上の調査者が1年間の調査期間を費やして作成されており、より十分なクロスチェックがされていると期待される。また、中田・今泉編（2002）・今泉・他（編）（2018）・地理院活断層図の作成に関わった研究者はかなり重複している。
このような作成背景やデータ形式を考慮すれば、今泉編（2002）・今泉・他（編）（2018）をベースとし、地理院活断層図で行われた変更点を反映していくのが現実的だと考えられる。地理院活断層図に関してはウェブマップタイルサービスで画像データを地理情報システムに取り込むことが可能であることから、今泉編（2002）・今泉・他（編）（2018）のシェープファイルの統合を地理情報システム上で行うことは原理的に可能であると考えられる。以上を踏まえ、来年度以降に今泉・他（編）（2018）のシェープファイルの使用が可能になった段階で、地理院活断層図の比較検討を行う予定である。

（参考文献）

今泉俊文・宮内崇裕・堤 浩之・中田 高 編，2018，活断層詳細デジタルマップ　新編，東京大学出版会.
Kaneda, H. and T. Chiba, 2019, Stereopaired morphometric protection index red relief image maps (Stereo MPI-RRIMs): Effective visualization of high-resolution digital elevation models for interpreting and mapping small tectonic geomorphic features, Bull. Seism. Soc. Am.，109，99–109.
小池一之・町田 洋編，2000，日本の海成段丘アトラス，東京大学出版会.
中田 高・今泉俊文編，2002，活断層詳細デジタルマップ，東京大学出版会.
太田陽子・平川一臣，1979，能登半島の海成段丘とその変形，地理学評論，52，4，169-189.
白濱吉起，2019，新潟県十日町盆地東部段丘面上に見られる背斜状変形とその成因，活断層研究，51，1-11.

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

内陸の活断層を震源とする地震現象の解明へ向け、高精度な地形・地質データの収集を進めている。本研究課題の目的である、航空レーザー測量等の新手法による変動地形の詳細な把握、従来的な年代測定手法の高度化、新しい年代測定手法の開発による変動地形の形成年代の取得・更新は活断層で発生する地震の規模や発生確率のより正確な推定につながる。これらの推定結果は、将来予測される地震災害への適切な備えのためには欠かせない情報であり、地震災害の軽減に貢献する。本研究課題によって得られた活動性に関する情報はもとより、今後開発された新手法の適用によって、国内の活断層調査による活動性解明の進展が期待される。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

〇活断層・変動地形の活動性推定に向けた新規手法の開発

十日町盆地において計測された航空レーザー測量成果から作成された高精度DEMをもとに作成した地形表現図等による地形判読・地形解析を行い、適地にてコア掘削またはピット掘削等による試料採取（宇宙線生成核種年代測定試料）の実施を計画している。また、段丘面の離水年代決定手法検討のため、濃尾断層帯におけるピット掘削調査・試料採取（宇宙線生成核種年代測定試料および光ルミネッセンス年代測定試料）、および能登半島北西岸地域におけるコア掘削調査を実施する計画である。試料採取地域においては、必要に応じて地上LiDAR測量・ドローンLiDAR測量などの高精度地形測量の実施を検討する。

〇活断層トレースデータベースの構築

引き続き日本列島陸域の活断層の位置・形状を示す縮尺2.5万分の1相当の既存高精度トレースデータを収集し、作成年次・クロスチェック体制・使用したデータの種類等を考慮して、GIS上でトレースの比較・検討を行う。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

石山達也（東京大学地震研究所）,白濱吉起（東京大学地震研究所）

他機関との共同研究の有無：有

岩手大学,東北大学,中央大学,法政大学,東京都立大学,東洋大学,信州大学,弘前大学,富山大学,名古屋大学,同志社大学,岡山大学,広島大学,山口大学,愛媛大学,大分大学,地震予知総合研究振興会,千葉県立中央博物館

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学地震研究所
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：石山達也
所属：東京大学地震研究所

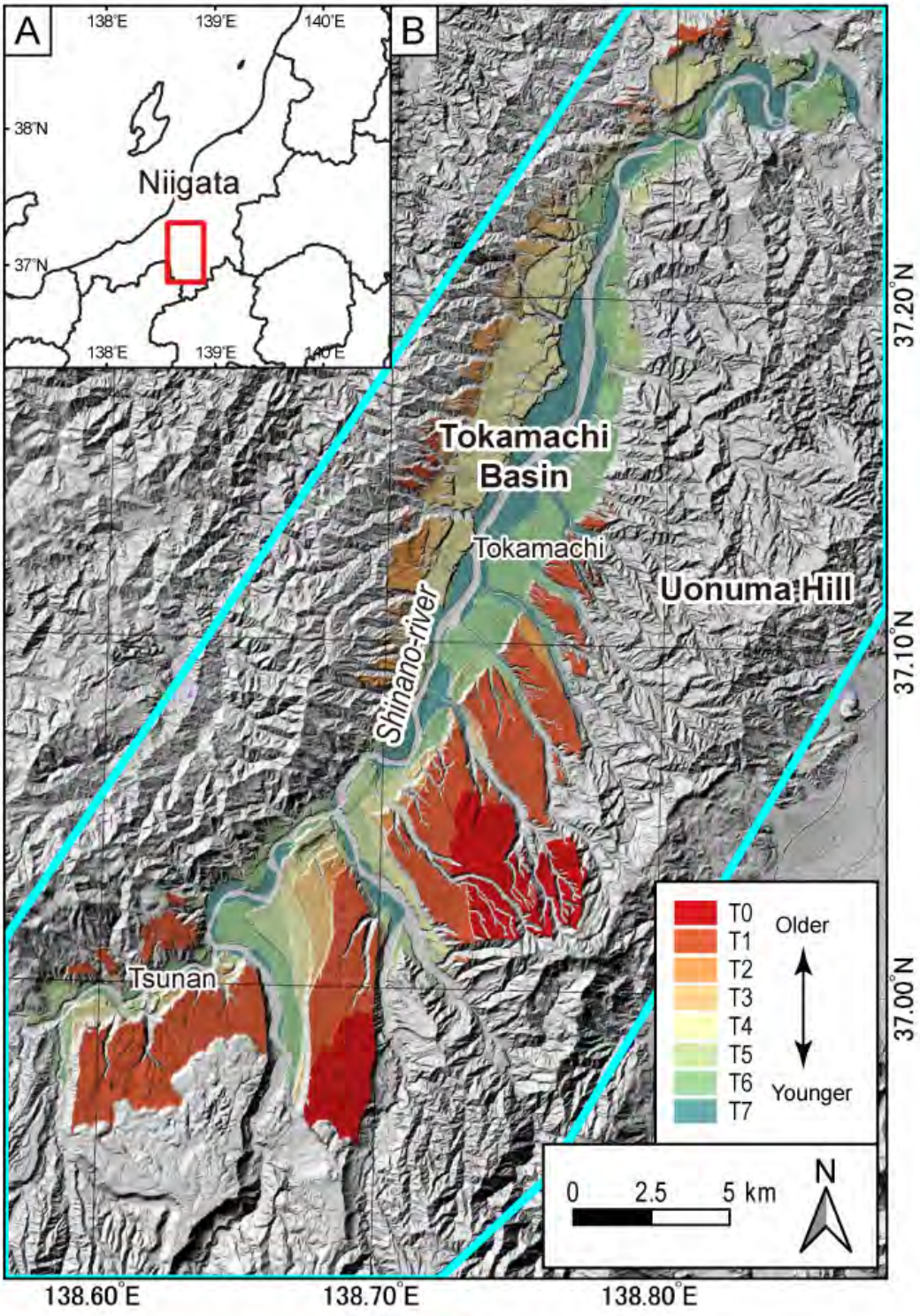


図１　十日町盆地における調査予定範囲
（A）十日町盆地の位置図。赤枠が図１Bの範囲。（B）十日町盆地の段丘面分類図。白濱（2019）を基に作成。背景は地理院地図（電子国土Web）の陰影起伏図を使用。水色の枠線が地形解析の範囲を示す。

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_02

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）実験・理論的アプローチによる断層ダイナミクスの高度化

（英文）Advancing the faut dynamics: laboratory and theoretical approaches

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
イ. 内陸地震
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
イ. 内陸地震の長期予測
(2) 地震発生確率の時間更新予測
ア. 地震発生の物理モデルに基づく予測と検証
イ. 観測データに基づく経験的な予測と検証
3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(2) 地震の災害誘因の即時予測手法の高度化（重点研究）
ア. 地震動の即時予測手法

（5）本課題の５か年の到達目標：

物理モデルによる地震発生予測や先行現象の物理的理解への貢献を念頭に、以下A-Hのサブテーマを進める。

A. 非常に長時間のヒーリングと非常に低速での滑りの実験により、延性域から断層浅部にわたる摩擦素過程の交代を調べる。

B. 固着の剥れ-震源核という中短期予測で重要なステージを中心に、摩擦状態発展則の違いの地震サイクルへの影響を探る。また、動的弱化が地震サイクルに与える影響を調べる。

C. 巨視的な物性不均質をもつ地殻中の巨視的に曲がった断層のモデル計算によって、構造がコントロールする地震発生の局面の抽出を試みる。

D. 数理・数値モデルで、温度や間隙水圧と滑りの相互作用の理解を深化する。

E. OFCモデルのような本質的に離散的なシステムが、GR則のような幅広いサイズの地震からなる活動を産み出すメカニズムを明らかにする。

F. 地震破壊エネルギーの地震サイズ依存性のメカニズムを理解するために、ガウジ層で数ミクロンから数mという広い範囲のDcが見つかっているガウジ層の摩擦において、長短のDcに対応する状態変化の物理的実体を探る。

G. マントルウエッジ程度までの条件での岩石の流動則を確立し、地震発生への影響を検討する。

H. 地震の即時予測を超早期化する可能性のあるP波前重力波について、新たな手法による信号検知の向上と信号利用の方向性を検討する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

サブテーマA-Hについて、下記のように実験と理論研究を連携して行う。

A. (1-3年目)三軸試験機で石英ガウジの圧力溶解ヒーリングを非常に長時間まで行う。長い滑り距離と低い滑り速度の実験ができる回転式試験機の試料アセンブリ、計測制御系を改良する。(3-5年目)アルバイトガウジ、板状鉱物の長時間固結実験。回転試験機においては、非常な低速を含む様々な速度の実験から、ヒーリングと剪断弱化メカニズムの関係を探る。

B. (1-2年目)RSF発展則としてNagata則を使ったサイクル計算を行い、Slip lawやAging lawの結果と比較する。(3-5年目)動的弱化が震源核形成に与える影響をサイクル計算で調べる。

C. (1-3年目)不均質構造中での断層破壊計算手法をサイクル計算に実装する。(4-5年目)沈み込む高剛性プレートと低剛性付加体からなる付加体地震サイクルモデル計算を行い、構造がコントロールする地震発生の局面を抽出する。

D. (1-3年目)滑りと温度や間隙水圧の相互作用を、連続体やBKモデルなどの断層運動計算モデルに組込む。また、現在これらの効果を含まない方程式系の数理解析で行っている断層滑りモードの統一解析にこれらの効果を組込む。また、熱弾性を考慮した摩擦の時間発展を計算する手法を開発する。(4-5年目)シミュレーション、数理解析から、これらの相互作用の、前震から本震、あるいはゆっくり地震から高速地震の遷移条件を含む地震サイクルの様々な局面への影響を抽出する。

E. (1-3年目)離散的な地震活動モデルを連続体モデルに近づけていって、どこでGRが出なくなるかを探る。(3-5年目)上記の一連のモデルで、応力場、強度場の特徴や時間発展を調べる。

F. (1-3年目)熱活性化の時間依存ヒーリングと、時間に依存しない機械的過圧密による強度獲得が共起するガウジ実験データを、音波透過率の変化も参考にしてモデル化する。透明セル式回転試験機で機械的過圧密を再現するための予備実験を行う。また、透明セル式回転試験機で過去に見られた10m程度の長大Dcが発現する条件を探る。(3-5年目)透明セル式試験機のシステム改修を行い、上記長大Dcの滑り弱化中の個別粒子追跡により具体的なメカニズムをさぐる。また、1mm程度のDcをもつ機械的過圧密の解消過程も個別粒子追跡で調べる。

G. (1-2年目)固体圧式変形試験機の改修を行い、実験品質の向上をはかる。(2-5年目)海洋地殻物質およびマントル物質のレオロジー則を実験と理論で拡充する。母岩流動の断層運動への影響を地震発生のさまざまな局面で調べる。

H. P波前重力波については、新規の観測方法を開発している物理系のグループの必要に応じて信号強度の理論的評価を行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

熱・流体・空隙生成相互作用に基づいて、ゆっくり地震と高速地震という見かけは異なる２つの地震を統一的に扱うということを近年の課題としている。両地震は一次相転移として理解できることを既に報告しているが、本年はそれらの違いを滑り開始時の亀裂面上の流体圧p_0と空隙率φ_0の値のみで説明できることを明らかにした。バネ–ブロックモデルで一回の地震の滑り量u_fとしてエネルギーバランスをあらわす関数F(u_f)がp_0とφ_0をパラメタとして含む形で書き下せる。ゆっくり地震と高速地震の境界でF(u_f) = 0及びdF(u_f)/du_f = 0という２本の方程式が満たされるということから、p_0–φ_0平面上で高速地震とゆっくり地震を分ける境界となる曲線の解析表現を得ることに成功した。その曲線は数値計算の結果をよく説明している(図1)。この結果は、ゆっくり地震を生じ易い条件は大きいp_0と小さいφ_0だということを示すが、流体の流れが低空隙率によって阻害されることによって流体圧が高くなって滑りが安定的になると定性的に理解される。

マントルウエッジ程度の超高圧下での岩石の流動則を求めるために、含水石英岩(メノウ)をもちいて最高温度1000ºC、封圧1.5 GPaで最長３日間にわたる超低速変形実験を実施し、得られた試料の動的再結晶組織を画像解析により定量化した(Nakakoji & Shimizu, 2024, AGU)。この手法は、天然の石英変形組織から過去の地殻応力を推定するためにも有用である。また、石英の高温レオロジーを確立するための実験にもちいる固体圧試験機で、高精度に差応力を計測するための内部摩擦補正機構(Shimizu, 2024)を検証した。試料のかわりに高純度金属(ニッケル、モリブデン)を使用した校正実験を封圧300 MPaで行い、応力精度がよいガス圧試験機による実験結果と比較した。また、様々な圧媒体物質を試験するとともに、新たな液体セルを開発し、内部摩擦の低減による応力精度向上に成功した。

脆性塑性遷移領域における石英多結晶体剪断実験試料の変形組織（滑り面角度、粒子の長軸方位分布）から、Noda (2021)の運動学的モデルを用いて塑性変形の寄与の割合を定量化した。結晶塑性変形が重要となる実験条件において、温度の増大とともに塑性変形の寄与が増大している事が確かめられた(Miyazoe+, 2024日本地質学会)。

速度・状態依存摩擦則で用いられる強度発展則は、実験で知られる三つの正典的な挙動(速度ステップに続いて滑りの指数関数でおきる強度変化の特性滑り距離Dcが速度ステップの大きさや正負によらないこと、定常状態の強度がすべり速度の対数に負の線形依存をすること、純粋な時間効果としての対数ヒーリングが定常滑り強度の対数速度依存性と同じ大きさで存在すること)を全て再現すべく、様々なものがheuristicに提案されてきたのだが、いまだにあちら立てればこちら立たずであることが広く認識されている。多くの発展則に共通している、強度の変化レートがその時々の滑り速度Vと摩擦面の強度Φ(内部状態変数と等価)だけの関数であるという仮定のみを先験的制約として、三正典から発展則を演繹することを試みた。まず、真に時間依存のヒーリング挙動(Aging lawに近い発展則を要求)と、速度ステップにおける挙動(Slip lawを要求)をV–Φ空間の全領域にわたって両立する発展則は数学的にありえないと言える。しかし、速度ステップ実験で探られていてSip lawに確定している定常すべり近辺(Φが定常滑り強度Φ_ss(V)に近い)と、ほぼ静的な接触でのヒーリング実験でAging law的な発展であることが確定しているΦがΦ_ss(V)よりずっと低い領域の間に実験で探られていない領域があることに着目し、この未探査の中間領域においてAging lawとSip lawをΦとΦ_ss(V)の差に応じて切替えることで(そしてその場合に限って)、既存の実験で挙動が押えられているV–Φ空間の全域で三正典を満足できることを示した。こうして提案された新たな発展則は、既存の速度ステップ実験の範囲を大きく超える非常に大幅な減速ステップに対しては速度ステップ正典を守れず、まず純粋時間ヒーリングの効果で非常に短い滑り距離の間に強度がかなり増加し、その後は既存の速度ステップ試験で見られる程度のDcで指数関数的に定常状態まで遷移することが予想されるので、そのような実験ができれば当否を検証できる。なお、Kato & Tullis (2001)のcomposite lawもAging lawとSlip lawの切替えであるが、切替えをVによって行うせいで、定常滑りの速度依存性に関する正典が満たせていない(Sato+, 2025)。

RSFの発展則の一つであるNagata lawはAging lawとSlip lawの中間的な性格をもち(Kame+, 2015)、Aging law、Nagata law、Slip lawという三つの発展則を一つの系列と捉えることが可能である。動的地震サイクルシミュレーションにおける断層運動の不安定化から震源核形成の過程が、これらの発展則にどう依存するかを調べた。Nagata lawでは、滑り速度パルス状の伝播による地震性パッチへの剥がれの侵入からAging law的なコンパクトな加速フェーズへの遷移が見られる。この加速フェーズでは地震モーメント速度が1/t_f (t_fは破壊までの時間)でスケーリングされる。地震発生時点での剥がれ域サイズ、高速滑り域サイズ、および後者の前者に対する割合はどれもSlip lawに近いほど小さくなる(Kaneki & Noda, 2024, SSJ)。

前計画で、速度・状態依存摩擦に従う断層が粘弾性体中におかれた場合のサイクルシミュレーションから、母岩流動による応力緩和が速い場合には、断層は永久固着になるという新たな地震–非地震の遷移を見い出し(Miyake & Noda, 2019EPS)、さらに、強度の低い粘土鉱物は速度強化であることから期待される、断層の固着(速度弱化)域は定常滑り域より摩擦強度が高いという強度コントラストによって、この傾向が助長されることを示した(山本・野田2022SSJ)。この現象を数理的に理解するために、速度強化域、速度弱化域の平均すべり速度、平均剪断応力を変数とした2自由度のバネ・ブロック・ダッシュポットによる粗視化モデルを構築し、これが連続体モデルでの永久固着条件を定量的によく再現することを確認した。さらにと粗視化モデルの支配方程式の検討と流れ場解析によって、粘性の役割が大きくなる(母岩の粘弾性緩和時間が短くなる)につれて、地震–永久固着の遷移は、鞍点がHopf分岐(従来から知られていた、完全弾性体媒質中でも起きる地震–非地震性すべりの挙動変化に相当)を起こす不安定渦点に近付いて地震の発生サイクルを消してしまうHomoclinic分岐として理解できることを示した。また、永久固着となる条件の近似解析表現も得られた。粘弾性緩和時間は固着域のサイズが大きいほど短いため、地震発生域深部で脆性から延性へ遷移するにつれ、大きい地震から先に起こらなくなることが予想される。これはそのような深さでGR則のb値が大きくなるという観察(Spada+, 2013)と調和的である(Noda & Yamamoto, 2024EPS)。

新たな試みとして、摩擦面の粗さの消長により摩擦強度が変化する摩擦則(Aochi & Matsu'ura, 2002)を速度状態依存摩擦構成則に「近代化」し、１自由度バネ–ブロックモデルの安定性解析および動的地震サイクルシミュレーションを行った。滑り速度によってHopf分岐の臨界性が変化する複雑な挙動や、地震サイズと破壊エネルギーが相関する結果が得られ

た(Norisugi and Noda, 2024, SSJ)。
断層の離散化に三角形転位（区分的に一定の変位ギャップ分布）を使用した場合、その重心でトラクションを評価すると数値誤差が収束しない事を発見した。これを是正する多点評価法及び数値誤差の推定・補正法を見出した。いずれの方法でも、数値精度の大幅な改善が期待できる(Noda, 2024, submitted to EPS)。
摩擦面における不均質が熱弾性効果で自発的に成長する「熱弾性不安定」の効率的な数値計算手法を作成した。摩擦が温度弱化を示す場合について、中–高速摩擦実験でみられる動的弱化の試料サイズ依存性を数値計算で再現した(Noda, 2024, JpGU)。
地震の大きさは非常に広範囲にわたり、大きい地震ほど発生頻度が低いというGR則が成り立つが、そのメカニズムはわかっていない。多数の破壊要素からなる系を一様に載荷していき、どこかの要素の応力がその要素の強度に達したら壊れて自らの応力を隣接要素に分配し、そこでまた応力が強度を超えれば更に隣へと連鎖反応的に一つの地震イベントが成長するというOFCモデル(Olami+,1992)は、1つの要素だけが壊れる最小地震から全系が連鎖して壊れる最大地震までGR則に従う複雑でカオスな地震活動を産み出す。既往研究で、OFCモデルが複雑性を産み出す肝は、外側境界でだけエネルギーの散逸が大きいという不均質性の存在で、実際、周期境界条件を課して散逸を均一にすると1要素のみが壊れる小地震だけがばらばらと起き続けるつまらない活動になることが知られている。そこで、周期境界条件のOFCモデルに一箇所だけ散逸量の違う要素を導入するという、最も単純かつ強さを自由に与えられる不均質性を導入して挙動を調べた。不均質が強い場合には様々な大きさの破壊が起きてGR則が成り立ち、不均質が弱い場合には完全均質な場合と同じく小地震のみがばらばらと起き続けたのは既往研究から想像できる通りだが、不均質が中程度の場合には、系サイズの1/3前後が破壊する3つの大地震が毎回全く同じ破壊域で順に繰り返す周期的な挙動となることが発見された(図2)。不均質の強さに応じて固有地震の繰り返し挙動とGR則の成り立つ複雑な挙動が相転移するこの系は、GR則のメカニズムを理解する重要な手掛かりになりそうだ(Otani & Kame, 2024)。
おおむね計画通りに実施した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

岩石の流動則やそのメカニズムの解明、摩擦と塑性変形の共存を試料組織から分析する方法を編み出したこと、母岩の粘弾性緩和にともなう断層の永久固着化が理論的にしっかりと位置づけられたことは、地震発生層深部のモデリングおよび天然試料の読み取りに重要な貢献であり、1(3)、2(1)、2(2)アに資する。また、断層面の粗さの消長をとりこんだ摩擦則は、これまで取り組みの難しかった破壊エネルギーと地震サイズのスケーリングの問題に対する新たなアプローチで、OFCモデルの相転移の発見とともに、1(3)、2(2)イの新たな展開につながる可能性がある。また、摩擦発熱による動的弱化のスケール依存性は、3(2)に新たな視点をもたらす可能性がある。地震発生における流体の役割の重要性はゆっくり滑りと通常地震の両方を含む活動の観測事例からも強く示唆されており、熱・流体・空隙生成相互作用について見通しの良い理論ができたことは1(3)、2(1)、1(5)、2(2)に貢献する。このような知見は、地学条件から地震ハザードの地域性を推察することに役立つだろう。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Otani, T. and N. Kame, 2024, Emergence of self-organized criticality and phase transition in the Olami-Feder-Christensen model with a single defect, Physical Review E, 110:054129, doi:10.1103/PhysRevE.110.054129,査読有,謝辞無

Noda, H. and M. Yamamoto, 2024, Homoclinic bifurcation of a rate-weakening patch in a viscoelastic medium and effect of strength contrast, Earth Planets, and Space, 76:155, doi:10.1186/s40623-024-02100-w,査読有,謝辞有

Sato, D. S., M. Nakatani, and R. Ando, 2025, Reconciling aging and slip state evolutions from laboratory-derived canons of rate-and-state friction, Geophysical Journal International, 240, 1855-1899, doi:10.1093/gji/ggae464,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

大谷哲人・亀 伸樹, 2024, Emergence of self-organized criticality and phase transition in the Olami-Feder-Christensen model with a single defect, 日本地震学会2024年度秋季大会, S08-24

大谷哲人・亀 伸樹, 2024, Olami-Feder-Christensenモデルに自己組織化臨界現象をもたらす対称性の破れ, 地球惑星科学連合大会2024大会, SSS05-P09

Noda, H., 2024, Thermoelastic instability and temperature-weakening friction cause sample-size dependency of dynamic weakening in high-velocity friction experiments, JpGU Meeting 2024, SCG40-17

Noda, H., 2024, Simulation on sample-size dependency of dynamic weakening of friction due to thermoelastic instability and local temperature-weakening, Seismological Society of Japan 2024 Fall meeting, S12-01

Noda, H., 2024, Sample-size dependency of dynamic weakening by thermoelastic instability and temperature-weakening friction, AGU24 Annual meeting, S42B-08

Norisugi, R. and H. Noda, 2024 (Outstanding Student Presentation Award), Multi-scale rate- and roughness-dependent friction realizes a variety of seismic-aseismic transitions, Seismological Society of Japan 2024 Fall meeting, S08-07

Norisugi, R. and H. Noda, 2024, Multi-scale rate- and roughness-dependent friction realizes a variety of seismic-aseismic transitions, AGU24 Annual meeting, S42B-09

Kaneki, S. and H. Noda, 2024, How the choice of an evolution law for an RSF fault affects the acceleration and localization behaviors of preseismic slip: Insight from dynamic earthquake cycle simulation, JpGU Meeting 2024, SSS05-P13

Kaneki, S. and H. Noda, 2024, Diverse preseismic creep behavior of an RSF fault realized by choice of an evolution law: Insight from dynamic earthquake cycle simulation, Seismological Society of Japan 2024 Fall meeting, S08-P01

Miyazoe M., K. Okazaki, and H. Noda, 2024, Contribution of plastic deformation estimated from microstructures after deformation experiment on quartz aggregates, JpGU Meeting 2024, SSS05-15

Miyazoe, M., H. Noda, and K. Okazaki, 2024 (Outstanding Student Presentation Award), 石英多結晶体剪断実験の回収試料を用いた塑性変形割合の定量化, The 131th Annual Meeting of the Geological Society of Japan, T10-P-11

佐藤大祐・中谷正生・安藤亮輔, 2024, 室内実験の典型的挙動に基づく速度状態依存摩擦則におけるAging lawとSlip lawの調停, JpGU Meeting 2024, SSS05-09

河野葉子・鈴木岳人, 2024, 熱・流体相互作用と速度状態依存摩擦則に基づく亀裂端伝播速度の解析, 日本地震学会2024年度秋季大会, S08P-17

Shimizu, I., 2024, Steady-state microstructures of quartz: Evaluation of stress states in deformation experiments using Kumazawa-type apparatus, Symposium in honor of Holger Stünit

Nakakoji, K. and I. Shimizu, 2024, Steady-state microstructures of wet quartz in dislocation creep: change of recrystallized grain shapes with temperature, strain rate, and confining pressure, AGU24 Annual meeting, T01-34

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

高密度粉体層としての地震断層の強度回復メカニズムに関して、透明セル式回転試験機で熱可塑性樹脂を粉体試料として用いた実験を行い、時間依存の粒子間結合強化と幾何学的な粒子再配置によるコンパクションという二つの効果の峻別をめざす。

ゆっくり地震と高速地震の統一的な扱いに関して、熱・流体・空隙生成相互作用については理解がある程度進んだので、次の段階として、これに加えて速度状態依存摩擦則等の現実的な摩擦則の効果を取り入れる。

粗さの消長モデル(Aochi and Matsu’ura, 2002)を強度則として組み込んだ速度状態依存則に従う断層挙動について、余効滑り等を含むサイクル全体の挙動を調べる。また、破壊エネルギーのスケーリングを生み出す他の摩擦構成則と比較する。

熱弾性不安定のシミュレーションに関して、より詳細なパラメータスタディを行う。試料サイズに加えて、室内実験で確認されている滑り弱化距離の垂直応力依存性等についても検討する。

単一不均質をもつOFCモデルで見い出された複雑挙動と周期挙動の相転移がどうやって起きているのか、相境界近傍でのふるまいに着目してメカニズムの考察を深める。

令和6年度の結果について論文化を進める。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

中谷 正生（地球計測系研究部門）,亀 伸樹（数理系研究部門）

他機関との共同研究の有無：有

清水 以知子（京都大学理学研究科）,野田 博之（京都大学防災研究所）,鈴木 岳人（高千穂大学人間科学部）,桑野 修（海洋研究開発機構）,永田 広平（気象大学校）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学地震研究所 地震・火山噴火予知研究協議会 企画部

電話：03-5841-5787

e-mail：yotikikaku@eri.u-tokyo.ac.jp

URL：https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/YOTIKYO/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：中谷正生

所属：東京大学地震研究所

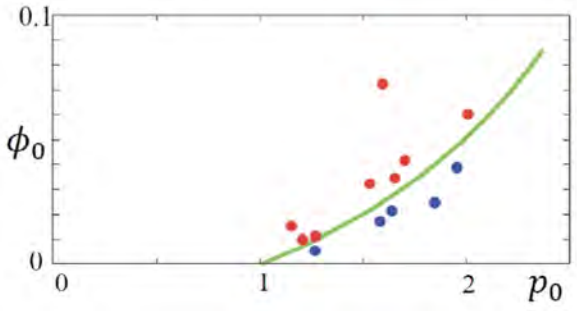


図1. 滑りの安定性の滑り開始時の断層流体圧p_0および空隙率φ_0への依存性(鈴木・私信)
赤丸は数値実験で高速滑りが生じた場合。青丸は数値実験でゆっくり滑りが生じた場合。緑の曲線は両者を分ける条件の解析近似式。

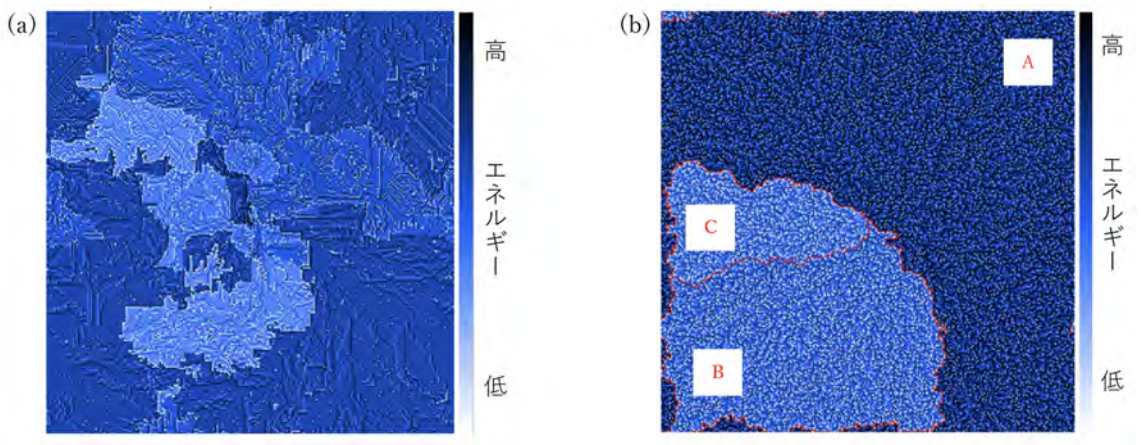


図2. 周期境界条件のOFCモデルに散逸量が他と異る要素(不均質)を1箇所だけ導入した新モデルのふるまい(亀・私信)
この例では不均質要素は中央に置いたが、その位置は重要ではない。色の薄いところが最近地震が発生した部分。(a)強い不均質を導入した場合。様々な大きさの地震が発生しGR則が再現される。(b)中程度の強さの不均質を導入した場合。3つの大地震A, B, Cだけが周期的に繰り返す。

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_03

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）摩擦運動に対する微細不均質構造の影響と実効的摩擦法則の可能性
（英文）Coarse-grained friction law of heterogeneous faults

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
(2) 地震発生確率の時間更新予測
ア. 地震発生の物理モデルに基づく予測と検証

（5）本課題の５か年の到達目標：

地震発生の力学において鍵となる物理法則は断層の摩擦法則である。摩擦法則については速度・状態依存摩擦法則が実験室スケールで確立されているが、状態変数とその発展法則は経験的に設定されており、微視的な物理過程から系統的に導出されるようにはなっていない。その一方で、岩石試料の摩擦面と天然断層のサイズは大きくかけ離れており、実験室スケールで経験的に成り立つ法則が断層スケールでも成り立つ保証はない。従って、速度・状態依存摩擦法則を断層スケールにそのまま適用することには根本的な問題があるのが現状である。この困難を解消するためには、実験室スケールで成立する摩擦法則が依拠する物理過程を特定した上で、その物理過程がスケールを変えた際にどう変わるかを定量的に議論しなくてはならない。
その際問題になるのは、断層面の不均質性である。例えば速度・状態依存摩擦法則は3つのパラメタを含むが、このうち二つ(a, b)は岩石物性から決まると考えられる。断層面に存在する岩石種・鉱物種には空間不均質性があるため、摩擦パラメタ(a, b)にも空間不均質性があるはずだ。いわゆる「アスペリティモデル」もこのような空間不均質性を表す一つのモデルと言えるが、アスペリティ内部では空間均質性が仮定されている。多くの場合「アスペリティ」は震源領域とほぼ等価なのでそのサイズは数km～百km前後ということになるが、そのように広大な震源領域に渡って均質性を仮定してよいのか、自明ではない。むしろ摩擦パラメタの不均質性も短波長から長波長まで（例えば数cm程度から数km程度の波長まで）フラクタル的に分布していると考えるのが自然だろう。
このようにフラクタル的な空間不均質性をもつ断層面の動力学は、例えば井出・青地らによって研究されているが、そこではすべり弱化的な摩擦法則を仮定し、臨界すべり距離Dcがフラクタル的に分布するモデルを考えている。これは地震すべりに伴う動的弱化を表しており、観測・実験とも整合的ではあるが、速度・状態依存摩擦法則のパラメタとの対応づけは難しい。また、通常の地震のモデルとしては問題ないが、スロー地震のような中間的な不安定性を論じられるかは不明である。
そこで本課題では、速度・状態依存摩擦法則自体に注目し、空間スケールを大きくしていった際に摩擦法則がどのように変化するかを系統的に解明する。臨界すべり量Dcとは異なり、速度状態依存則の

パラメタ(a,b)がフラクタル的に分布している証拠はない。そこで空間分布についてはランダムな場合も含めて様々なケースを調べる必要がある。いずれの場合でも、地質学的構造の最短波長に対応する面積要素を最小構成単位として扱い、摩擦パラメタが空間的に（フラクタル的あるいはランダムに）分布した断層面を考える。この断層面が全体として均質な速度・状態依存摩擦法則に従うとみなせるか、それがどのような条件において可能になるかを調べる。例えば不均質性が弱い場合は、速度弱化パッチが複数存在しても滑り面全体が一様に一定速度で滑ることが可能かもしれないし、あるいは滑り速度が面全体で一様に振動するかもしれない。これらの場合は、不均質な摩擦面が実効的には均一な面とみなせることを意味しており、面全体の摩擦特性が新たなパラメタで代表されるはずである。これを「摩擦法則の粗視化」と呼ぶ。本課題の到達目標は、摩擦法則の可視化が可能な場合とそうでない場合がどのような条件で決まるかを、いくつかの具体的な設定のもとで明らかにすることである。一般に、粗視化の可能性はすべりダイナミクスに依存すると予想される。例えば動的な不安定性をもつダイナミクス（通常の地震など）では、空間不均質性のわずかな違いが不安定性によって増幅され、均質な速度・状態依存摩擦法則には帰着されないことが予想される。従って、本研究では不安定性が弱い場合（Hopf分岐点近傍）を中心に解析を行う。不安定性が強い場合（通常の地震になる場合）については、すべり核生成過程に焦点を絞り、すべり核のサイズを均一な場合の理論式と比較することで、「不均質性を考慮した均一なパラメタ」が存在するかを調べる。

（6）本課題の５か年計画の概要：

初年度から3年目（2024～2026年度）においては摩擦パラメタの空間分布がランダムな場合を考え、2027～2028年度においてフラクタル的に分布した場合を考える。
まず初年度（2024年度）においては、もっとも簡単な場合として弾性体の面外厚さが薄い系（すなわちバネブロックモデルに帰着される場合）を考える。この系では核形成過程こそ正しく論じられないものの、面外の薄さによるカットオフ効果により最近接相互作用しか働かないため、系のダイナミクスは境界条件にさほど依存しないことが期待される。そこで周期境界条件など比較的容易な条件でシミュレーションを行い、一様定常すべりが可能な摩擦不均質性の条件を系統的なシミュレーションによって解明する。また、その条件から少し外れると一様に振動することが期待されるが、その実現可能性は不均質性の度合いに依存する。摩擦不均質性の条件を系統的に変化させ、一様な振動が可能な条件を数値的に解明する。
2年目（2025年度）においては、同じ作業を一般的な厚みをもつ系について行う。この場合はすべり核形成過程が論じられるので、（準）定常状態の実現可能性だけでなく、すべり核形成過程におけるモーメント解放量について均一系の理論と比較し、粗視化された摩擦パラメタで記述されるかどうかを論じる。
3年目（2026年度）においては1、2年目の結果に基づいてそのスケール依存性を議論する。シミュレーションにおいて摩擦パラメタを設定する最小構成要素の大きさ自体は任意であるはずだが、大数の法則よりメッシュのサイズとパラメタの分散が関係しているはずである。ただしその場合の大数の法則が単純な算術平均に基づくものかどうかは不明である。そこで1～2年目の結果に基づき、摩擦パラメタの粗視化がどのような計算に基づいているか推定し、その式に基づいた大数の法則を定式化する。その上で、メッシュサイズとパラメタの分散の関係について一般化された大数の法則を提案する。
4～5年目（2027～2030年度）においては、空間的にフラクタル分布した摩擦パラメタの系について1～3年目と同じ解析を行う。この場合の結果は断層面のラフネスのフラクタル性とも関係するので、余裕があれば面の方位のランダムネスを実効的にモデル化する可能性についても検討を加え、完全なグリーン関数に基づく計算結果とも比較する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

摩擦特性の空間不均一性を粗視化する理論的根拠を与えるための第一段階の作業として、令和6年度においては、速度・状態依存摩擦法則に関する理論的考察を行った。初期計画では初年度からシミュレーションを実施する予定であったが、まずは解析的な考察を行うこととした。この考察によって全体の大まかな見通しを得ることで、次年度以降のシミュレーション研究をより効率的に進めることができると見込まれるからである。
先行研究においては、二体のバネブロックモデルに関して解析が行われており、定常すべりの不安定

化条件が求められている（Skerbek et al. 2012; Ruo & Ampuero 2018）。その結果は一体の場合の不安定化条件と同型であるが、摩擦パラメタについては各ブロックにおける値の算術平均になっている。そこで我々は、連続体断層において摩擦パラメタが不均一に空間分布している場合に一様定常すべりの不安定化条件を考えた。
そこで鍵となる概念は加算性である。通常、速度状態依存摩擦法則は摩擦係数について書かれるが、異なる場所の異なる摩擦係数は加算的ではない。加算的なのは力である。そこで速度状態依存摩擦法則を摩擦力について書き直し、空間的に加算できるようにする。その上で、すべり速度が一様とみなせる範囲で和をとることで、空間的に粗視化された摩擦力が得られる。粗視化された摩擦力は速度状態依存摩擦法則で書かれ、係数aとbについては算術平均で置き換えられることが示せた。一方で状態変数については算術平均ではなく指数重みつき平均で書かれることも分かった。この重みはパラメタbに比例しており、その分散がそれほど大きくなければ通常の重みつき平均でよく近似できることも分かった。この時はaging lawが粗視化された領域でもよく成り立つ。他方、slip lawについては摩擦力の線形緩和を記述していることから、発展法則を状態変数ではなく摩擦力の時間発展で記述した場合は常に加算的であり、aging lawより一般的にスケール不変であることも分かった。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
項目「1. 地震・火山現象の解明のための研究　（３）地震発生過程の解明とモデル化」においては、断層面やその周辺におけるひずみと応力の蓄積、地震時の断層破壊過程、地震活動の階層性などに関する理解に基づいて地震の発生過程の解明を進めている。いずれの課題についても断層摩擦特性の空間不均一性が深く関わっている。特に地震サイクルシミュレーション研究で設定する空間メッシュの大きさは実験で用いる岩石試料の大きさをはるかに超えているため、そこに速度・状態依存摩擦法則を設定する際には注意が必要である。災害軽減のためにはより現実的かつ高精度の数値シミュレーションが必要であるが、それを可能にするためにはある程度大きい空間スケールで粗視化された摩擦法則の設定が必要になる。加えて、摩擦パラメタに関しては不可知な部分も多く、その設定には統計的取り扱いが必要になることも多い。本研究はそのような動機に基づき、摩擦法則の粗視化とそれに伴う統計法則を解明し、地震サイクルシミュレーションで設定する摩擦法則に関する一般的な指針を与えることを目的としている。令和6年度においてはその基礎的な理論的考察を行い、次年度以降に行うより定量的な分析の準備とした。次年度以降の計画が進むことにより、上記の道筋に沿って建議へ貢献できる。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
・論文・報告書等

François Pétrélis et al J. Stat. Mech. (2024) 043404 DOI 10.1088/1742-5468/ad2dd6,査読有,謝辞有

Lin, Z.-Y., & Hatano, T. (2024). Rheology and structure of model smectite clay: Insights from molecular dynamics. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 129, e2024JB028850. https://doi.org/10.1029/2024JB028850,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：
令和7年度においては、前年度に行った理論的考察をもとに、摩擦パラメタが不均一に分布した断層におけるすべり核形成過程のシミュレーションを実施する。二次元的媒質における一次元断層を考え、両端の変位はゼロとした上で背景応力を与える境界条件を採用する。摩擦パラメタa, bは正規分布として与える。すべり核形成挙動をシミュレーションして臨界すべり核サイズを評価し、それが均一系の理論値とどのように対応するかを調べる。令和６年度における解析では、パラメタ分散がある程度小

さい時に均一系の理論値において摩擦パラメタを算術平均で置き換えたもので記述されることが分かっている。その置き換えがどこまで成り立つか、パラメタ分散が大きい場合をシミュレーションによって調べ、算術平均による置き換えが妥当な条件を明らかにする。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

亀伸樹（東京大学地震研究所）
他機関との共同研究の有無：有
波多野恭弘（大阪大学大学院理学研究科）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：大阪大学大学院理学研究科（波多野恭弘）
電話：
e-mail：hatano@ess.sci.osaka-u.ac.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：波多野恭弘
所属：大阪大学大学院理学研究科

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_04

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）多項目観測と解析高度化による火山活動の定量的理解

（英文）Quantitative understanding of volcanic activity through multi-observation and improved analysis

（3）関連の深い建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
　　(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化

（4）その他関連する建議の項目：

２ 地震・火山噴火の予測のための研究
　　(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）
５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
　　(5) 大規模火山噴火
６ 観測基盤と研究推進体制の整備
　　(1) 観測研究基盤の開発・整備
　　イ. 観測・解析技術の開発

（5）本課題の５か年の到達目標：

本課題では、「火口近傍での多項目観測」、「火山活動評価のための解析高度化」、「衛星データ解析手法の高度化」、「新たな観測手法の開発」、「モデル実験」の5つの項目について、以下に示す計画のもと実施する。

１．火口近傍での多項目観測

比較的短かい間隔で噴火を繰り返す活動的な火山は噴火の全過程にわたるデータが得られるほか、現在活動中もしくは噴火準備過程にあると火山は噴火過程やマグマ蓄積過程に関する理解を得る重要なデータを提供してくれる。ここでは、浅間山・霧島・伊豆大島などを対象とし、地震・GNSS・傾斜・重力・電磁気・空振・火山ガス等の多項目の観測を実施しデータを取得する。加えて、噴火が発生している桜島を中心に空振計アレー、空中電界変動計、可視・赤外カメラを設置する。噴火発生前後に現れる観測データの特徴を把握し、噴火発生検知のアルゴリズムを構築する。また、周辺の定常観測点の地震・地盤変動データも活用し、火道・マグマ溜まり内と噴煙過程の関連性を調べ、噴火ダイナミクスの理解を得る。また、空中電界変動計による観測例は少ないため、前建議で設置した阿蘇山、霧島、浅間山で継続し、活動の活発化が見られた際は、できるだけ多項目の観測を展開する。浅間山、伊豆大島及び阿蘇において、超伝導重力計、絶対重力計、および相対重力計を用いた精密重力観測を行う。これにより、活動的な火山における重力観測技術を向上させるとともに、マグマの動きに関連した信号をとらえることを目指す。特に感度の高い重力計である超伝導重力計を用いた観測を浅間山で初めて実施し、かつてない高精度での密度変化のモニタリングを試み、火山活動にかかわる地下の物質移動機構の解明に資するデータを取得する。霧島火山では、2008年以降の噴火活動の準備過程を明らかにするため、1980年代から2011までの地震データを整理し、1991年、1992年に新燃岳で発生した微噴火の前から現在の噴火活動に至るまでの地震活動の特徴を明らかにする。

２．火山活動評価のための解析高度化

火山浅部で起きる火山構造性地震や低周波地震などの活動様式を機械学習などの手法をもとにリアルタイムで把握するとともに、詳細な活動特性を通して現象の発生メカニズムの解明やマグマ供給過

程などの噴火現象につながる過程との関連性についての理解を深めていく。霧島、浅間山、伊豆大島、富士山などを対象領域として、火口近傍の高密度観測で取得されたデータを活用し、高精度な地震の検出及び震源決定、イベント分類を各火山で実施、活動特性の把握を行う。さらに群発地震活動ついて、地震活動様式や地殻変動データ等をもとに、マグマ性流体との関係などの発生メカニズムの理解を深める。火山深部での深部低周波地震についても、地震検出やメカニズム解推定を通して火山深部でのマグマ供給過程の解明につなげる。非噴火時から噴火や噴火未遂などの長期的な火山活動の推移を、ノイズに隠れた微弱な連続振動を抽出するSeismic Background Level (SBL)の解析や、地震・空振統合解析手法を発展させ、噴火発生の検知や推移の把握、噴火機構解明に役立てる。

３．衛星データ解析手法の高度化

これまで開発・運用を行ってきたアジア太平洋域のリアルタイム火山観測システム（RealVOLC）の運用を継続しつつ、観測機能の拡張と観測結果を用いた噴火発生機構の解明とモデル化を行い、防災への応用を検討する。観測機能の拡張として、1) AHIの赤外画像を用いた火山灰・火山ガス（二酸化硫黄）の解析システムの開発、2) 国外機関が運用する衛星（Sentinel-5P/TROPOMI、GEO-KOMPSAT-2B/GEMS等）による二酸化硫黄放出量の解析システムの構築、3) SGLI等を用いた海域火山の変色水モニタリングシステムの開発等を実施する。さらにひまわり9号が2029年度に設計寿命を迎えることから、後継機のデータを用いたモニタリングが継続できるよう、現行システムの改良を実施する。上記の運用で得られる観測結果（熱異常、火山灰噴出量、二酸化硫黄放出量等）を用いて高時間分解能を持つ時系列データを提供し、商用衛星等で観測される高分解能画像（地上分解能1m以下）や他の観測項目と合わせて、噴火推移の詳細な把握を行う。特に、溶岩ドーム形成やブルカノ式噴火、プリニー式噴火などの熱異常や火山灰・火山ガス放出量が顕著なイベントに対し、噴火推移の詳細な復元と各種観測量による定量的なモデル化を行い、噴火発生機構の解明を目指す。一方TROPOMIなどの人工衛星データの活用には、大規模な噴火を継続しているときは定量が可能であるが、活動度が低下し噴煙規模が下がってきたとき、どのような活動レベルまで推定できるのかが明確になっていない。これは、TROPOMIの解析による定量値が、二酸化硫黄量だけでなく、噴煙の高度、表面（海面）の状況、大気エアロゾルの分布や雲の状況に大きく左右されるためである。このため、TROPOMIデータの海域火山における非噴火時の二酸化硫黄放出の定量性を把握するため、TROPOMIデータ検証や実測データとの比較が不可欠である。現行建議で確立された定期フェリーを用いた海上からの紫外分光測定による火山ガス(二酸化硫黄)放出率のモニタリングネットワークによる南西諸島の離島火山の海上からの実測測定データとTROPOMIデータを比較し、海面状況や気象条件などの様々なパラメータを検討することで、二酸化硫黄検出の特性を明確にし、定量性を検証する。

４．新たな観測手法の開発

火口近傍はSNが高く良質なデータが得られるが、観測の実施は容易ではない。火口近傍観測に適した観測装置の開発や、飛行体の活用など観測に必要な様々な技術開発も進める必要がある。そのため、ドローンを用いた火山観測手法の開発・高度化を進め、空中磁気測量等をさらに進める。噴火活動が近いことが予測される伊豆大島や三宅島などでマグマ上昇に伴う熱消磁を捉えるための測定を行う。霧島新燃岳では、前回噴火後の冷却過程を捉えるとともに、将来起こりうる噴火活動に備えて磁場変化を測定する。火山活動に伴って山体から放出されるラドン・トロン濃度の時間変化を安定して観測するため、アルファ線スペクトル法による土壌ラドン・トロン濃度の超小型観測装置を開発し、山体に面的に設置して観測を行い火山活動のモニタリングを行うことを試み、火山活動の推移を評価する手法として有効かどうかを検証する。伊豆大島・阿蘇山・桜島などで実証観測を行い、火山活動とラドン・トロン濃度比の時間変化を比較する。

５．モデル実験

多項目観測データから背景にある物理・化学過程の理解を進めるための室内実験を実施し、現有の火山噴火模擬実験システムを運用改良し、噴火推移や振動メカニズムを明らかにする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

令和6年度

浅間山・霧島・伊豆大島などで多項目観測を実施する。長野県松代に設置されている2台の超伝導重力計の１台（小型のiGravタイプ）を浅間火山観測所に移設し，連続観測を実施する。松代における超伝導重力計観測も連動させ、可搬型相対重力計による結合や、ローカルな気圧観測アレイの構築などにより、観測精度のさらなる向上を図る。超伝導重力計の検定するために、1年に2回程度（1回あた

り3日程度）の頻度で、同観測所において絶対重力計による測定を行う。さらにスーパーハイブリッド重力測定を2回程度の頻度で実施する。霧島観測所において1980年～1994年の紙記録として残っている読み取り値と震源データをディジタル化する。また1994年～1999年のWINシステムにより磁気テープに収録された連続データを読み出し、トリガー処理・震源決定を行う。

各火山での観測データを整備するとともに、火山性地震検出や異常現象検出のための機械学習手法の開発検討を進める。

衛星データ解析による火山灰・火山ガスのモニタリングシステムの試作を進める。過去のフェリーデータを再度点検し、必要があれば再解析を行う。その後、TROPOMIデータと詳細に比較検討し、どのような条件であれば、TROPOMIデータで二酸化硫黄が検出されるのか、海域火山におけるTROPOMIの二酸化硫黄検出特性を明確にする。また同様な作業を新規のフェリーデータにも行う。この際、衛星「ひまわり」の可視画像や赤外画像と合わせつつ検証していく予定である。

ドローンを用いた火山観測手法の開発・高度化を進める。1秒サンプリングで7200秒までのスペクトル変化を記録することでラドン濃度とトロン濃度の時間変化と放出率を同時に求めることができる装置を製作する。

令和7～8年度

浅間山・霧島・伊豆大島などで多項目観測を実施する。超伝導重力計観測を継続させるとともに、検定のための絶対重力計による測定、スーパーハイブリット重力測定を実施する。霧島火山での個々の地震イベントとモニター紙記録の波形を紐付し、可能の限り波形の分類を行う。前年度に得られた読み取りデータを用いて精密相対震源決定法による震源再決定を行い、他の観測データ（主に地殻変動）と比較検討しながら、霧島火山群の噴火準備過程の考察を行う。

火山性地震検出や異常現象検出のための機械学習アルゴリズムの開発検討を進めるとともに、浅間山、霧島、伊豆大島などを対象に火山性地震検出を実施、群発地震や深部低周波地震の活動特性の検証も進める。各火山におけるSBLと火山活動との関係についても検証を進める。

試作した火山灰・火山ガスモニタリングシステムの評価によるシステムの改善と、変色水モニタリングシステムの試作・改善・実装を進める。過去のフェリーデータの再度点検、再解析を行うとともに、令和8年度はTROPOMIデータとフェリー観測データで独立に活動評価を行い、TROPOMIの活動把握の能力を検証する。

ドローンを用いた火山観測手法の開発・高度化を進めるとともに、令和7年度に霧島で、令和8年度に霧島または口永良部島でマグマ上昇に伴う熱消磁を捉えるための測定を行う。土壌ラドン・トロン濃度測定装置機能の実証実験を行うため、装置を火山山体に面的に設置する。令和8年度以降は、各火山の活動にともなって観測値がどのように変化するかを評価し、この観測法が火山活動の推移を評価する手法として有効かどうかを検証する。

令和9～10年度

浅間山・霧島・伊豆大島などで多項目観測を実施する。超伝導重力計観測を継続させるとともに、検定のための絶対重力計による測定、スーパーハイブリット重力測定を実施する。

火山性地震活動様式やSBL変動と火山活動との関係やその発生原因検証を進めるとともに、開発された手法による自動での火山性地震モニタリングや火山異常検出などの実装につなげる。

衛星データ解析システムの評価・改善を行い、さらに顕著なイベントのあった火山での観測結果にもとづく、噴火推移把握のためのパラメータの抽出・評価を行う。それまでに得られた海域火山でのTROPOMIの二酸化硫黄検出特性の知見を元に、他の海域火山の活動時にどのような活動把握が可能になるか明らかにしていく。

令和10年度に伊豆大島または三宅島でドローン観測を実施し、解析・とりまとめの実施、必要に応じて補充観測を行う。ラドン・トロン濃度観測を継続し、各火山の活動にともなって観測値がどのように変化するかを評価し、この観測法が火山活動の推移を評価する手法として有効かどうかを検証する。

また、各年度において多項目観測で観測された現象の物理過程の理解をするための室内実験、モデリングを実施し、背景にある物理・化学過程の理解を進める。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

（前計画における成果の概要）
火口近傍の多項目観測により、マグマ蓄積過程や噴火過程の理解が進み、さらに空中電界変動計計測により地震計や空振計で確かに検知できていない噴火を検知することが可能となった。絶対重力測定を複数の火山で実施しGNSSデータと組み合わせることにより、長期的な重力増加が検出され地下の圧力ソースをモデリングすることが可能となった。データ解析の高度化を進め、機械学習を用いた火山性地震検出手法やノイズに隠れた微弱な連続振動を抽出する解析手法を確立させた。噴火等の表面現象に伴う空振をより簡便に精度よく計測するため、空振観測方法を確立し実用化させた。衛星画像解析を進め、 GCOM-C（しきさい）SGLI画像の処理とその情報公開システムを完成させ、ひまわり8号の観測と空振・地震等の観測、噴出物の検討結果等を併せ、福徳岡ノ場2021年噴火やトンガ2022年噴火の解析を進めた。フェリーを用いた海上からの紫外分光測定による火山ガス測定を実施し、口永良部島の測定の他に、南西諸島の諏訪之瀬島、中之島、薩摩硫黄島火山での二酸化硫黄フラックスの繰り返し測定法を確立した。空中磁気測量を伊豆大島・三宅島・霧島火山で実施し、伊豆大島カルデラ、三宅島、霧島火山では、マグマ活動に関連する磁気変化を検出することに成功した。ラドン観測システムの開発及び長期観測を通して、地震に伴うラドン濃度の変動について検出した。

（今年度の成果の概要）
本研究課題では、新たな観測項目開発を含む多項目観測の実施、解析手法の高度化及び噴火物理過程理解を通して、火山活動予測の高度化を目指している。それを踏まえて実施している、「火口近傍での多項目観測」、「火山活動評価のための解析高度化」、「衛星データ解析手法の高度化」、「新たな観測手法の開発」、「モデル実験」の5つの項目について、今年度は下記の成果が得られた。
１．火口近傍での多項目観測
浅間山、霧島、伊豆大島などを対象とし、地震・GNSS・傾斜・重力・電磁気・空振・火山ガス等の多項目の観測を継続しデータの取得を行った。浅間山と霧島において空中電界変動観測を実施しデータ取得を進めた。絶対重力観測については小型超伝導重力計iGravを浅間火山観測所に設置して観測を開始した（図1）。使用した重力計は、当初予定していたもの（シリアルナンバー028）ではなく、令和6年度に東北大学より東京大学へ移管されたもの（シリアルナンバー003）である。浅間観測所における設置作業は順調であったが、初期の動作に不安定な部分が見られるため、引き続き調整作業を慎重に進めている。また、これに先立ち、同機を山梨県富士山科学研究所に設置し、約４ヶ月にわたりテスト観測を行った。またデジタル記録として保存されていない過去の火口近傍観測観測データを解析に活用するため、霧島火山観測所に紙記録として残っている読み取り値と震源データのデジタル化を進めた。さらに2008年霧島新燃岳噴火前の地震カタログの整備を進め、噴火前後のb値の時間変化を明らかにした。空振観測については機動的に空振観測を行うための極小アレイ(Very-Small-Aperture Array)手法を開発してきたが、見かけスローネスが周波数によって大きくなり、信号の到来方向を実際よりも上に推定してしまうという問題があった。これが、アレイ周辺の地形の影響であることを確認するために、有限要素ソフトウェア(COMSOL Multiphysics)を用いた数値計算を実施した。

２．火山活動評価のための解析高度化
ノイズに隠れた微弱な連続振動を抽出するSeismic Background Level (SBL)の解析を、草津白根山・伊豆大島・霧島山・および、活発な噴火活動を行っているカムチャッカの火山に対して実施した。草津白根山やカムチャッカのKlyuchevskoy 火山において、SBLの盛衰と他の観測項目が示す火山活動が調和的な事例が確認された（図2）。機械学習を用いた火山性地震タイプについて、自然言語処理などで利用されている、Transformer Encodersを用いた火山性地震分類のためのアーキテクチャ（図3）を開発した。このモデルをもとに、浅間山で過去20年間にわたり整備された火山性地震のカタログ及び観測波形データをもとに、モデルの訓練及びValidationを行った。その結果、従来の畳み込みニューラルネットワーク(CNN)に基づいた手法と比較して、大幅な性能向上が認められた（表1）。また、PhaseNet (Zhu and Beroza, 2019)によるPhase pickingによる火山性地震検出フレームを霧島火山へのデータに適用し、2024年日向灘地震により誘発された詳細な火山性地震活動の描像が明らかになった。

３．衛星データ解析手法の高度化
RealVOLCの運用を継続し，アジア太平洋域の火山の熱異常モニタリングを継続した。詳細な検討事例として，西之島の2021年以降の活動をピックアップし，ひまわりおよびしきさいによる赤外画像

とTROPOMIのデータを用いた熱異常・二酸化硫黄放出量の評価を行った（図4）。火山ガスのモニタリングシステム構築のため，GEMSのデータについて浅間山・十勝岳・桜島等の二酸化硫黄放出量の多い火山について解析を実施した。その結果，GEMSは日本域においてはS/N 比が悪い事例が多く，二酸化硫黄放出量の準リアルタイム解析にはTROPOMIの使用が好ましいことが分かった。南西諸島の海域離島火山のフェリーによる二酸化硫黄放出率測定のフラックスデータの再度確認を行うとともに、現在継続しているフェリー観測の装置の修理を行った。また、この観測手法の社会実装に向けての技術移転についての検討を開始した。該当する火山におけるTROPOMIの二酸化硫黄データを確認した（図5）。

４．新たな観測手法の開発

今年度の目標である、火山山体に埋設できるラドン同位体比連続測定装置を開発すること、が達成できた（図6）。この装置は市販の装置と同等以上の応答性能を持ちながら、市販品の4倍のスペクトル分解能を実現することでラドン同位体比を連続的に測定して評価でき、1/20での低コストで製作できるという性能を実現した。

５．モデル実験

浅海の噴火において、海中の噴煙が周囲の水を取り込む量は、噴煙の到達高度など、噴火の重要なパラメータに影響を与える。大気中噴煙については多くの理論・実験・数値計算による研究結果があるが、海中噴煙に対しては理解が進んでいない。本研究では、水槽実験によってその効率を推定したところ、大気中の効率よりも一桁小さいことが明らかになった。その値を用いて、福徳岡ノ場およびトンガにおける浅海火山噴火を想定した一次元噴煙シミュレーションを行ったところ、現実的な噴煙挙動を得ることができた。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

１．火口近傍での多項目観測について、非常に高感度な超伝導重力計を用いた連続観測を実施することにより、活動的火山の地下で起きる微小な密度変化を、重力変化の信号の形でとらえることができる可能性がある。今年度は、浅間火山の中腹に超伝導重力計を設置して観測を開始したところであり、今後蓄積されるデータを解析することにより、この火山の静穏時における重力変化を特徴づける基礎データが得られると期待される。空振アレイ解析に対する地形の影響の評価は、「6(1)イ. 観測・解析技術の開発」である。また、空振の音源位置をより正確に求めることにつながるため、「1(4) 噴火機構の解明とモデル化」に対して観測からの制約を与えることになる。２．火山活動評価のための解析高度化について、SBL解析による結果は、これまで検出できていなかったゆっくりとしたマグマの上昇による浅部への熱供給を反映していると考えており、その事例研究を重ねることにより、「1(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化」「2(3)火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）」へとつながる。これまで、霧島火山のみで報告されていた現象に対し、新たに２例が付け加わったこと、さらに、反例も見つかったことは、この目的達成に大きな意義を持つと考える。機械学習に基づく火山性地震検出手法開発は、2(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行に大きな寄与を果たしており、今後システムの開発を進めていくことにより詳細な火山性地震活動のモニタリングを通した火山活動予測精度の向上に大きな役割を果たす。３．衛星データ解析手法の高度化について、フェリーによる火山ガス観測については、これまで蓄積したフェリーによる南西諸島海域離島火山の二酸化硫黄フラックスデータは、これらの火山の活動機構の解明や評価に資する基礎データとなり、建議項目1(4)の目標に不可欠であるとともに、火山活動評価の高度化を通して「災害の軽減に貢献する」内容となっている。４．新たな観測手法の開発について、ラドン観測の最終目標は、火山山体において複数点のラドン同位体比の連続測定を行うことによって火山の活動推移を評価することである。市販品と同等以上で1/20の低コストで計測装置が作れたことは、複数点計測を容易に実現できることになる。このような面的な観測は火山活動・噴火機構の解明に貢献できると考えている。５．モデル実験について、乱流噴煙が周囲流体を取り込む効率は、噴煙の挙動を決めるもっとも重要なパラメータで、噴煙の到達高度と「噴出率」の関係に影響を与える。そのモデルの見直しを行うことは、「1(4) 噴火機構のモデル化」の一部である。また、「5(5) 大規模火山噴火」の研究にも貢献する。

以上、本研究課題は、多項目観測の拡充、火山活活動評価及び衛星データ解析の高度化、観測手法開

発、モデル実験をとおして、噴火機構解明とモデル化、火山活動推移の定量的評価、手法開発につながるものであり、今後研究課題を推進していくことで火山活動予測の高度化につながることが期待される。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Kawai, T., Y. Yukutake, R. Doke, and R. Honda, 2024, Contribution of aseismic slips to earthquake swarms at the Hakone volcano, Earth, Planets and Space, 76(1), 152, doi:10.1186/s40623-024-02098-1,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

Galina, N., Ichihara, M., Yukutake, Y., et al. , 2024, xploration of the seismic background level (SBL) as a precursor of volcanic eruptions: cases of Izu-Oshima and Kirishima complex volcanoes (Japan), ERI-IPGP Workshop, IPGP Paris,

Ichihara, M., and Ozaki, T., 2024, Application of the 1-D plume model to a shallow-sea eruption, ERI-IPGP Workshop, IPGP Paris

小林宰,市原美恵,行竹洋平,野上健治,寺田暁彦, 2024, 草津白根山（湯釜付近）の2014,及び2018年の火山活動活発化とSeismic Background Level (SBL)の時間変化, 2024年日本火山学会, P37

鈴木 悠悟・金 亜伊・山崎 眞見・行竹 洋平, 2024, Transformerエンコーダーを用いた火山性地震分類における解釈可能性向上の検証, JPGU 2024

行竹洋平, 2025, 機械学習を活用した火山性地震活動の監視、研究集会「箱根山噴火から10年-水蒸気噴火の前兆把握と防災対応の到達点-」

森俊哉, 2024, 火山ガス観測の進展と火山活動評価：現状と課題, 令和6年度 京都大学防災研究所共同利用一般研究集会 2024WS-06「火山活動評価研究の現状と今後の展望」

及川・田島, 2024, 新燃岳2008年噴火の以前，噴火直前及び以後に発生した火山性地震の深度とb値の特徴，火山学会2024年秋季大会

金子隆之, 2024, 衛星を使った西之島の観測, 西之島の分野横断研究を加速するための研究集会,

森田雅明, 森俊哉, 金子隆之, 2024, TROPOMIによる西之島の二酸化硫黄放出率測定, 西之島の分野横断研究を加速するための研究集会,

金子隆之, 森田雅明, マム・マネル, 安田敦, 2024, ひまわり・GCOM-Cによる西之島2021年から2023年の活動観測, 日本火山学会2024年度秋季大会

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

浅間火山においては、重力への降雨の影響が顕著であることが、過去の研究から明らかになっている。そこで、地下水の影響を調べるため、観測所の近傍に浅井戸を設置して、湧水量の観測を開始する。また、超伝導重力計の器械的なドリフトを検定するため、絶対重力測定を実施する。令和６年度デジタル化した読み取りデータ等をもとに1990年代の新燃岳噴火活動に伴う火山性地震活動を明らかにし、2008年以降の火山活動と比較し、霧島火山群の噴火準備過程、噴火過程の考察を行う。火山性地震検出や異常現象検出のための機械学習アルゴリズムの開発検討を進めるとともに、浅間山、霧島、伊豆大島などを対象に火山性地震検出を進める。フェリー測定したスペクトルデータの解析方法の再検討を行う。また、TROPOMIデータの比較を継続して進めていく。ハイスペックかつローコストなラドン計を開発できたことから、来年度は、大島三原山にある地殻化学実験施設の大島観測点のそば、お

よび山頂付近の地熱地帯など、複数点に観測装置を設置して可能な限り長期の観測を行うとともに、火山活動との関連を評価する。さらに、桜島など活動的な火山においても同様の観測を試みる。2011年・2018年にマグマ噴火を起こした新燃岳において、2011年以降繰り返し無人ヘリ空中磁気測量を行っており、溶岩流出・冷却固化による磁化変化を検出し、2018年噴火で磁化変化のトレンドが変化したことを確認してきた。令和7年度予定の観測では、その後の磁場変動トレンドの変化を求め、2011年噴火後の変化との比較から、2011年・2018年マグマ噴火の相違点を主眼に研究を実施し、今後の推移予測また噴火前兆検出の可能性に資する情報を得ることを目的する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

市原　美恵（東京大学地震研究所）,今西　祐一（東京大学地震研究所）,及川　純（東京大学地震研究所）,大湊　隆雄（東京大学地震研究所）,金子　隆之（東京大学地震研究所）,小山　崇夫（東京大学地震研究所）,森田　雅明（東京大学地震研究所）,行竹　洋平（東京大学地震研究所）

他機関との共同研究の有無：有

角森　史昭（東京大学大学院理学系研究科）,名和　一成（産業技術総合研究所）,西村　太志（東北大学大学院理学研究科）,森　俊哉（東京大学大学院理学系研究科）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：行竹洋平
所属：東京大学地震研究所

図1 浅間火山観測所に設置された小型超伝導重力計iGrav #003

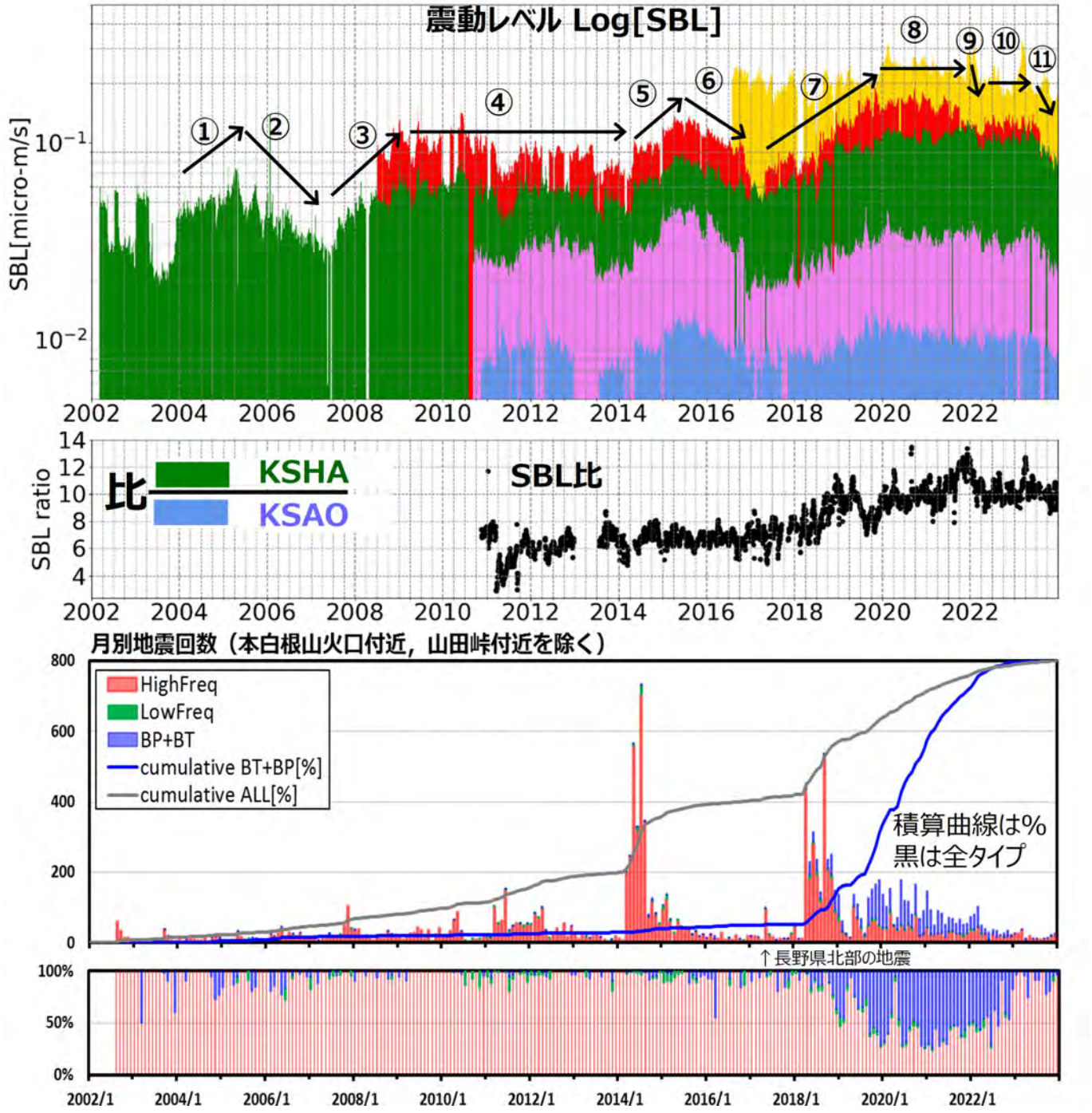


図2 草津白根山（湯釜付近）の観測点におけるSBLの時間変化と地震活動との比較（小林ほか、2024、火山学会）。（上段）草津白根山湯釜付近観測点のSBLの時系列変化。（中段）KSHA観測点とKSAO観測点におけるSBLの比。（下段）草津白根山における火山性地震の時系列変化。

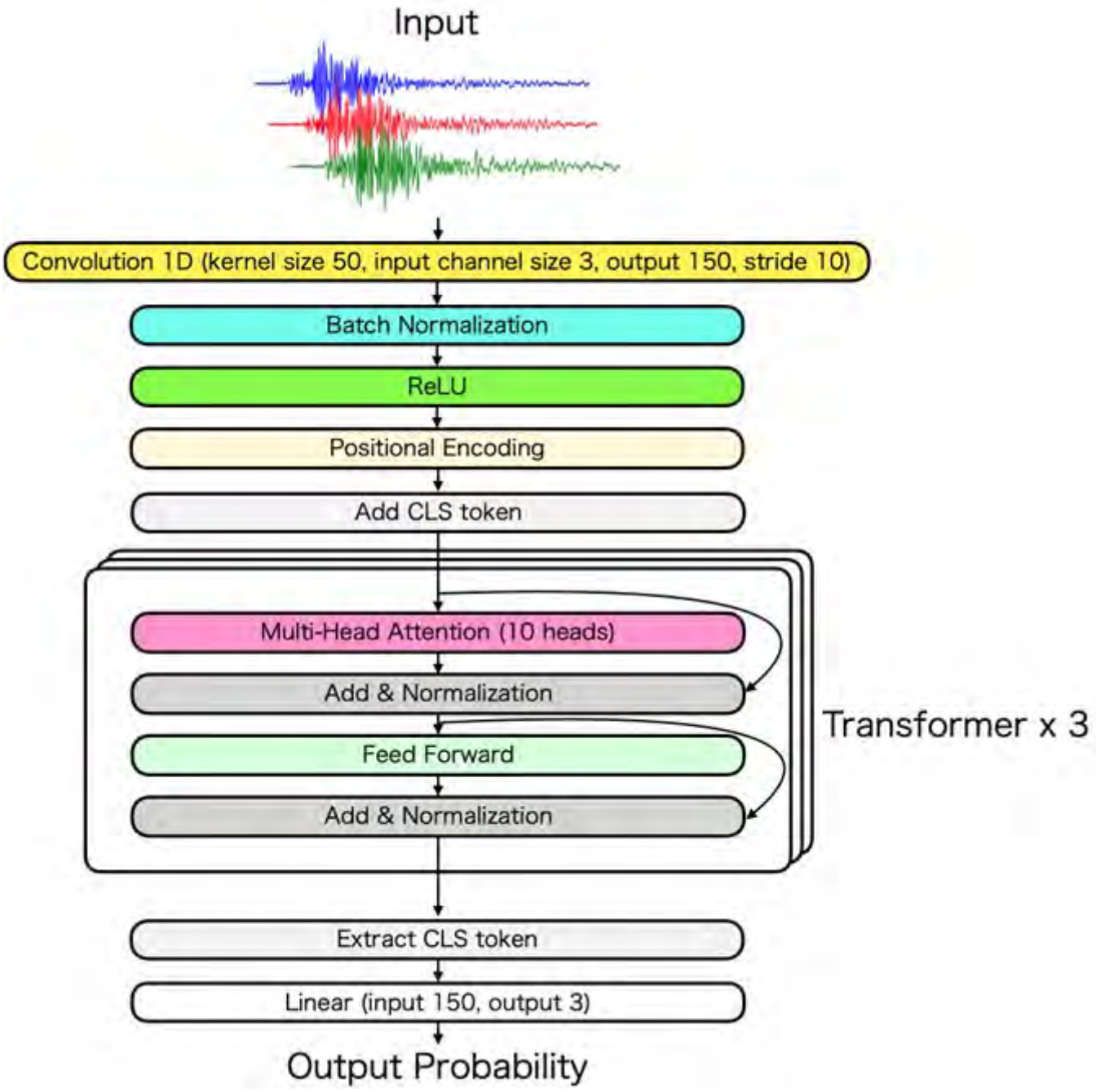


図3　Transformer Encodersを用いた火山性地震分類のためのアーキテクチャ（Suzuki et al.,　投稿中）

	2021 (Episode 5)	2022 (Episode 6)	2023 (Episode 7)
Image:Himawari / 3.9 μm	Faint	Observed	Observed
Chart: Himawari / 2.3 μm	—	2 Weeks	3 Month
Chart: GCOM-C / 1.6 μm	—	—	3 Month

Faint thermal anomalies on the image

Occurrence of thermal anomalies on the charts

Extension of anomaly period

Occurrence of **anomalies** at **1.6 μm**, suggesting the presence of a high-temperature heat source (>300-400 °C)

Increase in the thermal activity

図4ひまわりおよびしきさいによる，赤外画像とTROPOMIのデータを用いた西之島の2021年以降の熱異常・二酸化硫黄放出量の評価

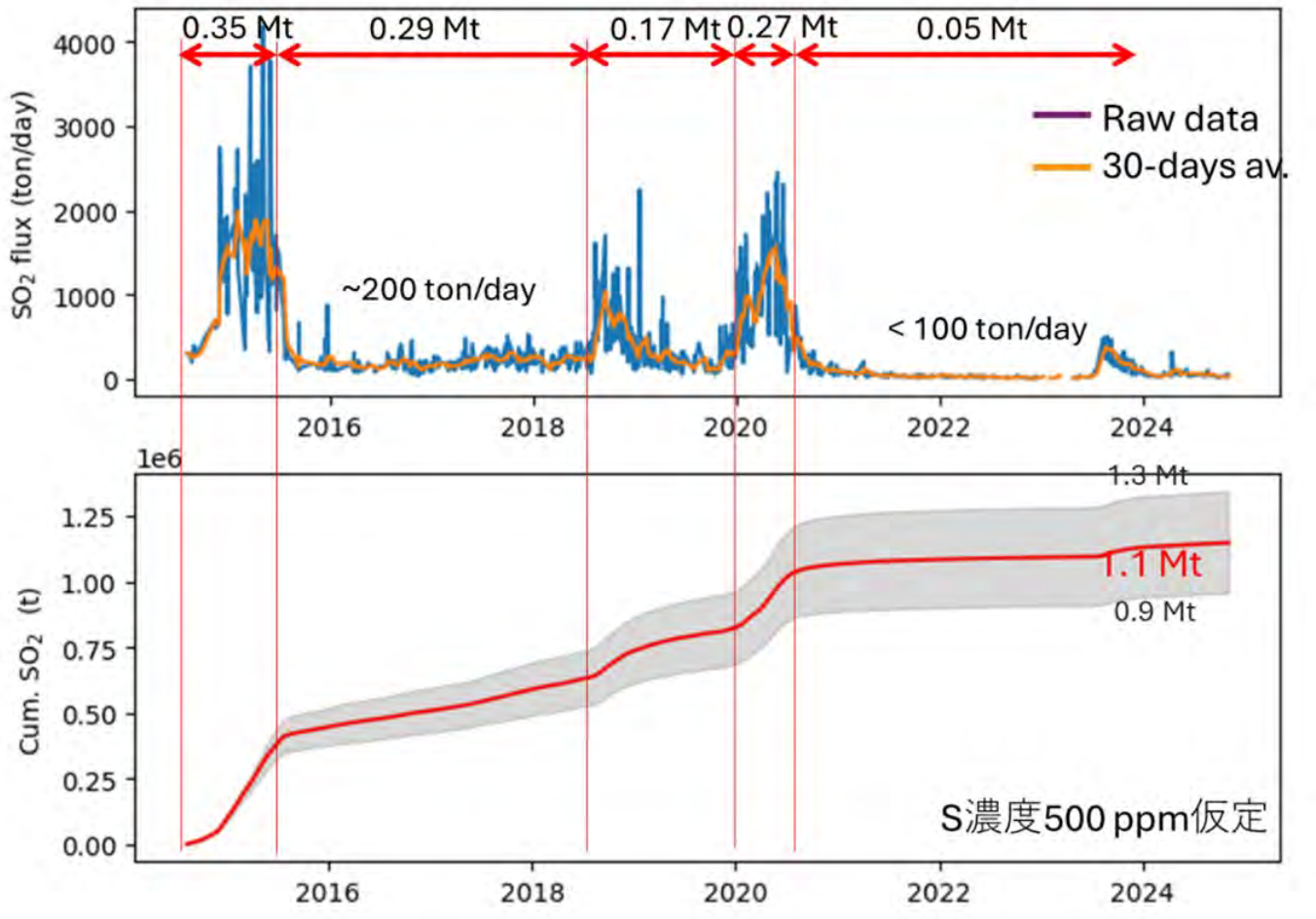


図5 口永良部島2014年8月の噴火以降の一連の活動における二酸化硫黄フラックスと総放出量。

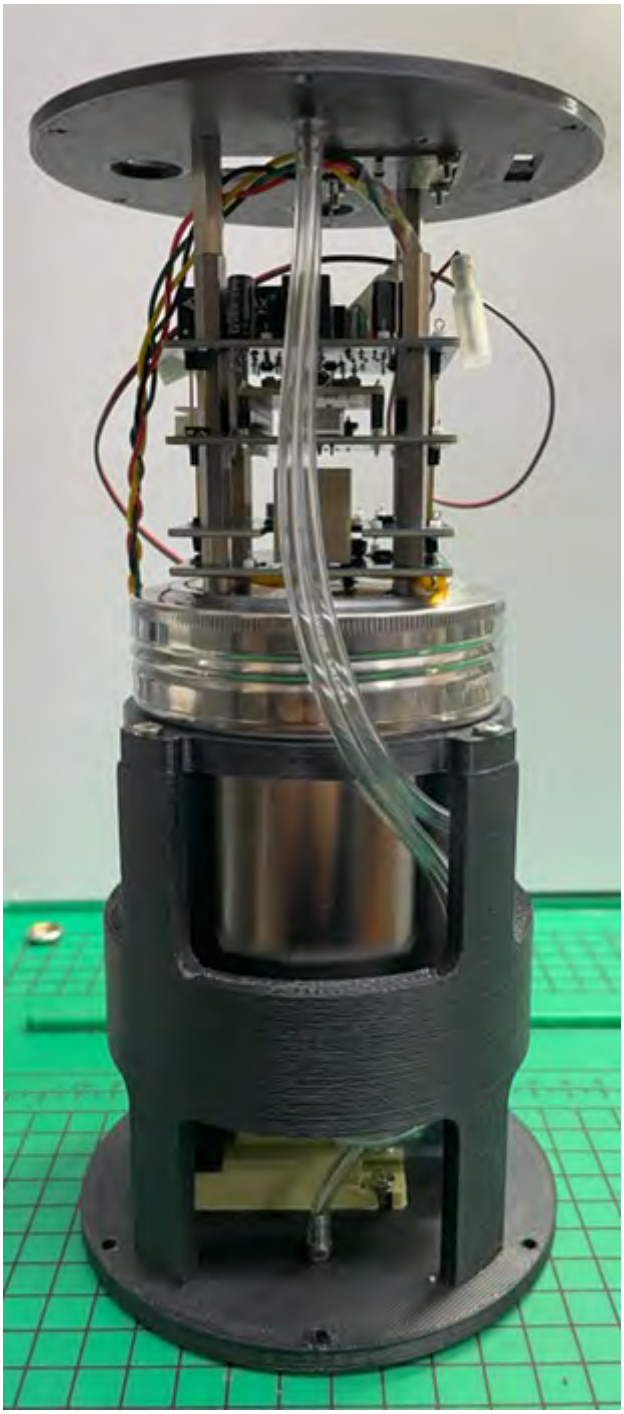


図6 火山山体に埋設可能なラドン同位体比測定装置の構成と外観（外套を外した状態）。

Model	This Study			CNN[a]		
BACC	0.968			0.918		
Event Type	A	B	Noise	A	B	Noise
Precision	0.935	0.975	0.993	0.784	0.962	0.984
Recall	0.984	0.940	0.982	0.977	0.826	0.953
F1 score	0.959	0.957	0.987	0.870	0.889	0.968

表 1 CNN modelとのパフォーマンスの比較（Suzuki et al., 投稿中）

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_05

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）海陸プレート境界における海域観測によるプレート間滑りの把握と多様なプレート間すべりのモデル構築

（英文）Diversity of slip between plates by marine observation in the plate boundary regions and modelling of slip between plate boundaries

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
地震
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(2) 首都直下地震
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

（5）本課題の５か年の到達目標：

近年の観測より、沈み込み帯では多様な滑り現象が発生していることが明らかとなっており、スロー地震を含む地震活動、スロースリップに代表される地殻変動などの地殻活動の詳細を現在最先端の海底観測技術をもちいた長期のモニタリングを用いて明らかにする。観測の実施対象域は、地震発生サイクルにおいて、様々な状態に位置していると考えられる沈み込み帯とする。日本海溝南部は、巨大地震である東北沖地震の震源域に属していると考え、伊豆小笠原海溝北部は東北沖地震震源域に隣接する地域である。一方、相模トラフでは、1923年の関東地震が発生しており、その後海溝型の巨大地震は発生していない。南海トラフ東部から中部は、巨大地震の発生が予想されている領域である。このような沈み込み帯において、海底観測測器を用いた長期モニタリングを実施し、プレート境界の状態を把握する。一方、海底から得られた試料を用いて沈み込み帯浅部条件の摩擦実験を行うことにより、多様なすべり現象の条件・要因を明らかにする。得られた観測結果と実験結果を併せて、多様なプレート間すべりをモデル化する。本課題の５か年の到達目標は、プレート境界の状態の把握および多様なすべり現象の条件・要因の解明であり、これらから多様なプレート間すべりをモデル化することである。本課題は、沈み込みプレート境界における地震発生機構に関する理解を進めるために必要不可欠であり、さらに、将来的には地震サイクルのモデル化により、大地震発生の長期予測の信頼性を高めることに資することをめざす。さらに、起こりうる地震の最大規模、プレート運動による歪み

の蓄積量などを推定し、さらに他の沈み込み帯と比較することにより、沈み込み帯における巨大地震の発生の理解をめざす。

（6）本課題の５か年計画の概要：

東北沖地震震源域南部にあたる日本海溝南部（福島県沖から千葉県沖）と伊豆小笠原海溝域北部において、自己浮上式長期観測型海底地震計（広帯域地震計を含む）による観測を実施する。観測期間は約2年弱とし、その設置と回収を隔年で繰り返し行うことにより、約5年間の観測を実施する。日本海溝南部では、海底ケーブル式日本海溝地震・津波観測網(S-net)とも連携して、なるべく広域かつ高密度な観測が行えるように配慮する。2011年東北沖地震発生後に発生するプレート境界ならびに太平洋プレート内で発生する多様なすべり現象の規模および頻度の時空間的な分布を明らかにする。伊豆小笠原海溝域北部では、これまでに准モニタリング的な観測が実施されたことがあまりないため、まずは地震発生帯である浅部プレート境界の形状と構造，地震発生の様式とその深さ変化，地震発震機構解の決定，さらには，広帯域観測による様々なスロー地震の検出を目的とする。

房総半島沖相模トラフにおいてはスロースリップが発生することが知られており、自己浮上式海底精密水圧計による観測を引き続き、実施する。水圧計による観測では、観測期間を長期化することによる安定な観測の実施により、スロースリップなどの大規模なすべりイベントの時空間発展の推定を行う。加えて、GNSS/A海底地殻変動観測を実施して、上下変動だけではなく、水平変動も把握し、すべりイベントの時空間発展の推定精度の向上を図る。さらに、S-netと自己浮上式海底地震計の組み合わせによる高密度観測をおこない、スロースリップ前後の地震波速度構造変化の検出を試みる。同様に南海トラフ東部においても、同様の目的で、海底ケーブル観測システム(DONET)と自己浮上式海底地震計の組み合わせによる高密度海底地震観測を行う。

実験・モデル研究では、これまでに深海掘削により得られた試料を用いて沈み込み帯浅部条件の摩擦実験を行い、沈み込み帯浅部の多様なすべり現象の条件や要因を明らかにし、そのモデル化を行ってきた。今後は沈み込み帯浅部条件に加えて深部条件の摩擦実験も行って地震発生域周辺のプレート境界の挙動を明らかにすると共に、観測により得られた知見と併せて、日本海溝、相模トラフおよび南海トラフにおけるプレート境界断層の多様なすべりを明らかにするモデルの高度化を行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

沈み込み帯では多様な滑り現象が発生しており、スロー地震を含む地震活動などの地殻活動の詳細を海底観測の長期モニタリングを用いて明らかにするために、岩手県沖海溝付近と北海道沖えりも海山付近で長期観測型海底地震計（LTOBS)と小型広帯域海底地震計(CBBOBS)を用いた観測を実施していた。2024年7月から8月にかけて、傭船により、三陸沖と襟裳沖に設置していたこれらの海底地震計(OBS)の回収作業を実施した(図1)。回収されたOBSのデータによりプレート境界浅部における地震活動の詳細把握を目的として、微小地震・微動活動の時空間的な関係を明らかにする解析を開始した。日本海溝・千島海溝南部においてGNSS-A海底地殻変動を継続して実施した。2012年に20観測点の観測網が完成し、広域観測を開始した。2019年には根室沖・三陸沖の観測網を拡張した。2020年からは無人機により観測頻度が向上した。2024年4月から6月のWave Gliderによる無人機観測は，観測機器の不良により，全体的に測位精度が低く、いくつかの観測点では測位に十分な観測精度を得ることができなかった。根室沖では，プレート収束速度と同程度の陸向きの変動が得られ，海溝近傍までの強い固着を示唆する結果が得られた。2024年10月には、THK_01課題に関連して房総沖に新規観測点を設置し，初回の観測を実施した（図2及び図3）。

2011年10月から約1年間および2013年10月から1年間の観測を行った東北沖地震の震源域北部における長期観測型海底地震計データの詳細解析を行った。この観測は東北沖地震発生後から約3年後までの宮城県沖，岩手県沖の震源域北部の地震活動の時空間的特徴を把握することを目的としている。また、東北沖地震発生前の2007年から2008年にかけて実施した長期観測型海底地震計による観測データによる震源分布との比較を行った。詳細な震源分布(図4)が得られており、発震機構解を含めた地震活動の時空間的な変化が求められている。

房総半島沖において、自己浮上式海底圧力計（OBP）6台での観測を続けている。2024年度は、6月に東京海洋大学「神鷹丸」を用いて5台の回収、再設置、7月にJAMSTEC「新青丸」を用いて1台の回収、再設置を行った。回収したOBPには、2024年2月から3月に発生した房総沖スロースリップのデータが

含まれる。房総沖スロースリップのOBPデータの解析を引き続き行った。昨年度までに開発した海洋モデルに対してマルチチャンネル特異スペクトル解析を用いて成分に分け、圧力計データと海洋モデルの相関がよい成分のみを用いて海洋モデルを再合成し、それを圧力計データから除去し、その後、季節変動等を表すパラメトリックモデルを当てはめ、スロースリップによる変動を抽出した。その結果を用いて、2018年のスロースリップのすべり分布を求めた。すべり分布は、圧力計データを入れた結果は、GNSSデータだけの結果と比べて全体のすべり量が下がり、すべりが海側に張り出すようになった（図5）。また、圧力計データから上下変動を抽出する従来の方法（深さの近い圧力計の差を取る方法）と我々の新しい方法を比較した（図6）。その結果、両者は隆起・沈降の傾向は同じであり、決定精度は我々の方法が勝っていることが示された。異なる方法で同じ傾向の変動が得られたことは、OBPで推定された変動の確実性を高め、OBPの有用性を示しているといえる。2024年に発生したスロースリップについては、現在解析途中である。

沈み込み帯の深部スロー地震発生域におけるプレート境界断層帯の変形挙動を明らかにするべく、アクチノライト-緑泥石片岩ガウジを用いて、温度500℃、封圧1 GPaの乾燥条件下で摩擦実験を行った。その結果、アクチノライト-緑泥石片岩はピーク強度(摩擦係数は約0.4)に達して以降、すべり弱化を示した。ピーク強度以降の最小摩擦係数は0.33であった。さらに、速度ステップテストの結果、速度強化挙動を示すことがわかった（図7）。

プレート境界面の摩擦は地震発生と密接に関係することから、海洋プレートの主要構成物質である玄武岩質岩石を用いた摩擦実験を実施した。実験試料には、南海トラフにて掘削採取された粘土鉱物含有量の異なる2種類の玄武岩試料を用い、実験は有効圧50 MPa、温度25～200 ℃、軸変位速度0.1-10μm/sの条件下で実施した。前計画「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第２次）」で得られた、南海トラフ玄武岩とは鉱物組成の大きく異なる拓洋第三海山由来玄武岩試料、さらに玄武岩質岩石が変質変成を受けた秋吉台の緑色岩の結果と比較し、同じ岩種でも鉱物組成が異なると摩擦特性にどのような影響を与えるのかを検討した。その結果、断層の安定性を表すパラメータ（a-b）は、全4試料で温度が上昇するにつれて正から負へと変化し、高温になるほど不安定なすべりとなる可能性が明らかとなった。一方、正から負へと遷移する温度、つまり断層運動が非地震性から地震性へと遷移する温度は、粘土鉱物の種類によって異なることが明らかになった。これらは、同じ岩石種であっても、鉱物組成が異なれば、沈み込み帯の地震活動の不均質の要因となる可能性があること、さらには粘土鉱物の種類が重要である可能性を示唆している（図8）。

沈み込み帯における巨大地震の発生過程には断層の摩擦特性だけでなく、弾性歪エネルギーの蓄積および解放を司る、岩石の弾性的特性も重要である。そこで高知県須崎市の四万十帯から採取された、沈み込み帯の地震発生帯深度におけるプレート境界を構成する岩石コア試料に対し、P波速度およびS波速度の測定を行い、巨大地震発生帯における岩石の弾性的特性を調べた。その結果とこれまで得られてきた摩擦実験の結果を組み合わせ、沈み込み帯の巨大地震の開始を支配する断層の最小サイズが数m以下であることを明らかにした。また、得られたP波速度は地震波による観測結果よりも有意に高いことが分かった。これは地震波観測では実験室での測定スケールを超える大きなスケールの亀裂に感度があるためである。そこで大きなスケールの亀裂が存在する場合に実際にどのようにP波速度が変化するかを有効媒質理論に基づきモデリングしたところ、使用した岩石コアの採取時に測定された坑内計測のデータをよく説明した。これは地震発生帯には大きなスケールの亀裂が存在する可能性を示している。またこのような亀裂は流体の通り道となるため、巨大地震の発生に寄与する流体移動も同時に司っていることが考えられる（図9）。

3次元スペクトル要素法（Galvez et al., 2014）に基づく、3次元のプレート境界構造（Iwasaki, 2015）と、すべり弱化則（Ida, 1972）を考慮した、南海トラフにおける海溝型巨大地震の動的破壊のシミュレーションを行った。応力降下量は、Noda et al. (2021)で推定された応力蓄積率に発生間隔（100年）を乗じることにより求めた。強度超過は、応力降下と同じ値にした。浅部および深部ではすべり強化型の摩擦則を与え、それ以外の応力蓄積率が0以下の領域では、応力降下量を0およびSEを0.3MPaとした。このような条件下で、紀伊半島沖を破壊開始点とした場合（Case 1）に、南海、東南海、東海の3つのセグメントを破壊するMw8.55の巨大地震を再現することができた。このモデルでは、四国沖から日向灘沖にかけて大きなすべりが再現された。また、1968年日向灘地震周辺を破壊開始点とした場合（Case 2）の動的破壊のモデル化も行ったところ、日向灘、四国沖、紀伊半島沖、東海沖と破壊が伝播することが示された（図10）。

関東地域における、フィリピン海プレート上面で発生する大地震およびスロースリップイベント(SSE)の発生サイクルに関する数値モデリングを試みた。モデリングにおいては、Matsuzawa et al. (2013)

と同様に、プレート境界での摩擦則についてはカットオフ速度を考慮したすべり状態依存摩擦則を使用し、SSE発生領域において低い有効法線応力を仮定した。またSaito & Noda (2023)によるGNSSを用いた応力蓄積レートの解析結果をもとに、一定の応力蓄積レートが推定された領域の周辺で摩擦パラメター (a-b) が負となる分布を仮定することで、大地震およびSSE領域を設定した。シミュレーション結果においては、房総沖で発生するSSEおよび、1703年元禄関東地震（元禄型地震）や1923年大正関東地震（大正型地震）に類似した地震・スロー地震の発生が再現された。大地震の発生間隔は200～300年程度であり実際と類似する一方、元禄型地震が多く発生する傾向があり、さらなるパラメターの検討が必要である（図11）。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

海洋プレート沈み込み帯におけるスロー地震を含む海底地震観測およびスロースリップを含む海底地殻変動観測、さらには、沈み込み帯から得られた実際の試料を用いた物性実験は、プレート境界の多様な滑り現象を明らかにするために必要不可欠である。本年度は、前計画を引き継ぎつつ、様々な観測、実験、解析を実施してきた。例えば、スロースリップは、プレート境界での応力蓄積・解放過程の一形態であり、これを解明することはプレート境界でおこる現象の理解に重要である。これらの観点から、本課題は「関連の深い建議の項目」の目的達成に大きく貢献しているといえる。また、本課題は観測事実、実験事実からプレート沈み込みの理解をめざしている。例としては、スロースリップがその周辺の巨大地震に関連しているという研究もあり、スロースリップの理解は、巨大地震発生予測につながる可能性がある。本課題は、最終的にはプレート境界のモデル化をめざしており、モデルにより大規模地震発生時の地震動や津波の予測、さらには、発生時期の制約など、災害の軽減に貢献できると考えられる。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Sato, T., S. Shibata, K. Murata, N. Usui, H. Shiobara, T. Yamada and M. Shinohara, 2024, Estimating vertical movement and slip distribution during the 2018 Boso, Japan, slow slip event from ocean bottom pressure gauge data and an oceanic model. Geophys. Res. Lett., 51, e2024GL110406. https://doi.org/10.1029/2024GL110406,査読有,謝辞有

Shinohara, M., R. Hino, K. Mochizuki, T. Sato, K. Nakahigashi, T. Yamada, Y. Murai, H. Yakiwara, Y. Ito, R. Azuma, and T. Kanazawa, Submitted, Spatiotemporal variation of aftershock activity in northern source region of the 2011 Tohoku-oki earthquake by long-term ocean bottom seismometers, Prog Earth Planet Sci.,査読有,謝辞無

Kanagawa, K., J. Fujimori, T. Nakanishi, S. Sagano, and M. Sawai, 2024, Fault strength, healing and stability in the Nankai Trough accretionary prism off Kii Peninsula, Japan, as illustrated by friction experiments on gouge of a cored sample. Tectonophysics, 893, 230526. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2024.230526,査読有,謝辞無

Akamatsu, Y., H. Okuda, M. Kitamura, and M. Sawai, 2025, Mesoscale fractures control the scale dependences of seismic velocity and fluid flow in subduction zones, Tectonophysics, 896, 230606. doi: 10.1016/j.tecto.2024.230606.,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

佐藤利典、柴田早希、村田耕一、碓氷典久、塩原肇、山田知朗、篠原雅尚、海底圧力計データを用いた房総沖スロースリップのすべり分布の推定、JpGU2024, 千葉、SCG48-P06、5月29日、2024.

佐藤利典、柴田早希、村田耕一、碓氷典久、塩原肇、山田知朗、篠原雅尚、海底圧力計データと海洋モデルへのマルチチャンネル特異スペクトル解析の適用によるスロースリップでの海底上下変動の抽出、日本地震学会2024秋季大会, 新潟、S03-06, 10月22日、 2024.

金澤志旺、佐藤利典、碓氷典久、中東和夫、山田知朗、篠原雅尚、海底圧力計と海洋モデルを用いた2024年房総スロースリップによる海底上下変動の抽出、海と地球のシンポジウム2024、東京、3月13日、2025.

澤井みち代, 平松知也, 和田壮又(2024), Frictional properties of basalt under hydrothermal conditions: implications for the seamount subduction and fault motion，日本地球惑星科学連合2024年大会，SSS05-P18, 千葉

Kanagawa, K., Sagano, S., Nakanishi, T., Fujimori, J. and Sawai, M. (2024), Temperature-dependent frictional properties of oceanicbasalt and pelagic sediments, and their implications for earthquakesat the shallow Japan Trench subduction zone, Japan Geoscience Union Meeting 2024, SCG40-12, Makuhari, Chiba, Japan

Akamatsu, Y., Okuda, H., Kitamura, M. and Sawai, M. (2024), Multiscale crack distribution in subsuction zone and its implication for scale dependence of seismic velocity, Japan Geoscience Union Meeting 2024, SCG40-16, Makuhari, Chiba, Japan.

木下正高, 荒木英一郎, 仲田理映, 土岐知弘, 横田裕輔, 山下裕亮, 橋本善孝, 濱田洋平, 澤井みち代 (2024), 日向灘のスロースリップ検出の試み：海底光ファイバー歪計設置に向けて，日本地質学会第131年学術大会， T17-O-3，山形

Akamatsu, Y., Okuda, H., Kitamura, M. and Sawai, M. (2024), Role of mesoscale fractures in the scale dependences of seismic velocity and fluid flow in subduction zones, International Joint Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes 2024, P116, Oita, Japan.

木下正高, 荒木英一郎, 仲田理映, 土岐知弘, 橋本善孝, 濱田洋平, 横田裕輔, 山下裕亮, 澤井みち代 (2024), 日向灘のスロースリップ検出の試み：海底光ファイバー歪計設置に向けて（Toward detection of slow slips in Hyuga-Nada: Challenge with seafloor optical-fiber strainmeter），日本地震学会2024年秋季大会，S04-05，新潟.

Kinoshita, M., Shiraishi, K., Nakata, R., Hamada, Y., Hashimoto, Y., Araki, E. and Sawai, M. (2024), Heat flow in the western Nankai forearc, SW Japan, derived from BSR, surface probe and drilling: Implication for the effect of seamount subduction on earthquakes, American Geophysical Union, Fall Annual Meeting, S43D-3465, Washington, D.C., USA.

奥田花也, 赤松祐哉, 北村真奈美, 澤井みち代 (2024). 四万十帯須崎地域の付加体岩石の物理特性：地震発生帯上盤の実態解明に向けて. JpGU Annual meeting, MGI31-P01, 千葉.

Hanaya Okuda, Jumpei Yoshioka (2024). Influence of silica diagenesis on frictional behavior: possible controlling factor for seismic activities in the Japan Trench. International Joint Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes 2024, P035, Oita, Japan.

奥田花也, 吉岡純平 (2024). 石英および珪質堆積物の摩擦強度回復特性の解明に向けた直接剪断型摩擦実験機構の構築. 日本地質学会. 山形

Hanaya Okuda, Jumpei Yoshioka (2024). Slide-hold-slide experiments on siliceous sediments toward understanding shallow slip processes in the Japan Trench. Gordon Research Seminar/Conference. Maine, USA

奥田花也, 吉岡純平 (2024). 三軸試験機への直接剪断機構の導入：珪質堆積物のslide-hold-slideテストの例. JpGU Annual meeting. 千葉

Hanaya Okuda, Wataru Tanikawa, Yohei Hamada, Keishi Okazaki, John Bedford, Takehiro Hirose (2024). Abrupt host rock fragmentation induced by fluid phase transition during fault slip and its impact on earthquake energy partitioning. JpGU. Chiba, Japan

津田健一, 芝崎文一郎, 野田朱美, (2024), Simulating Long-Period Ground Motions based on a Dynamic Rupture Simulation for the Nankai Trough Megathrust Earthquake, 日本地球惑星科学

連合2024年大会SSS05-P12.

Shibazaki, B., Tsuda, K., Noda, A. (2024), On dynamic rupture modeling of megathrust earthquakes based on estimated coupled regions in the Nankai Trough, The 14th Joint Meeting of the UJNR Panel on Earthquake Research, P-09.

津田健一, 芝崎文一郎, 野田朱美, Ampuero Jean-Paul, (2024), Evaluating Ground Motion Scenarios for the Nankai Trough Megathrust Earthquake based on the Dynamic Rupture Simulation, 日本地震学会2024年秋季大会, S08-17

Matsuzawa, T. & Shibazaki, B. (2024), Preliminary numerical modeling of slow and fast earthquakes on the subducting Philippine Sea Plate in the Kanto region, 日本地球惑星科学連合2024年大会SCG40-P46

Matsuzawa, T. & Shibazaki, B. (2024), Numerical modeling of megathrust earthquakes and slow slip events on the Philippine Sea plate in the Kanto region, International Joint Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes, P078.

松澤孝紀，芝崎文一郎 (2024), 関東地域における応力蓄積レート解析を考慮したフィリピン海プレート境界のすべりの数値モデリング, 日本地震学会2024年秋季大会，S08-P09.

Matsuzawa, T. & Shibazaki, B. (2024), Numerical modeling of megathrust earthquakes and slow slip events on the Philippine Sea plate in the Kanto region, Japan, American Geophysical Union 2024 Fall Meeting, S43D-3464.

Tomita, F., T. Sun, T. Iinuma, M. Kido, Y. Ohta, N. Uchida, R. Hino, K. Wang, 2024, Postseismic deformation following the 2011 Tohoku earthquake revealed by onshore geodetic, offshore geodetic, and small repeating earthquake observations, The 2024 AGU Annual Meeting, G23B-3585.

富田史章・Sun Tianhaozhe・飯沼卓史・木戸元之・太田雄策・内田直希・日野亮太・Wang Kelin, 2024, GNSS・GNSS音響・小繰り返し地震観測によって捉えられた2011年東北沖地震に伴う余効変動の全体像，日本地震学会2024年度秋季大会，S03P-03.

富田史章・太田雄策・木戸元之・大園真子・高橋浩晃・日野亮太・飯沼卓史，2024，GNSS音響観測から示唆される根室沖でのすべり欠損，日本測地学会第142回講演会，41.

富田史章・木戸元之・飯沼卓史・太田雄策・日野亮太, 2024, GNSS音響測位における不確定性を考慮した東北沖における上下変動場評価，日本地球惑星科学連合2024年大会，SCG48-P04.

富田史章・太田雄策・木戸元之・飯沼卓史・黒須直樹・大園真子・高橋浩晃・日野亮太，2024，根室沖でのGNSS音響観測から示唆されるプレート境界浅部でのすべり欠損，日本地球惑星連合2024年大会，SGD02-02.

飯沼卓史・木戸元之・福田達也・太田雄策・富田史章・日野亮太・高橋浩晃・堀高峰・佐藤大祐, 2024, ウェーブグライダーを用いたGNSS-音響測距結合方式の海底地殻変動観測（その５），日本地球惑星連合2024年大会，SCG48-P01.

東龍介、日野亮太、鈴木秀市、佐藤真樹子、齋藤和男、酒主美樹雄、荻原宏之、ガラス球海底地震計の長期観測と広帯域観測対応化、JpGU2024、千葉、STT37-P02、5月29日、2024

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：地震：地殻変動：GNSS音響結合方式海底地殻変動観測
概要：KS-24-07航海：根室沖・三陸沖における船舶によるGNSS-A観測の実施、およびGNSS-A観測を自走して実施するWave Gliderの投入を実施。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：G25 40.6936 143.5192
調査・観測期間：2024/4/11-2024/4/21

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：地震：地殻変動：GNSS音響結合方式海底地殻変動観測
概要：KS-24-20航海：三陸沖における船舶によるGNSS-A観測の実施
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：G04 39.5662 143.8971
調査・観測期間：2024/10/12-2024/10/17
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：地震：地殻変動：GNSS音響結合方式海底地殻変動観測
概要：KM24-04航海：茨城沖における船舶によるGNSS-A観測の実施
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：G19 36.4963 142.6708
調査・観測期間：2024/5/26-2024/6/8
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定） https://doi.org/10.17596/0003912

項目：地震：地殻変動：GNSS音響結合方式海底地殻変動観測
概要：東京海洋大練習船・汐路丸航海：房総沖における新規GNSS-A観測点の設置、および船舶によるGNSS-A観測の実施
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：G26 35.7276 142.0469
調査・観測期間：2024/10/16-2024/10/19
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：地震：地殻変動：GNSS音響結合方式海底地殻変動観測
概要：海洋研究開発機構傭船・第三開洋丸航海：宮城沖における船舶によるGNSS-A観測の実施
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：G14 37.8916 142.7747
調査・観測期間：2024/12/25-2024/12/26
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：地震：その他：海底掘削調査
概要：東北沖日本海溝におけるInternational Ocean Discovery Program (IODP) Expedition 405 JTRACK
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：
調査・観測期間：2024/9/6-2024/12/20
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：地震：その他：海底地質調査
概要：北西太平洋における大気海洋研究所 共同利用研究航海 よこすか・しんかい YK24-10S航海
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：
調査・観測期間：2024/6/20-2024/6/29
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

（10）令和７年度実施計画の概要：

2024年に回収した岩手県沖海溝付近と北海道沖えりも海山付近における長期海底地震観測のデータ解析を継続する。また、東北沖地震震源域にあたる日本海溝において、自己浮上式長期観測型海底地震計（広帯域地震計を含む）による観測を実施する。海底ケーブル式日本海溝地震・津波観測網(S-net)とも連携して、なるべく広域かつ高密度な観測が行えるように配慮する。
GNSS-A観測や広帯域海底地震観測により、2011年東北沖地震発生後に発生するプレート境界ならび

に太平洋プレート内で発生する多様なすべり現象の規模および頻度の時空間的な分布を明らかにする。
房総半島沖相模トラフにおいてはスロースリップが発生することが知られており、自己浮上式海底精密水圧計による観測を引き続き、実施する。
南海トラフ東部においても、スロースリップ前後の地下s津活動を把握することを目的として、海底ケーブル観測システム(DONET)と自己浮上式海底地震計の組み合わせによる高密度海底地震観測を行う。
前弧マントルウェッジの基底部で発生するepisodic tremor and slip (ETS)の発生機構の解明を目指して、ETS発生域に相当する温度圧力条件下においてアクチノライト-緑泥石片岩の変形実験を行い、摩擦・破壊強度や摩擦の速度依存性(a - b)について明らかにする。
　沈み込む海山と地震発生について引き続き検討する。特に、海山を構成する石灰岩を使用した三軸摩擦実験を実施し、海山由来玄武岩の摩擦特性と比較検討することで、地震発生に対する物質依存性についても明らかにしていく。
高温油圧三軸試験機および熱水低～高速剪断試験機を用い、陸上アナログ試料や海洋掘削等によって採取された、日本海溝に沈み込む物質の摩擦特性の測定に取り組む。また沈み込みに伴う物質変化の再現実験を行い、さらに変形実験を行うことで岩石の反応と断層すべりの関連性を実験的に明らかにする。
南海トラフにおける海溝型巨大地震の動的破壊過程について、様々な仮定に基づくシミュレーションを行う。さらに放射される長周期地震動の性質を調べる。また、準動的地震サイクルモデルの結果や実験で得られた摩擦則を参考にした相模トラフにおける巨大地震の動的破壊過程伝播モデル、さらには千島海溝の浅部スロースリップを考慮した巨大地震サイクルモデルを構築する。
関東地域で繰り返す大地震のモデリングにおいては、元禄型地震に類似する広域なすべりが多い結果となっており、パラメター分布を検討することで、より現実的なモデルの構築を目指す。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

篠原雅尚（東京大学地震研究所）,塩原肇（東京大学地震研究所）,望月公廣（東京大学地震研究所）,一瀬建日（東京大学地震研究所）,山田知朗（東京大学地震研究所）,悪原岳（東京大学地震研究所）
他機関との共同研究の有無：有
日野亮太（東北大学理学研究科）,木戸元之（東北大学災害科学国際研究所）,太田雄策（東北大学理学研究科）,東龍介（東北大学理学研究科）,富田史章（東北大学災害科学国際研究所）,村井芳夫（北海道大学）,佐藤利典（千葉大学）,伊藤喜宏（京都大学防災研究所）,山下裕亮（京都大学防災研究所）,八木原寛（鹿児島大学）,仲谷幸浩（鹿児島大学）,澤井みち代（千葉大学）,奥田花也（海洋研究開発機構）,平内健一（静岡大学）,芝崎文一郎（建築研究所）,松澤孝紀（防災科学技術研究所）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：篠原雅尚
所属：東京大学地震研究所

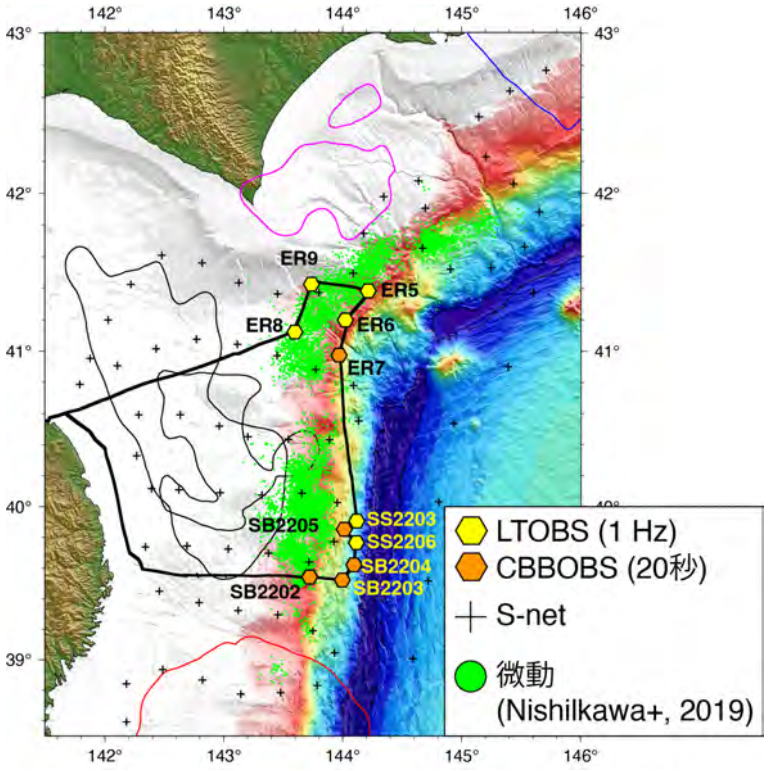


図1　岩手県沖海溝付近と北海道沖えりも海山付近に設置した海底地震計位置
2024年7月から8月にかけて、傭船により、三陸沖と襟裳沖に設置していたOBSの回収作業を実施した。回収されたOBSから観測データが得られ、プレート境界浅部における地震活動の詳細から、微小地震・微動活動の時空間的な関係を明らかにする。

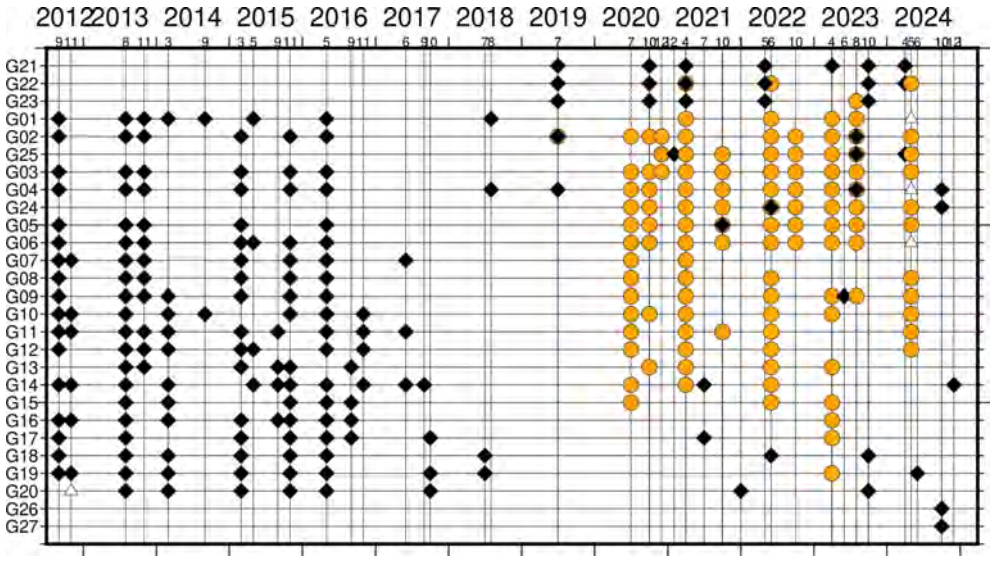


図2　これまでのGNSS-A海底地殻変動観測概要
2024年度には、4月に船舶を用いた3点の観測、4月から6月に、Wave Gliderによる14点の無人機観測、6月および10月にそれぞれ船舶を用いた1点と2点の観測、10月に船舶により、房総沖に2点の新規観測点設置および観測、12月に船舶を用いた1点の観測を行った。

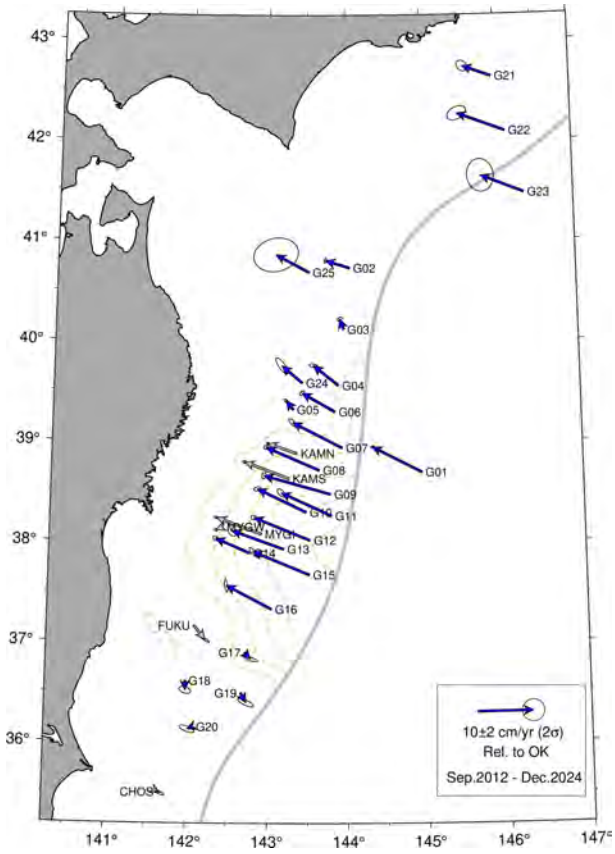


図3　2012年9月から2024年12月までのGNSS-A海底測地観測による水平変位速度
オホーツクプレート（MOVEL）を固定している。橙色コンターは、Kubota et al. (2022)による2011年東北沖地震時すべりモデルを示している。

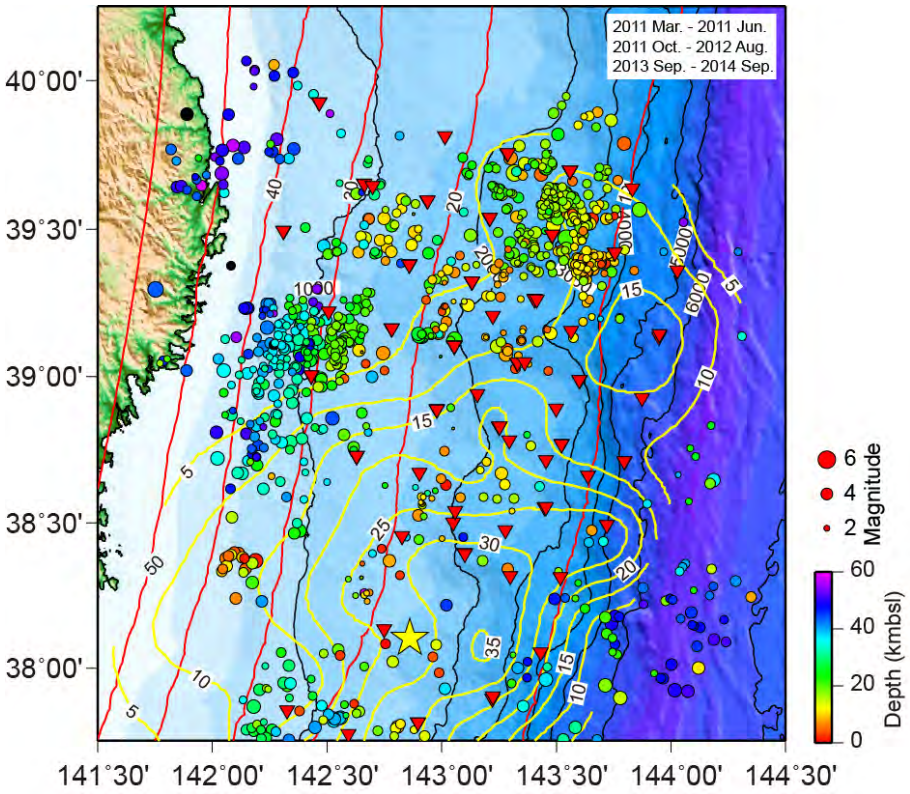


図4　海底地震観測による2011年東北沖地震の2014年までの余震分布

逆三角が海底地震計の位置、丸が余震位置を占めている。丸の大きさと色は、余震のマグニチュードと震源の深さを示している。黒コンターは等深線、赤コンターはプレート境界の等深度線である。黄色のコンターは、Yokota et al., 2011による東北沖地震時のすべり量を示している。

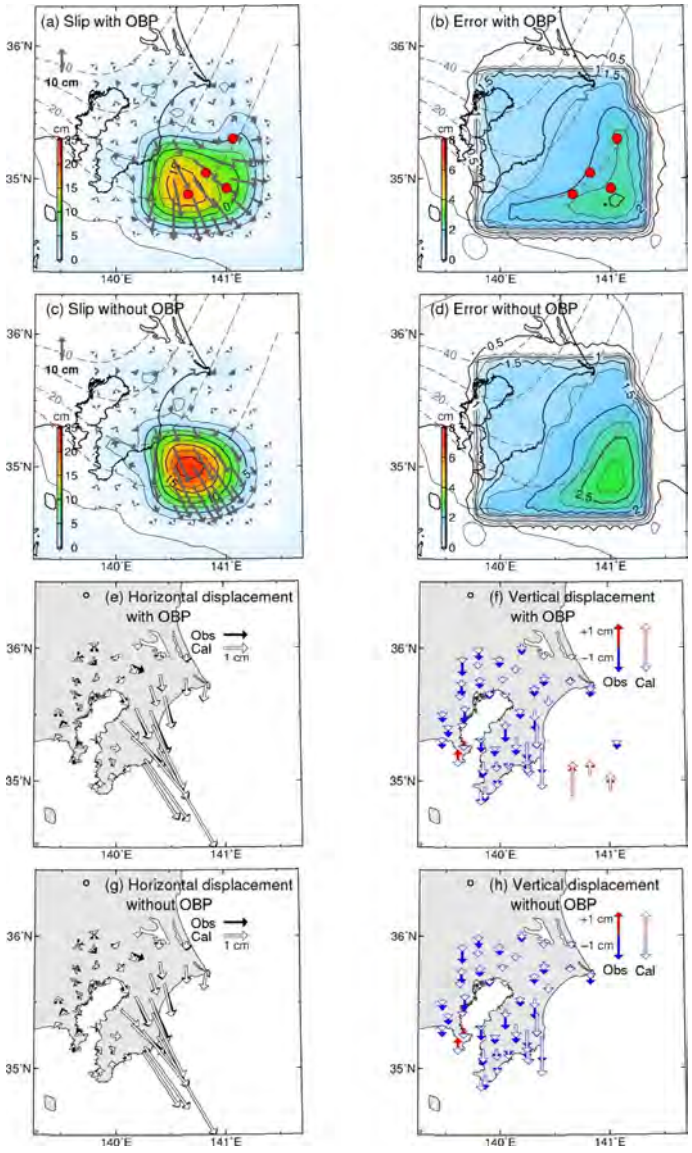


図5　2018年6月から7月に発生したスロースリップのすべり分布（コンター2.5cm間隔）とその推定誤差（コンター2.5mm間隔）
(a), (b) OBPデータも含めたデータから求めたもの。 (c) , (d) GNSSデータのみから求めたもの。 (e), (f) GNSSとOBPの観測値（黒矢印）と(a)に対応した計算値（白矢印）。(g), (h) GNSSの観測値と(c)に対応した計算値。

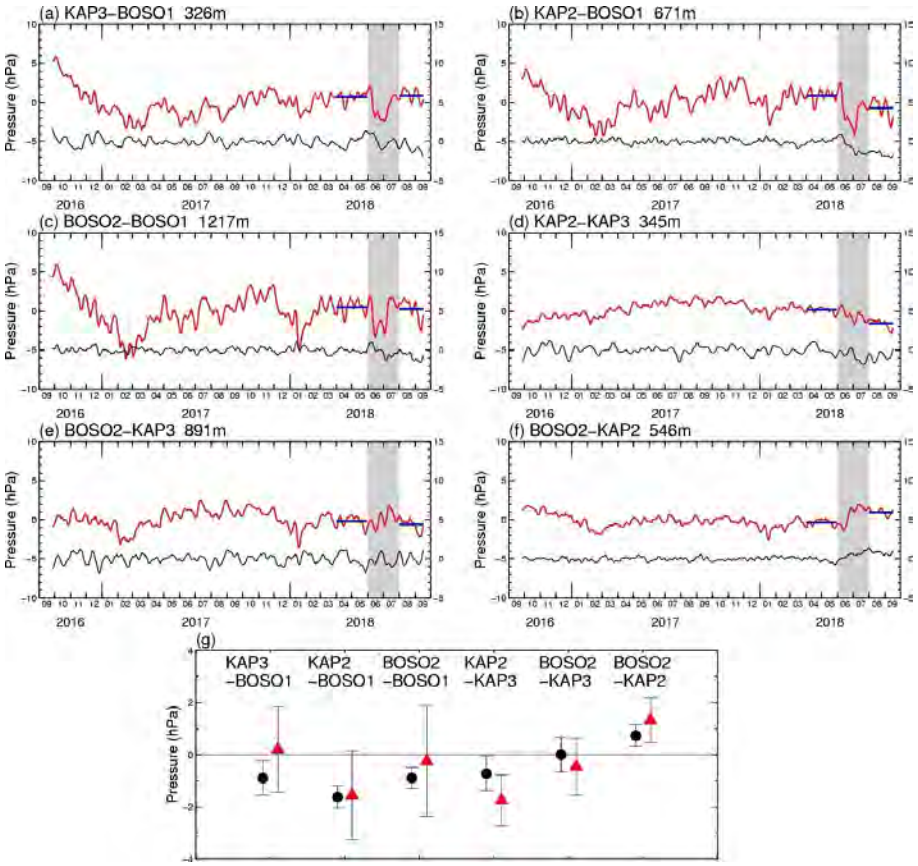


図6　OBPの差を取る従来の方法と今回の新しい方法の比較
(a)-(f) 赤線はOBPデータから潮汐のみを除いたものを用いて差を取ったもの。スロースリップの前後2か月の平均（青線）の差を取っている。黒線は、今回の新しい方法で求めた変動（MSSAを用いて海洋変動を除去し、パラメトリックモデルで季節変動等を除いたもの）の差をとったもの。(g) 変動値の比較。赤は従来の方法、黒は今回の新しい方法。誤差はそれぞれのデータのばらつきの標準偏差。

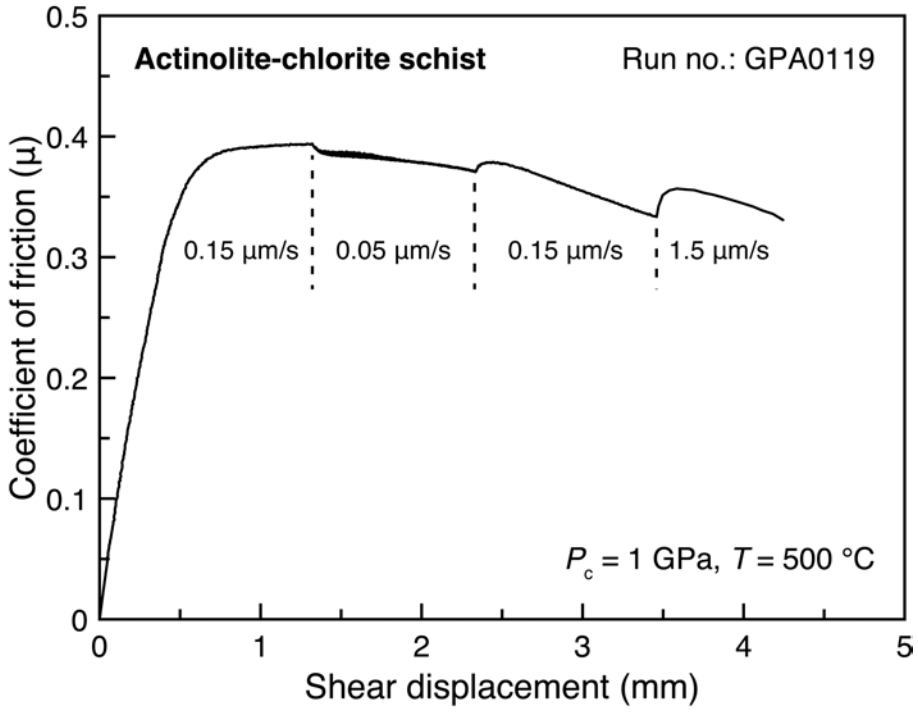


図7　アクチノライト-緑泥石片岩の摩擦特性

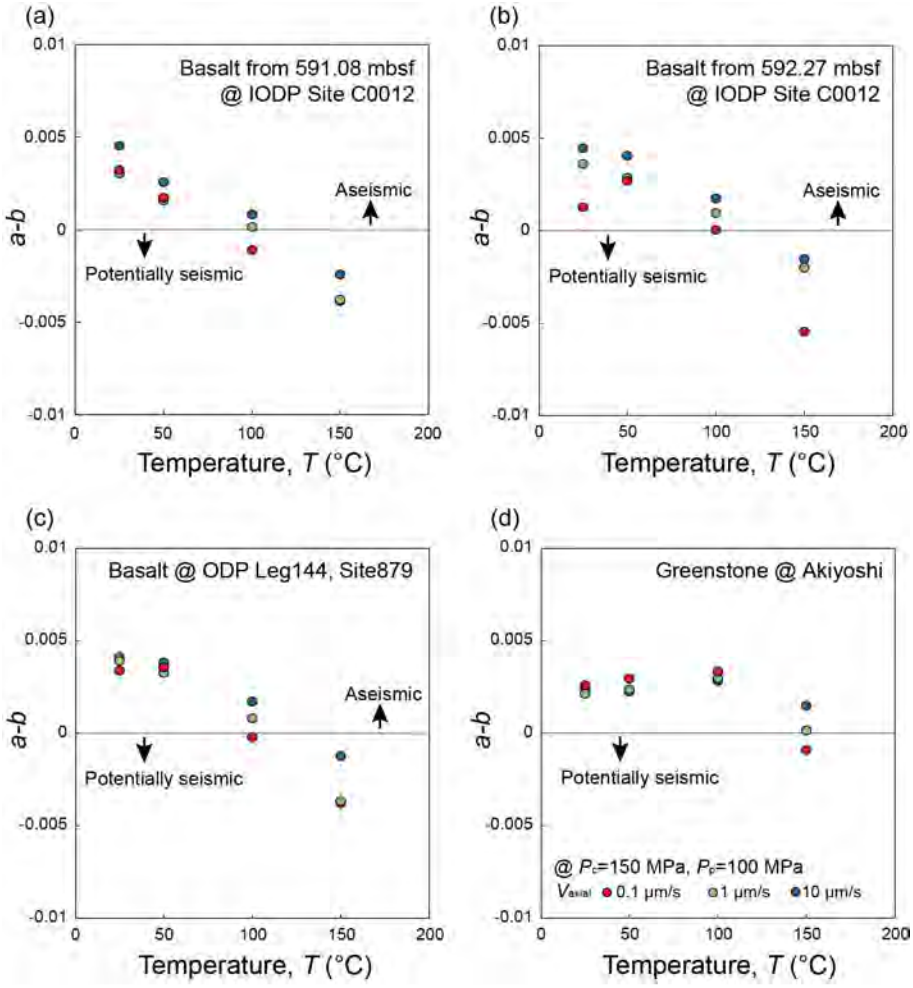


図8 海洋プレートを構成する玄武岩質岩石のa－b値の温度変化
実験試料は(a) 南海トラフで掘削された玄武岩（低摩擦な粘土鉱物であるサポナイト含有量22.5 wt%）、(b) 南海トラフで掘削された玄武岩（サポナイト含有量37.0 wt%）、(c)拓洋第三海山由来玄武岩（サポナイト含有量12.4 wt%に加え、ガラス含有量が39.3 %）、(d)秋吉台由来緑色岩（粘土鉱物である緑泥石含有量34.2 wt%、サポナイト含有量9.4 wt%）．凡例は(d)内に示している。

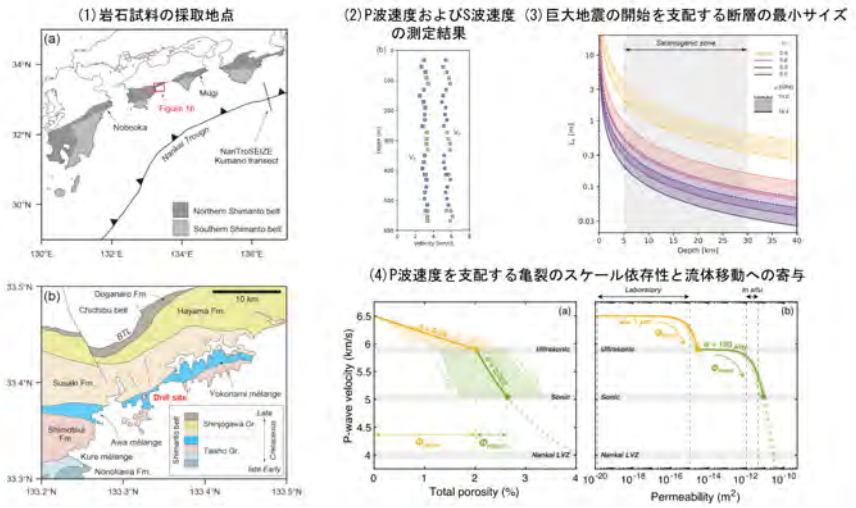


図9
（１）高知県須崎市の四万十帯の岩石コア採取地点。（２）掘削コア試料のP波速度およびS波速度の測定結果。（３）沈み込み帯において巨大地震を発生させる断層の最小サイズの深度変化。色は間隙流体圧の違う場合を示している。グレーの網掛け部が地震発生帯の深度に対応し、この深度では巨大地震は数mの断層から始まることがわかる。（４）有効媒質理論によりモデル化された、大きなスケールの亀裂がある場合のP波速度。またこのような大きな亀裂がある場合には透水率も上がり、流体の通り道となる。

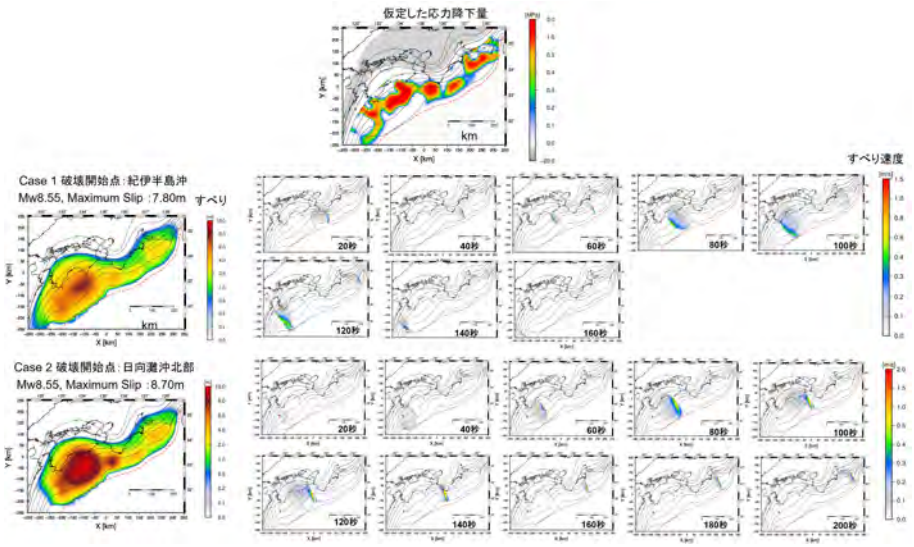


図10　南海トラフにおける海溝型巨大地震の動的破壊シミュレーション
破壊開始点を紀伊半島沖に設定した場合（Case 1）と日向灘沖北部に設定した場合(Case 2)のすべり分布とすべり速度のスナップショットを示す。

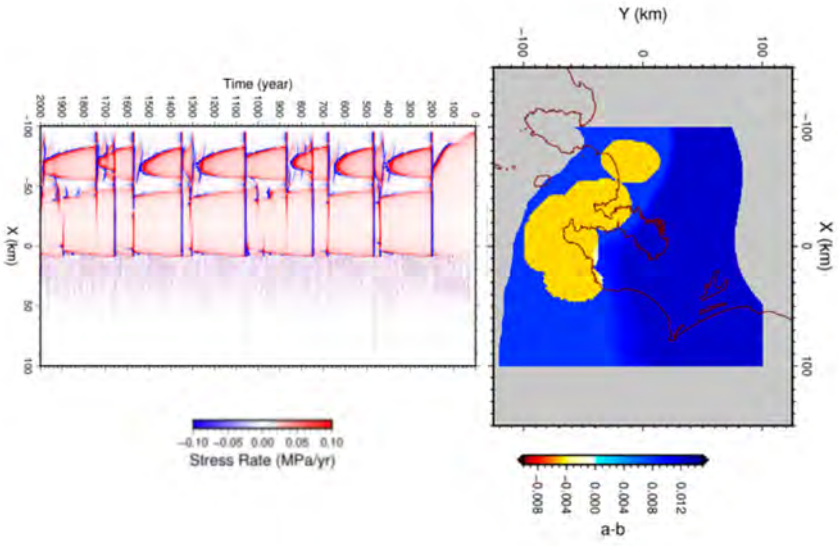


図11
関東地域のフィリピン海プレート上面で発生する大地震およびスロースリップイベント(SSE)の発生サイクルに関するシミュレーション結果

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_06

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）ヒクランギ沈み込み帯（NZ）における多様な断層すべりの時空間分布と発生環境の解明
（英文）Study on spatiotemporal distribution and generation environment of various fault slips in the Hikurangi subduction zone (NZ)

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(4) 国際共同研究・国際協力

（5）本課題の５か年の到達目標：

これまでの研究結果から，スロー地震が浅部で発生する固着強度急変域より北側の沈み込み帯に沿った約300 kmにおいて，SSEの発生周期や通常の地震活動，およびテクトニック微動の活動様式や分布から，1）Gisborne沖より北部，2）Gisborne沖からMahia半島沖，3）Mahia半島沖からHawke Bay沖，さらに4）Hawke Bay沖から固着強度急変域までの，大きく分けて4つのセグメントに分けられると考えられ，ここでは北から南へセグメント1～4と呼ぶこととする．これまでの研究では主としてセグメント2について重点的に調査を進めてきており，セグメント1および3ではまだ海域観測が行われていない．本計画では，これらのセグメントでの観測を実施し，それぞれのセグメントでの断層すべりの特徴の把握を通して，沈み込み帯の構造的特徴との比較から，断層すべりの性質を決める要因，およびその発生メカニズムの解明を目指す．
またヒクランギ沈み込み帯は，そのテクトニクスや多様な断層すべりの空間分布に関して南海トラフと類似点も多い．ヒクランギ沈み込み帯と南海トラフとの共通点・相違点を比較検討することで，南海トラフにおける巨大地震発生メカニズムの理解を深めることにも貢献するものと期待できる．

（6）本課題の５か年計画の概要：

沈み込み帯に沿った4つのセグメントにおいて，国際協力による海域地球物理観測を実施する．以下に年度ごとの観測計画を示すが，SSEの発生状況に従って，各年度の観測対象とするセグメントが変更されることもある．

・2024年度（Gisborne沖海域地球物理観測：セグメント1・2）
日本・NZ・アメリカの国際共同によって，2022年10月から本海域で実施している大規模な海域地球物理観測を継続し，観測網直下でのSSEの発生をとらえる．ここで設置されている海底圧力計には圧力計ドリフト校正システム（A0Aシステム）が搭載されており，海底流速計のデータとともに解析す

ることによって，SSEの詳細なすべり量分布の推定を試みる． SSEの断層すべり過程と海底地震計で観測された地震活動との時空間分布に関して，これまでの事象と比較を行い，多様な断層すべりの発生過程の検討を行う．

・2025，2026年度（固着強度急変領域における海域地球物理観測）
固着強度急変域周辺では，約5年の周期でSSEが発生している．前回は2021年5月ころに発生したことから，次回は2025～2026年ころに発生が予想される．2024年にヒクランギ沈み込み帯北部のセグメント1に設置した海底地震計および海底圧力計を回収したのち，固着強度急変域をカバーする観測網を構築し，本海域において2例目となる観測網直下でのSSEの直接観測を試みる．観測されたSSEについては，過去に発生した断層すべりのケースと比較し，固着強度境界周辺での断層すべり過程について，その詳細を把握する．

・2027，2028年度（Hawke Bayから南方のける海域地球物理観測：セグメント3・4）
Hawke Bay中部には通常の地震活動が沈み込み方向に並ぶとともに，プレート境界が深くなる場所も認められ，沈み込むプレートの構造不均質があることが想定される．本海域におけるSSEは北部から南部に進行するケースも，南部から北部に進行するケースも認められる．微動活動については陸域からは観測されていないが，2021年に発生した固着強度急変域におけるSSEの発生以前に見られた微動活動からは，本海域でも活発な微動活動が起こっていることが推定される．本海域で海底地震・地殻変動観測を行い，こうした微動活動や通常の地震活動の時空間分布を明らかにし，SSEも含めた多様な断層すべりの発生環境，およびその伝播過程を明らかにする．

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要
約1.8年周期でSSEが発生しているヒクランギ沈み込み帯北部のGisborne沖において，日本・NZ・アメリカの国際共同によって，2022年10月から本海域で実施している大規模な海域地球物理観測を継続している．2024年9月19日から30日のR/V Tangaroaの航海（TAN2410）で2023年10月から11月にかけて設置した海底地震計９台の全台回収に成功し，共同研究機関であるGNS Scienceにおいて，再設置のための整備を行なった．その後，10月6日から15日のR/V Tangaroaの航海（TAN2411）にて9台の再設置を行なった．この海底地震計は2025年9月頃に回収予定である．本海域では，2024年11月終わりから12月にかけて，大規模なSSEが発生した．このSSEにおける断層すべり過程については，陸上GNSS観測網で解析中であるが，本研究で設置した海底地震・地殻変動観測網の周囲で発生したことが予想され，2025年9月に観測機器を回収後に詳しい解析を進める．
2018年10月から1年間Gisborne沖に設置した海底地震・海底圧力観測網直下で，2019年4月から5月にかけて大規模なSSEが発生し，これに伴う通常地震およびテクトニック微動を捉えることに成功した．海底圧力計記録に陸上のGNSS観測網記録を合わせ，このSSEにおける断層すべりの時空間発展の詳細を明らかにした（Woods et al., 2024）．また海底地震計記録に対して深層学習手法を適用することによって，観測期間中の通常の地震活動を検出するとともに，これらの検出された地震をテンプレートとして相似地震の検出を行なった．その結果，SSEにおける断層すべりの終盤に地震活動が非常に活発化することが確認できた．
2021年5月から6月にかけて，ヒクランギ沈み込み帯中部のプレート間固着強度急変域において，大規模なSSEが発生した．2020年10月から1年間，この海域において海底地震・海底圧力計を用いた観測を実施しており，SSEはこの観測網直下で発生した．海底地震計深層学習手法であるEQTransformerを用いて，通常の地震活動の検出を行なった．SSEに同期して，地震活動が活発になることがわかったとともに，およそSSEの2ヶ月前から地震活動度が上がり始めていることがわかった．

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
「1．地震・火山現象の解明のための研究」として，地震発生場の構造などに関する研究を進め，低頻度・大規模な地震が発生する仕組みを解明することを目的の一つとしている．特に，小項目「（5）地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化」では，プレート境界域と海洋プレート内部における震源分布・構造などを観測，調査，データ解析，数値実験などから明らかにすることを目指している．本研究では，巨大地震や被害をもたらす津波地震が発生するヒクランギ沈み込み帯において，

海域での地球物理観測を実施し，通常の地震からSSEまでの多様な断層すべりが発生する場の理解を深め，すべりの伝播過程やその発生メカニズムの理解を深めることを目的としている．今年度の観測では，2024年11月から12月にかけて発生した大規模SSEを直接観測に成功しており，このSSEに伴うテクトニック微動や通常地震の活動の詳細も明らかにできることが期待される．この観測の成功により，次年度以降，ヒクランギ沈み込み帯の海域において観測がされていない領域での観測を順次進めていく．

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

ヒクランギ沈み込み帯中部の固着強度急変域周辺では，約5年の周期でSSEが発生している．前回は2021年5月ころに発生したことから，次回は2025～2026年ころに発生が予想される．2024年にヒクランギ沈み込み帯北部のセグメント1に設置した海底地震計および海底圧力計を回収したのち，固着強度急変域をカバーする観測網を構築し，本海域において2例目となる観測網直下でのSSEの直接観測を試みる．観測されたSSEについては，過去に発生した断層すべりのケースと比較し，固着強度境界周辺での断層すべり過程について，その詳細を把握する．

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

望月　公廣（東京大学地震研究所）,山田　知朗（東京大学地震研究所）,篠原　雅尚（東京大学地震研究所）

他機関との共同研究の有無：有

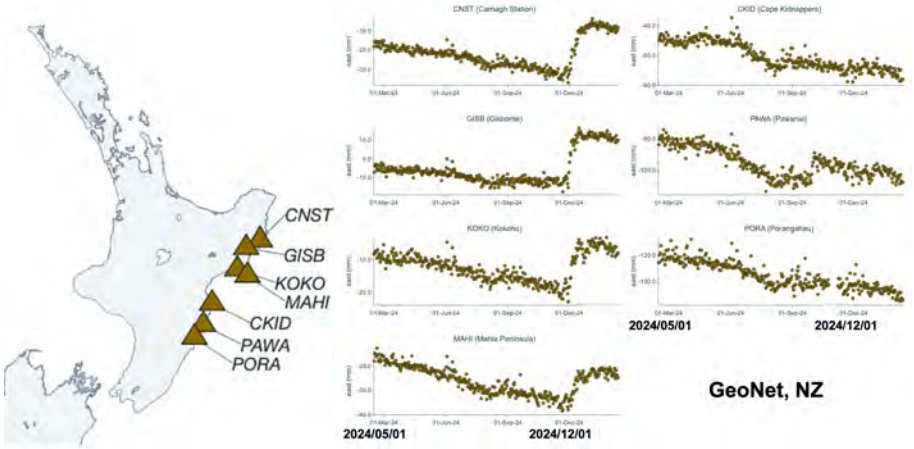
伊藤　喜宏（京都大学防災研究所）,山下　裕亮（京都大学防災研究所）,日野　亮太（東北大学）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

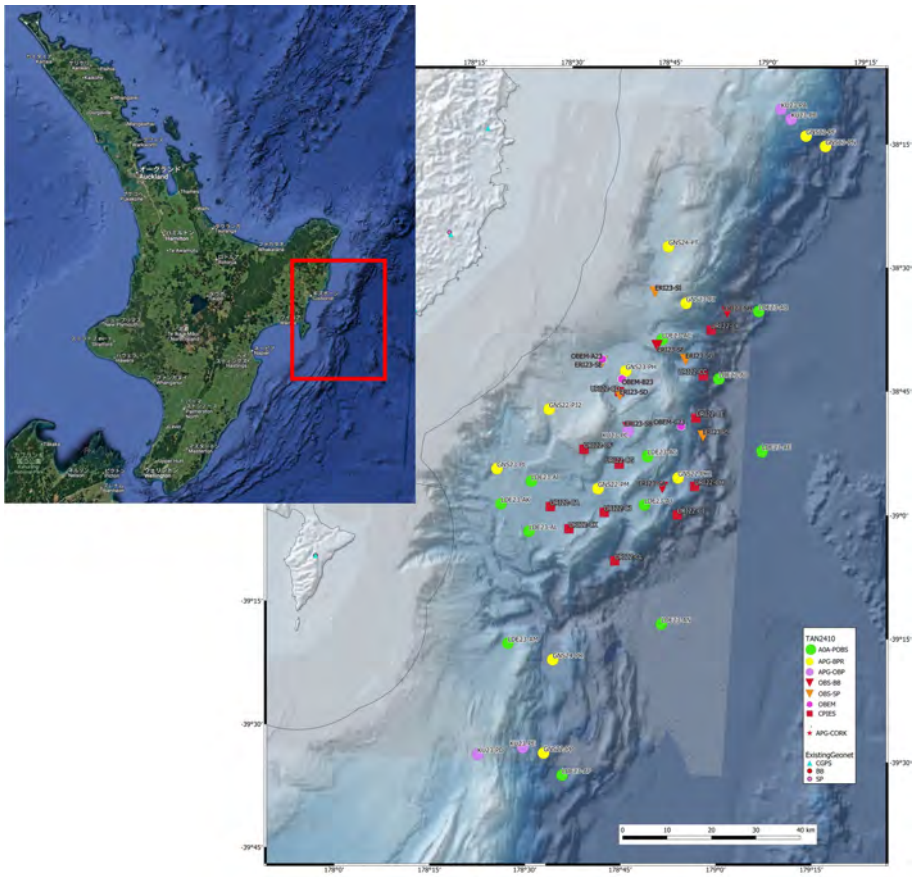
部署名等：東京大学地震研究所
電話：
e-mail：kimi@eri.u-tokyo.ac.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：望月公廣
所属：東京大学地震研究所



2024年11月から12月にかけて発生した大規模SSE
2024年11月から12月にかけて，ヒクランギ沈み込み帯北部Gisborne沖で発生した大規模SSEの陸域GNSS観測網の記録



2023年10月から2024年9月まで展開した地球物理観測網
2023年10月から2024年9月までヒクランギ沈み込み帯北部Gisborne沖に展開した，日本・NZ・アメリカ共同の地震・地殻変動・電磁気観測網

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_07

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）電磁気観測による活動的火山マグマ供給系・熱水系の解明
（英文）Unveiling of magma supply and hydrothermal system of active volcanos by electromagnetic survey

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化

（5）本課題の５か年の到達目標：

電磁場変動の励起源である太陽活動が活発になると見込まれる最初の令和6～8年度で集中的に広帯域MT観測を実施し、深度数km～10km程度の比抵抗構造を明らかにすることで、深部マグマ供給系および熱水系の分布を解明する。マグマや熱水の飽和度・浸透率を推定することで噴火ポテンシャルを見積もるだけでなく、噴火様式の特定にも迫ることが可能であると考える。御嶽山の磁気異常マッピングは4年目に実施し、将来の噴火またはunrest時を含め再度磁気異常マッピングを行う際の基準となる磁気異常分布を解明する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

令和6年度においては、伊豆大島については、2年目に広帯域MT観測を実施する予定であり、1年目はその予察、および、既存データ整理・解析を実施する。御嶽山については、山頂部付近の4地点においてMT観測を実施する。
令和7年度においては、伊豆大島については、島内で広帯域MT法観測を実施する。御嶽山については、引き続きMT観測を実施する。
令和8年度においては、伊豆大島については、昨年度実施した広帯域MT法観測データの解析を進めるとともに、必要に応じて追加観測を実施する。御嶽山については、中腹・山麓においてMT観測を実施する。
令和9年度においては、伊豆大島については、データ解析を完成させ、最終的な解析結果については、他項目の観測結果と比較・統合解釈し、伊豆大島火山下の火山性流体の分布について議論・考察する。御嶽山については、3年目までに取得したMTデータの解析を進め、山体下の比抵抗構造を解明する。また、空中磁気観測を実施する。
令和10年度においては、伊豆大島については、これまでの成果をまとめて公表する。御嶽山については、4年目に取得した空中磁気観測データの解析を進める。また、4年目までに解析した比抵抗および他項目の観測結果と比較・総合解釈を行い御嶽山下の構造、火山性流体の分布について議論を行い、成果を公表する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

伊豆大島に関しては、既存の広帯域MTデータの解析を実施し、比抵抗構造を求めた（図１）。その結果、特徴として、海水準以高は不飽和層とみられる高比抵抗層であり、その下に飽和層と考えられる低比抵抗域が広がっていることが分かった。また、伊豆大島直下の深度数km～15km以深の広い範囲に渡って10Ωm以下の低比抵抗領域が検出された。特に、島周辺で起きている震源は低比抵抗領域の外側で起きており、この比抵抗領域は火山性流体により脆性破壊を起こせない領域であることが見込まれる。なお、他項目の先行研究からは深度数～5kmに浅部マグマだまり、8～10kmに深部マグマだまりの存在が示唆されており、当該の低比抵抗領域はその深度に相当するため一部メルトの存在も示唆される、一方で、両マグマだまりの形状や、両マグマだまり間の遷移領域については、分離した状態での検出には至らなかった。この解析結果も踏まえ、来年度予定の広帯域MT観測計画について、観測候補点１０余か所の選定・現地予察を実施した。

御嶽山に関しては、観測機器のトラブルなどにより、予定されていた山頂部でのMT観測が実施できなかった。そのため、2024年度は次年度以降に万全の体制で観測が実施できるよう、修理した観測機器の動作検証を実施すると同時に、観測点の下見および観測のための許認可申請、一部観測機材の荷上げなどを進めた。また、御嶽山の地下浅部の構造解明の一環として、 山頂部を中心に重力観測を実施し、既存重力データと統合してブーゲー異常の解析を実施した（図2）。従来、御嶽山では新規御嶽山火山活動（0.09Ma–）の初期にカルデラ噴火が起きたと言われているが（山田・小林, 1988）、その根拠の一つが御嶽山に山頂部に存在するとされた低ブーゲー異常域（三井金属鉱業・中部電力, 1983）であった。しかしながら、本研究により、山頂域の低ブーゲー異常域は存在しない可能性が高くなり、カルデラ噴火の有無についても再検討を行う必要性が生じた。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

伊豆大島に関しては、深部および浅部マグマだまり、および、マグマ供給系とみられる低比抵抗体が検出された。この数km以深の比抵抗構造は本研究による新しい知見であり、マグマ供給経路を把握できたことは今後の噴火推移・シナリオを予測するうえで重要であり、将来的な災害軽減に資する成果であると言える。

御嶽山に関しては、従来提唱されていた山体下の低密度カルデラの存否を正す結果が見いだされ、このことはマグマ供給プロセスや噴火シナリオを一新すべきという提案につながるものであり、こちらも将来的な災害軽減に資する大きな成果であると言える。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

大石健登, 2025, 陸海合同電磁気探査データを用いた伊豆大島の3次元地下比抵抗構造の推定, 東京大学理学系研究科,査読無,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

Koyama, T., 2024, Inversion of arbitrarily oriented anisotropic conductivity media by an approach of the tensor decomposition, EMIW2024, 2P35

Oishi, T., Koyama, T., Uyeshima, M., Baba, K., Usui, Y., Tada, N., and Tanaka, S., 2024, Toward unveiling the volcanic system of Izu-Oshima island by jointing the grounded and ocean bottom electromagnetic data, EMIW2024, 6P28

小山崇夫, 金子隆之, 大湊隆雄, 渡邉篤志, 八木健夫, 2024, 伊豆大島におけるドローン繰り返し空中磁気測量, JpGU2024, STT34-P02

Oishi, T., Koyama, T., Uyeshima, M., Baba, K., Usui, Y., Tada, N., and Tanaka, S., 2024, Time-series analysis of the MT data observed in the Izu-Oshima, JpGU2024, SEM12-P10

大石健登, 小山崇夫, 上嶋誠, 馬場聖至, 臼井嘉也, 多田訓子, 田中聡, 仲田理映, 森田裕一, 2025, 陸海合

同電磁気探査データを用いた伊豆大島の 3 次元地下比抵抗構造の推定, Conductivity Anomaly研究会

白山智之, 市原寛, 伊藤武男, 堀川信一郎, 松廣健二郎, 茂木透, 本多亮, 工藤健, 宮城洋介, 御嶽山周辺におけ るブーゲー異常, 日本火山学会2024年度秋季大会, P47, https://doi.org/10.18940/vsj.2024.0_148

大石 健登, 小山 崇夫, 上嶋 誠, 馬場 聖至, 臼井 嘉哉, 多田 訓子, 田中 聡, 2024, 日本火山学会2024年度秋季大会, P61, https://doi.org/10.18940/vsj.2024.0_162

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

伊豆大島に関しては、令和6年度の成果をもとに、観測候補点10余点を選定した。令和7年度は当該観測点において、広帯域MT法探査を実施する。時期は未定であるが、冬季に1カ月間余の連続観測を実施する予定である。
御嶽山に関しても、令和6年度に実施した予察による観測候補点において、令和7年度はMT法探査を実施する予定である。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

小山崇夫（東京大学地震研究所）,市原寛（名古屋大学）
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：小山崇夫
所属：東京大学地震研究所

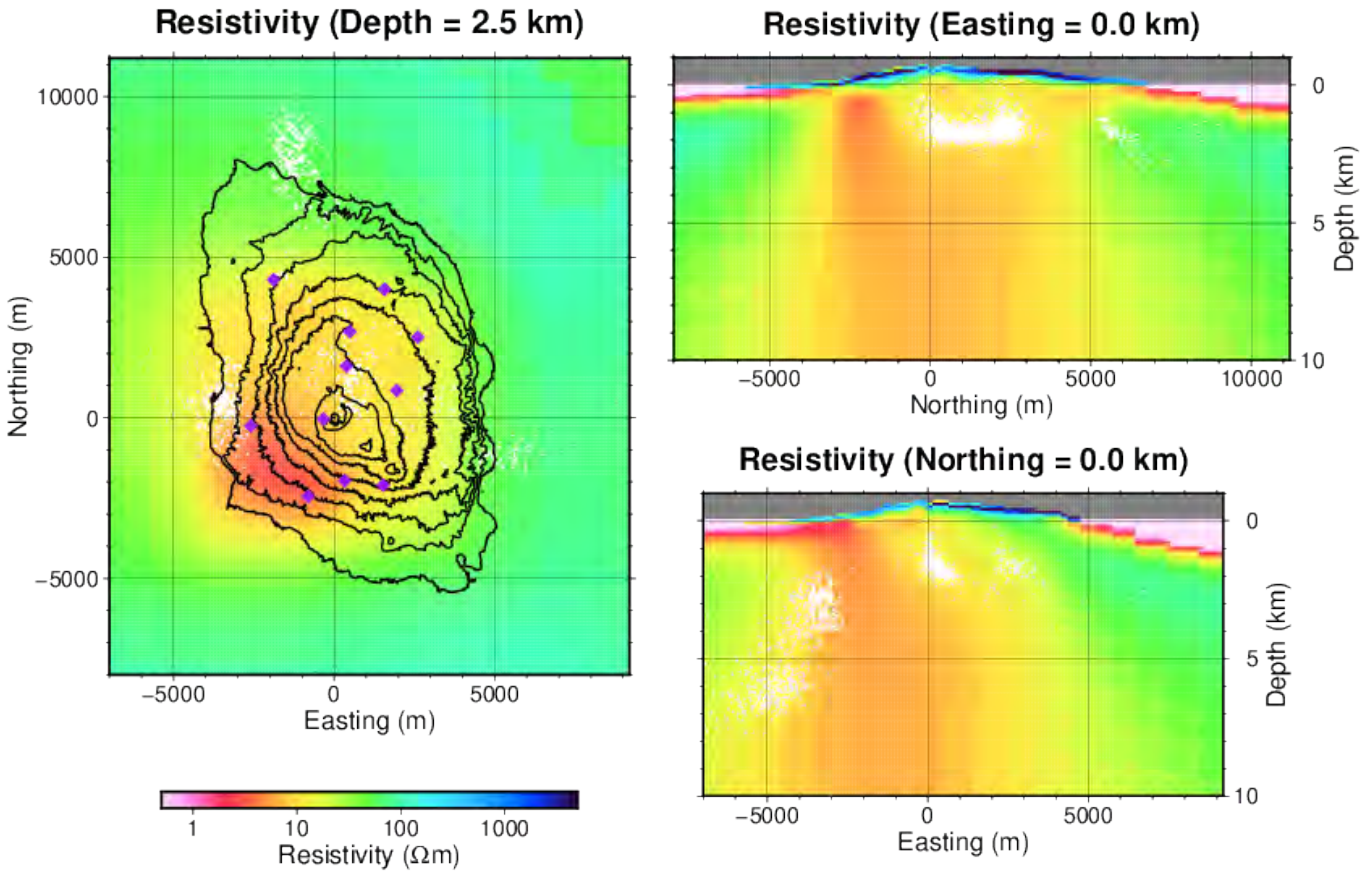


図 1
（左図）深度2.5kmの比抵抗平面図
（右上図）三原山を通る比抵抗南北鉛直断面図
（右下図）三原山を通る比抵抗東西鉛直断面図
ただし、水平座標原点は三原山の位置。図中の白点は震源（気象庁提供）。紫印は陸上MT観測点。

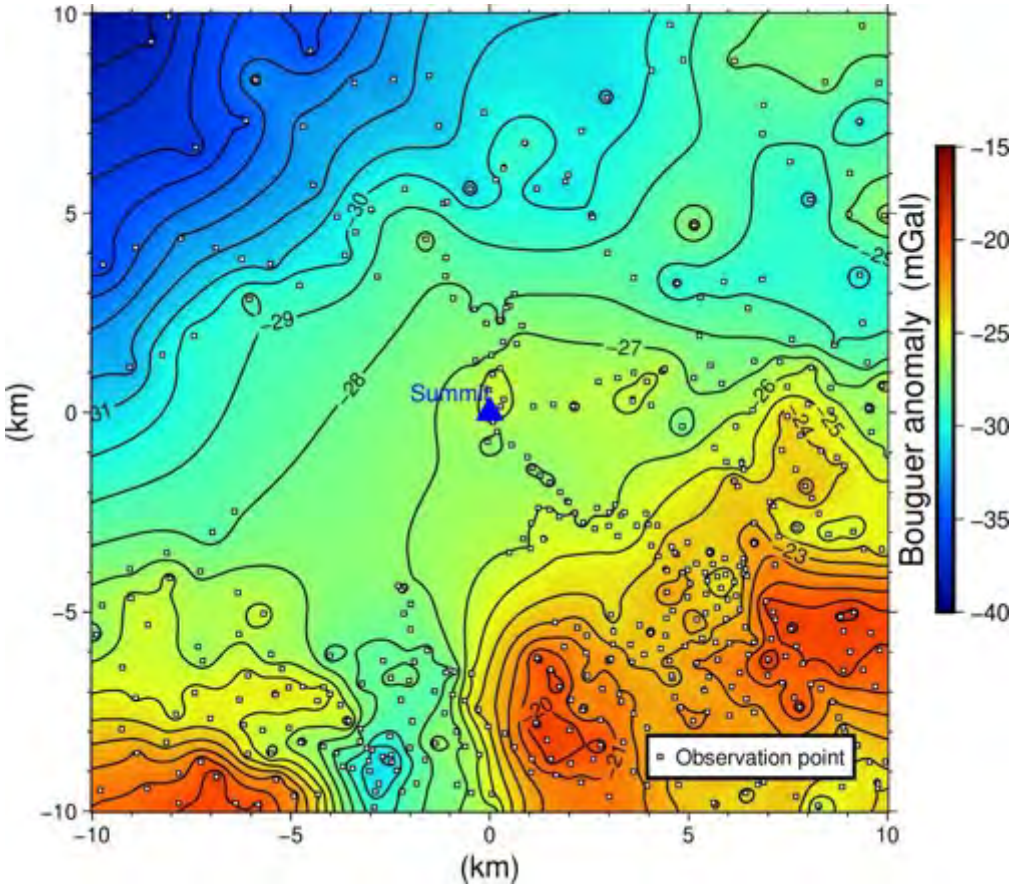


図2
御嶽山のブーゲー異常図

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_08

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地震発生予測のための島弧-海溝システムの観測-モデリング統合研究
（英文）Integrated modeling of intraplate earthquake occurrence based on geophysical exploration of island arc-trench system structures

（3）関連の深い建議の項目：

２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
イ. 内陸地震の長期予測

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ウ. 地形・地質データの収集・集成と文理融合による解釈
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
イ. 内陸地震
エ. 地震発生と火山活動の相互作用の理解とモデル化
５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(2) 首都直下地震
(4) 内陸で発生する被害地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

日本列島の上盤側プレートで発生するM7級の地震活動は、プレート沈み込み作用に支配的な影響を受けていると考えられる。西南日本内陸部で発生した歴史地震や、2011年東北地方太平洋沖地震前後の地震・火山現象の変化から、プレート境界における固着状態の変化や発生する巨大地震は、上盤側プレート内の応力状態を数十年スケールで変化させると考えられる。この様な上盤側プレート内部の応力状態の時間変化は、過去数回の活動履歴に基づき地震発生確率を推定する現在の長期評価手法では全く考慮されていない。上盤プレート内の応力状態の時間変化はGNSSによる地殻変動・地震活動を用いた定量的なモデル化が可能である。したがって、構造探査等により推定される島弧―海溝系上盤側プレートの構造と震源断層を初期条件として、力学的な数値計算から断層面上に作用する応力を計算し、現在・過去の地震活動を説明することにより、プレート間相互作用を考慮した物理モデルによる長期予測が可能になると期待される。以上の背景から、現行計画で「地震発生予測のための島弧―海溝システムの観測-モデリング統合研究」（ERI-11）を開始し、東北日本を対象に、海陸地殻構造探査による上盤側プレートの構造推定と粘弾性三次元有限要素法モデルによるプレート境界の固着状態・上盤側プレート内部の応力状態の計算を一体で進める形で地震発生の長期予測の手法開発を行ってきた。

そこで、次期計画では、東北日本・関東地域の解析をさらに進めるとともに、主な研究対象領域を西南日本とし、海陸統合の島弧・プレート構造の推定を目的とする(1)陸域自然地震観測および(2)海域自然地震観測と、(3)その結果や既往の構造探査等の再解析に基づくプレート上面モデルや震源断層モデル等の日本列島基本構造モデル構築・改訂および活構造の長期間地殻変動、 (4) 数値計算による震源断層面上に作用するクーロン応力変化の推定を軸とした、プレート間相互作用を考慮した物理モデルによる長期予測手法の開発をさらに進める。

本課題の成果は、測地学的な時間帯域でのプレート沈み込みに支配された上盤プレート内の内陸地震活動や変形メカニズムに基本的な情報を提供するだけでなく、地質学的な時間帯域での日本列島の形成プロセスの理解にも大きく貢献すると期待される。

（6）本課題の５か年計画の概要：

主に西南日本を対象に、観測と日本列島基本構造モデルの構築・更新と地殻活動予測を統合的に実行し、地殻活動予測、巨大地震発生予測を含む多様な地殻活動についての定量的な理解を進める。数値モデルによる地震発生ポテンシャルの推定に必要な三次元構造モデルと震源断層モデルの高度化のため、西南日本を横断する海溝から背弧海盆に至る測線を設定し、既存の構造探査・地震観測データを利用しつつ、浅部から深部（リソスフェア・アセノスフェア境界）にいたる構造モデルを構築する。特に不足している西南日本日本海側の深部構造情報を得るために、山陰沖日本海南西部において、海底地震計を用いた広帯域自然地震観測、構造探査実験を実施する。陸域下に沈み込むプレートやマントルウエッジを含む上盤側プレートの不均質構造に関する知見を得る為に、西南日本弧陸域の日本海側から太平洋側に至る島弧横断測線を設定し，自然地震観測を実施する。これらのデータによりプレートの構造とレオロジー特性の解明に資する地震波速度構造などを明らかにする。次に、構造探査の結果に基づき日本列島基本構造モデルの構築・更新を行うとともに、構造モデルを反映させた三次元有限要素法を用いて、東北太平洋沖地震に伴う地殻変動を含むGNSSによる測地データを説明するための数値実験を行い、弾性波速度と岩石物性から推定されたレオロジーモデルの妥当性を検討する。さらに、長期間地殻変動および過去の地震活動のデータを取得・コンパイルし、比較検討してそのレオロジーモデルの妥当性を検討し、モデルに反映させる。震源断層については、浅部構造探査・解析を行うとともに、並行して実施される深部構造探査の観測結果を反映させ、長期間地殻変動等に基づき海陸境界部や平野部などの伏在断層を含めたモデルの更新を行う。これらを踏まえて、更新された日本列島基本構造・震源断層モデルに基づき、西南日本上盤側プレート内における地震活動予測と過去の地震活動の説明を目指す。このほか、これまで実施してきた東北日本・関東地域についても、構造探査等を反映させたプレート構造などの日本列島基本構造モデルの更新を進め、これに基づく上盤側プレート内における地震活動予測と過去の地震活動の説明を目指す。以上の研究を以下の年次計画で進める。

令和6 (2024) 年度

・陸域地震観測：東北日本弧で取得されている既存海陸統合地震観測データの解析を継続して実施し、日本海から東北日本弧を経て日本海溝へ至る海陸統合地殻構造モデルのさらなる精緻化をはかる(～2028年度)。2025年度から予定している西南日本弧陸域の日本海側から太平洋側に至る測線での現地踏査を実施し、臨時地震観測点の設置場所を選定する。また、既存の西南日本弧陸域横断地殻構造探査データの再解析を実施する(~2028年度)。

・海域地震観測：東北日本西方沖日本海の深部構造を求めるために、2022年に当該域に設置した小型広帯域海底地震計を回収する。なお、回収には共同利用研究航海を利用する予定である。得られたデータから背弧海盆の深部構造を求める解析を開始する。

・日本列島基本構造モデル・活構造の長期間地殻変動：同時進行のプロジェクト等による反射法探査等の成果に基づき、西南日本（中部地方）を中心に震源断層モデルの構築・更新を行う。また、変動地形調査等により活構造の長期間地殻変動を推定する。

・数値計算：日本列島域の三次元有限要素モデルを構築する。これまでの研究の進展を考慮し、柔軟に種々の粘性構造を取り入れることを可能なモデルにする。

令和7 (2025) 年度

・陸域地震観測：前年度に選定した臨時地震観測点の設置場所に地震観測装置を設置し、観測を開始する。

・海域地震観測：2025年に日本海から回収した広帯域海底地震観測データの解析を継続して、精度のよい深部構造、特にアセノスフェアリソスフェア境界の位置を精度よく決定する。

・日本列島基本構造モデル・活構造の長期間地殻変動：構造探査の観測結果等に応じてプレートモデルを更新する。また、同時進行のプロジェクト等による反射法探査等の成果に基づき、西南日本（中部地方）を中心に震源断層モデルの構築・更新を行う。また、変動地形調査等により活構造の長期間

地殻変動を推定する。
・数値計算：南海トラフ－琉球海溝におけるプレート境界プロセス、および東北沖地震による西南日本域の震源断層面上のクーロン応力変化を検討する。

令和8 (2026) 年度
・陸域地震観測：前年度に設置した臨時地震観測点を撤収する。得られたデータから測線下の構造を求める解析を開始する。
・海域地震観測：島弧のより精密な上部マントル地殻モデルを構築するために、東北日本に続き、西南日本において浅部から深部までの島弧断面を作成する。その一環として、西南日本北方沖の日本海に小型広帯域海底地震計を設置して、広帯域海底地震観測を開始する。なお、設置のための傭船について、費用の一部を本研究で負担する。
・日本列島基本構造モデル・活構造の長期間地殻変動：き続き構造探査の観測結果等に応じてプレートモデルを更新する。また、同時進行のプロジェクト等による反射法探査等の成果に基づき、西南日本（近畿地方）を中心に震源断層モデルの構築・更新を行う。また、変動地形調査等により構造の長期間地殻変動を推定する。
・数値計算：相模トラフ、伊豆小笠原海溝のプレート境界プロセスと東北沖地震の影響を考慮し、関東地方および伊豆小笠原弧の応力状態を検討する。

令和9 (2027) 年度
・陸域地震観測：陸上臨時地震観測点で取得したデータに対して、地震波速度構造解析等を適応し、陸域測線下の構造を明らかにする。
・海域地震観測：前年度に設置した小型広帯域海底地震計による広帯域海底地震観測を継続する。これまでに得られている広帯域海底地震観測データを利用して、島弧全体の深部構造解析を開始する。
・日本列島基本構造モデル・活構造の長期間地殻変動：引き続き構造探査の観測結果等に応じてプレートモデルを更新する。また、同時進行のプロジェクトによる反射法探査等の成果に基づき、西南日本（近畿地方）を中心に震源断層モデルの構築・更新を行う。また、変動地形調査等により、活構造の長期間地殻変動を推定する。
・数値計算：東北地方太平洋沖地震後10年間の測地データを用い、東北日本下の粘性構造と上盤プレート内の震源断層の応力変化を評価する。

令和10 (2028) 年度.
・陸・海域地震観測：2026年に西南日本北方沖の日本海に設置した小型広帯域海底地震計を回収する。なお、回収のための傭船について、費用の一部を本研究で負担する。得られたデータを用いて、西南日本北方沖日本海の深部構造を求めるとともに、陸域測線下の構造と日本海側や太平洋側の海域で得られている構造とを統合した島弧全体の海陸統合地殻構造モデルの構築を実施する。
・日本列島基本構造モデル：引き続き構造探査の観測結果等に応じてプレートモデルを更新する。また、同時進行のプロジェクト等による反射法探査等の成果に基づき、西南日本を中心に震源断層モデルの構築・更新についてまとめを行う。また、西南日本の活構造を中心に、第四紀後期の長期間地殻変動のとりまとめを行う。
・数値計算：４年目までに検討した各地域のプレート境界プロセス間の相互作用を検討し、今後数十年スケールの応力変化についてまとめを行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要
・陸域地震観測
(1) 東北日本
「災害軽減に貢献する地震火山観測計画（第2次）」においては，日本海地震・津波調査プロジェクトの一環として2019年に実施した地震探査 （Sato et al., 2020，佐藤・他，2020）の陸域部（図1）について、屈折・広角反射法データ解析によって速度構造モデルを提出してきた（Iwasaki et al., 2021; 2022; 2023）。これまでの解析によって地殻最上部の堆積層部分の構造が測線に沿って大きく変化し、下部地殻及び上部マントルにおいても反射体が分布する複雑な構造が明らかになった。以上をふまえて、災害軽減に貢献する地震火山観測計画（第3次）”の初年度にあたる本

年度は、更に測線下の構造変化を明らかにする目的でS波速度構造を求め、更に、測線周辺の地震活動と得られた構造の関連性の解明を重点的に行った。
観測記録上のS波初動は測線東部では明瞭であった。一方中部・西部では記録のS/Nが高くないため、extended time-term法(Iwasaki, 2002)を用いて静補正を行い、更に近接するトレースに対してスタッキングを行ってS波同定を行った。得られた地殻上部のS波構造を図2に示す。この解析結果によれば、北上山地に相当する測線東部ではVp/Vsが比較的大きい(~1.76)。一方、測線中部（奥羽脊梁山地）・西部（庄内平野-新庄盆地）では小さなVp/Vs値(~1.70)を示し、測線に沿って顕著な地域性のあることが明らかとなった。また、北上山地西部においては図2に示されるP波速度境界からのS波反射も認められ、北上山地の高速度体が顕著な西傾斜の面を形成して北上河谷帯下に入り込む構造がより明らかとなった。
解析に用いた地震波形データについては、Kurashimo et al. (2022)によって反射法処理が行われている。図3にその反射断面をこれまでに求めてきた速度構造断面に重ね、更に当該測線周辺の地震活動（気象庁一元化震源）を示した。これによれば、測線中部においては速度構造断面の下部地殻（深さ10~23-25~30 km）は反射体に富むことが明瞭である。これに対して、測線最西部（庄内平野下）においては下部地殻に相当する部分は比較的透明で、測線中部との構造的差違を示している可能性がある。また、マントル最上部の深さ38及び46 kmに推定される反射面付近にも反射体群が認められる。
測線周辺の地震活動には、測線に沿った地質区分に対応して顕著な地域性がある。測線東部では深さ12 km以浅の地殻内地震活動が活発である。2003年宮城県北部地震(M6.4)は、北上山地下の高速度体内に集中していることがわかる。また、この高速度体西縁の西傾斜構造境界周辺に沿って地震が分布している。一方、北上河谷帯側地殻浅部では地震活動が殆ど認められない。このことは、両者の構造には上述のP波及びS波構造の違いだけでなく、その物理（力学的）特性の差違があると思われる。奥羽脊梁山地下では、地震活動が深さ10 km以浅に限られており、火成活動による温度構造を反映しているのであろう。一方、測線西部では地震活動が深さ20 kmにまで及んでいる。このような地震活動域の差は、上述の反射体分布の差とともに、測線最西部とより内陸側の物性・温度構造の差を反映している可能性があり、その地質学的発達過程を加えた総合的検討が必要であろう。また、低周波地震は下部地殻の反射体に富む部分で発生している。更にその下の上部マントル（深さ38及び46 km）には反射面の存在している。このような対応関係を考えると、マントルからの流体の上昇と滞留が反射面・反射体の形成と低周波地震の発生に大きく関与している可能性が高い。
加えて、2019年に実施した東北日本弧横断海陸統合地殻構造探査(Sato et al., 2020)の宮城沖側では、2004年に海底地震計と制御震源を用いた地殻構造探査が実施されている(例えば、渡邊・他，2006)。2019年構造探査データに2004年宮城沖構造探査データも加えた解析を実施することは、東北日本弧から宮城沖にかけての海陸境界域を含む地殻構造モデルのさらなる精緻化に貢献することが期待できる。そこで、宮城沖構造探査データを整理し、海底地震計のデータから発破とエアガンの初動走時の読み取り作業を実施した。得られた初動走時データに2019年東北日本弧横断海陸統合地殻構造探査で得た初動走時データを加えた初動トモグラフィー解析を開始した。
(2) 西南日本
「災害軽減に貢献する地震火山観測計画（第3次）」においては、数値モデルによる地震発生ポテンシャルの推定に必要な三次元構造モデルと震源断層モデルの高度化のため、西南日本を横断する海溝から背弧海盆に至る測線を設定し、既存の構造探査・地震観測データを利用しつつ、浅部から深部（リソスフェア・アセノスフェア境界）にいたる構造モデルを構築することが目的として設定されている。その一環として、本年度は、紀伊半島における既往長測線制御震源データを再整理し高精度解析を行うための準備を行った。対象は2004年（例えば伊藤・他，2007）及び2006年の探査(Iwasaki et al., 2018)で、測線は紀伊半島をそれぞれ北北西-南南東、北西-南東方向に縦断する（図4）。 2004年探査では195 kmの測線上に15点のショット点が設定された。一方、2006年測線は測線長が88 kmで、5点のショット点が設けられた。これら探査で取得されたデータから、この地域に沈み込むフィリピン海プレート、更にその上盤側の西南日本弧地殻を明らかにし、プレートと島弧の接合関係を含む沈み込み帯の全体構造を求め直す。 また、更に1989年に実施された屈折法探査（河内長野-紀和測線）（爆破地震動研究グループ，1992）は、その位置が2004年測線の南部にほぼ一致し、約65 kmの測線上に6点のショット点が設けられた。この探査は2004年及び2006年の探査に比べてショット間隔が短いために、プレート構造のみならず西南日本弧側付加体構造推定の精緻化に貢献すると期待される。
2006年データについては、Iwasaki et al. (2018)によってその整理は既に完了している。2004年デー

タについては、本年度に発震点及び受振点位置データを再整理し、オリジナルのデータフォーマット（SEG-Y）から2006年データと同じデータフォーマットに変換し、これまでに確立しているソフトウェアパッケージを用いて効率的に統一的解析・解釈を実現することができる。

図5には、これら両測線のrecord sectionを示した。全体的に記録の質は極めて良好で、明瞭は初動とともに、沈み込むプレートからの反射波、上盤側付加体及び西南日本弧を構成する地殻内反射が確認される。これらの詳細な処理・解析によって、プレート境界の物性、上盤側島弧地殻とプレートの接合関係等についての新たな知見を得ることを目指す。

このほか、2025年度より実施する紀伊半島縦断自然地震観測の観測点設置場所を検討した。

・海域地震観測

日本列島のような沈み込み帯上盤プレート内の地震発生・地殻変動を定量的に解明していくためには、観測にもとづいた構造の理解が重要である。そこで、最上部マントルまでの詳細な構造を求めるために、日本海における測線上に、2022年11月に小型広帯域地震計7台を設置して、長期海底観測を開始した。設置は、海洋研究開発機構所属学術研究船「白鳳丸」KH-22-9次航海にて実施し、小型広帯域地震計を設置した測線上において、GIガンとハイドロフォンストリーマによる反射法地震探査を行い、浅部構造を把握した。約2年後の2024年7月に東京海洋大学海洋調査・練習船「神鷹丸」SY-24-05航海により、設置した小型広帯域海底地震計を回収して、レシーバー関数解析などの深部構造を得るための解析を開始した。回収した小型海底地震計からは良好な記録が得られている（図6）。

2024年1月1日に令和6年能登半島地震が発生した。そこで、自由落下自己浮上式海底地震計（OBS）を用いた海域緊急余震観測を、本研究経費に加えて、科学研究費補助金特別研究促進費により、東京大学地震研究所・北海道大学大学院理学研究院・東北大学大学院理学研究科・千葉大学大学院理学研究院・東京海洋大学学術研究院海洋資源エネルギー学部門・東海大学海洋学部・京都大学防災研究所・鹿児島大学大学院理工学研究科・海洋研究開発機構の共同研究観測として、実施した。海洋研究開発機構所属学術研究船「白鳳丸」によるKH-24-JE01緊急調査航海（1月16日東京出港 - 1月23日富山入港）により、計34台のOBSを設置した。設置したOBSのうち、26台の短期収録短周期型OBSを白鳳丸KH-24-JE02C航海により、2月22日から24日にかけて回収した。また、その後、約40台の長期観測型OBSを用いて、約1年間のモニタリング観測を行った。2025年1月には、学術研究船「白鳳丸」KH-25-JE01航海により、長期観測型OBSを回収して、観測を終了した。長期モニタリング観測については、データの解析中である。2024年2月に回収したデータを用いて、本震発生1ヶ月後から約1ヶ月間の余震震源分布と発震機構解を求めた。震源決定の結果、震源は深さ約17 kmまでに決定され、深い地震は震源域最東部に多く位置している。これらは余震活動が上部地殻内において活発であることを示している。観測域では過去の研究により地震発生断層モデルが構築されており、余震分布は断層モデルとよく一致する。ただし、最東部の断層モデルの北側半分に対応する領域では地震活動が活発でない（図7）。多くの逆断層型の余震がある一方で、横ずれ型断層の発震機構をもつ地震も決定された。逆断層型および横ずれ型の発震機構解を持つ地震はどちらも北西-南東方向の圧縮が卓越している。

・日本列島基本構造モデル・活構造の長期間地殻変動

森本・富樫断層帯における重点的な調査観測の一環として、同断層帯と砺波平野断層帯（西部）を横断する測線で、大型バイブロサイス車2台を震源とする深部構造探査を実施した（図8）。地表付近から中角度で東に傾きさがる森本断層と、下に凸な形状を有する西傾斜の法林寺断層の構造が明らかとなった。得られた断層構造に基づき、中部日本の断層モデルを今後構築する。また、三浦半島断層群（主部／武山断層帯）における重点的な調査観測の一環として、三浦半島を縦断する深部構造探査を実施し、その結果、三浦半島断層群の構造が明らかとなった（図9）。これらと既存構造探査の結果を考慮して、関東地域の断層モデルを今後更新する。

・数値計算

島弧－海溝系の地殻活動の解明のために、地殻構造や地震活動、地殻変動観測を定量的に説明できる現実的な変動モデルの構築が求められている。本研究では、Hashima et al. (2016)、Freed et al. (2017)にもとづき、日本列島域の粘弾性構造を取り入れることの可能な有限要素モデルを構築した。このモデルは東西4700 km、南北4600 km、深さ700 kmをモデル領域とし、5-100 kmのサイズの100万個の要素からなる。また、太平洋、フィリピン海プレート上面は和達－ベニオフ帯にもとづくなめらかな形状とした。

このモデルを用いて、2024年M7.6能登半島地震にいたる応力蓄積の要因を検討する。昨年度の報告

では、南海トラフ、日本海溝の固着と東北沖地震による変動の効果を計算したが、2024年能登半島地震の発生に整合的であったのは、2011東北沖地震前の日本海の固着のみであった。そこで、今年度は、相模トラフにおける固着と伊豆半島の衝突の影響について広域応力場と能登半島周囲の震源断層における剪断応力、クーロン破壊応力（ΔCFS）を計算した。ΔCFSの計算においては実行摩擦係数を0.4とした。相模トラフにおけるプレート相対運動は、ほぼ3 cmyrの右横ずれ運動であるが、それが一様に固着していると仮定した。伊豆半島の衝突については、プレート境界面の傾斜方向の滑り運動が一様に永年的に固着していると仮定した。
計算の結果、相模トラフの固着による剪断応力（von Mises応力）分布は北西への指向性を示し、能登半島にも1 kPa/yr程度の応力蓄積が見られる。能登半島周囲の震源断層に対する剪断応力およびΔCFSを計算すると、いずれも全面的な正値分布となった。伊豆半島の衝突については、相模トラフの固着ほどの応力蓄積は起こらないものの、震源断層におけるΔCFSは、能登半島西部沖の断層を除いて正値となった。
これらのことから、能登半島における相模トラフ、伊豆の衝突の重要性が示唆される。ただ、距離的には南海トラフや日本海溝からの寄与も同程度であり、現在の応力蓄積状況を解明するには、これらを統合したモデルにより総合的に判断する必要がある。また、伊豆の衝突が永年的である一方、相模トラフや南海トラフの固着は数百年スケールでは解消されるものであり、これらの地震サイクルを考慮した長期的な応力蓄積過程についてもモデル化する必要がある。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
海陸地殻構造探査による上盤側プレートの構造推定と粘弾性三次元有限要素法モデルによるプレート境界の固着状態・上盤側プレート内部の応力状態の計算を一体で進めるというコンセプトで、上盤側プレート内の地震発生の長期予測について新しい手法開発を行ってきた。これまで北海道・東北日本・関東地域について解析を進めてきたが、東北日本のモデル更新と、西南日本のモデル化に向けて着実に研究を進めつつある。この点で、本課題は、関連の深い建議の項目である「2 地震・火山噴火の予測のための研究　(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）イ. 内陸地震の長期予測」の目的に直結する貢献をしている。また、その他関連する建議の項目である「1 地震・火山現象の解明のための研究　(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化　イ. 内陸地震および　エ. 地震発生と火山活動の相互作用の理解とモデル化」および「5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究　(2) 首都直下地震　(4) 内陸で発生する被害地震」にも、数値計算や震源断層モデルの更新等を通じて貢献をしている。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
・論文・報告書等

Shinohara, M., R. Hino, T. Takahashi, K. Obana, S. Kodaira, R. Azuma, T. Yamada, T. Akuhara, Y. Yamashita, E. Kurashimo, Y. Murai, T. lsse, K. Nakahigashi, H. Baba, Y. Ohta, H. Yakiwara, Y. Nakatani, G. Fujie, T. Sato, H. Shiobara, K. Mochizuki, S. Sakai, and the R/V Hakuho-maru KH-24-JE01 and KH-24-JE02C shipboard science parties, 2025, Precise aftershock activity in marine source region of 2024 Noto-Hanto earthquake by rapid response observation using ocean bottom seismometer, Earth, Planets and Space, in review.,査読有,謝辞有

Baba, S., S. Takemura, K. Obara, A. Takeo, Y. Yamashita, and M. Shinohara, 2024, Spatial variation in shallow slow earthquake activity in Hyuga-nada, southwest Japan, Geophys. J. Int., 237, 1, 271–287. https://doi.org/10.1093/gji/ggae039,査読有,謝辞有

Hu, C-Y, M. Shinohara, Y. Yamashita, T. Tonegawa, T. Yamada, T. Akuhara and K. Mochizuki, 2024, Seismic activity around shallow plate boundary near westernmost Nankai Trough revealed by ocean bottom seismometer observation, Earth, Planets and Space, 76, 168. https://doi.org/10.1186/s40623-024-02122-4,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

石山達也・野 徹雄・佐藤比呂志, 2024, 能登半島周辺の活構造と地殻構造, 日本地質学会中部支部2024年支部年会シンポジウム『令和6年能登半島地震とその被害』, 日本地質学会中部支部.

石山達也・野 徹雄・佐藤比呂志, 2024, 日本海東部の活構造・地殻構造から検討した能登半島周辺の海底活断層の構造, 日本地質学会2024年山形大会シンポジウム 『能登半島地震とそれによる自然災害の地球科学的理解を目指して』, 日本地質学会2024年山形大会.

石山達也・野 徹雄・佐藤比呂志, 2024, 令和 6 年能登半島地震震源域周辺の地殻構造と断層構造, 日本活断層学会2024年度秋季学術大会（信州大学） シンポジウム「令和 6 年能登半島地震から考える大地の動き」, 日本活断層学会2024年度秋季学術大会.

石山達也・佐藤比呂志・岩田知孝・平松良浩・加藤直子・斉藤秀雄・石毛宏和・阿部 進, 2024, 森本・富樫断層帯の深部構造探査, 2024年日本地球惑星科学連合大会, SSS11-03.

石山達也・佐藤比呂志・斉藤秀雄・石毛宏和・中田 守・阿部 進, 2024, 三浦半島断層群および相模湾延長部における地震波構造探査,日本地震学会2024年秋季大会, S10-09.

Ishiyama, T., Sato, H., No, T., 2024, Structural characters of nearshore active faults in the eastern Sea of Japan, 2024 Annual Meeting of Japan Geoscience Union, U16-04.

Iwasaki T. et al., 2024a. Lateral structure variation and seismic activity across the central part of the NE Japan Arc deduced from the 2019 onshore seismic profiling,日本地球惑星科学連合2024年大会，SSS09-P06.

Iwasaki T. et al., 2024b. .Lateral structure variation and seismic activity across the central part of the NE Japan Arc deduced from the 2019 onshore seismic profiling-II,日本地震学会2024年秋季大会, S06-02.

篠原雅尚・村井芳夫・日野亮太・太田雄策・東 龍介・佐藤利典・塩原 肇 ・望月公廣・一瀬建日・山田知朗・悪原 岳・酒井慎一・蔵下英司・中東和夫・馬場久紀・伊藤喜宏・山下裕亮・八木原 寛・仲谷幸浩・小平秀一・尾鼻浩一郎・藤江 剛・高橋 努・白鳳丸KH-24-JE01およびKH-24-JE02C乗船研究者、海底地震計を用いた令和 6 年能登半島地震の海域緊急余震観測(速報)、能登半島地震白鳳丸航海成果検討集会、2024年4月8日（月）

村井芳夫・日野亮太・太田雄策・東 龍介・佐藤利典・篠原雅尚・塩原 肇・望月公廣・一瀬建日・山田知朗・悪原 岳・酒井慎一・蔵下英司・中東和夫・馬場久紀・伊藤喜宏・山下裕亮・八木原 寛・仲谷幸浩・小平秀一・尾鼻浩一郎・藤江 剛・高橋 努・白鳳丸KH-24-JE01およびKH-24-JE02C乗船研究者,海底地震計を用いた令和 6 年能登半島地震の海域緊急余震観測(速報),第399回地震調査委員会、2024年4月9日（火）

Shinohara, M., Y. Murai, R. Hino, Y. Ohta, R. Azuma, T. Sato, H. Shiobara, K. Mochizuki, T. Isse, T. Yamada, T. Akuhara, S. Sakai, E. Kurashimo, K. Nakahigashi, H. Baba, Y. Ito, Y. Yamashita, H. Yakiwara, Y. Nakatani, S. Kodaira, K. Obana, G. Fujie, T. Takahashi, and KH-24-JE01 and KH-24-JE02C shipboard scientists, Precise aftershock distribution by urgent seafloor observation in the eastern source region of the 2024 Noto- U-16 2024 Noto-Hanto earthquake, U16-P14.

東京大学地震研究所・北海道大学大学院理学研究院・東北大学大学院理学研究科・千葉大学大学院理学研究院・東京海洋大学学術研究院海洋資源エネルギー学部門・東海大学海洋学部・京都大学防災研究所・鹿児島大学大学院理工学研究科・海洋研究開発機構、海底地震計を用いた令和 6 年能登半島地震の海域緊急余震観測(第2報)、第243回地震予知連絡会、2024年5月22日(水)

東京大学地震研究所・東北大学大学院理学研究科・海洋研究開発機構・京都大学防災研究所・北海道大学大学院理学研究院・千葉大学大学院理学研究院・東京海洋大学学術研究院海洋資源エネルギー学部門・東海大学海洋学部・鹿児島大学大学院理工学研究科、海底地震計を用いた緊急観測による令和 6 年能登半島地震の余震活動、第403回、第404回および第405回地震調査委員会、2024年7月9日(火)、8月9日(金)、9月10日(金)

東京大学地震研究所・東北大学大学院理学研究科・海洋研究開発機構・京都大学防災研究所・北海道大学大学院理学研究院・千葉大学大学院理学研究院・東京海洋大学学術研究院海洋資源エネルギー学部門・東海大学海洋学部・鹿児島大学大学院理工学研究科、海底地震計を用いた令和６年能登半島地震の海域緊急余震観測(第3報)、第244回地震予知連絡会、2024年8月29日(木)

東京大学地震研究所・北海道大学大学院理学研究院・東北大学大学院理学研究科・千葉大学大学院理学研究院・東京海洋大学学術研究院海洋資源エネルギー学部門・東海大学海洋学部・京都大学防災研究所・鹿児島大学大学院理工学研究科・海洋研究開発機構、海底地震計を用いた令和6年能登半島地震の海域緊急余震観測、地震予知連絡会会報第112巻、6-3, 2024

東京大学地震研究所・北海道大学大学院理学研究院・東北大学大学院理学研究科・千葉大学大学院理学研究院・東京海洋大学学術研究院海洋資源エネルギー学部門・東海大学海洋学部・京都大学防災研究所・鹿児島大学大学院理工学研究科・海洋研究開発機構、海底地震計を用いた令和6年能登半島地震の海域緊急余震観測（第2報）、地震予知連絡会会報第112巻、6-4, 2024

篠原雅尚・日野亮太・高橋 努・尾鼻浩一郎・小平秀一・東龍介・山田知朗・悪原 岳・山下裕亮・蔵下英司・村井芳夫・一瀬建日・中東和夫・馬場久紀・太田雄策・伊藤喜宏・八木原 寛・仲谷幸浩・藤江 剛・佐藤利典・塩原 肇・望月公廣・酒井慎一・白鳳丸KH-24-JE01およびKH-24-JE02C乗船研究者、緊急海底地震観測による令和６年能登半島地震東部震源域における精密余震活動、日本地震学会 2024年度秋季大会、S22-02.

篠原雅尚・日野亮太・高橋 努・尾鼻浩一郎・小平秀一・東 龍介・山田知朗・悪原 岳・山下裕亮・蔵下英司・村井芳夫・一瀬建日・中東和夫・馬場久紀・太田雄策・伊藤喜宏・八木原 寛・仲谷幸浩・藤江 剛・佐藤利典・塩原 肇・望月公廣・酒井慎一・白鳳丸KH-24-JE01およびKH-24-JE02C乗船研究者、2024年能登半島地震震源域における緊急海底地震観測、海洋調査技術学会第３６回研究成果発表会、特別セッション「令和６年能登半島地震」(2)、5、2024年11月20日(水)

篠原雅尚・白鳳丸第一次・第二次緊急調査航海(KH-24-JE01・KH-24-JE02C)乗船研究者、緊急海底地震観測による2024年能登半島地震海域震源域の余震活動、QWSアカデミアスペシャル東京大学、2024年12月21日(土)

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

・陸域地震観測：前年度に選定した臨時地震観測点の設置場所に地震観測装置を設置し、観測を開始する。また、2004年に取得された宮城沖構造探査データと2019年に取得した東北日本弧横断海陸統合地殻構造探査データの統合解析を継続して実施する。
・海域地震観測：2025年に日本海から回収した広帯域海底地震観測データの解析を継続して、精度のよい深部構造、特にアセノスフェアリソスフェア境界の位置を精度よく決定する。
・日本列島基本構造モデル・活構造の長期間地殻変動：構造探査の観測結果等に応じてプレートモデルを更新する。また、同時進行のプロジェクト等による反射法探査等の成果に基づき、西南日本（中部地方）を中心に震源断層モデルの構築・更新を行うとともに、変動地形調査等により活構造の長期間地殻変動を推定する。
・数値計算：南海トラフ－琉球海溝におけるプレート境界プロセス、および東北沖地震による西南日本域の震源断層面上のクーロン応力変化を検討する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

篠原雅尚（東京大学地震研究所）,蔵下英司（東京大学地震研究所）,石山達也（東京大学地震研究所）
他機関との共同研究の有無：有
東京学芸大学,地震予知総合研究振興会,静岡大学防災総合センター,防災科学技術研究所,弘前大学

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学地震研究所
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：篠原雅尚
所属：東京大学地震研究所

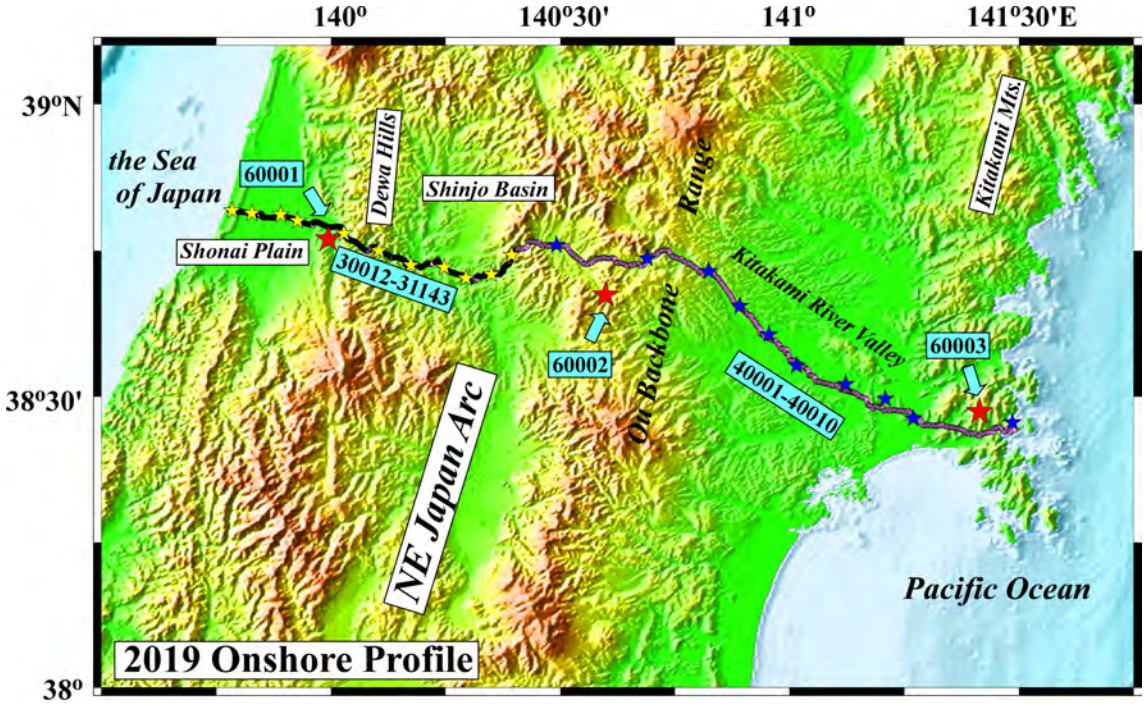


図1. 2019年陸域測線図。
ダイナマイト発震点と震源車による多重発震点を、それぞれ赤と黄・青の星印で示した。発震点及び受振点総数は、24及び1,667点である。

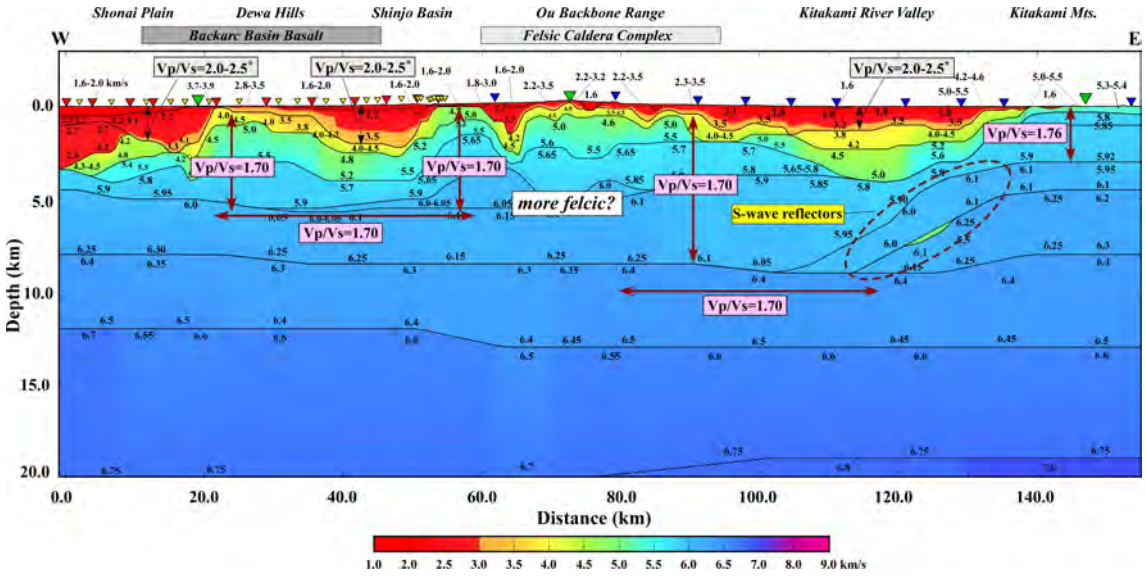


図2. 地殻上部のP波及びS波構造。
北上山地下の地殻浅部高速度域は、北上河谷帯下に西向きに入り込む。その境界に対応する西傾斜速度不連続面（破線の楕円で囲った部分）が存在する。北上山地下の地殻上部のVp/Vsは1.76、測線中部・西部のVp/Vsは1.70程度で、顕著な地域差が見られる。

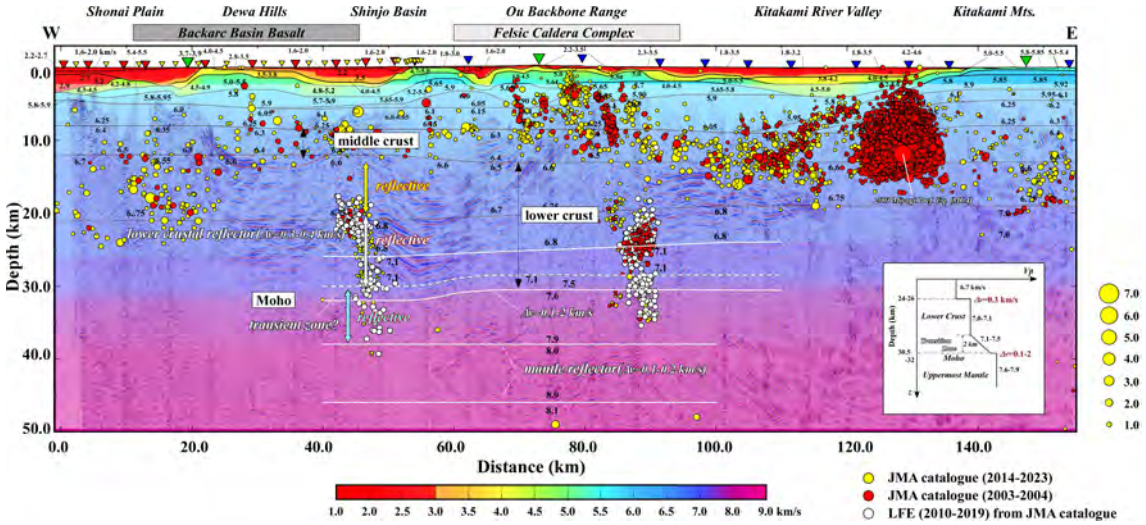


図3. これまでの屈折・広角反射法解析で求めた地殻・上部マントルモデルとKurashimo et al.(2022)による反射断面。
測線から±20 km以内の震源（気象庁一元化震源）を示した。赤丸で示した2003年-2004年の震源には、2003年宮城県北部地震(M6.4)の本震と余震が含まれる。

図4. 紀伊半島における既往制御震源探査測線図。
2004年及び2006年に長測線で探査が行われた。本計画ではこれらの探査データを主軸として統合的解析・解釈を行う。また，2004年測線南部では1988年に屈折法地震探査が行われている

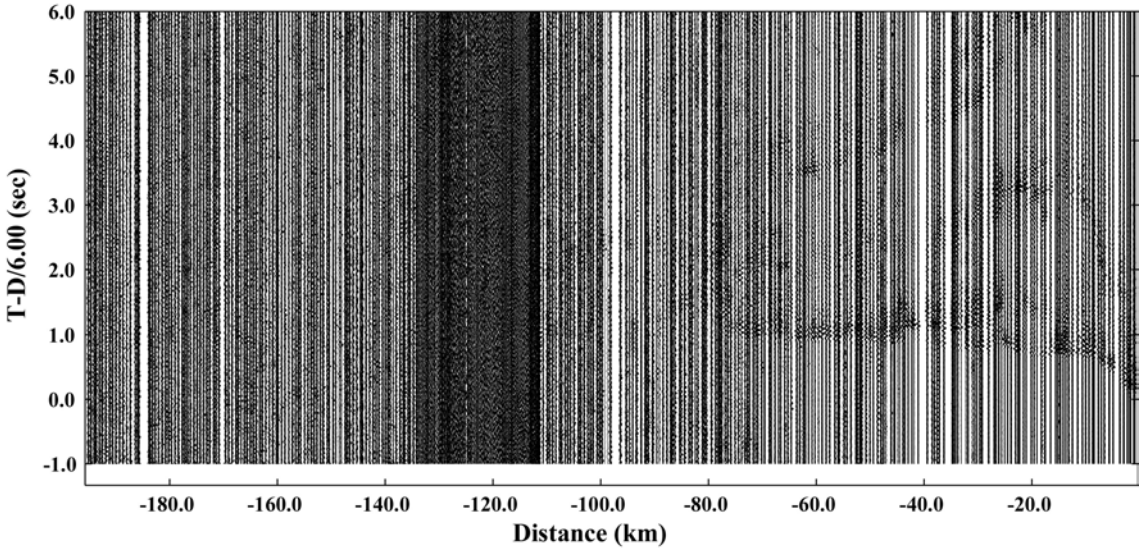


図5(a) 2004年探査のshot SP1（図4参照）のrecord section。明瞭な後続波が確認される。

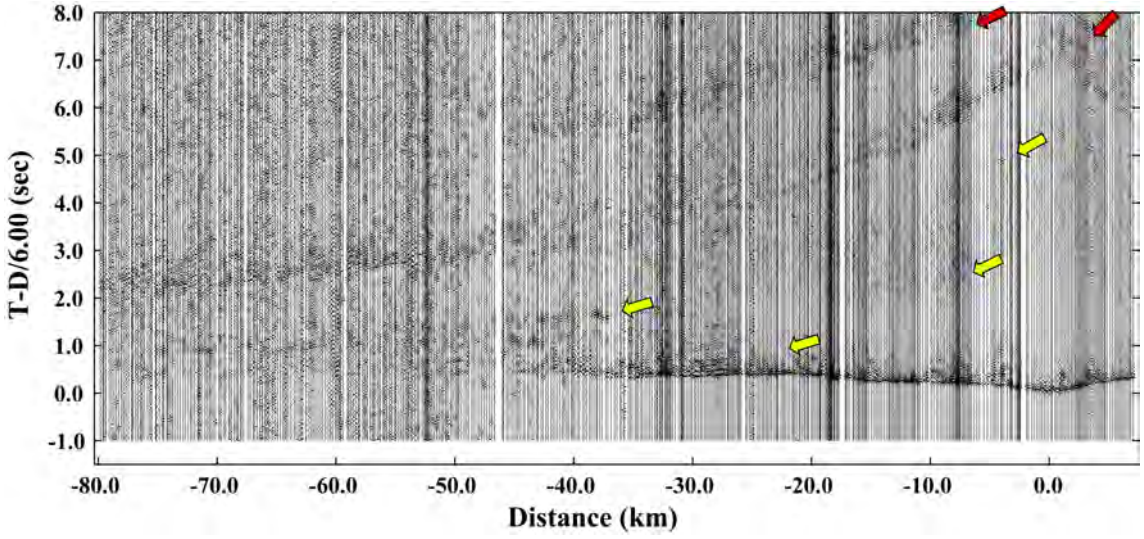


図5(b) 2006年探査のshot SP5のrecord section。矢印はIwasaki et al. (2018)による広角反射波の解釈．赤矢印は沈み込むフィリピン海プレートからの反射波、黄矢印は上盤側西南日本弧地殻内からの反射である。

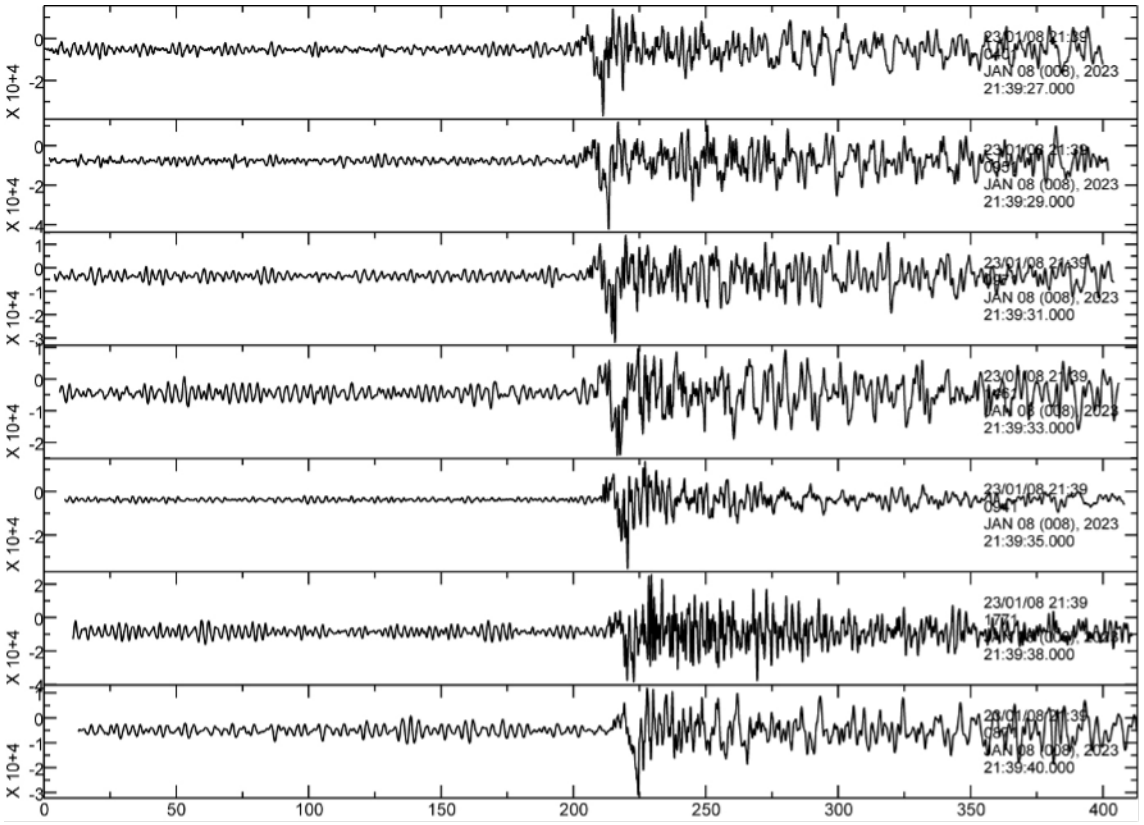


図6 日本海における小型広帯域地震計により観測された地震の波形例。
2023年1月8日にバヌアツ諸島付近で発生したマグニチュード7の地震の上下動記録である。周波数フィルターはかけていない。

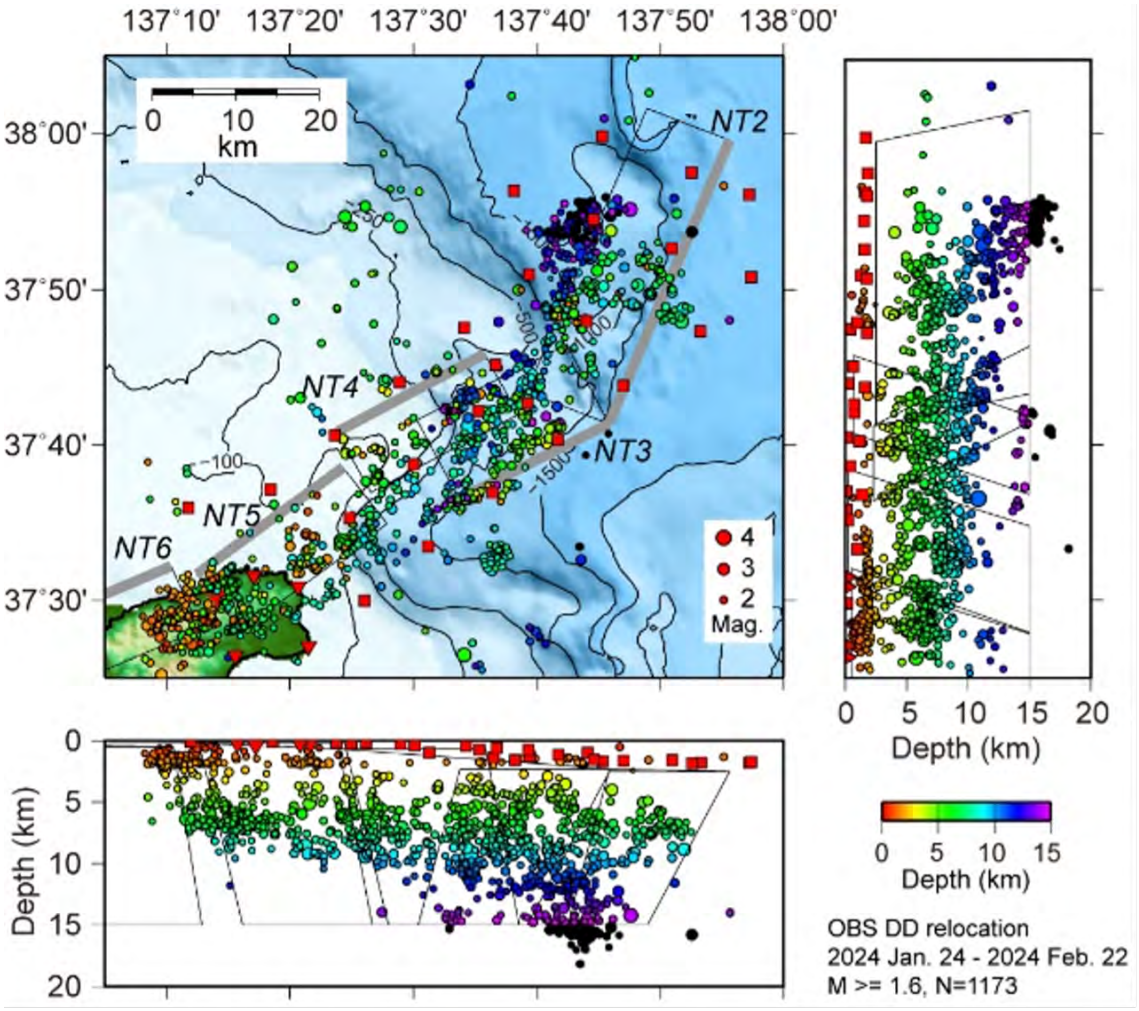


図7　2024年に発生した能登半島地震の震源域東部での海域観測による余震の震源分布。
解析期間は、2024年1月24日から2月22日までで、マグニチュードが1.6以上の気象庁震源リストにある地震を再決定した。

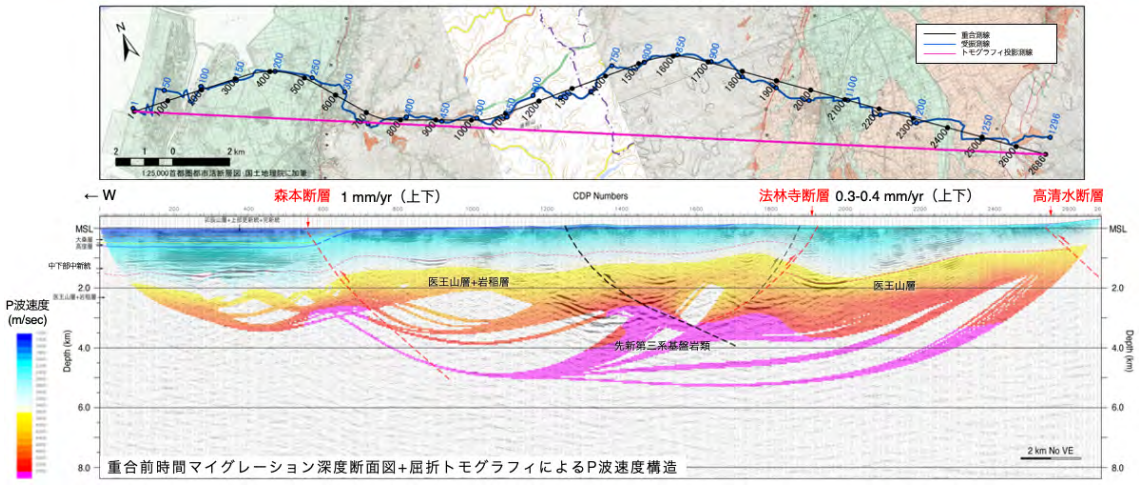


図8　森本・富樫断層帯で実施した深部構造探査の結果（内灘ー南砺測線）。

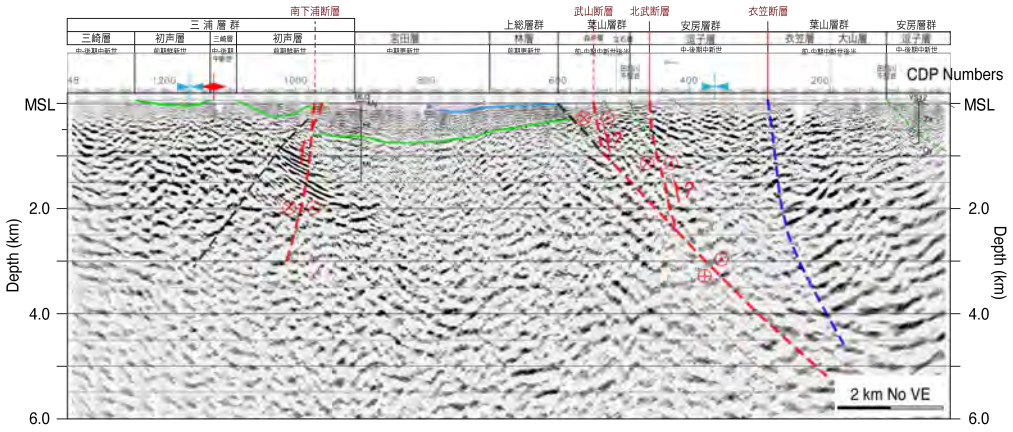


図9　三浦半島断層群で実施された深部構造探査の結果。

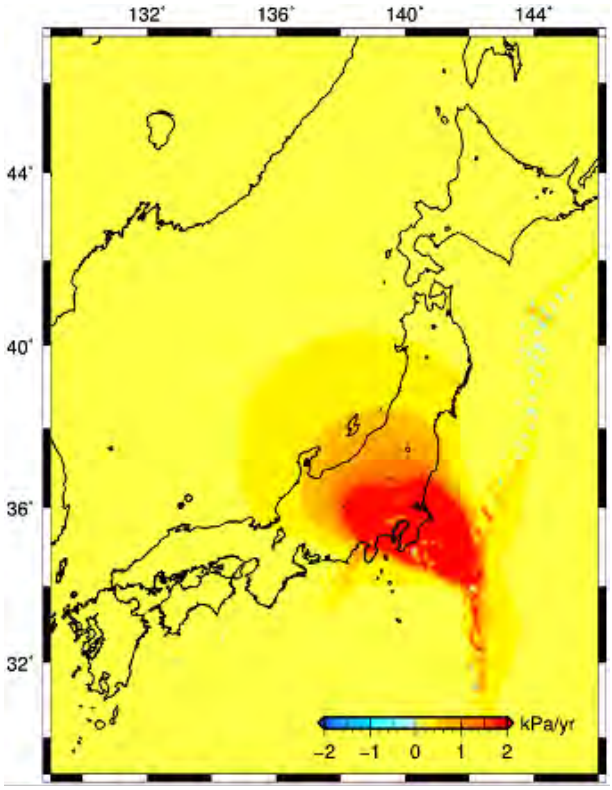


図10 a) 相模トラフの固着に伴うvon Mises応力蓄積速度。
3 cm/yrの一様なすべり速度欠損を仮定。

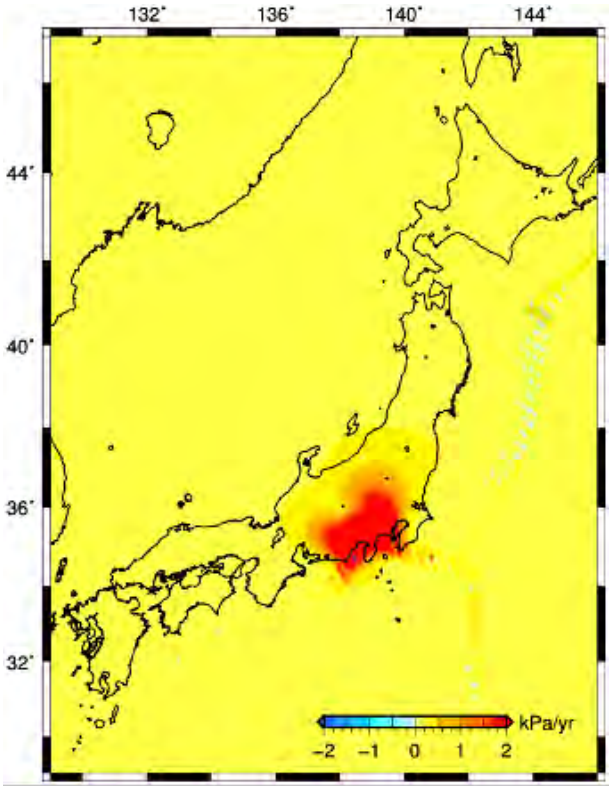


図10b) 伊豆半島の衝突に伴うvon Mises応力蓄積速度。
伊豆半島北西部～北部に3 cm/yrのすべり速度欠損を仮定。

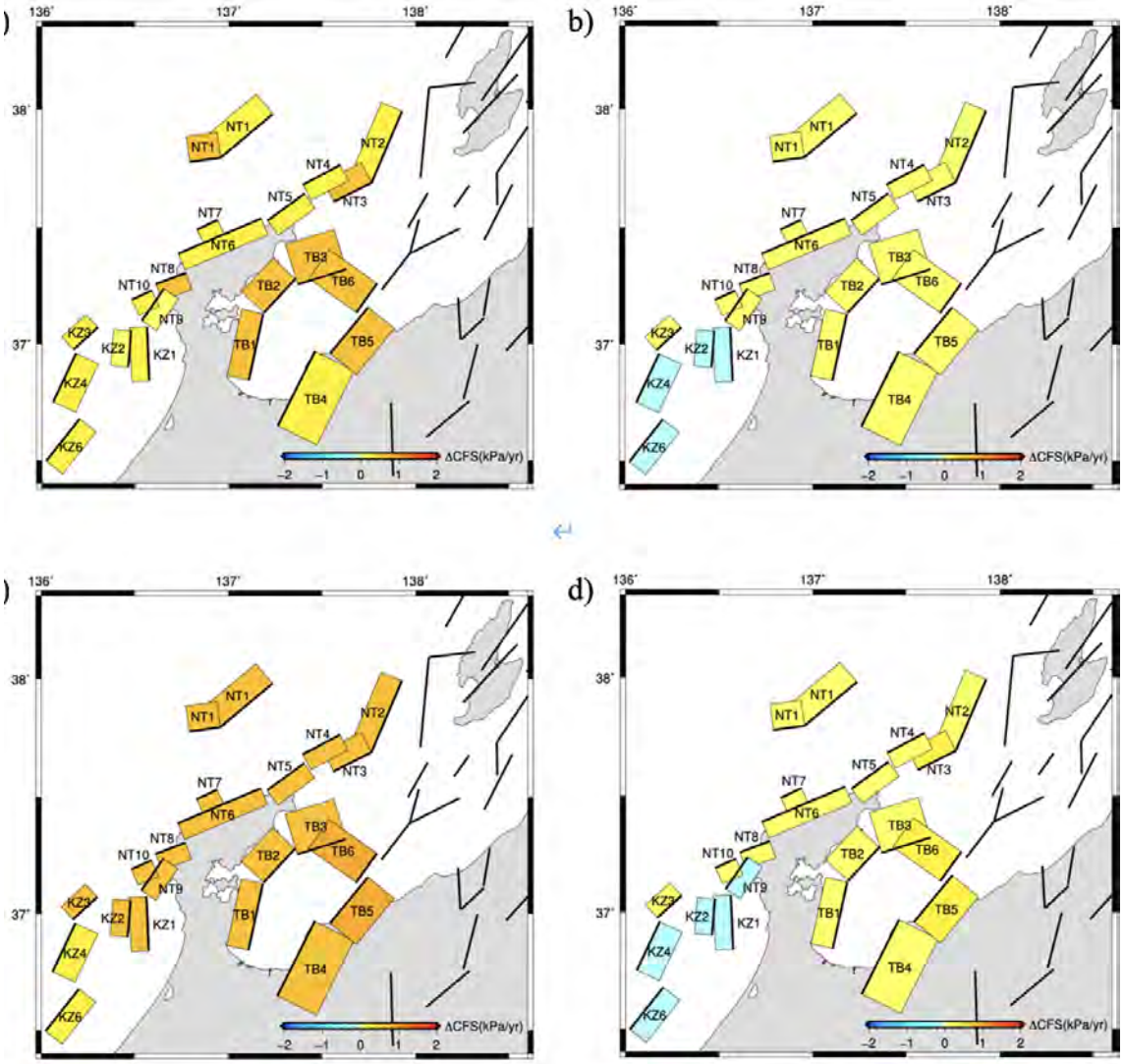


図11 能登半島周囲の震源断層面における応力。
a) 相模トラフの固着に伴うΔCFS。b) 伊豆半島の衝突に伴うΔCFS。c) 相模トラフの固着に伴う剪断応力。
d) 伊豆半島の衝突に伴う剪断応力。

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_09

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）大規模活断層帯の活動・構造の複雑性を考慮した内陸地震長期予測モデルの構築
（英文）Constructing a new long-term earthquake recurrence model from large active fault zones constrained by structural and behavioral complexities

（3）関連の深い建議の項目：

２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
イ. 内陸地震の長期予測

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ウ. 地形・地質データの収集・集成と文理融合による解釈
５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(4) 内陸で発生する被害地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

長大な断層帯では、その活動史や構造の複雑性等を起因として、過去の地震活動を説明するセグメント区分に大きな課題がある。例えば、糸魚川―静岡構造線断層帯では、断層トレース・活動履歴などからセグメントに区分されているが、断層帯北部で近年明らかになりつつある横ずれ変位地形や地質断層沿いの変位地形、断層トレースや一回り小さな地震等の複雑な活動履歴、断層形状とリンクしたセグメント構造など、過去の複雑な活動性を説明するためには課題が多い。また、阿寺断層帯でも従来のセグメント境界が複雑なため、断層帯北部と南部の境界における地下構造を解明して地質構造の発達過程を反映した地震発生モデルを検討する必要がある。

そこで、糸魚川–静岡構造線断層帯・阿寺断層帯・濃尾断層帯等、複数セグメントからなる長さ50 km程度を越える長大な大規模断層帯を対象に、航空レーザー測量データに基づく超高精度DEMを用いた変動地形解析により、特に山地域や地質断層沿いの変位地形を含む、断層帯全域の詳細位置・変位様式の再検討を行う。その結果に基づき、既往の活動履歴調査を踏まえ、最新活動時期や活動の複雑性などの活動時期に関する情報や長期間の平均的な活動性を示す平均変位速度に関する情報について更新・新規取得の必要な箇所を選定し、変動地形・地質学的手法による古地震調査を行う。過去の重要な古地震データについても、活動履歴等に再検討の必要がある場合には最新の年代測定技術・手法を用いた再調査を実施する。さらに、セグメント境界部やすべり分配など活動の複雑性が認められる箇所における浅層反射法地震探査・重力探査等の地下構造調査等により活動の複雑性を制約する断層の不均質構造を推定する。

これらの調査観測から明らかになる大規模活断層帯の複雑性を含む活動履歴と詳細活断層トレース等の断層不均質構造と、地震活動・応力場・温度構造・地震波速度構造などの地球物理学的観測を比較検討し、テクトニック環境を考慮した変動地形・古地震・構造地質学的データや、測地学的ひずみ速度と地質学的ひずみ速度の比較を行い、地震発生モデルの構築を行う。また、活断層周辺における測地学的な地殻変動量・速度場を高空間分解能で推定し、変動地形学的に得られる変位量・平均変位速度等との比較を行い、地震間の歪速度の蓄積と地震における歪解放のプロセスを定量的に検討する。加えて、調査対象以外の大規模活断層帯についても、既往研究のコンパイルを行い、同様の検討を行

うほか、長さ50 km程度以下の活断層の地震発生モデルとの比較・検討を行う。
なお、研究期間中に内陸地震が発生した場合は、活断層の地震発生モデルの構築・長期予測を高度化する上での重要な基礎的データとなり得ることから、古地震調査等の調査研究を行う。

（6）本課題の５か年計画の概要：

（令和６年度）糸魚川―静岡構造線活断層帯・阿寺断層帯等を対象に、活断層周辺の航空レーダー測量のDEMデータを収集・作成し、変動地形解析・地形地質調査により断層帯全域の詳細位置・変位様式の再検討を行う。また、先新第三系基盤岩類・新第三系の分布域で地質構造調査を行い、活断層周辺の割れ目の分布、断層の走向・傾斜、変位センスなどの構造地質学的データを取得する。加えて、調査対象以外のテクトニック環境の異なる大規模活断層帯を選び、既往研究に基づく断層トレース・活動性等の情報収集を行う。
（令和７年度）糸魚川―静岡構造線活断層帯中部において、前年度得られた断層トレース沿いの変動地形学的調査を実施し、上下・横ずれ変位量の変位量比分布を推定する。また、阿寺断層帯等を対象に、変動地形・構造地質学的調査・解析により、セグメント境界付近での断層の分岐等の地質構造の特徴を把握する。また、構造探査によってセグメント境界の詳細構造を明らかにし、複数の断層トレースとセグメントの関係を解明する。加えて、大規模活断層帯を含む領域の地球物理学の研究成果や調査対象以外の大規模活断層帯の断層トレース・活動性等の情報収集を引き続き行う。
（令和８年度）阿寺断層帯等を対象に、断層帯を構成する個々の活断層の変位量・平均変位速度を更新・新規取得し、万年～十万年オーダの平均的な活動性と空間分布を把握する。また、糸魚川―静岡構造線活断層帯等において、活動時期に関する情報が少ない断層トレースを中心に活動履歴調査を行う。加えて、大規模活断層帯を含む領域の地球物理学的情報を収集するほか、地震波速度構造・応力場等の推定を進める。
（令和９年度）糸魚川―静岡構造線活断層帯北部にて断層構造を解明するための構造探査と変動地形調査を実施し、既往の構造探査の結果を踏まえて断層沿いの変位ベクトル分布を解明する。また、阿寺断層帯等を対象に、セグメント境界周辺の詳細地質構造と、特に活動時期の決定精度の点で再検討が必要な断層トレースにおいて高精度14C年代測定等を適用した活動履歴調査を行い、セグメント境界部の地質構造の発達過程を考慮した地震発生モデルを検討する。加えて、大規模活断層帯を含む領域の地球物理学的情報を収集するほか、D90・D95、温度構造等の推定を進める。
（令和10年度）糸魚川―静岡構造線活断層帯・阿寺断層帯等を対象に、これまでの地形・地質学的な調査結果を踏まえて、断層トレース・変位様式・平均変位速度分布・地質構造発達過程・セグメント構造と応力場・地震活動・地震波速度構造等の地球物理学的観測に基づき、古地震活動の複雑性を説明する地震発生モデルを構築する。なお、必要に応じて補足的調査・年代測定が必要な場合は実施する。また、調査対象以外のテクトニックセッティングの異なる大規模活断層帯についても同様の検討を行い、今後の課題をついて取りまとめる。
また、測地学的手法による活断層周辺の地殻変動量・速度場の推定については、５年間を通じて実施する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

糸魚川―静岡構造線活断層帯では、高分解能地形データによる変動地形の詳細分布の把握と古地震調査を行った。姫川右岸の白馬村蕨平では、2014年神城断層地震で出現した地表地震断層が完新世後期に多段化した姫川の河成段丘上を横断している。それらの段丘に変位の累積が見られることは松多ほか(2016）で報告されていた。その変位量について、地表ライダーを用いた精密測量を行った結果、従来より細かい地形面を認定することに成功した（図1）。その地形から縦ずれ量、横ずれ量を見積もった結果、3パターンの地震活動履歴の可能性を見出し、少なくともこの地域に2種類の地震が発生することを明らかにした（図1）。また、2014年神城断層地震で地表地震断層が現れなかった森上地区の活断層の上盤側では、廣内ほか（2017）がピット調査で副次的な断層を確認している。この地点を含む範囲でトレンチ掘削調査を実施した。その結果、砂礫層や砂礫層の直上の砂礫混じり黒色土に断層変位を確認した。今後、年代測定を行い、地震の発生時期を推定する。また、今年度は断層帯北部を中心に航空レーザー計測データを収集し、データ変換して 0.5 m 程度の高精度DEMを作成した。

阿寺断層帯を対象に、断層帯周辺の航空レーザ測量データから作成された高分解能地形データを用

いて、断層帯全域で活断層の詳細位置や変位様式の再検討を行い、活断層の延長部や並走部に断層と見られるリニアメントを複数地点で確認した（図2）。並走する断層の間で活断層に低角で斜交するリニアメントの一部で行った掘削調査では、約7300年前以降に変位していると考えられる断層を確認した（図2）。このことから、並走する活断層をつなぐようなリニアメントも活断層として活動しており、断層トレースの連結などを検討する上で重要な構造である可能性が高いと考えられる。また、阿寺断層帯北部の活断層トレースが左へステップする地点において、先新第三系基盤岩類中に分布する地質構造を調査し、割れ目の分布・姿勢・変位センスなどのデータを取得した。その結果、主断層付近の小断層などの割れ目は、主断層面に対して左右に30°未満で低角に斜交するものが多く、左雁行する割れ目は右ずれを示し、右雁行する割れ目は左ずれを示した。さらに、左ずれの割れ目が右ずれの割れ目を変位させる構造も見られた。このことは、かつて右ずれしていた主断層が、左ずれに変化した可能性がある。このような活断層が並走やステップする部分での活断層や地質構造の分布は、断層運動のセグメント区分を検討する際に重要データを提供する。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

糸静線活断層帯北部と阿寺断層帯の活動に関連して、歴史地震である1714年小谷正徳地震と1586年天正地震の解釈や内陸で発生した過去の被害地震の解明に貢献するデータが得られつつある。今後、年代測定を行い、地震の発生時期を特定することで、より貢献ができると考える。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

天児幹治・安江健一・野村成宏・丹羽正和・島田耕史，2024，地中レーダ探査の３次元解析を用いた活断層の分布と変位の調査，日本活断層学会2024年度秋季学術大会講演予稿集，p.1-2.

廣瀬健大朗・安江健一・天児幹治・白銀美里・山崎伶士・太田　麗・宇治拓海，2024，阿寺断層帯中部，中津川市加子母上桑原地区における掘削調査（速報），日本活断層学会2024年度秋季学術大会講演予稿集，p.63-64.

細矢卓志・後藤慧・安江健一・宇治拓海，2024，阿寺断層帯河床断層露頭のUAV 撮影事例，日本活断層学会2024 年度秋季学術大会講演予稿集，p.61-62.

牧野美月・安江健一・廣内大助・松多信尚・藤田奈津子・道家涼介・佐藤善輝・水谷光太郎，2024，長野県白馬村森上地区における神城断層の活動履歴調査，日本活断層学会2024 年度秋季学術大会講演予稿集，p.59-60.

水谷光太郎・松多信尚・石山達也・杉戸信彦・安江健一・竹下欣宏・藤田奈津子・澤 祥・道家涼介・廣内大助，2024，糸魚川-静岡構造線断層帯神城断層南部のトレンチ掘削調査，日本活断層学会2024 年度秋季学術大会講演予稿集，p.57-58.

太田 麗・松多信尚・杉戸信彦・シューブルース・廣内大助，2024，糸魚川―静岡構造線北部神城断層における詳細地形計測を用いた古地震イベントの変位量復元，JpGU2024，SSS11-P04.

宇治拓海・安江健一・原田駿輔・天児幹治・山崎伶士・廣瀬健大朗，2024，阿寺断層帯北部における割れ目の特徴に基づく発達史の研究，日本地質学会中部2024年支部年会 研究発表会講演要旨集，p.40-41.

安江健一・細矢卓志・中瀬千遥・後藤 慧，2024，阿寺断層におけるUAVレーザ測量の適用，JpGU2024，SSS11-P05

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：地震：地質：活断層トレンチ・ボーリング

概要：阿寺断層帯を対象に、高分解能地形データによる変動地形の詳細分布の把握、地質構造調査、古地震調査を行った。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：岐阜県中津川市加子母 35.713919 137.376756
調査・観測期間：2024/9/24
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：地震：地質：活断層トレンチ・ボーリング
概要：糸魚川―静岡構造線活断層帯を対象に、高分解能地形データによる変動地形の詳細分布の把握、古地震調査を行った。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：長野県白馬村森上 36.713159 137.872018
調査・観測期間：2024/11/7-2025/3/31
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

（10）令和７年度実施計画の概要：

糸魚川―静岡構造線活断層帯中部において、前年度得られた断層トレース沿いの変動地形学的調査を実施し、上下・横ずれ変位量の変位量比分布を推定する。また、阿寺断層帯等を対象に、変動地形・構造地質学的調査・解析により、セグメント境界付近での断層の分岐等の地質構造の特徴を把握する。また、これらの調査結果を踏まえ、構造探査によって詳細な断層構造を明らかにする。加えて、大規模活断層帯を含む領域の地球物理学の研究成果や調査対象以外の大規模活断層帯の断層トレース・活動性等の情報収集を引き続き行う。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

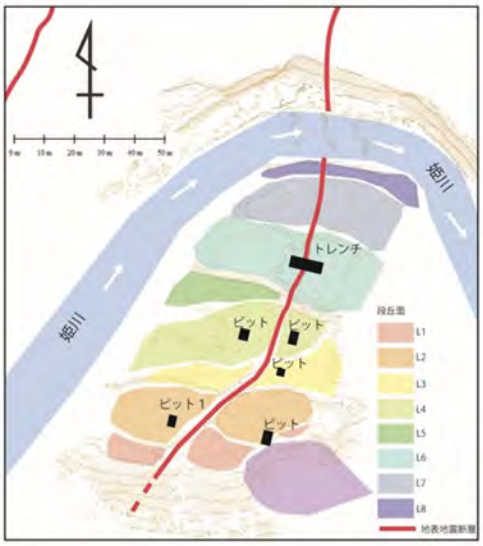
石山達也（東京大学地震研究所）,白濱吉起（東京大学地震研究所）
他機関との共同研究の有無：有
弘前大学,岩手大学,東北大学,中央大学,法政大学,東京都立大学,東洋大学,信州大学,富山大学,名古屋大学,同志社大学,岡山大学,広島大学,山口大学,愛媛大学,大分大学,防災科学技術研究所,千葉県立中央博物館,地震予知総合研究振興会

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学地震研究所
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：石山達也
所属：東京大学地震研究所

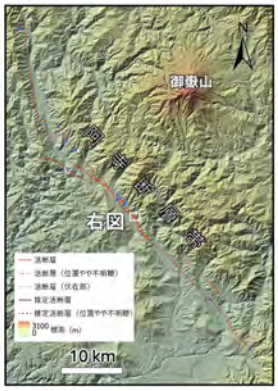


段丘面	縦ずれ(m)	横ずれ量(m)	
L8	0.25(±0.05)	1.1	グループ1
L7	0.40(±0.1)	1.1	
L6	0.37(±0.1)	-	
L5	-	-	グループ2
L4	1.06(±0.1)	5.2(±0.2)	
L3	1.68(±0.05)	7.7(±0.3)	グループ3
L2	2.06(±0.05)	8.9(±1.3)	
L1	2.10(±0.1)	-	グループ4

計測機器：LiVox社　Avia
取得点数：228,281,205点
地表点数：26,133,559点

グループ	発生時期	パターン①	パターン②	パターン③
グループ1	2014年	0.3 / 1.1	0.3 / 1.1	0.3 / 1.1
グループ2	1714年（小谷正徳地震）	0.66-0.86 / 3.9-4.3	0.3 / 1.1 0.36-0.56 / 2.8-4.2	0.3 / 1.1 0.3 / 1.1 0.06-0.26 / 1.7-2.1
	1400~1500年？			
	762年の地震（固有地震）			
グループ3	255年～595年の間に1回以上	0.47-0.77 / 2.0-3.0 0.3 / 1.1 0.17-0.47 / 0.9-1.9	0.47-0.77 / 2.0-3.0 0.3 / 1.1 0.17-0.47 / 0.9-1.9	0.47-0.77 / 2.0-3.0 0.3 / 1.1 0.17-0.47 / 0.9-1.9
グループ4	紀元前105年～415年の間に1回以上	0.28-0.48 / 0-2.8	0.28-0.48 / 0-2.8	0.28-0.48 / 0-2.8

図1　糸魚川―静岡構造線活断層帯神城断層における変位量が累積した河岸段丘の稠密地形計測調査



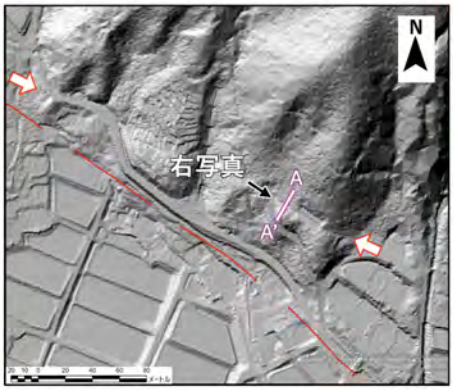


図2　阿寺断層帯中部における高分解能DEMを用いた変動地形の把握と掘削調査

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_10

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）繰り返し地震を用いた地殻活動と地震再来特性の研究
（英文）Research on crustal deformation and earthquake recurrence characteristics using repeating earthquakes

（3）関連の深い建議の項目：

2 地震・火山噴火の予測のための研究
(2) 地震発生確率の時間更新予測
ア. 地震発生の物理モデルに基づく予測と検証

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
イ. 内陸地震
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
(2) 地震発生確率の時間更新予測
イ. 観測データに基づく経験的な予測と検証
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(2) 首都直下地震
(3) 千島海溝沿いの巨大地震
(4) 内陸で発生する被害地震
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発
エ. 地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開
(4) 国際共同研究・国際協力

（5）本課題の５か年の到達目標：

繰り返し地震を用いて断層面の固着状態の時空間変化をモニタリングする手法を高度化し、短期・局所的な変動から長期・広域にわたる変化までを明らかにする。また、震源断層における地震性および非地震性すべりの階層的構造や非地震性すべりの力学的モデルの理解を深め、大地震発生確率との関係を調べる。さらに、繰り返し地震の再来特性を理解し、統計的アプローチにより繰り返し地震の発生予測手法の改良および予測を試行する。これらの研究を基に、将来発生する大地震の発生ポテンシャルの推定、さらには発生予測に役立てることを目指す。

（6）本課題の５か年計画の概要：

1．繰り返し地震カタログの作成・公開

世界全域を対象に繰り返し地震カタログを作成し、研究に活用できるようにする。本課題では、前計画までに実施してきた繰り返し地震のカタログ生成だけではなく、任意の場所の繰り返し地震活動を迅速に把握して地震発生をモニタリングできるようなシステムを構築し、公開する体制を整える（R8-10）。また、日本列島周辺の沈み込み境界で発生した繰り返し地震のみならず、世界全域、内陸地域等で発生した地震に関しても活用を進める。島嶼部地震観測空白域である伊豆鳥島での地震観測を前期計画から継続して行い、地震カタログを作成する。深層学習等を利用した新たな繰り返し地震探索手法を検討し、蓄積された観測データへの適用を行う。

2．断層面固着状態のモニタリング

繰り返し地震カタログを用いて、沈み込むプレートの境界および内陸活断層における固着状態の時空間変化をモニタリングする。地震活動や地殻変動等の観測データとの比較検討や確率過程モデルを用いた推定手法の改良を行い、断層面におけるすべり推定をさらに高度化する。また、各地域の地震発生の特徴に応じた地域分けを行うことにより、ゆっくりすべりに伴う短期・局所的な変動から、巨大地震の発生サイクルのステージに応じた長期・広域にわたる変化までを明らかにする。さらに、繰り返し地震から推定されるプレート間非地震性すべりとスラブ内地震、上盤側プレート内地震との相互作用について検討を行う。

3．震源階層構造および繰り返し地震発生過程の解明

繰り返し地震群の震源過程を調査し、震源断層における破壊すべりの階層的構造を調査する。特に、破壊の伝播方向と破壊の複雑性に注目した解析を行い、M5以上の中規模地震については破壊過程の細部まで解像することを目指す。また、内陸などプレート境界以外の場所も含めた様々な場所で発生する繰り返し地震について、その繰り返しの条件や、震源の特徴、地震発生サイクルの特徴を明らかにすることを目指す。

4．地震の再来特性の解明

繰り返し地震に見られる地震の再来特性の特徴や原因を、統計的手法および数値シミュレーションにより明らかにする。統計的手法については、繰り返し地震活動の時空間変化の将来推移を予測する手法を改良して将来発生確率を評価し、発生実績との比較検証を行う。数値シミュレーションについては、観測された地震の再来特性を速度状態依存摩擦構成則に基づき再現し、想定される摩擦特性の推定することを目指す。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

日本全国の定常観測網で観測された地震波形データを蓄積し、日本列島周辺で発生した繰り返し地震活動の検出を行った（図1）。能登半島北東部では、2020年1月から2024年1月1日のM7.6までの間に発生したM2-4の地震を対象としてDouble-Difference法を用いて震源再決定を行った上で、波形相似性と震源域の重複度の評価により繰り返し地震を同定した。その結果、解析した地震の12.8％にあたる236個の地震を含む、102系列の繰り返し地震が見つかった。繰り返し地震は2021年5月以降に発生しており、群発地震の4つのクラスターの内、北西部に位置するクラスター（Nクラスター）で最も多かった。解析した地震数に占める繰り返し地震の割合は、日本列島直下の地殻内地震における平均と比較して高く、期間やクラスターごとに大きく差があった。

一方、2003年 Mw7.0宮城沖スラブ内地震震源域で繰り返し地震を探索した結果、明らかな繰り返し地震は見つからなかった。ただし、その直上プレート境界で多数の繰り返し地震が検出された。

島嶼部地震観測空白域である伊豆鳥島での地震観測を前期計画から継続して行った。

繰り返し地震、相似地震の検出をする上では通常、テンプレートとなる別の手法で作成された地震カタログが必要となる。そのようなカタログ作成の効率性、および品質向上のため、室内水圧破砕実験データおよび日本の定常地震観測データに対して地震波検出および走時読み取りに深層学習を用いる試みを進めた。また、デジタル波形記録を効率的に処理する機械学習モデルの訓練やアナログ画像記録解析を効率化することを目的として、生成AIを用いた波形記録作成にも取り組んだ。

作成した繰り返し地震カタログを用いて、日本列島周辺の沈み込むプレートの境界および内陸活断層

におけるすべりの空間分布・時間変化の特徴を調べた。
　繰り返し地震発生域で発生する地震活動の情報を用いて、小規模な非地震性すべりが発生した可能性がある場所や期間を、カタログが入手でき次第短時間で調査可能な手法を開発した。その結果、プレート境界で発生するM5地震発生に伴うすべり速度の増加が示唆された。
　能登半島北東部で発生する繰り返し地震は、幅広い繰り返し間隔を示した。また、繰り返し地震系列内の1つ目の地震に着目すると、他のいくつかの系列と近いタイミングで連続して発生する様子が見られた。各クラスターの震源断層面においてSSEが発生していた時期と対応することが示唆された。Nクラスター深部の繰り返し地震は、浅部と比べて繰り返し間隔が長い傾向があった。深部では非常に高い間隙流体圧により地震パッチ上でも非地震性すべりが発生し、繰り返し間隔が長くなった可能性がある。

宮城県北部のプレート境界で発生する規模変化がみられる繰り返し地震グループを調査し、その破壊過程やすべり域が東北沖地震発生からの時刻に従い系統的に変化していたことを明らかにした。また、2011年と2016年に茨城県北部で発生し非常によく似た地表変位を生じさせた 2つのMw5.9の地震を調査し、浅部では破壊域を共有するものの深部では異なる破壊域を持つことを示した（図2）。
　能登半島北東部の繰り返し地震では、気象庁マグニチュード差が1以上の繰り返し地震ペアが存在していたが、スペクトル振幅から計算されたモーメントマグニチュード差は最大でも0.9であった。一定の断層サイズを仮定した場合、この差は応力降下量が20倍程度異なることに対応する。Nクラスター内の繰り返し地震の空間的な特性を評価した結果、繰り返し地震の震源域は他の繰り返し地震を含む周囲の地震と重なっていることが多く、繰り返し地震パッチは従来解釈されてきたように孤立してはいないことがわかった。
　熊野灘の孔内観測点に設置された間隙水圧計で捉えられた繰り返し浅部SSEの多様性は、断層間セグメントの相互作用のみならず、黒潮蛇行などの海洋擾乱によっても影響を受ける可能性を示した（図3）。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
本課題は、繰り返し地震の解析研究を通して、将来発生する大地震の発生ポテンシャルの推定、さらには発生予測に役立て、災害の軽減に貢献することを目指している。
　今年度は、プレート境界および内陸活断層における断層面固着状態の解析を進め、また、繰り返し地震の震源過程の調査も進展した。その基礎となる繰り返し地震カタログの作成も着実に実施した。来年度以降、繰り返し地震の再来特性の理解をさらに深め、繰り返し地震の発生予測へとつなげる予定である。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
・論文・報告書等

Ariyoshi, K., A. Nagano, T. Hasegawa, T. Iinuma, M. Nakano, D. M. Saffer, H. Matsumoto, S. Yada, E. Araki, N. Takahashi, T. Hori, and S. Kodaira, 2024, A physical explanation for an unusually long-duration slow slip event in the Nankai Trough, Tectonophys., 887, 230439, doi:10.1016/j.tecto.2024.230439.,査読有,謝辞無

Naoi, M. and S. Hirano, 2024, Efficient similar waveform search using short binary code obtained by deep hashing technique, Geophys. J. Int., 237, 604–621, doi:10.1093/gji/ggae061 (preprint ver.: arXiv:2310.02653).,査読有,謝辞有

Naoi, M., K. Tamaribuchi, K. Shimojo, S. Katoh, and S. Ohyanagi, 2024, Neural phase picker trained on the Japan Meteorological Agency unified earthquake catalog, Earth Planet Space, 76, 150, doi:10.1186/s40623-024-02091-8.,査読有,謝辞有

Yoshida, K., Y. Fukushima, and Y. Kaneko, 2025, Near-Field Imaging of Near-Identical Mw5.9 Earthquakes in the Crust of Ibaraki, Japan, J. Geophys. Res. Solid Earth, accepted.,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

有吉慶介・永野　憲・長谷川拓也・飯沼卓史・中野　優・Saffer Demian・松本浩幸・矢田修一郎・荒木英一郎・高橋成実・堀 高峰・小平秀一, 2024, 南海トラフで観測された異常に継続時間の長いスロースリップイベントの物理的解釈、日本地震学会2024年秋季大会, S08-16.

Igarashi, T., 2024, Characteristics of b-values in Areas with Similar Earthquakes in Japan, American Geophysical Union Fall Meeting, T21F-3394.

五十嵐俊博, 2024, 小繰り返し地震発生域における潜在的小規模非地震性すべりの検出, 日本地震学会2024年秋季大会, S09P-17.

小松真喜・中島淳一, 2024, 能登半島群発地震における繰り返し地震の時空間分布, 日本地球惑星科学連合2024年大会, U15-P16.

小松真喜・中島淳一, 2024, 能登半島群発地震における繰り返し地震分布の時空間的特徴, 日本地震学会2024年度秋季大会, S08-14.

直井　誠・平野史朗・陳　友晴, 2024, 深層学習とMatched Filter analysisによる水圧破砕に伴う微小破壊活動の解析, 日本地震学会2024年秋季大会, S08-31.

直井　誠・溜渕功史・大柳修慧・加藤慎也, 2024, 一元化震源データによる深層学習検測器の再学習, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SCG50-02.

直井　誠・溜渕功史・下條賢悟・大柳修慧・加藤慎也, 2024, 気象庁一元化震源カタログを元にしたPhaseNetの再学習, 2024年度第2回北海道大学地震火山センター談話会.

Uchida. N., R. Suzuki, W. Zhu, G. Beroza, T. Nakayama, G. Toyokuni, R. Takagi, R. Azuma, K. Yoshida, A. Hasegawa, 2024, A clearer view of seismicity offshore NE Japan through deep-learning-based analysis of S-net data: evidence for the role of forearc fluids in interplate coupling, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SCG40-03.

吉田圭佑, 2024, Intersource-Distance Dependence of Seismic Waveform Similarity and Validity of Repeating Earthquake Detection, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SCG40-P23.

吉田圭佑, 2024, 繰り返し地震の震源過程の解像, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SSS05-04.

Yoshida, K. and S. Ide, 2024, Initial Rupture Momentum Diversify Final Size in Earthquake Cycles, International Joint Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes 2024.

Yoshida, K. and S. Ide, 2024, Relationship between Final Size Diversity and Initial Rupture Process in Earthquake Cycles, EARTHQUAKES: nucleation, triggering, rupture, and relationships to aseismic processes – 4th edition.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

引き続き繰り返し地震カタログを作成し、様々な研究への活用をはかる。伊豆鳥島での地震観測を継続する。生成AIによるデジタル・アナログ記録作成や、地震波検出・検測技術を改良し、類似波形探索のもととなる地震カタログ作成技術の向上に取り組む。繰り返し地震カタログを用いて、沈み込むプレートおよび内陸活断層における固着状態の時空間変化を調査する。様々な地域で発生する群発地震に対して繰り返し地震の解析を行い、アスペリティ分布や繰り返し間隔、割合に関する特徴等を詳細に調べる。地域ごとに比較を行い、流体が繰り返し地震の発生に与える影響について理解を深めることを目指す。繰り返し地震の破壊域サイズと規模の関係を系統的に推定する。また、繰り返し地震の規模変化の要因を明らかにする。これらの解析過程において、内陸断層における繰り返し地震の発生の真偽を明らかにする。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

五十嵐　俊博（東京大学地震研究所）,加藤　愛太郎（東京大学地震研究所）,加藤　尚之（東京大学地震研究所）

他機関との共同研究の有無：有

内田　直希（東北大学）,吉田　圭佑（東北大学）,山下　裕亮（京都大学防災研究所）,松島　健（九州大学）,直井　誠（北海道大学）,中島　淳一（東京科学大学）,木村　尚紀（防災科学技術研究所）,松原　誠（防災科学技術研究所）,有吉　慶介（海洋研究開発機構）,八木原　寛（鹿児島大学）,平松　良浩（金沢大学）,大久保　寛（東京都立大学）,金　亜伊（横浜市立大学）,野村　俊一（早稲田大学）,尾形　良彦（統計数理研究所）,田中　昌之（気象研究所）,Roland Bürgmann（UC Berkeley）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学地震研究所　地震・火山噴火予知研究協議会　企画部
電話：03-5841-5787
e-mail：yotikikaku@eri.u-tokyo.ac.jp
URL：https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/YOTIKYO/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：五十嵐俊博
所属：東京大学地震研究所

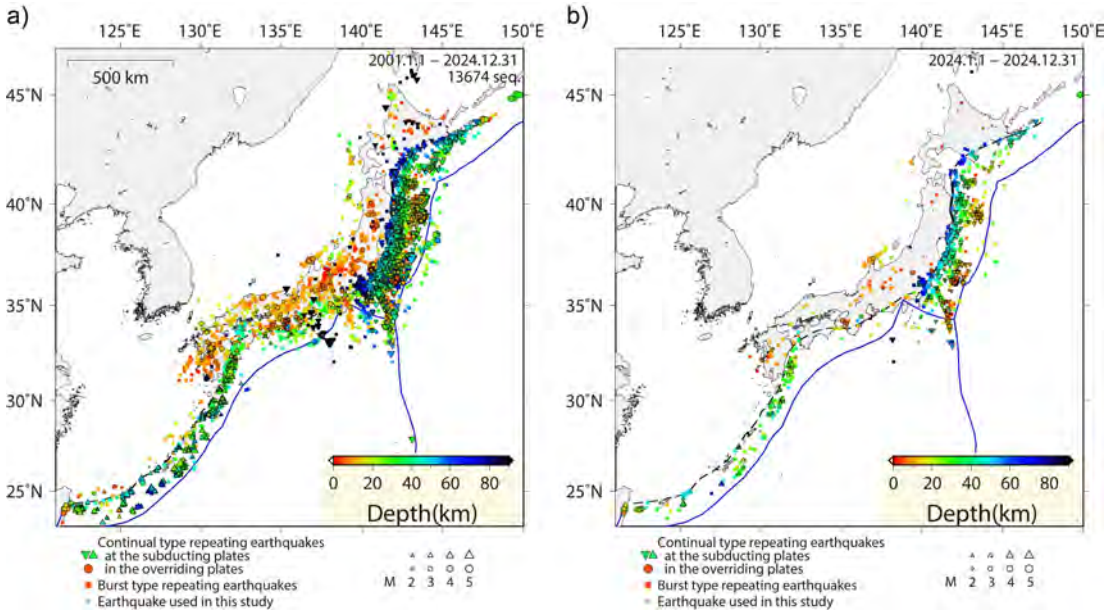


図1．日本列島周辺で発生した小繰り返し地震の空間分布。
（a）2001年1月～2024年12月。（b）2024年1月～2024年12月。

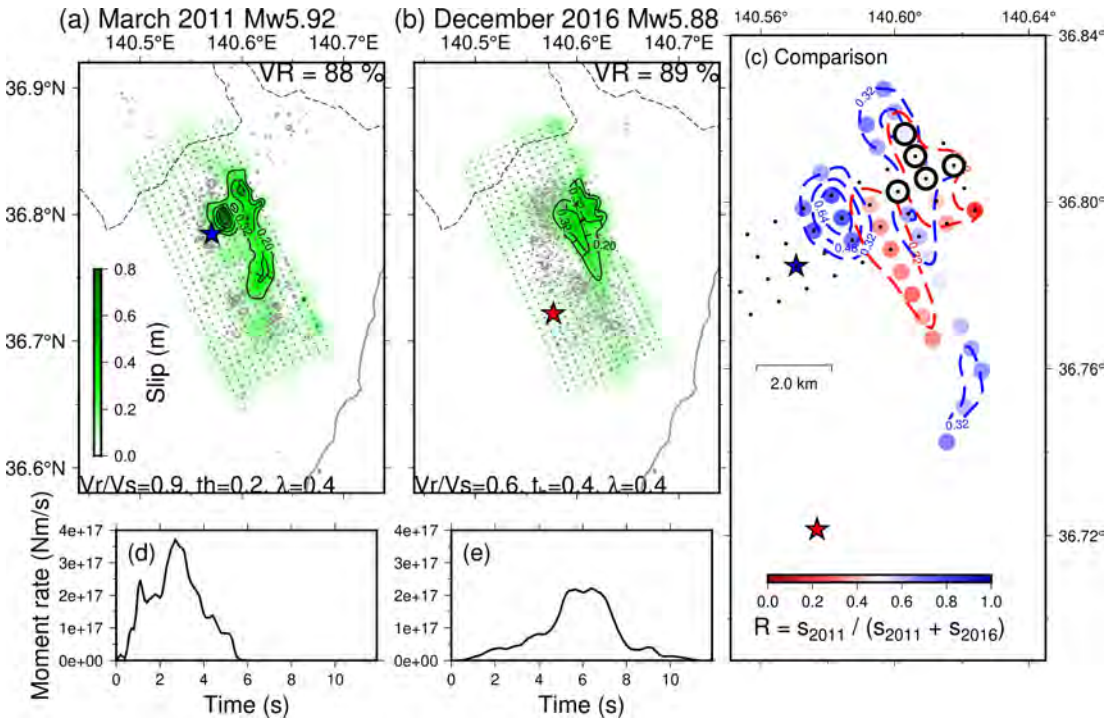


図2．近地地震波形とInSARデータのジョイント・インバージョンにより得られた茨城県北部で発生した地震の地震時すべり分布（Yoshida et al., 2025）。
(a) 2011年のMw5.9地震の地震時すべり分布。 (b) 2016年 Mw5.9地震の地震時すべり分布。等高線はすべり量を、星印は震源位置を示す。灰色の円は1週間以内の余震。(c) 2つのMw5.9地震のすべり域の比較。青と赤はそれぞれ2011年と 2016年の地震を表す。カラーの円は、s_2011/(s_2011+s_2016)の比を表す。s_2011とs_2016は、それぞれ 2011年と2016年の地震時すべり量を示す（カラースケール参照）。(d) 2011年、 (e) 2016年の地震のモーメントレート関数。

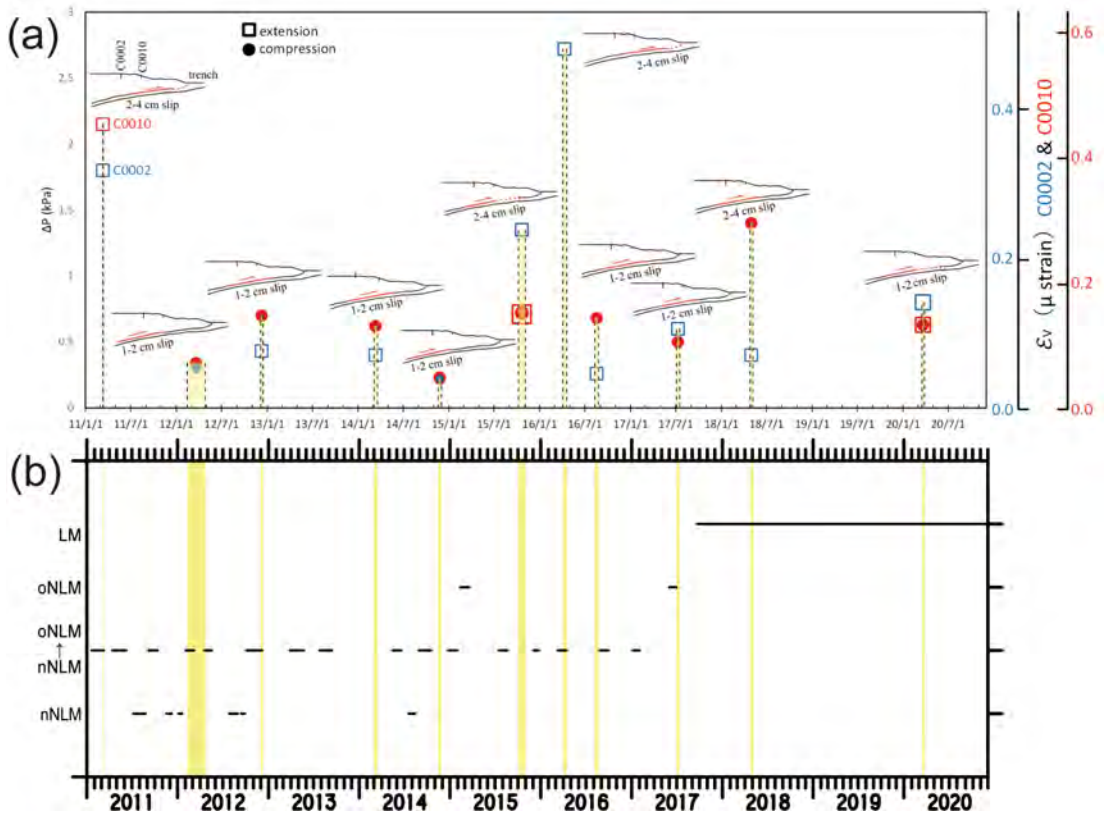


図3．熊野灘の孔内観測点において観測された繰り返し浅部SSEと熊野灘における黒潮蛇行の発生履歴の概要（Ariyoshi et al., 2024）。
(a) 熊野灘の孔内に設置された間隙圧で捉えられたSSE発生時の間隙水圧変化。(b) 熊野灘における黒潮蛇行の発生履歴とSSE継続期間（黄色）との関係。

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_11

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）南海トラフ域を中心したプレート境界すべりの時空間発展のモデリング・予測に関する研究
（英文）Study on modeling and prediction of the spatio-temporal evolution of slip on the plate boundary in the Nankai subduction zone

（3）関連の深い建議の項目：

２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(2) 地震発生確率の時間更新予測
ア. 地震発生の物理モデルに基づく予測と検証

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

南海トラフ域を中心とし、沈み込みプレート境界で発生する様々な時定数を有する滑り現象をモニタリングすることで、それら滑り現象の時空間変化を高精度に把握する。また、それらの発生環境としての地下構造の特徴・流体挙動との関係の解明を通じて、プレート境界すべりの特性やプレート境界すべり現象間の相互作用の理解を深め、沈み込みプレート境界における断層滑りの時空間発展予測に貢献する。以下にサブテーマ毎の到達目標を記す。

1.広帯域観測を用いた超低周波地震の活動様式の詳細把握

陸海の定常広帯域観測点（F-netやDONET）と新学術領域研究「スロー地震学」等で四国～東海地域に敷設した準定常広帯域観測点を用いて、プレート境界で発生する超低周波地震の（1）網羅的検出、（2）震源物理特性の把握を実施する。検出・評価された超低周波地震カタログにより、南海トラフのスロー地震の活動様式やスロー地震域とその周辺の応力変化を評価し、プレート境界におけるスロー地震発生メカニムズ解明へつなげる。継続的なモニタリング研究により、プレート境界の巨大地震準備過程との関係を明らかにする。

2.GNSS観測による豊後水道周辺域でのモニタリング

豊後水道およびその周辺地域において、これまでに構築してきたGNSS連続観測点における地殻変動観測を継続して実施し、他機関の定常観測データと組み合わせ、SSEをはじめとするプレート間すべりの動態・時空間発展を把握するとともに、この地域におけるプレート間すべり特性や歪収支、さらに微動など他のすべり現象との相互作用を明らかにする。

3.重力磁気観測に基づく流体挙動とプレート境界滑り

重力変化の観測を通して流体挙動とプレート境界すべりとの相互作用に関する理解を深める。比抵抗構造を通して流体の分布を把握し、その変化がとらえられたら、重力と同じく流体の挙動を探る一助とする。

4.プレート境界滑り特性を規定する地下構造の特徴抽出

プレート境界滑り特性が変化している紀伊半島東部から中央部にかけての深部低周波微動発生域における稠密地震観測と紀伊半島の電磁気データ空白域における追加電磁気観測を実施し、西南日本で過去に取得された稠密地震観測データや電磁気データの再解析と合わせてスロー地震発生域の構造を明らかにする。得られたプレート境界面の形状や境界面近傍の構造不均質と、モニタリングされるスロー地震活動と対応させることで、プレート境界滑り特性を規定する地下構造の特徴を把握し、スロー地震の発生における時空間的揺らぎのメカニズムやスロー地震間に働く相互作用の理解を深める。

5.プレート境界断層に沿った間隙水圧の推定

浅部スロー地震を引き起こすプレート境界断層（＝デコルマ）の詳細構造と間隙水圧を広域的に調査することで、スロー地震活動を規定する要因を解明し、プレート境界滑りの時空間発展予測に貢献する。具体的には、海洋研究開発機構が過去に南海トラフで取得した反射法地震探査データを深海掘削（ODP/IODP）データと組み合わせ、浅部スロー地震活動の活発域（日向灘沖、室戸岬沖、熊野沖）と静穏域（足摺岬沖、潮岬沖、東海沖）においてデコルマの形状や間隙水圧を推定し、両域の比較検討を行う。また、間隙水圧の変化に影響する沈み込みインプット（デコルマに沿って沈み込む堆積物と海洋性地殻）の広域変化を調査する。

6.熊野灘における浅部スロー地震発生環境の解明

自然地震観測および構造探査が充実した熊野灘を重点的な調査対象域として、スロー地震の発生場を解明することを目指す。特に、同地域で報告されている厚い沈み込む堆積層の物性解明、およびスロー地震震源との位置関係について明らかにする。これにより、従来は“面”として考えられがちであった巨大地震せん断帯の実態に迫る。

7.スロー地震と地震発生との関連性

南海トラフ沿いで発生する深部低周波地震は、固着域の深部延長で発生しており、その時空間変化を解明することは、プレート境界の固着状態の変化に関する知見をもたらすことが期待される。そこで、長期間にわたり定常地震観測網で取得された連続波形記録をもちいて、深部低周波地震の網羅的な検出をおこない、深部低周波地震の活動様式の多様性や長期的な振る舞いを明らかにする。また、大地震の発生に先行する前震活動の解析を継続し、スロースリップとの関連について考察する。

8.プレート境界滑り現象の物理モデルに対するパラメータ推定手法

物理モデルによるすべりの予測を行うためには、観測データからモデルの状態変数・パラメータを逆問題として推定する手法を確立する必要がある。そこで、ベイズ統計学やアンサンブルデータ同化の理論に基づき、摩擦構成則に従う断層すべりとマントルの粘弾性緩和を取り入れた物理モデルの状態変数・パラメータの空間分布とその不確実性を測地データから推定する手法を開発する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

サブテーマ毎に研究を進める。それぞれで得られた成果を共有し、モニタリング結果とモデルをデータ同化によって組み合わせ、沈み込みプレート境界における断層滑りの時空間発展予測に貢献する。以下にサブテーマ毎の5か年計画を記す。

1.広帯域観測を用いた超低周波地震の活動様式の詳細把握

準定常広帯域観測点を保守し、継続的な運用を目指す。その上で、令和6年度においては定常＋準定常広帯域観測点における超低周波地震の検知下限評価を実施し、モニタリング性能の現状把握を行う。令和７年度においては、従来手法で検知可能な超低周波地震について震源物理特性の推定、カタログ化し広く公開する。令和8-10年度においては、より小さな信号を持つ超低周波地震検知へ向け、機械学習によるDenoisingの実装を行い、モニタリングの次世代化を目指す。令和9年度以降は、高度化した超低周波地震モニタリングの結果を活用し、震源物理特性の評価、超低周波地震の統計性を明らかにし、スロー地震発生メカニズムの解明へ資する。

2.GNSS観測による豊後水道周辺域でのモニタリング

令和6-7年度においては、独自のGNSS観測点での連続観測を継続するとともに、これまでの長期間

のデータと合わせて活用し、SSEによる地殻変動を自動検出する手法の開発を進める。令和8-9年度においては、前年度までの研究を継続するとともに、プレート間の歪収支、微動など他現象との相互作用について検討を進める。令和10年度においては、前年度までの研究を継続するとともに、成果とりまとめを行う。

3.重力磁気観測に基づく流体挙動とプレート境界滑り

令和6-10年度の実施期間中において、 SSE及び流体が観測されている東海３点、四国１点、宮崎１点、能登１点で年１回程度の絶対・相対重力測定を実施するとともに、石垣島SSE域における連続重力観測を継続する。 近い将来に大規模なSSE活動が予測される豊後水道域を囲む、四国西部地域17エリア、九州東部海岸域3エリアにおけるNetwork-MT長基線地電位差観測を継続するとともに、四国西部地域の2地点で3成分磁場観測を継続する。令和7-8年度においては、重力、電磁場データの観測・解析を継続する。得られた重力データから重力の時間変化の様式を明らかにする。さらに、重力とすべりの時空間発展との関連を明らかにし、それらの関連を説明するための定性的なモデル化を試みる。得られた電磁場データから電磁場や比抵抗構造の時空間変化の様式を明らかにする。令和9年度においては、重力、電磁場データの観測・解析を継続する。重力とすべりの時間発展の様式を地域間で比較し、地域差を説明するための定性的なモデル化を試みる。電磁場データの解析により、電磁場・比抵抗の時空間変化とすべりの時空間発展との関連性を明らかにする。令和10年度においては、重力、電磁場データの観測・解析を継続する。 重力とすべりの時間発展を説明するための定量的なモデルを構築する。また、電磁場・比抵抗の時空間変化とすべりの時空間発展との関連性を説明するための定性的ないしは定量的モデル化を試みる。このような物理モデルの構築により流体挙動やプレート境界の摩擦・透水構造を推定し、流体挙動とプレート境界の滑りが互いにどのような影響を及ぼしているか明らかにする。

4.プレート境界滑り特性を規定する地下構造の特徴抽出

令和6年度においては、令和7年度から予定している臨時地震観測の現地踏査と紀伊半島の電磁気データ空白域における追加電磁気観測を実施する。四国や紀伊半島等で取得された既存稠密地震観測データの再解析や、過去に取得している紀伊半島や四国東部から鳥取に至るNetwork-MTデータのコンパイル、再解析を令和10年度まで継続して実施する。令和7年度においては、地震観測装置を設置し、観測を開始する。 紀伊半島の電磁気データ空白域における追加電磁気観測を引き続き実施する。令和7-8年度においては、紀伊半島や四国東部から鳥取に至る地域での広域深部３次元比抵抗構造解明を図る。令和8年度においては、前年度に設置した臨時地震観測点を撤収する。　令和9-10年度においては、臨時地震観測点データを用いてスロー地震発生域やその近傍における地震学的構造を明らかにする。既存地震観測データの再解析結果や電磁気データの解析結果と合わせて、スロー地震発生域のセグメント境界・活動様式を規定する構造を抽出する。紀伊半島や四国東部から鳥取に至る地域で推定された広域深部比抵抗構造と、他の地球物理観測から得られた情報を総合し、テクトニックな地殻活動のメカニズムを明らかにする。

5.プレート境界断層に沿った間隙水圧の推定

令和6年度と7年度においては、浅部スロー地震活動の活発域（日向灘沖、室戸岬沖、熊野沖）でデコルマの形状や間隙水圧を推定する。令和8年度と9年度においては、浅部スロー地震活動の静穏域（足摺岬沖、潮岬沖、東海沖）でデコルマの形状や間隙水圧を推定し、活発域との比較検討を行う。令和10年度においては、沈み込みインプットの広域変化を調査し、間隙水圧変化への影響を明らかにする。

6.熊野灘における浅部スロー地震発生環境の解明

令和6年度においては、Ｓ波速度構造の推定手法のさらなる高度化を目指す。具体的には、レイリーアドミッタンス（表面波がもたらす上下変位と応力の比）はH/V比（表面波がもたらす水平変位と上下変位の比）を新たに用いて、Ｓ波速度絶対値の感度を向上させる。令和7年度においては、前年度までに開発したインバージョン手法を利用し、各観測点下のＳ波速度構造を推定する。ひいては、沈み込む堆積物の物性や流体圧を考察する。令和8年度においては、稠密観測網を利用して、スロー地震（特にテクトニック微動）の深さ決定精度を向上させる方法を模索する。例えば、アレイ観測網のデータや、近地波形データからＰ波の走時情報を抽出することを考える。令和9年度においては、これまで

に得られた結果から、スロー地震震源と沈み込む堆積物の相対的な位置関係など、震源と構造の関連性について総合的に解釈する。令和10年度においても引き続き、これまでに得られた結果を総合的に解釈し、最終的な成果をとりまとめる。

7.スロー地震と地震発生との関連性

令和6-7年度においては、四国地域を対象にマッチドフィルター法により深部低周波地震のカタログを構築する。令和8-9年度においては、紀伊半島・東海地域を対象にマッチドフィルター法により深部低周波地震のカタログを構築する。令和10年度においては、深部低周波地震カタログの分析し、活動様式の多様性や長期的な振る舞いを明らかにする。
令和6-10年度の実施期間中において、活発な前震活動を伴う大地震が起きた場合は、前震活動の時空間発展を明らかにする。

8.プレート境界滑り現象の物理モデルに対するパラメータ推定手法

初めに、摩擦構成則に従う断層すべりとマントルの粘弾性緩和を取り入れた物理モデルを構築する。この物理モデルの状態変数・パラメータの空間分布とその不確実性を測地データから推定する手法をベイズ統計学やアンサンブルデータ同化の理論に基づいて定式化し、計算コードを開発する。人工的なデータを用いたテストにより、手法の振舞いを理解する。さらにプレート境界地震の余効変動やスロースリップ等に伴う測地データに手法を適用する。手法のテストやデータへの適用から得られた知見に基づき、手法の改良を継続的に行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

・今年度の成果の概要

年次計画に基づいた機動的調査観測を実施するとともに、南海トラフ沿いにおけるスロー地震をモニタリングし、発生状況の把握を行なった。また、既存観測データを用いた地殻変動調査、スロー地震の活動様式、スロー地震発生域の構造・流体挙動の把握、スロー地震と地震発生との関係に関する研究やプレート境界滑り現象の物理モデルに対するパラメータ推定手法に関する研究を進めた。以下、サブテーマ毎に研究成果の概要を記述する。

1.広帯域観測を用いた超低周波地震の活動様式の詳細把握

地震学的スロー地震の長周期側シグナルである超低周波地震を観測するため、前計画から四国・紀伊・東海地域に維持している17観測点について地震計やモバイル通信に関する保守作業を行いつつ観測を継続した。科研費プロジェクトと合同で2観測点を追加した。定常観測網による超低周波地震の検知下限（Takemura et al., 2024）に加え、前述の準定常観測点による超低周波地震の検知能力を評価した。本計画による準定常広帯域観測点が、微小な超低周波地震検知に寄与することを確認した。
検出されたスロー地震の震源特性の把握を高度化すべく、南海浅部あるいは日本海溝沿いの地震波伝播特性を評価した。その結果、浅部微動に含まれる堆積層の伝播増幅効果（Takemura, et al., 2024）、標準的な海域の地震動予測式（Nakanishi & Takemura, 2024）の構築が実現した。

2.GNSS観測による豊後水道周辺域でのモニタリング

前計画において、独自のGNSS観測によるデータ等にもとづき、豊後水道域で発生した2つの時期のスロースリップイベント(SSE)のすべり域を推定し、その空間的な広がりと微動活動によい相関がみられるという成果が得られている (Hirose et al., 2023)。本計画においても、豊後水道周辺地域におけるSSEの動態を把握するため、同地域でのGNSS連続観測および座標値解析を継続して実施している。また防災科研Hi-netによる2011年東北地方太平洋沖地震の本震発生直前の傾斜記録のスタッキング解析によって、本震直前の地殻変動を調査し、数時間の時定数のノイズレベルを超えるような加速的な変動は見られなかった(図1)。また、震源付近でのそのタイムスケールのプレスリップは、存在したとしてもそのノイズレベル以下であることから、プレスリップの規模の上限に制約を与えた（Hirose et al., 2024)。

3.重力磁気観測に基づく流体挙動とプレート境界滑り

流体挙動とプレート境界すべりとの相互作用に関する理解を深めるため、南海トラフ域を中心とし

た重力観測を行っている。前計画では、東海地方において、長期的スロースリップと同期する重力異常を世界で初めて捉え、観測結果が流体移動で説明できることを報告した(Tanaka et al., 2018)。令和６年度は計画の通り進行中である。東海２点での重力観測を実施しデータを蓄積した。年度末までに東海２点、四国１点、宮崎１点の観測を終える予定である。令和５年奥能登地震、令和６年能登半島地震前後に観測した震源域近傍の重力変化を解析したところ、負の重力変化が生じたことがわかった。奥能登地震による変化は流体移動で説明できる可能性があり、能登半島地震については現在解析中である。石垣島の連続重力観測を継続中である。

電磁気観測については、前計画より四国西部と九州東部域におけるネットワークMT観測を継続している。四国では１７中心点、九州では３中心点での長基線地電位差観測と、四国における２地点での３成分磁場観測を継続し、来るべき豊後水道域での長期的スロースリップ発生を待っているところである。

4.プレート境界滑り特性を規定する地下構造の特徴抽出

プレート境界滑り特性を規定する地下構造の特徴抽出を目的とし、令和7年度より紀伊半島東部から中央部にかけての地域で実施する稠密自然地震観測で設置する地震観測点の場所を検討した。また、前計画において、スロー地震活動様式に違いがある四国東部地域で実施した稠密自然地震観測 (蔵下・他，2023)で取得したデータの解析を継続して実施した。四国東部においては、1999年と2002年に発破を使用した地殻構造探査が実施されている (蔵下・他，2002，Ito et al., 2008)。 本年度は、 それら探査で実施された発破を、四国東部に設置されている定常地震観測点で収録したデータからP波初動走時を読み取り、四国東部における稠密自然地震観測により得た走時データと統合したデータセットを用いた地震波モグラフィー解析を実施した。得られた南北測線下のVp/Vs構造からは、深さ15km以深でVp/Vs値の大きな領域が北傾斜で確認でき、フィリピン海プレート上面近傍の反射層が厚く確認できる領域(蔵下・他，2007)と対応することから、流体の存在が示唆される。

比抵抗構造研究では、まず、紀伊半島地域で取得されていたすべてのネットワークMT観測データを用いた再解析を行い、紀伊半島全域にわたる広域深部比抵抗構造を推定した。従来研究では、非火山性低周波微動域が低比抵抗域または高比抵抗域となる互いに矛盾する２つの構造モデルが提出されていたが、本研究で得られた構造は低比抵抗域に対応することを支持しなかった。ただ、熊野酸性岩を示すと考えられる高比抵抗域が浅部に決定される一方でその深部はやや低比抵抗、周辺部には低比抵抗域が決定され、低周波微動域は高比抵抗の底付近に分布し、周囲の低比抵抗分布域は同地域の前弧域では珍しい高温泉の分布と調和的であった。ただ、ネットワークMTデータからは数10秒より短周期の情報は得られず、電話回線が分布しているところのみで情報が得られるため、周期帯や観測域の空間分布に空白域が存在していた。このため，それらの空白域を埋めるべく、特に低周波微動帯の直上域において広帯域MT観測を開始した。さらに、四国東部から山陰域で実施されていたネットワークMTデータ解析し、フィリピン海沈み込みに関連する広域深部構造推定を開始した。

5.プレート境界断層に沿った間隙水圧の推定

前計画「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第２次）」では、南海トラフ沈み込み帯のプレート境界すべりを理解するために、プレート境界断層に沿った間隙水圧の推定を試みるとともに、間隙水圧の変動に影響する要因について研究を行った。その例として、反射法地震探査データを用いた重合前深度マイグレーション（Pre-stack depth migration：PSDM）結果を深海掘削データと組み合わせ、東北沖日本海溝の浅部プレート境界断層（＝デコルマ）の物理特性を調査し、デコルマに沿った間隙水圧が異常に高いことを見出した。デコルマの高い間隙水圧は断層面の強度低下をもたらし、2011年東北沖地震（M9.0）の巨大津波発生に深く関与した可能性が考えられる。また、南海トラフ沿いの反射法地震探査データを深海掘削データと組み合わせ、海溝で沈み込む堆積物を調査し、砂層に富むタービダイトが浅部スロー地震発生の静穏域（プレート間固着の強い領域と概ね一致）に集中して分布することを明らかにした。透水性の優れたタービダイトがプレート境界断層の間隙水圧を低下させることで、断層面の剪断強度が大きくなり、スロー地震活動が静穏化した可能性が高い。

今年度は、浅部スロー地震活動の静穏域にあたる紀伊半島潮岬沖の南海トラフで取得したマルチチャンネル反射法地震探査（MCS）データを用いたPSDM処理を行い、P波速度構造を求め、プレート境界断層に沿って間隙水圧を推定した。この解析結果を、浅部スロー地震活動の活発域にあたる四国室戸岬沖の結果と比較すると、両者において間隙水圧比に有意義な差は認められないものの、潮岬沖の

剪断応力が戸岬沖の約2倍高いことが明らかになった。この結果は、潮岬沖の付加体の層厚が室戸岬沖の約2倍大きいことに関連付けられる。今回の研究成果は、プレート境界断層の浅部スロー地震活動を評価する上で、間隙水圧に加え、付加体の層厚も考慮すべき重要な要因であることを示唆する。

なお、今年度の研究成果は、本課題の５か年計画と概ね一致している。

6.熊野灘における浅部スロー地震発生環境の解明

当初の計画では、熊野灘の微動発生域における3次元S波速度構造の推定を進めることとなっていたが、計画を変更し、まずは高精度に震源決定されたテクトニック微動の震源分布、反射法地震探査、海底地形のデータを活用することで、スロー地震発生域に特徴的な地質構造を調査することとした。

その結果、テクトニック微動の分布と地質構造には良い対応関係が見られ、微動覆瓦スラスト帯で発生し、より海溝に近い前縁スラスト帯ではほとんど発生していないことが明らかとなった。とくに発生域の上端はデコルマ面が高角度に立ち上がる場所と一致するなど、背景のスロースリップの進展が断層面の幾何形状によって妨げられている可能性が示唆された。

7.スロー地震と地震発生との関連性

本研究ではテンプレートマッチング手法を連続波形データに適用し、2022年4月2024年8月までの深部低周波地震活動の様子を明らかにした。2024年豊後水道のスラブ内で発生したM6.6 の地震の発生直前に着目すると、北東方向へ移動する低周波地震活動の主要なエピソードが起きていたことがわかった。主要なエピソードの移動方向とは逆方向の移動（RTR）がM6.6の震源域を通りこした後に、M6.6の地震が発生した。さらに、M6.6地震後には豊後水道で低周波地震の活動が活発化し、高速移動を示す筋状の活動（Streak）が多数発生した。この結果は、スロー地震とスラブ内地震の間に相互作用が働いていた可能性を示唆する。さらに、2024年日向灘の地震M7.1による深部低周波地震の動的誘発現象が、紀伊半島東部と愛知県で確認され、両者の継続時間に明瞭な差が見られた。誘発前のプレート境界における流体圧や応力蓄積状況の違いを反映している可能性が考えられる。

8.プレート境界滑り現象の物理モデルに対するパラメータ推定手法

断層すべりとマントルの粘弾性緩和を組み合わせた物理モデルに対して、パラメータとその不確実性の空間変化を測地データから推定する手法の開発を行った。一般に、パラメータの最適値に加えてその不確実性も推定するためには、事後確率分布を推定する必要がある。ここで考えているようなパラメータの空間変化を推定する逆問題では、パラメータ空間は必然的に高次元となる。しかし、高次元の非線形逆問題に対する標準的な事後確率分布推定手法は非常に計算コストが高く、推定が困難な場合も多い。このような問題を現実的な計算コストで解くために、ensemble Kalman filterを反復的に用いて事後確率分布の平均と共分散行列を近似的に推定するアルゴリズムを開発した。この手法の性能を評価するために、モデルを用いて人工的な余効変動の観測データ（GNSS時系列データ）を作成し、このデータから空間変化するモデルパラメータ（断層の摩擦構成則パラメータ、マントルの粘弾性構成則パラメータ、地震時の応力変化）の事後確率分布の平均と共分散行列を推定した。その結果、地震時の応力変化が大きい場所では事後確率分布の平均は真値を良く再現し、標準偏差（パラメータの不確実性）は事前確率分布の標準偏差より小さくなった。一方、地震時の応力変化が小さい場所では、事後確率分布の平均・標準偏差は事前確率分布の平均・標準偏差とほぼ同じであった。この結果は地震時の応力変化が大きい場所ではパラメータがデータにより拘束され、小さい場所では拘束されないことを示し、合理的な結果であると考えられる。計算コストは標準的な事後確率分布推定手法に比べて大幅に小さくなった。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本研究課題と関連の深い建議の項目（2(2)ア地震発生の物理モデルに基づく予測と検証）の目的達成に貢献するために、スロー地震をモニタリングし、発生状況の把握を行っている。また、スロー地震の活動様式、スロー地震発生域の構造・流体挙動の把握、スロー地震と地震発生との関係に関する研究やプレート境界滑り現象の物理モデルに対するパラメータ推定手法を確立する研究を進めている。

スロー地震は沈み込み帯の巨大地震域の周囲で発生しており、巨大地震域周囲での応力蓄積解放過程のproxyであると考えられる。そのことから、スロー地震検知能力の向上、継続的なモニタリング、プレート境界の震源物理特性の理解は理学・防災の両面で重要な課題である。今年度はスロー地震の

モニタリング能力の強化、正確な震源物理特性解析のための基盤研究が進んだ。また、巨大地震のプレスリップ規模に制約を与えることは、「地震発生の物理モデルに基づく予測と検証」にある地震発生の物理モデルが説明すべき条件を提供することに貢献している。

流体の存在は地震の起きやすさを変化させるため、地震発生確率の予測や地震発生を支配する場の理解に、流体のふるまいを解明することが不可欠である。野外の実際の環境で流体が時間的に変動することを捉えた例は極めて少ないが、これまでの重力観測から、弾性変形では説明できない重力異常が生じる事例が蓄積され始め、スロースリップや大地震時に生じる重力異常が流体の時間変化で説明できる可能性があることが分かった。今後、流体の時間変化とすべりとの相互作用を解明することで、将来的に地震発生確率の時間予測に観測結果も同化することで予測精度向上を目指す。比抵抗構造研究からは、しばしば、内陸地震発生域の直下ないしは近傍域に流体の存在を示すと考えられる低比抵抗域が認められ、地震発生に流体が関与している可能性が指摘されてきた。しかし、場所や発生日の推定の困難さから、内陸地震発生の前後に、震源域周辺で構造を求めるための電磁気観測が継続されたことはまれで、流体の移動を示唆する構造変化がとらえられたとの信頼に足る報告は殆どない。そのため、確実に変動が繰り返し起こる長期的スロースリップ発生域周辺での観測を継続している。まずは、発生時に顕著な時間変化現象が捉えられるかどうかが研究の第一歩であり、うまくとらえられることが出来れば、現象発生への流体の関与がより確実な形で明らかになると期待される。

南海トラフのスロー地震発生域における地質構造の特徴から、プレート境界断層の形状が、スロー地震の時空間発展に支配する要因となっている可能性を示唆する結果が得られた。また、スロー地震活動度の異なる地域でのプレート境界断層に沿った間隙水圧比や剪断応力の比較から、プレート境界断層の浅部スロー地震活動を評価する上で、間隙水圧に加え、付加体の層厚も考慮すべき重要な要因であることを示唆する結果が得られた。これらのことは、地震発生の物理モデル構築に貢献する。今後、浅部スロー地震を引き起こすプレート境界断層の物性解析を継続することで、「災害の軽減に貢献する」とともに、巨大地震とスロー地震との関連性を解明する研究への貢献が期待できる。

深部低周波地震は、スロー地震の最小単位と考えることができる。よって、深部低周波地震の長期的な活動様式を把握することは、南海トラフ沈み込み帯の固着域の深部端における詳細な滑り挙動を明らかにするうえで重要である。特に、スロー地震と通常の地震活動（プレート境界地震、スラブ内地震、上盤内地震）との相互作用を明らかにすることは、南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会等での基礎的な知見として活用されることが期待される。

物理モデルによるすべりの予測を行うためには、観測データからモデルのパラメータ・状態変数やそれらの不確実性を推定する手法を確立する必要がある。そのために今年度は、断層すべりとマントルの粘弾性緩和を組み合わせた物理モデルに対して、パラメータとその不確実性の空間変化を測地データから推定する手法の開発を行った。

このような研究を継続して実施し、プレート境界すべりの時空間発展のモデリング・予測に関する研究に貢献し続けることで災害の軽減に貢献する。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Akuhara, T., K. Shiraishi, T. Tsuji, Y. Yamashita, H. Sugioka, A. H. Farazi, S. Ohyanagi, Y. Ito, R. Arai, E. Araki, G. Fujie, Y. Nakamura, T. Tonegawa, R. Azuma, R. Hino, K. Mochizuki, S. Takemura, T. Yamada, and M. Shinohara, 2024, Geometrical barrier determines the updip limit of slow earthquake slip, Research Square, https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4591362/v1., 査読無,謝辞無

Hirose H., A. Kato, T. Kimura, 2024, Did Short-Term Preseismic Crustal Deformation Precede the 2011 Great Tohoku-Oki Earthquake? An Examination of Stacked Tilt Records, Geophys. Res. Lett., 51, 12, https://doi.org/10.1029/2024GL109384 .,査読有,謝辞有

Nakanishi, R., S. Takemura., 2024, Development of an offshore ground motion prediction equation for peak ground acceleration considering path effects based on S-net data. Earth Planets Space 76, 146, doi:10.1186/s40623-024-02078-5.,査読有,謝辞無

西村卓也, 田部井隆雄, 松島健, 廣瀬仁, 2024, 測地観測に基づく九州の地殻変動分布と活断層との関係,

活断層研究, 60, 39-44.,査読有,謝辞無

Nakanishi, R., S. Takemura., 2024, Development of an offshore ground motion prediction equation for peak ground acceleration considering path effects based on S-net data. Earth Planets Space 76, 146, doi:10.1186/s40623-024-02078-5.,査読有,謝辞無

田中愛幸，2024, 衛星重力観測で捉えられた巨大地震数カ月前の重力変化（解説）, 地震ジャーナル, 77, 69-75,査読無

Tanaka, Y., R. Nishiyama, A.Araya, H. Sakaue, K. Nakakoji, T. Takata, T. Nishimura, Y. Hiramatsu, A. Sawada, 2024, A possibility of fluid migration due to the 2023 M6.5 Noto Peninsula earthquake suggested from precise gravity measurement, Earth Planets and Spece, accepted., 査読有

・学会・シンポジウム等での発表

Akuhara, T., K. Shiraishi, T. Tsuji, Y. Yamashita, H. Sugioka, A. H. Farazi, S. Ohyanagi, Y. Ito, E. Araki, T. Tonegawa, R. Azuma, R. Hino, K. Mochizuki, S. Takemura, T. Yamada, and M. Shinohara, 2024, Structural controls on the spatial extent of tectonic tremors in Kumano-nada, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SCG40-09.

Fukuda, J. and S. Barbot, 2024, Ensemble Kalman inversion for stress-driven models of postseismic deformation with spatially varying parameters, 日本地球惑星科学連合2024年大会, S-GD02.

Hirose, H., A. Kato, T. Kimura, 2024, Did Short-Term Preseismic Crustal Deformation Precede the 2011 Great Tohoku-Oki Earthquake?, An Examination of Stacked Tilt Records, International Joint Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes 2024, P084.

Kato, A. and T. Nishimura, 2024, Foreshock sequence prior to the 2024 M7.6 Noto-Hanto earthquake, Japan, EGU General Assembly 2024, EGU24-22522, https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-22522.

Kato, A., S. Nakagawa, E. Kurashimo, S. Sakai, K. Emoto, S. Matsumoto, 2024, A long-persisting seismic swarm and the subsequent nucleation of the 2024 M7. 6 Noto earthquake, AGU fall meeting, S14C-02.

小松理子, 西村卓也, 松島健, 廣瀬仁, 2024, GNSS データを用いた日向灘におけるプレート間固着状況の推定, 日本測地学会第142回講演会, P26.

汐見勝彦,武村俊介,松原誠,木村武志,関口渉次, 2024, 三次元地震波速度構造に基づく地震情報の迅速な把握と活用, 日本地震学会2024年度秋季大会, S23P-18.

武村俊介, 濱田洋平,奥田花也,岡田悠太郎,大久保蔵馬,悪原岳,野田朱美,利根川貴志, 2024, Toward a comprehensive understanding of shallow slow earthquakes: a review of key studies along the Nankai Trough and future perspectives, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SCG40-06 (invited talk).

武村俊介、矢部優、溜渕功史, 2024, Estimations for seismic energy and source duration of shallow tremors along the Nankai Trough incorporating the effects of thick sedimentary layer, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SSS03-P01.

Tanaka, Y., R. Nishiyama, A. Araya, H. Sakaue, K. Nakakoji, T. Takata, T. Nishimura, Y. Hiramatsu, A. Sawada, 2024, A possibility of fluid migration due to the 2023 M6.5 Noto Peninsula earthquake suggested from precise gravity measurement, Workshop on Slow-to-Fast Earthquake, P075.

田中愛幸, 西山竜一, 新谷昌人, 坂上啓, 中小路一真, 高田大成, 西村卓也, 平松良浩, 澤田明宏, 2024,

2023年5月5日のM6.5奥能登地震に伴う重力変化, 日本測地学会第142回講演会, 21.

于 凡, ジャマリホンドリエッサン, 朴 進午, 2024, Convolutional Neural Networks for Seismic Velocity Model Building and Uncertainty Quantification, 日本地震学会2024年度秋季大会, S21-01.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：地震；地震：広帯域地震観測
概要：西南日本に設置した機動的広帯域地震観測点で観測を実施した。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：愛媛県、高知県
調査・観測期間：
公開状況：公開留保中（計画終了後５年以内に公開予定） 観測全波形記録については、観測終了2年後（2028年3月）までに東京大学地震研究所のOcean Hemisphere Project Data Management Centerにて公開予定。

項目：地震：地殻変動：GNSS観測
概要：四国、九州の独自GNSS観測点約15点での連続観測を実施した。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：四国、九州
調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定
公開状況：公開留保中（協議のうえ共同研究として提供可）

項目：地震：地殻変動：重力測定
概要：宮崎、東海、四国西部、八重山で重力測定を実施した。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：宮崎、東海、四国西部、八重山
調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定
公開状況：公開留保中（計画終了後５年以内に公開予定）

（10）令和７年度実施計画の概要：

1.広帯域観測を用いた超低周波地震の活動様式の詳細把握

19点での準定常観測を継続し、定常観測点と合わせて利用することで超低周波地震の検出を行う。また、従来手法で検知可能な超低周波地震について、なるべく精緻に震源の運動学的特性（メカニズム解、モーメントレート関数など）を推定し、巨大地震域周囲の震源物理特性に迫る。

2.GNSS観測による豊後水道周辺域でのモニタリング

独自のGNSS観測点での連続観測を継続し、国土地理院等のデータと合わせることで、豊後水道周辺域での地殻変動を詳細に把握するとともに、既存の長期間の地殻変動データからSSEによる変動を自動的に検出する手法の開発を進める。

3.重力磁気観測に基づく流体挙動とプレート境界滑り

南海トラフ、石垣島等における重力データの観測を継続する。なお、令和７年度中に重力計の定期保守が予定されているため、観測の時期や点数は調整する。得られた重力変化とすべりの時空間発展との関連を明らかにし、それらの関連を説明するためのモデル構築を試みる。豊後水道周辺域での電磁気観測を継続し、現象発生時には時間変化の検知に努める。ただ、電話会社の光ファイバ化が急速に進められている現在、いつまで観測を継続できるか不透明である。

4.プレート境界滑り特性を規定する地下構造の特徴抽出

プレート境界滑り特性が変化している紀伊半島東部から中央部にかけての深部低周波微動発生域直上に臨時地震観測点を設置し、稠密自然地震観測を開始する。今年度に引き続き、紀伊半島での補充観測や既存データのコンパイルを継続し、構造決定の精度向上を図る。また、四国中国域で取得され

ていたネットワークＭＴデータのコンパイルと構造解析を継続し、島弧走行方向への構造変化の検出に努める。

5.プレート境界断層に沿った間隙水圧の推定

南海トラフの浅部スロー地震活動の活発域にあたる紀伊半島熊野沖と静穏域にあたる四国足摺岬沖のプレート境界断層に沿って間隙水圧を推定し、両者の比較検討を行う。

6.熊野灘における浅部スロー地震発生環境の解明

熊野灘でこれまでに取得されている自然地震波形データに対して、表面波解析、レシーバ関数解析を適用し、スロー地震発生域の3次元S波速度構造を推定する。

7.スロー地震と地震発生との関連性

四国地域を対象にマッチドフィルター法により深部低周波地震のカタログを構築する。

8.プレート境界滑り現象の物理モデルに対するパラメータ推定手法

今年度開発した手法を現実の余効変動の観測データに適用する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

蔵下英司（東京大学地震研究所）,竹尾明子（東京大学地震研究所）,武村俊介（東京大学地震研究所）,上嶋誠（東京大学地震研究所）,臼井嘉哉（東京大学地震研究所）,悪原岳（東京大学地震研究所）,加藤愛太郎（東京大学地震研究所）,福田淳一（東京大学地震研究所）

他機関との共同研究の有無：有

廣瀬仁（神戸大学都市安全研究センター）,松島健（九州大学大学院理学研究院）,田中愛幸（東京大学大学院理学系研究科）,津村紀子（千葉大学大学院理学研究院）,岩崎貴哉（地震予知総合研究振興会）,朴進午（東京大学大気海洋研究所）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：蔵下英司
所属：東京大学地震研究所

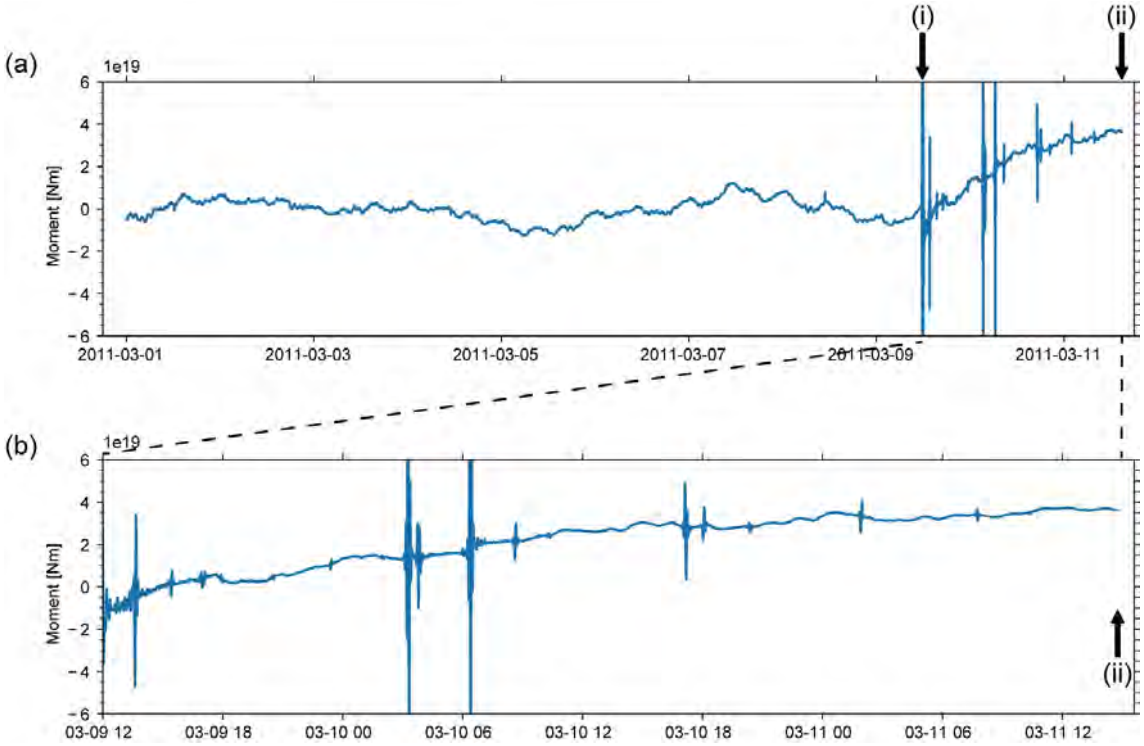


図1： 2011年東北地方太平洋沖地震発生直前の傾斜記録に対するスタッキング処理の結果。 震源での地震モーメント相当量に換算したもの。
(a) 2011年3月1日から本震発生直前まで; (b) 本震発生前約51時間 (Hirose et al., 2024 を改変)。図中の矢印は(i)3月9日最大前震; (ii)本震発生時; をそれぞれ示す。

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_12

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）経験的アプローチによる大地震の確率予測の高度化

（英文）Improvements of probabilistic earthquake forecast by empirical approach

（3）関連の深い建議の項目：

2 地震・火山噴火の予測のための研究
(2) 地震発生確率の時間更新予測
イ. 観測データに基づく経験的な予測と検証

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(2) 地震発生確率の時間更新予測
ア. 地震発生の物理モデルに基づく予測と検証
3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(4) 地震・火山噴火の災害誘因予測・リスク評価を防災情報につなげる研究
地震
4 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(4) 内陸で発生する被害地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

地震活動など様々な観測データにみられる異常の地震先行性を、対象範囲を拡大して評価し、地学情報等と比較して異常の由来の解明を進める。機械学習等も取り入れて、予測手法の性能の向上をはかるとともに、入力する地震活動データの質・量を向上させるための技術開発を行う。地震発生確率の長期間にわたる予測値時系列の特徴を、地震予報として社会実装した場合に期待される効果という観点からレビューする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

以下、サブテーマごとに記述する。

A. (1-3年目)中期的なb値低下および静穏化の巨大地震に対する先行性を全世界の沈み込み帯で調査する。(3-5年目)機械学習手法等も取り入れて、多数の活動指標の組合せによる中期予測手法の最適化、および新たな活動指標の探索を行う。

B. (1-3年目)潮汐や地震動による地震トリガ現象の調査をより多くの地域で行う。(4-5年目)トリガの受け易さと地震発生確率の相関を調査する。また、応力場の時空間変動と地震発生確率の相関も調査する。

C. (1-3年目)様々な地域で前震識別手法の有効性を調査する。機械学習等も用いて前震識別の性能向上を試みる。(4-5年目)高精度カタログを用いて、小地震の前震現象を調査する。(1-5年目)ETASなど統計地震学的確率予測モデルの改良は継続的に行う。詳細に観測された地震活動事例については、随

時詳細な解析を行い、因果メカニズムを推測する。

D. (1-3年目)中規模地震発生や群発時など地震活動が活発な時期におけるb値等の地震活動指標の推移と続発地震の関係を事例調査する。(3-5年目)同じ時期の統計地震学的発生確率予測モデルと比較する。

E. (1-2年目)一元化データを用いて既存の深層学習検測器の再訓練を行う。(3-5年目)一元化データの豊富なデータを活かし、より表現力のある深層学習検測器を作成して、後続プロセスを含めてカタログ作成手法を向上させる。(1-5年目)歴史史料からの地震活動推定については、随時行う。また、精密なカタログを用いた地震活動指標値の確率密度分布、その異常と大地震の関係の再調査も随時行う。

F. (1-3年目)巨大地震直前の電離層異常について、同様形態の異常の平時出現率を求める。また、先行性が指摘されている関東地域のGNSS変位異常についても、原データに立ち戻って異常の由来を調べる。(3-5年目)前者については、太陽活動との関連を調べ、地殻活動由来でありうる異常の平時頻度を求める。後者については、異常の由来を参考に予測性能の向上を試みる。

G. (1-3年目)ETASを用いた常時確率計算システムを過去のデータに適用し、性能評価を行うとともに、特に高い確率が出た事例と、大地震直前期に出ていた確率を洗い出し、成功、空振り、見逃しの年表を作る。(3-5年目)上記の年表について人間の感覚での講評を行う。また、中期的先行現象と合わせた場合の予測確率時系列を作成する。(1-5年目)常時更新確率計算の地図表示プラットフォームにCSEPで検証してきたいくつかのモデルを組み込む。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

地震カタログの作成、地震活動の解析、地震動の予測、地殻変動に関係した測地データ解析に関する機械学習の応用をレビューした論文を出版した(Kubo+, 2024)。深層学習を用いた有名な地震波検測ツールであるPhaseNetを、2013–2022年の日本の定常観測データによって再訓練した。カリフォルニアのデータで訓練されたモデルで見えていたバイアス等がなくなり、性能が改善したことが確認できた。気象庁のデータ処理に使われるPF法を使ってカタログを作成したところ、内陸の小さい地震をより多く検出できるようになった(Naoi+, 2024)。

歴史地震の震源位置や規模は史料に記述された被害や揺れの強さから推定される震度分布に基づいて推定される。そこで、まず、震度4以上を記録した近年の30地震の震度分布データ(震度分布画像)から震央位置と規模を推定する機械学習モデルを構築し、良好な結果をえた。さらに歴史地震への適用を鑑み、学習モデルの構築時に用いた仮想観測点数をランダムにサンプリングした50点に減らしても推定精度に顕著な低下が見られないことを確認した(石辺+, 2024JpGU)。

地震活動の解析において、マグニチュード等のパラメタの一貫性は非常に重要であり、複数の地震観測ネットワークを統合してカバレッジを増すためにはこの問題を解決する必要がある。どのネットワークで決めたマグニチュードも、真のマグニチュードに線形な値の回りにガウス分布しているという仮定のもと、ベイズ推定で統合カログ用のマグニチュードを作るアルゴリズムを提案した。人造カタログでテストしたところ、事前分布には、現実に近いGR的なものをとりいれるよりも、むしろ一様分布の方が検出率の場所による変化などの影響を受けず正しい結果が得られる傾向にある。また、イタリアの5つの観測網からのカタログのマグニチュードをこの方法で統合してみたところ、ロバストな結果が得られた(Si+, 2024)。

多数のGNSS観測点での5分間隔のGNSS記録から、プレスリップで期待される方向の成分をスタックしたところ、2011年3月11日のM9東北地震の2時間前からMw6.9相当の加速的なプレスリップが見い出されたという報告(Bletery & Nocquet, 2023, 以下BN2023)は大いに注目されたが、Bradley & Hubbard (2023)は、GNSS観測特有の同相ノイズを補正するとBN2023のみつけたプレスリップ状の変化は見えなくなると反論した。そこで、GNSS以外の地殻変動観測手段である傾斜計を用いてBN2023と同様の手法で東北地震から500 km以内にあるHi-netの傾斜記録をスタックしたところ、2時間前に加速するような変化はみられなかったので、当該時期の傾斜記録ノイズレベルに相当するMw6.4を超えるような直前数時間のプレスリップはなかったと結論できる(Hirose+, 2024)。

ETASの余震トリガリング作用による地震クラスターについて、その中で最大の地震のマグニチュード、発生時刻、発生位置、に期待される確率分布を陽な形で導いた。マグニチュード、発生時刻について具体的な解析解と数値シミュレーションが整合することも確かめられた。この成果によって、現在進行中の地震活動について、(大き目の)地震が一つ起きるたびに、それが最大のものである(今後、今迄以上に大きいのは起きない)確率がどの程度かという質問に答えられるため、防災対応の参考にな

りうる(Spassiani+, 2024)。

大きな地震が起きた直後の時期は多数の余震が起きるため、ETAS以外の方法でも活動状況の変化を迅速に更新でき、防災情報として提供しうる。b値は応力に負の依存性をもつと考えられており、多くの大地震の前にb値の減少が観察されている。大きな地震が起きてしばらくの期間は、地震の発生レートが非常に高く、それだけでも同程度以上の地震が短時間内に起きる確率は大きくなる(例えばM6級の地震がおきたあと5日以内に、より大きい地震が近辺で起きる確率は約5%)が、なかでも最初の地震以降のb値が低下していた場合には、その確率が75%にもなり、市民生活を変えるレベルの強い短期警報を出しうる(Gulia & Wiemer, 2019)。大地震直後は小さい地震の検出率が低下・変動するためb値のリアルタイム推定が難しいが、この点は、連続した地震のマグニチュード差の分布に着目するb-Positive法(van der Elst, 2021)で克服できる。そこで、遠地地震波から世界の地震センターで大地震後1時間以内に算出される断層面解を自動取得して自動的に解析領域を決め、準リアルタイムで更新される地域の地震カタログを逐次入手してb値追跡・警報の判定・更新を専門家の関与なしに自動的に行えるスキームを開発した。Gulia & Wiemer (2019)など開発の際参照した約20例については、同程度に正確な(失敗は偽陽性の一例のみ)判定結果が得られ、その後に起きた6事例についても全て正解(真陽性1例、真陰性5例)した(Gulia+, 2024)。

地震活動の低い南海トラフの海域でなどでの地震活動モニタリングには、海底に埋め込まれてSN比の高いDONETの海底地震計が重要であり、特にb値を得るためには、完全に検知できる地震の下限マグニチュードを知る必要がある。JAMSTECが維持しているDONET (= DONET1 + DONET2)の検測カタログを用いてそれぞれの観測点で地震が検知できた割合を調べ、一つの観測点での検知確率を地震の大きさと観測点からの距離の関数として経験的に構築した。次に、これを用いて任意の位置で起きた任意の大きさの地震が、その時点で稼動中のDONETの観測点のうち3つ以上で検知される確率を計算した。任意の検知もれ許容確率を設定すれば、これをネットワーク検知下限マグニチュードの地図に変換できる。例えば検知もれ率1E-6以下を完全検知とみなして完全検知下限マグニチュード(Mp)の空間分布を描くと、Mpは観測点が密集した部分ではM1を下回り、DONETの周縁域ではM2程度、DONETの外側でも、その目標監視域である(32–34N, 134–138E)全域でM2.5以下である。また、ノードの故障による検知能力の低下(Mpが約1悪化)は当該ノード域の2倍程度の領域に限定される。b値監視の例として、2017年から2018年にかけて海溝軸近くで起きたM6.6の浅部SSE(GNSS-Aで検知された)に関して、SSEの海溝側および陸側領域それぞれプレート境界下25km程度での地震活動のb値を、上記のローカルなMp情報を与えた上で求めたところ、SSE開始まではどちらでもb＝1.5程度であったものが、SSE期間には海溝側がb＝1程度、海溝側がb＝2程度となり、明らかに有意な変化が見えた。これはSSEによる応力の増減から期待されるセンスの変化である(Nanjo+, 2024)。

例えば大きな地震等をきっかけに、真のb値が不連続に変化したと思われる例は多いが、b値の時間変化を追跡するときに、(重みつき)移動平均を使う従来の方法は追従が悪いと考えられる。そこで、真のb値の遷移を状態空間モデルで表して、それを粒子フィルターで推定する手法を開発した。2011年M9東北地震の震源域に適用したところ、2015年から2022年にかけてb値が1.1から1.3に上昇しており、Tormann+ (2015)が指摘したような大地震のリスク上昇は示唆されない。他方、2016年のM7熊本地震の後2019年末までの周辺領域のb値の解析で唯一b値が低下しており大地震のリスクを警告していた布多川断層中部の10 km程度の領域(Nanjo+, 2019)について、新しい解析法で2023年半ばまでb値の推移を調べたところ、現在も0.7程度の低い値が維持されているため、相変わらず心配な状況と考えられる(Iwata & Nanjo, 2024)。

流体によって駆動される群発地震活動では、ETASモデルにおける背景項が連続的に変化する可能性が考えられる。イタリア南部のPollino山地方は典型的な群発地震地域でM6以上の歴史地震が知られていない典型的な群発地震域である。ここで2010年から2014年にわたって続いた長期間の群発地震活動は、背景項が連続的に変化する非定常ETASモデルでよくフィッティングでき、群発活動の複雑な消長の主要因は背景項が2桁程度増減していたことであると読み解けた。この群発活動では高い過剰間隙圧も推定されており(De Matteis+, 2021)、群発活動とゆっくり滑り速度の呼応も見られることから(Cheloni+, 2017)、流体とゆっくり滑りが影響しあって複雑に変化したことで、非定常ETASを要求するほど複雑で大きなテクトニック駆動力の連続的な変化が生じたと考えられる(Petrillo+, 2024)。

能登半島北部の地震活動について、2020年11月からの活発な群発活動が始まる前の2018年初頭から2024年1月1日M7.6能登半島地震後の2024年2月19日まで、能登半島地震の余震域(北西–南東走向、160 km程度)を対象に、25,711個の地震（気象庁カタログ：M1.3以上）の相対震源位置をhypoDDにより決定した。上記領域の中央部分25 km四方程度にあたる群発活動域については、解像度を増すた

め2023年1月1日から2024年2月19日までM1.0以上の11,980個の地震に対して相対震源決定をおこなった。M5以上の地震については手動検測も行い相対走時データの精密を期した。2024年1月1日のM7.6地震の余震分布は、走向160 kmにおよび、南東傾斜のF43断層(内閣府, 2014)と一致するが、最北部は北西傾斜のF42断層の南端部にかかっている。M7.6地震の破壊開始点を含む群発活動域では、深さ15 km程度からスプレー状に3枚にわかれる南東45°前後に傾斜した断層が推察され、深さ15 km以深では、群発活動をもたらした高圧流体の侵入による開口と非地震性滑りが推定されている傾斜の浅い断層(Nishimura+, 2023)に続くようである。3枚の断層のうち最も上位にあるのはF43断層の中央部(珠洲沖セグメント)で、M7.6地震の主要な滑りはこの断層で起きた。いっぽう、M7.6地震の破壊開始、240秒前のM5.5前震、14秒前のM5.9前震、2023年5月のM6.5地震の破壊開始はいずれも中位の断層で、120秒前のM4.6前震と2022年6月のM5.4の地震は最下位の断層で起きた。いずれも12–17 kmと深く、上述の深部低角断層からの高圧流体の影響が考えられる。水平位置も10 km以内に集まっており、M7.6地震に至る一連の活動は、近接した複数枚の断層間での応力および間隙水圧を介した複雑な相互作用によるものだと推察される。さらに、本震破壊開始点直近の地震計では240秒前のM5.5前震から14秒前のM5.9前震の間に、多数の小さな前震が連発しており、非地震性プレスリップの可能性を示唆する。実際、3つの直前前震のうち最初に起きた240秒前のM5.5による滑りは、本震や14秒前のM5.9の破壊開始点に地震が起きにくくなる向きの応力を加えており、前震–本震の因果関係を単純なカスケード破壊として理解することはできない。さらに、M7.6地震の遠地波形のバックプロジェクションは、最初の11秒程度は破壊開始点周辺での勢いの弱い破壊であり、そのあと南東および北西に勢いの強い破壊が伝播したことを示している。本震14秒前のM5.9前震を既に本震の一部とみれば、低調な初期破壊フェーズは25秒も続いたことになる。強い破壊が始まるまでに時間がかかったのは、先述した複数枚の近接断層間での破壊の乗り移りや流体圧の再分配に加えて、F43断層の走向が10°弱折れ曲っているところから始まった地震であることが寄与したかもしれない。また、群発域での2018年からの地震活動は少しずつ走向（北東－南西）方向に拡大し、2020年末に5 km程度になってからは加速的に拡大して2021年半ばに15 kmとなり、そのあと2023年5月のM6.5地震までは一定の活動域を維持した。深さ方向については、2020年末から2021年度後半にかけて深さ18 kmを起点に水理拡散係数0.2 m^2/sで浅部へ活動域が拡がった。2021年末からは上方拡大は止み、2023年5月のM6.5地震まで群発地震は深さ11 km以深にとどまった。一方、M7.6地震の発生後、余震域は端部において時間の対数に対して線形に数十㎞拡大した。これは余効すべりの伝播が起きた可能性を意味する(Peng+, 2025)。

能登半島北部の群発地震が5つの領域(N, E, W, Ss, Sd)に明瞭にわかれて起きていた2022年末までの時期について、20km以浅でおきたM1.3以上の地震のうち余震でないものについて潮汐の影響を調べたところ、潮汐の影響が見られたのは、群発域南東部の深さ14–18 kmにあるSdクラスタの活動だけであった。Sdクラスタはb値も異常に大きく(1.85前後)、有効封圧が非常に低く岩石強度が非常に小さくなっているため、潮汐の影響も受けやすいのだと考えられる(Hirose+, 2024)。2023年5月5日にE領域を震央とするM6.5が起きたあとは活動域の境界が曖昧になったため、2023年1月から2024年1月1日M7.6(震央はN, E, S領域の境界点)までの活動を上記5領域をまとめて解析した(Hirose+, 2024JpGU)が、2023年1月1日から5月5日のM6.5前まで、M6.5の余震が落ち着いた7月1日から2024年1月1日M7.6まで、2023年1月1日から2024年1月1日M7.6まで、の3つの期間いずれでも潮汐の影響は見られなかった。ただし、この期間のほとんどの地震はN, E領域で起きたので、実質的には、もともと潮汐の影響を受けていなかったN, E領域の活動は、M6.5やM7.1が迫っていた時期でも潮汐の影響を受けない状態のままだったことを確認した、ということになる。

豊後水道における深部微動と潮汐との相関の長期的な時間変化を調査した。その結果、LSSE域の深部縁(以後領域Ba)の微動は、潮汐せん断応力または見かけの摩擦係数が非常に小さなクーロン破壊応力と有意な相関を持ち、断層すべりを促進する方向に作用する潮汐応力値が大きいほど発生しやすいことがわかった。さらに、潮汐感度はLSSE発生期で相対的に高く、それ以外の期間では低いことも判明した。LSSE域は領域Baを概ね含んでいるため、LSSE期の領域Baの断層カップリングはそれ以外の期間に比べて間違いなく小さい。このように低摩擦状態下にあるため、lithostaticな応力よりも遥かに小さな潮汐応力ですら深部微動の発生に影響を与え、LSSE期の潮汐感度がそれ以外の期間よりも高くなると考えられる(Hirose & Kobayashi, in press)。

潮汐より長い周期の繰り返し載荷として積雪等による季節変化があり、それに呼応した地震活動の季節変化も指摘されている(e.g., Heki, 2023)。36N以北の東北地方の陸域について、2004–2010年のGNSSの上下変位から同相ノイズを補正した上で、周期1年と+周期半年の正弦変化でモデル化した

季節変動成分を取り出し(振幅1 cm程度)、その空間分布から弾性変形(PREM構造)を仮定して地表荷重(振幅5 kPa程度)の空間分布を、月毎に逆推定した。HIST-ETASで余震を除去したあとの地震(M3以上、20 km以浅)について、地震発生時に表面荷重がその場所の応力場(Terakawa & Matsu'ura, 2008, 2010)から期待される向きの断層面に及ぼした応力増減(振幅数kPa)と地震発生レートの増減(20%程度)の関係を調べると、東北地方全域をまとめて解析した場合には、山陰(Ueda & Kato, 2019)やカリフォルニア(Johnson+, 2017)で確認されたよりは弱いながらも、理論的に期待されるセンスの相関がみられた。しかし、日本海側に限った解析では有意な相関は認められなかった。日本海側では積雪と表面荷重に雪の密度から期待される通りの関係が明瞭であることを考えると、これは不思議な結果だが、一つの可能性として、テクトニックな載荷レートが高いために積雪荷重の影響が目立たないことが考えられる(Ueda+, 2024)。

いっぽう、短期的な応力擾乱による地震の誘発現象として、(大)地震からの地震波によって地震が誘起される動的トリガリングと呼ばれる現象がある。日本では動的トリガリングを起こすのに振幅30 kPa以上の地震波が必要と指摘されていた(Van der Elst & Brodsky, 2010)が、2016年M7熊本地震からの地震波による動的トリガリングが遠く離れた中部地方から北海道にかけて数kPaの波動で起きたことがわかり、2011年3月11日のM9東北地震によって、東北日本の地殻状態が変わって動的トリガが起きやすくなったのではないかと提唱され、また、動的トリガが見られたのは火山地域が多かったため、流体圧の増加を介した効果だろうと推察された(Enescu+, 2016)。そこで、東北地震後に群発活動が起きた5つの地域(山形–福島県境、秋田駒ヶ岳南西、飛騨、いわき、山形中央; いわき以外は火山地域)において、東北日本に1–50 kPa程度の表面波を届けた49個の遠地地震(東北地震より前が25個、東北地震より後が24個)それぞれについて、表面波の振幅と、それによって誘発された地震の有無を調べた。山形–福島県境、秋田駒ヶ岳南西、飛騨で誘発事例数は東北地震の(前→後)でそれぞれ(4→8)、(3→6)、(7→10)、誘発に成功した表面波の振幅の最低値はそれぞれ(8.7 kPa → 1.1 kPa)、(8.7 kPa → 1.5 kPa)、(3.8 kPa → 1.3 kPa)と、東北地震より後の方が誘発が起きやすいように見える。有意水準5%のK-Sテストで誘発応力の分布が変わったとは言えなかったが、それはサンプル数が足りないだけのことかもしれない。いっぽう、山形中央の誘発事例は東北地震より前の1つだけで、1.6 kPaの表面波で起きた。それよりずっと大きい表面波が来ていた多くの例で一度も誘発されなかったので、この1例も誘発ではなく、偶然のタイミングの一致だったのかもしれない。いわきは、火山もなく地熱地帯でもないが、誘発事例数が(0→4)と増加し、また最低誘発応力は(31.6 kPaでも誘発できなかった → 1.6 kPa)と大きく下がったので、M9によってトリガされやすくなったように思われる(Takeda+, 2024)。

2024年1月1日M7.6能登半島地震(破壊域長150 km)からの表面波も、北海道から鹿児島まで広い範囲で、主に火山地域で動的トリガリングを起こし、最低誘発応力は10 kPa程度であった。420 km離れた秋田焼山地域では、M7.6本震からの表面波通過時の動的トリガリングに加えて、能登半島地震の約1週間後から地震活動が顕著に活発化し3週間ほど続いた。また、能登半島地震の南東約100 kmにある弥陀ケ原火山では本震後30分ぶ起きたM4.0の地震を皮切りに24時間にわたってM0.1–M2.4の地震21個が群発的に起きた。能登半島地震がこの地点へ及ぼした静的応力変化は被誘発地震の深さに応じて40–70 kPa、表面波振幅は100 kPa超であった(An+, 2024)。

沈み込み帯でしばしば巨大地震に先行する長期静穏化現象について、南米地域で最近発生した3つの巨大地震(2010年M8.8Maule地震，2014年Mw8.2Iquique地震、2015年M8.3Illapel地震)に先行した静穏化域と本震のすべり量分布を比較したところ、静穏化域はいずれも本震の大すべり域の縁辺部に位置していた。本震の断層破壊は静穏化域で阻止され、走向方向の進展が停止したように見える(勝俣, 2024JpGU)。

マグニチュード(実際はエネルギー = モーメント)を発生順に並べた数列に基いて、複雑系の臨界状態への発展を判断するナチュラルタイム解析において、エントロピーと発生順を逆転したときのエントロピーの差の標準偏差として定義されるΛ_i (iはエントロピーを求めるのに使う窓に含まれるイベント数)は、系の状態の複雑度の指標になると考えられている(Sarlis+, 2015)。1984年から2023年11月までの気象庁カタログの日本周辺域(25–46N, 125–148E)のM3.5以上の地震すべてからなるナチュラルタイム系列からi = 2000、3000、4000のΛ_iの時系列を求めた(Varotsos+, 2024)。たいていの時期ではΛ_2000 > Λ_3000 > Λ_4000なのだが、この関係が崩れたという異常が3回あった。一つ目の異常は1993年3月8日から1994年7月24日までであり、2ヶ月半後の1994年10月4日にM8.2北海道東方沖地震が起きた。二つ目の異常は2008年6月14日から2010年8月5日まで、もしくは2010年12月22日のM7.8父島近海地震まで続いた異常で、父島近海地震の3ヶ月弱後に2011年3月11日M9東北

地震が起きた。三つ目の異常は、2022年10月27日から2023年6月27日までであり、その約6ヶ月後の2024年1月1日のM7.6能登半島地震が起きた。なお、この論文は2023年12月5日に投稿されており(ArXivあり)、そこでは三つ目の異常の成り行きについて注意深く見守ると述べており、出版された版には能登半島地震はこの三つ目のΛ_iの異常から予期されていたと書いてある。しかし、この論文の本来の主張は、出版された版のアブストラクトにも書いてある通り、Λ_iの異常はM8.2以上の地震の前兆ということであり、実際、2015年5月30日のM7.9小笠原諸島西方沖深発地震には前兆らしきΛ_iのふるまいがなかったことも論じられている。したがって、2023年12月5日(ArXiv)時点で予測していたのは、解析領域のどこかで数ヶ月程度以内にM8.2以上の地震が起きるということであり、四角四面にとれば、M7.6である能登半島地震は予期されていた地震に該当しない。

ETASモデルによる地震予測は、最尤法で推定したパラメタによるモデルの確率的シミュレーションによるが普通であるが、使用するカタログが小さい場合などにはロバスト性に不安がある。そこで、ベイズ的なアプローチによる予測を試行した。南加のM7級の3つの地震(1992年Landers, 1999年Hector Mine, 2010年Baja California)について、それぞれ、本震の1ヶ月前の地震活動を学習して、8つのETASパラメタの事後分布を求め、それに基いて本震後1ヶ月間の地震活動を確率予測してみた。結果は良好でCSEPのL-test、S-testに合格した。本震後1ヶ月間の地震数の予測は、Landers地震については、最尤法ETASによる予測と同じく過少評価となったが、残りの2件ではベイズETASが勝った。ベイズ推定ETASによる予測は、標準的な最尤法ETASによるものより予測幅が広い傾向にあるが、これは不確定性込みでパラメタを推定するベイズETASがロバストということでもある(Petrillo & Zhuang, 2024)。

ETASモデルと速度・状態依存摩擦構成則に基づく地震活動モデル(Dieterichモデル)は、余震活動のような誘発性において、その効果が「和」であるか「積」であるかという対照的な特徴を持つ。この両者を混合したモデルを、1960年代に生じた松代群発地震と2023年5月以前の群発性の強かった時期の能登半島北東部の地震活動に適用してみた。その結果、ETAS、Dieterichモデルそれぞれを単独で適用した場合に比べて、実際の地震発生時系列への適合度が良くなることが示された(Iwata, in press)。

ETASで利用する活動履歴の情報に震源深さも用いる3D-ETAS(Guo+, 2015)について、余震トリガリング効果の深さ方向へ影響範囲が、本震のマグニチュードに正依存するように改造した。カリフォルニアの主要な断層を含む600 km四方程度の広い範囲の1990年初頭–2023年末のM2以上の地震を用いて2000年以降の地震活動(地震数59,756個)をフィッティングしたところ、この改造によってAICが955改善した。得られたモデルによれば、研究領域での地震数に占める背景地震の割合は、深さが5 kmあたりでは約20%, 深さ12 kmで約50%、深さ25 kmで約80%と深さに強く依存しており、これは、余震生性がこの範囲で約1桁、深さとともに低くなっていることに起因している。また、研究領域内の主要な断層の長期滑りレートが0.1 mm/年以上の部分では、背景地震レートが長期滑りレートの0.46乗に比例していることがわかった。また、地表でクリープがモニタされているサンアンドレアス断層の中央部では、クリープ速度と背景地震レートに正の相関がみつかった(Guo+, 2024)。

高緯度地方などで必要になる、地球の曲率を考慮した球面版のETAS (SETAS, Xiong & Zhuang, 2023)を、震源深さ情報も用いるように改造した3D-SETASを開発した。2000–2021年のアリューシャン–アラスカ地域 (46N–72N, 165E–230E)での深さ200 kmまでのM4以上地震活動に対する適用で比較したところ、3次元球面化によるフィッティングの改善が認められた。また、深さ情報を含めた余震トリガリカーネルの様々な要素への依存性に仮定した関数形は、この適用事例において実際の活動の様子をうまくモデリング・予測できていた。背景活動レートは期待通り沈み込み境界の3次元形状に沿って高く、深さそのものに強い依存性はなかった。いっぽう、浅部の活動では余震の占める割合が高いことが見い出された。また、2013年頃から背景活動レートが有意に高くなるという結果が出たが、これは使用カタログにおいてM4–4.5の地震の取り漏らしが減ったことを反映しているにすぎない可能性が高い(Li+, 2024)。

CSEPは、時–空–マグニチュード空間でグリッド分割されたセルそれぞれに起きる地震の数や大きさを予測する実験であり、その評価スコアにはグリッドごとの振舞いが独立という前提のものも多い。点過程に対する尤度(比)関数がイベントの発生数、場所、時刻、大きさなどの各要素についての利得の積に分解できるという数学的考察から、これらのに関する予測の成績評価は全て尤度関数に基いて直接行えること示し、そられの値を正確に求める具体的な計算方法までをまとめた。さらに、その考察の延長により、セル間の活動の相関による利得への寄与も評価できることを示し、よって、グリッドに分割してそれぞれのグリッドの予測成績を独立に評価すると、セル間に相関がある場合にはそのぶん過大評価になることを指摘した。尤度関数は、時–空–マグニチュード空間のグリッド分割とは関係

なく定義されるものなので、予測性能の評価値は、その様々な要素ごとの利得への分解も含めて、グリッド分割などせず周辺尤度から直接求めればよいだけの話である(Zhuang, 2024)。
　また、CSEPのテーマである業務的に日常からアップデートされる地震確率予測について、それを様々なエンドユーザーに提供する方法についての世界の取り組みをレビューした(Mizrahi+, 2024)
　おおむね計画通りに実施した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
有望な先行現象の新たな解析方法がいくつか提案され、2(2)イに貢献した。2011年M9東北地震に関して最近提案された直前2時間のMw6.9級preslipの存在を強く否定する証拠をみつけ、2(3)アに貢献した。2024年M7.6能登半島地震に関しては、複数の準平行断層にまたがった前震活動や非常に長い初期破壊過程を見い出し、2(3)ア、1(3)、5(4)に貢献した。ETASなど地震活動の確率予測モデルについては、モデルの様々な改良や検証が進んだだけでなく、その出力から、さらなる大地震の誘発可能性を算出する方法を開発した。また、b値を用いた大地震確率の短期予測について、大きな地震が発生した直後から、さらなる大地震の短期的な発生確率を迅速に自動更新評価する、実戦シーンを意識したスキームが提案され、短期予測が災害対応の意志決定を直接的に左右する可能性が現実的になった。これらは2(3)イ、5(4)および3(4)に貢献する。地震活動を用いて火山活動に関連した地殻状態の推移を追跡し、他の証拠から提案されている流体の役割と整合的な結果を得た。また、地震活動への応力変化への反応度によって地殻の状態を診断する研究を様々な時間スケールで行った。これらは、2(3)アおよび1(3)に貢献する。また、観測データ自体の質の評価や改良のための手法もいくつか開発された。いっぽう、最も出口側の貢献として、業務的に日常からアップデートされる地震確率予測のエンドユーザーへの提供についての世界的なレビューは、中短期予測業界が3(4)、4(2)のリスクコミュニケーションの問題を実務的なレベルで捉えていることを示す。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
・論文・報告書等

Naoi, M., K. Tamaribuchi, K. Shimojo, S. Katoh, and S. Ohyanagi, 2024, Neural phase picker trained on the Japan Meteorological Agency unified earthquake catalog, Earth Planets and Space, 76:150, doi:10.1186/s40623-024-02091-8,査読有,謝辞有

Kubo, H., M. Naoi, and M. Kano, 2024, Recent Advances in Earthquake Seismology using Machine Learning, Earth Planets and Space, 76:36, doi:10.1186/s40623-024-01982-0,査読有,謝辞有

Hirose, F., K. Tamaribuchi, A. Kobayashi, and K. Maeda, 2024, Relation between Earthquake Swarm Activity and Tides in the Noto Region, Japan, Earth Planets and Space, 76:37, doi:10.1186/s40623-024-01985-x,査読有,謝辞無

Hirose, F. and A. Kobayashi, 2025, Tidal correlation of deep tectonic tremors increases during long-term slow slip events in the Bungo Channel, southwest Japan, Earth Planets and Space, in press,査読有,謝辞無

Hirose, H., A. Kato, and T. Kimura, 2024, Did short-term preseismic crustal deformation precede the 2011 great Tohoku-oki earthquake? An examination of stacked tilt records, Geophysical Research Letters, 51, e2024GL109384, doi:10.1029/2024GL109384,査読有,謝辞有

Ueda, T., A. Kato, C.W. Johnson, and T. Terakawa, 2024, Seasonal modulation of crustal seismicity in northeastern Japan driven by snow load, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 129, e2023JB028217, doi:10.1029/2023JB028217,査読有,謝辞無

Peng, Z., X. Lei, Q. Wang, D. Wang, P. Mach, D. Yao, A. Kato, K. Obara, and M. Campillo, 2025, The Evolution Process between the Earthquake Swarm beneath the Noto Peninsula, Central Japan and the 2024 M 7.6 Noto Hanto Earthquake Sequence, Earthquake Research

Advances, 5:100332, doi:10.1016/j.eqrea.2024.100332,査読有,謝辞無

Varotsos, P. A., N. V. Sarlis, and T. Nagao, 2024, Complexity measure in natural time analysis identifying the accumulation of stresses before major earthquakes, Scientific Reports, 14:30828, doi.:10.1038/s41598-024-81547-z,査読有,謝辞無

Iwata, T., 2025, Mixture of linear and non-linear Hawkes processes and its application to real earthquake sequences, Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics, in press,査読有,謝辞無

An, L., B. Enescu, Z. Peng, M. Miyazawa, H. Gonzalez-Huizar, and Y. Ito, 2024, Dynamically triggered seismicity in Japan following the 2024 Mw7.5 Noto earthquake, Earth Planets and Space, 76,:181, doi:10.1186/s40623-024-02127-z,査読有,謝辞有

Gulia, L., S. Wiemer, E. Biondini, B. Enescu, and G. Vannucci, 2024, Improving the Foreshock Traffic Light Systems for Real-Time Discrimination Between Foreshocks and Aftershocks, Seismological Research Letters, 95, 3579–3592, doi:10.1785/0220240163,査読有,謝辞無

Bantidi, T.M., T. Ishibe, G.M. Tuluka, and B. Enescu, 2024, Estimating spatio-temporal variable parameters of Epidemic Type Aftershock Sequence model in a region with limited seismic network coverage: a case study of the East African Rift System, Geophysical Journal International, 239, 882–900, doi:10.1093/gji/ggae299,査読有,謝辞無

An, L., F. Grigoli, B. Enescu, M. Buttinelli, M. Anselmi, I. Molinari, and Y. Ito, 2024, Offshore Fault Geometry Revealed from Earthquake Locations Using New State-of-Art Techniques: The Case of the 2022 Adriatic Sea Earthquake Sequence, Seismological Research Letters, 95, 2779–2790, doi:10.1785/0220230264,査読有,謝辞無

Takeda, Y., B. Enescu, M. Miyazawa, and L. An, 2024, Dynamic Triggering of Earthquakes in Northeast Japan before and after the 2011 M 9.0 Tohoku-Oki Earthquake, Bulletin of the Seismological Society of America, 114, 1884–1901, doi:10.1785/0120230051,査読有,謝辞有

Petrescu, L. and B. Enescu, 2025, Seismicity of a relic slab: space-time cluster analysis in the Vrancea Seismic Zone, Earth Planets and Space, in press, doi:10.1186/s40623-025-02136-6, 査読有,謝辞無

Poveda-Brossard, V., K. Nishida, B. Enescu, and R. Takagi, 2025, Ocean microseisms recorded by the Cuban seismic network: time variation, spectral features and source directionality characteristics, Seismological Research Letters, in press,査読有,謝辞無

Ishibe, T., T. Terakawa, A. Hashima, M. Mochizuki, and R. S. Matsu’ura, 2024, Can the Regional 3D Stress Field According to the Wallace–Bott Hypothesis Predict Fault Slip Directions of Future Large Earthquakes?, Earth Planets and Space, 76:26, doi:10.1186/s40623-023-01955-9,査読有,謝辞無

Guo, Y., J. Zhuang, and H. Zhang, 2024, Statistical modeling of 3D seismicity and its correlation with fault slips along major faults in California, Earth and Planetary Science Letters, 638:118747, doi:10.1016/j.epsl.2024.118747,査読有,謝辞無

Li, Y., J. Zhuang, S. Chen, Y. Guo, and Z. Xiong, 2024, A 3D spherical ETAS model: A case study in the Alaska-Aleutian region, Seismological Research Letters, 95, 3161–3173, doi:10.1785/0220230440,査読有,謝辞無

Nanjo, K. Z., Y. Yamamoto, K. Ariyoshi, H. Horikawa, S. Yada, and N. Takahashi, 2024, Earthquake detection capacity of the Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis (DONET), Journal of Seismology, 28, 787-810, doi:10.1007/s10950-024-10219-2,査読有,謝辞有

Iwata, D. and K. Z. Nanjo, 2024, Adaptive estimation of the Gutenberg-Richter b value using a

state space model and particle filtering, Scientific Reports, 4, 4630, doi:10.1038/s41598-024-54576-x,査読有,謝辞有

楠城一嘉, 2024, 北海道・東北沖の地震サイズ分布(b値)の時空間変化, 地震予知連絡会会報, 111, 549-553,査読無,謝辞有

Zhuang, J., 2024, Earthquake predictability and forecast evaluation using likelihood based marginal and conditional scores, Seismological Research Letters, 95, 3593-3603, doi:10.1785/0220240256,査読有,謝辞無

Petrillo G., T. Kumazawa, F. Napolitano, P. Capuano, and J. Zhuang, 2024, Fluids-Triggered Swarm sequence supported by a non-Stationary Epidemic-like description of Seismicity, Seismological Research Letters, 95, 3207–3220, doi:10.1785/0220240056,査読有,謝辞無

Bernabeu A., J. Zhuang, and J. Mateu, 2024, Spatio-temporal Hawkes point processes: a review, Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics, doi:10.1007/s13253-024-00653-7,査読有,謝辞無

Mizrahi, L., I. Dallo, N. J. van der Elst, A. Christophersen, I. Spassiani, M. J., Werner, P. Iturrieta, J. A. Bayona, I. Iervolino, M. Schneider, M. T. Page, J. Zhuang, M. Herrmann, A. J. Michael, G. Falcone, W. Marzocchi, D. Rhoades, M. Gerstenberger, L. Gulia, D. Schorlemmer, J., Becker, M. Han, L. Kuratle, M .Marti, and S. Wiemer, 2024, Developing, Testing, and Communicating EarthquakeForecasts: Current Practices and Future Directions, Reviews of Geophysics, 62:e2023RG000823, doi:10.1029/2023RG000823,査読有,謝辞無

Liu Y., J. Zhuang, Y. Guo, C. Jiang, Q. Tain, Y. Zhang, and F. Long, 2024, Background and clustering characteristics of recent seismicity in Southwestern China. Geophysical Journal International, 238, 1291-1313, doi:10.1093/gji/ggae211,査読有,謝辞無

Si, Z., J. Zhuang, S. Gentili, C. Jiang, and W. Wang, 2024, A Bayesian merging of earthquake magnitudes determined by multiple seismic networks, Seismological Research Letters, 95, 3221–3233, doi:10.1785/0220230404,査読有,謝辞無

Spassiani, I., G. Petrillo, and J. Zhuang, 2024, Distribution related to all samples and extreme events in the ETAS cluster, Seismological Research Letters, 95, 3234–3242, doi:10.1785/0220230324,査読有,謝辞無

Petrillo, G. and J. Zhuang, 2024, Bayesian earthquake forecasting approach based on the Epidemic Type Aftershock Sequence model, Earth Planets and Space, 76:78, doi:10.1186/s40623-024-02021-8,査読有,謝辞無

長尾年恭, 地震予知研究の最前線, Ocean Newsletter, 570, 6-7 https://www.spf.org/opri/newsletter/570_3.html, 2024.,査読無,謝辞無

Heki, K., M. Nakatani, and W. Zhan, 2024, Ionospheric Changes Immediately before the 2008 Wenchuan Earthquake, Advances in Space Research, 73, 4539–4545, doi:10.1016/j.asr.2024.02.011,査読有,謝辞無

石辺岳男・寺川寿子・橋間昭徳・望月将志・松浦律子, 2024, 三次元広域応力場から将来発生する 大地震のすべり方向（すべり角）を予測可能か？, 地震ジャーナル, 78, 54-66. https://www.adep.jp/public/public.html,査読無,謝辞無

楠城一嘉, 2024, 富士山直下で発生する低周波地震, 金属, 94, 44-46, https://www.agne.co.jp/kinzoku/kin1094.htm,査読無,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

直井 誠・溜渕功史・大柳修慧・加藤慎也, 2024, 一元化震源データによる深層学習検測器の再学

習，Japan Geoscience Union Meeting 2024, SCG50-02

久保久彦・直井 誠・加納将行, 2024, 機械学習による地震学の牽引(招待講演), Japan Geoscience Union Meeting 2024, U12-03

弘瀬冬樹・溜渕功史・小林昭夫, 2024, 能登半島の群発地震活動と潮汐の関係：2023年～2024年1月1日M7.6, Japan Geoscience Union Meeting 2024, U15-P17

Nagao, T., 2024, In memory of Professor Seiya Uyeda, founder of EMSEV Working Group (invited), Workshop on Electromagnetic Studies of Earthquakes and Volcanoes

Nagao, T., M. Kamogawa, K. Z. Nanjo, and M. Uyeshima, 2024, Multifaceted Monitoring Aimed At Improving The Accuracy of Eruption Predictions for Mt. Fuji Using Total Magnetic Field Observations and Seismological Matched Filters (invited), Workshop on Electromagnetic Studies of Earthquakes and Volcanoes

長尾年恭, 2024, 令和6年能登半島地震の衝撃 一将来の南海トラフ巨大地震との関係は一, 地震・津波のメカニズムを学ぶ, 静岡県立大学グローバル地域センター・新潟大学合同シンポジウム

An, L., B. Enescu, Z. Peng, and H. González-Huizar, 2024, Dynamically triggered seismicity in Japan following the 2024 Mw7.5 Noto earthquake, Japan Geoscience Union Meeting 2024, SSS04-06

Ishiyama, R., B. Enescu, E. Fukuyama, F. Yamashita, and K. Okubo, 2024, Development of a Modified Matched Filter Technique for Foreshock Detection in Large-Scale Laboratory Rock Friction Experiments, Japan Geoscience Union Meeting 2024, SSS05-19

Gulia, L., S. Wiemer, E. Biondini, B. Enescu, and G. Vannucci, 2024, The performance of the Foreshock Traffic Light System for the period 2016-2024, EGU General Assembly 2024, EGU24-6097, doi:10.5194/egusphere-egu24-6097

Ishibe, T., 2024, Toward Homogeneous Estimates of Seismicity During Historical Periods Using Felt Reports Documented in Historical Materials (invited), The International Workshop on Mega Earthquakes and Tsunamis — Progress in 20 Years since the 2004 Sumatra-Andaman Earthquake and Future Perspectives

西山昭仁・石辺岳男・片桐昭彦, 2024, 有感記録に基づく1802年享和佐渡小木地震の地震像の検討, 日本地震学会2024年度秋季大会, S10-03

石辺岳男・小川陽子・西條裕介・古村美津子・松浦律子, 2024, 震度点群データを用いた機械学習による震源推定の試みー歴史地震への適用可能性の検討ー, 日本地震学会2024年度秋季大会, S10-07

石辺岳男・小川陽子・木内亮太・西條裕介・古村美津子・松浦律子, 2024, 機械学習を用いた震度データからの震源推定の可能性検討, 第41回歴史地震研究会(木曽御嶽大会), O-11

原田智也・西山昭仁・石辺岳男, 2024, 歴史地震カタログに含まれる実在が疑わしい地震, Japan Geoscience Union Meeting 2024, SSS11-P13

勝俣 啓, 2024, 地震時大すべり域の縁辺部における地震活動の長期静穏化, Japan Geoscience Union Meeting 2024, SSS08-06

勝俣 啓, 2024, 2024年能登半島地震発生前の地震活動のNatural time解析, 日本地震学会2024年度秋季大会, 特別セッション令和6年能登半島地震, S22-04

Nanjo, K. Z. and T. Hori, 2024, Likelihood and unlikelihood of megaquake recurrence implied by earthquake size- distribution off the Japanese Pacific coast, 2024年度日本地震予知学会第11回学術講演会, 24-02

Nanjo, K. Z. and T. Hori, 2024, Frequency-magnitude distributions of earthquakes imply likelihood and unlikelihood of megaquake recurrence in Japan, AGU2024, S43F-07

堀 高峰, 楠城一嘉, 2024, 北海道・東北沖の地震のサイズ分布（b値）の時空間変化：その後, 第244回地震予知連絡会

楠城一嘉, 行竹洋平, 熊澤貴雄, 2024, 伊豆東部の地震活動と地殻変動の解析について, 日本地震学会2024年度秋季大会, S09P-05

楠城一嘉, 熊澤貴雄, 井筒 潤, 堀 高峰, 長尾年恭, 尾池和夫, 2024, 2023年2月6日にトルコで発生したM7.8とM7.5の地震前後の地震活動について, 日本地震学会2024年度秋季大会, S09-26

Nanjo, K., 2024, Spatiotemporal Changes in Stress State Off the Coast of Hokkaido and Tohoku Districts, Japan, AOGS2024, SE04-A021

Nanjo, K. and T. Hori, 2024, Space and time changes in stress state and b-value off the coast of Tohoku and Hokkaido districts, Japan Geoscience Union Meeting 2024, SSS08-09

岩田貴樹・飯尾能久, 2024, 2016年鳥取県中部地震余震域における空間応力パターン推定, 日本地震学会2024年度秋季大会, S12-P01

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：ソフトウエア開発（解析）
概要：2013-2022年の気象庁一元化震源データを用いて訓練したPhasenetおよびPhasenetNCの重み。関連論文：Makoto Naoi, Koji Tamaribuchi, Kengo Shimojo, Shinya Katoh, Shukei Ohyanagi (2024) Neural phase picker trained on the Japan Meteorological Agency unified earthquake catalog, Earth Planet Space, 76, 150, doi:10.1186/s40623-024-02091-8. にて使用。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：
調査・観測期間：
公開状況：公開中（データベース・データリポジトリ・Web）
https://github.com/mktnaoi/JMAuniPicker

（10）令和７年度実施計画の概要：

機械学習による地震検測について、より大きなデータセットでの訓練ができるモデルアーキテクチャを検討する。

2016年のPF法の導入以降のカタログに含まれる手動処理されていない微小な地震に対する検測記録の活用によって、S-netなど2016年以降に導入されたネットワークにおける微小地震の検出性能を担保できるか検討する。

東北日本での次のメガスラスト地震の切迫性を評価するという観点から、様々なスロー滑りや地震活動からの知見を総合的に考察する。

大地震前後でのb値変化推定の様々な手法を比較する。

ETASモデルと摩擦構成則に基づく地震活動モデルを混合したモデルは、今のところ時間のみに依存するモデルだが、これに空間依存性を取り入れることを試みる。ETASモデル自体についても様々な改良・検証・応用を進める。

静的/動的な応力によるトリガリングの起きやすさを定量的に評価する手法を改良し、応力状態との相関を探す。

室内実験における地震サイクルのパタンや予測性を調査する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

中谷 正生（地球計測系研究部門）,鶴岡 弘（日本列島モニタリング研究センター）,加藤 愛太郎（地震予知研究センター）,福田 淳一（地震予知研究センター）,中川 茂樹（日本列島モニタリング研究センター）
他機関との共同研究の有無：有
勝俣 啓（北海道大学）,直井 誠（北海道大学）,Enescu Bogdan（京都大学大学院理学研究科）,長尾年恭（東海大学）,織原 義明（東京学芸大学）,楠城 一嘉（静岡県立大学）,岩田 貴樹（県立広島大学）,

井筒 潤（中部大学）,弘瀬 冬樹（気象研究所）,Zhuang Jiancang（統計数理研究所）,野村 俊一（早稲田大学）,石辺 岳男（地震予知総合研究振興会）,永田 広平（気象大学校）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学地震研究所 地震・火山噴火予知研究協議会 企画部
電話：03-5841-5787
e-mail：yotikikaku@eri.u-tokyo.ac.jp
URL：https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/YOTIKYO/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：中谷正生
所属：東京大学地震研究所

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_13

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地質・物質データに基づく噴火パラメータの推定と活動推移評価への活用
（英文）Estimation of eruption parameters based on geological data and their application to the evaluation of activity trends

（3）関連の深い建議の項目：

２地震・火山噴火の予測のための研究
(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）

（4）その他関連する建議の項目：

１地震・火山現象の解明のための研究
(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化
３地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(3) 火山噴火による災害誘因評価手法の高度化
５分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(5) 大規模火山噴火
(6) 高リスク小規模火山噴火

（5）本課題の５か年の到達目標：

火山噴火時に観察される表面現象や噴出物の分布等の地質学的データは、噴火の規模や様式を決定するために必要な情報であり、災害の性質にも密接に関係する。また、噴出物の化学組成・微細組織・色等の物質科学的データは、マグマの蓄積・上昇の条件やプロセスを推定する上で重要な情報である。これらの地質・物質データは中長期的および進行中の火山活動の推移の評価や予測のための基礎的データとなる。そのため活動的火山においては過去の噴火におけるこれらの情報を収集することに加えて、実際の噴火開始後には迅速にそれらを明らかにし、事象系統樹（火山活動推移モデル）における事象分岐の判断に取り入れていくことが重要になる。本課題では、活動的火山における将来の噴火を念頭に、火山噴火に伴う地表現象を即時的に把握し、火山灰などの噴出物の物理化学的情報（噴出量、噴出率、化学組成、組織、色など）を迅速にかつ高精度で推定するための手法の研究を行う。また、得られた情報に基づく火山の中長期的活動および噴火開始後の活動推移の評価と予測への活用を試みる。

（6）本課題の５か年計画の概要：

火山灰等の噴出物の地質学的データ（層厚、粒径分布等）や物質科学的データ（化学組成、岩石組織、色、粒子形状等）にもとづき、理論的モデルや経験則と組み合わせて噴火物理化学パラメータ（噴出量、噴出率、マグマの温度、含水量、減圧率など）を明らかにし、噴火様式や現象の推移、噴火発生場の情報を迅速に推定する手法の高度化を進める。噴火時に火山灰や火山礫などの地質・物質時系列データをできる限り高い時間解像度で取得するための試料採取方法や、火山灰・火山礫の迅速かつ効率的な化学・物性分析およびデータ解析手法の開発も含む。
噴火発生時に採取する噴出物を用いて研究を実施するほか、過去の噴火を対象に噴出物データの解析も行う。霧島山・浅間山・伊豆大島などでの噴火を念頭に、中長期的な活動推移、表面現象や噴火発生場の把握と評価の手法を整理する。実際に噴火が発生した際には検討した手法を適用して噴火パラメータを推定し、活動推移の理解および評価に活用する。噴出物・堆積物データの迅速な取得のための機動的観測方法や体制の整備、データ共有も同時に進める。

・令和6年度　噴火堆積物をもとに噴火パラメータを見積もるための手法や理論・経験モデルを整理し、それらの精度と適用性について実際の噴火事例をもとに検討する。即時的現象把握に関しては、遠隔観測やドローンの活用方法についても検討する。将来の噴火を想定し、噴火パラメータを迅速に把握し、事象系統樹の評価・改良を速やかに行うための機動的・効率的な火山噴出物調査手法の提案を目指す。そのための議論を研究集会の場を設けて行う。これは令和10年度まで年１回を目安に実施する。また、噴火が想定される火山や噴火中の火山の調査・観測を機動的に実施する枠組みや関連機関との連携方法を確認し、噴火の際には実践する。
・令和7年度　前年度からの研究を継続する。既存研究や海外の事例などをもとに噴火現象の分岐に関係する地質・物質科学および物理観測にもとづく基準（噴出率変化等）を整理し、事象分岐の論理的評価方法を探る。階段ダイアグラム等を活用した中長期的な活動評価手法についても検討する。
・令和8年度　前年度からの研究を継続する。とくに、霧島山、伊豆大島、浅間山など活動度の高い火山について火山活動の評価および予測の手法、事象分岐判断基準の明確化を進める。
・令和9年度　前年度からの研究を継続する。中長期的および即時的火山活動の評価、予測手法、事象分岐判断基準の明確化を進める。地質・物質科学的情報に基づく火山の中長期的活動および噴火開始後の活動推移の評価と予測への活用を試みる。
・令和10年度　これまでの研究を総括しつつ、噴火時の地質・物質科学的データの迅速な収集と現象の把握および評価、噴火物理化学パラメータの解析、中長期評価、事象系統樹や分岐判断への活用方法についてまとめる。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

火山噴火時の表面現象や噴出物の分布等の地質学的データは噴火の規模や様式を決定するために必要な情報であり、災害の性質にも密接に関係する。そのため、噴出物の迅速なマッピング、噴出量・噴出率の高精度推定を目指し、噴火堆積物解析手法の高度化を目指した研究を進めている。また、噴出物の化学組成、微細組織、色等の物質科学的データを活用し、噴出物時系列解析・分析手法の高度化を目指した研究を実施している。

令和6年度は、噴出量推定手法について既存手法のレビューを行いその問題点を整理するとともに、近年提案されている統計学に基づき推定量の信頼度評価を行う手法の日本国内の広域テフラ（Aso-4やK-Ah）への適用性について検討した。K-Ahについては、①人間が作成した等層厚線図に基づく手法群、②層厚データのみを用いる統計学的手法群により噴出量を推定し、手法による結果の違いについて考察した（春田・前野, 2024）。①では等層厚線図を指数関数、べき関数、ワイブル関数にフィッティングすることで噴出量を推定した。等層厚線図を最大、最小の2通り作成することにより不確かさを表現し、Biass et al. (2014) に基づきモンテカルロ法を用いて噴出量に関する確率分布を求めた。②ではベイズ推定により求められた層厚減衰の特徴的パラメータを用いる手法 (Burden et al., 2013) と、層厚データを最もよく説明する基底関数系を機械学習により推定する手法 (Rougier et al., 2022) を採用した。①の場合は不確かさを考慮した場合でも180–360 km^3の範囲に収まった。一方、②の場合は①よりも有意に小さい値 (110–185 km^3) となった。この差異には二次的な層厚変化に関する捉え方の違いや層厚データの地理的偏りが主に寄与していると考えられる。海域における層厚データや降下堆積物の二次的な層厚変化に関する知見の蓄積により、推定値の評価やより正確な噴出量推定が可能になると考えられる。Aso-4については、Rougier et al. (2022) のデータから抽出した半数のデータを用いた場合の噴出量（95% 信頼区間）を推定し、データ数の依存性について検討した。これらの研究で得られた知見は、より規模が小さい噴火の噴出量推定においても有用と考えられる。

個別火山の研究では、霧島火山群においては火山活動推移のモデル化を進めた。完新世の噴火履歴を整理するとともに、一回の噴火の規模や噴火様式の変化の共通性等を考慮し、噴火推移パターンをType AからGの７タイプに分類した。そして、この噴火推移パターンと近年や歴史時代の観測・観察事例（新燃岳、えびの高原硫黄山、御鉢）、噴火時に注目するべき観察量および観測量、マグマ供給系モデルにもとづき、火山群全体に対する火山活動推移モデルの試案を作成した（前野・他, 2024）。また、18世紀新燃岳享保噴火については、堆積物中の本質物タイプ比やみかけ密度が主要ユニット内で系統的に変化していることを見出した。そして、岩石鉱物学的分析に基づき、2011年噴火と同様のマグマ溜まり条件であったことや、磁鉄鉱斑晶のzoningをもとに噴火直前に２段階のマグマ混合があったことなどを明らかにした（鈴木・他, 2024）。富士山では、火砕物の粒子形状や化学組成の地層対比や給源推定における有効性についての検討が進められた。硫黄島の近年の海底噴火

は、マグマの蓄積、上昇、海水との接触、火山灰生成の一連のプロセスを捉える上で重要な研究対象となっている。そこで、表面現象と噴出物の石基ガラス組成との対応に基づく噴火推移の復元や、岩石鉱物学的情報に基づくマグマの蓄積条件や上昇過程の復元に関する研究が進められた。

課題参加者による研究集会を2025年2月10日に実施し、霧島、阿蘇、硫黄島、富士山、浅間山等の火山で実施している堆積物・噴出物の解析や、分析・解析手法に関する最新の成果について議論し、情報共有を行った。また、第３次計画における本課題の目標や方向性等について意見交換を行った。とくに噴出物モニタリングや噴出量・構成物の迅速解析や手法高度化における課題について問題意識を共有するとともに、噴火対応時の実践、噴火事象の分岐判断への活用方法について議論を行った。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

火山噴火時の即時的現象把握や、噴出量・マグマ蓄積条件等の噴火パラメータ推定のための手法の検討や開発は課題2 (3) の重要なテーマであるが、近年の噴火における実践や過去の噴火の解析、研究集会での議論を通して着実に進んでいる。今後、検討・開発した噴出物解析手法のさまざまな火山への適用を進めてその有効性や課題の抽出を進めるとともに、噴火時の調査に際しての連携やデータの迅速な共有も含めた議論をさらに進めていく必要がある。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Shimano, T., Suzuki, Y., Yasuda, A., Maeno, F., Miwa, T., Nagai, M., Nakada, S. and Nakamura, M., 2024, The color systematics of volcanic ashfall samples in estimating eruption sequences: a case study of the 2017–2018 eruption at Shinmoe-dake, Kirishima volcano, Southwest Japan. Earth, Planets and Space, 76, 103, doi:10.1186/s40623-024-02040-5.,査読有

・学会・シンポジウム等での発表

春田悠祐・前野 深, 2024, 鬼界アカホヤ火山灰の噴出量に関する再評価. 日本火山学会2024年秋季大会, P114.

前野 深・川口允孝・及川輝樹・小園誠史, 2024, 霧島火山群の噴火シナリオの試案. 日本火山学会2024年秋季大会, P89.

鈴木由希・外西奈津美・前野 深・安田 敦, 2024, 霧島火山新燃岳の享保噴火と2011年噴火の比較研究. 日本火山学会2024年秋季大会, B1-06.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和６年度から継続し、噴火堆積物をもとに噴火パラメータを見積もるための手法や理論・経験モデルを整理し、それらの精度と適用性について実際の噴火事例をもとに検討する。即時的現象把握に関しては、遠隔観測やドローンの活用方法についても検討する。将来の噴火を想定し、噴火パラメータを迅速に把握し、事象系統樹の評価・改良を速やかに行うための機動的・効率的な火山噴出物調査手法の提案を目指す。そのための議論を研究集会の場を設けて行う。また、噴火が想定される火山や噴火中の火山の調査・観測を機動的に実施する枠組みや関連機関との連携方法を確認し、噴火の際には実践する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

前野 深（東京大学地震研究所）

他機関との共同研究の有無：有

宮縁育夫（熊本大学）,鈴木由希（早稲田大学）,吉本充宏（富士山科学研究所）,亀谷伸子（富士山科学

研究所）,三輪学央（防災科学技術研究所）,長井雅史（防災科学技術研究所）,石塚吉浩（産業技術総合研究所）,安井真也（日本大学）,嶋野岳人（鹿児島大学）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学地震研究所　地震・火山噴火予知研究協議会 企画部
電話：
e-mail：
URL：https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/YOTIKYO/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：前野 深
所属：東京大学地震研究所火山噴火予知研究センター

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_14

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）震源から構造物に至る強震観測の連携強化による地震災害発生機構の解明
（英文）Strengthening cooperation of strong motion observation from seismic sources to engineering structures for understanding the mechanism of earthquake disasters

（3）関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
エ. 大地震に起因する災害リスクの事前評価手法

（4）その他関連する建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
ア. 強震動の事前評価手法
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(3) 関連研究分野の連携強化
(4) 国際共同研究・国際協力

（5）本課題の５か年の到達目標：

大地震による災害リスク評価手法に資するべく、地震災害に関する災害発生機構を重点的に解明する。強震動が増幅する堆積平野・堆積盆地は、災害リスク評価における脆弱性と捉えることができ、特に、増幅率という形で災害誘因の定量化が可能である。また、建物・人的被害のフラジリティ評価を取り込んだ研究も必要とされている。本研究では、人口密度が高い堆積平野・堆積盆地における観測、強震観測のデータベース化と解析を行い、地震災害の素因と誘因の関係や災害発生機構を多面的に分析し、災害を制御する要件を明らかにする。また、震源から構造物に至る強震観測の連携強化研究を新たに取り入れ、次期観測研究計画の理工学への受容を目指す。

なお、本課題は、骨子案への実施機関・学協会等からのご意見において、防災学術連携体および日本建築学会から指摘された事項について、対策強化することを目的としている。

（6）本課題の５か年計画の概要：

研究期間前半３年間は、強震動による地震災害誘因の分析のため、定常観測に加え臨時観測を含めた堆積平野・堆積盆地における強震記録データベースを増強し、堆積平野・堆積盆地の地震動増幅特性を定量化する。また、トリガー観測と連続観測が混在した場合の、適切な強震記録データベースの提示方法を理工学の観点から研究する。さらに、これまでに構築した地下構造モデル暫定版を、地震災害誘因の事前評価と即時推定に資するべく新たなモデル化手法を開発する。

研究期間後半２年間は、大地震による災害リスク評価に向けて、堆積平野・堆積盆地における地震動増幅特性と、建物被害や人口被害のフラジリティの研究を推進する。また、首都直下地震や南海トラフ巨大地震を対象に、地震災害の素因と誘因の関係や災害発生機構を多面的に分析し、災害を制御する要件を明らかにする。

本研究において、震源から構造物に至る強震観測の連携強化研究を新たに取り入れ、震震度や長周期地震動階級といった災害誘因の単一指標のみならず、周期ごとの震源・地震波増幅特性・構造物被

害等を含めた研究を展開する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

令和６年度は、強震動による地震災害誘因の分析のため、定常観測に加え臨時観測を含めた堆積平野・堆積盆地における強震記録データベースを予定通り整備した。

また、強震観測記録の非エルゴード解析に続き、広帯域地震動シミュレーション（詳細法）の非エルゴード解析を行った。シミュレーション地震動の非エルゴード項は，堆積平野の増幅特性や、破壊シナリオの依存性が大きく、観測の非エルゴード項と乖離がみられた。すなわち、現状のシミュレーション結果を観測記録と混ぜる研究は、ハザード利用の観点から要検討である。一方、強震観測記録から機械学習で得られた地震動予測式は、既往研究と良い一致を示した。そのため、簡便法による強震動予測の非エルゴード解析も行い、乖離の定量化が必要である。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

非エルゴード解析は、サイトを特定した強震動予測の精度向上に役立ち、災害の軽減に直接的に貢献する。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

Chih-Hsuan Sung, Nobuyuki Morikawa, Asako Iwaki, Norman Abrahamson, and Hiroe Miyake, 2024, Ground-Motion Models Incorporating Non-Ergodic Effects from 3-D Numerical Simulations in the Miyagi-Fukushima and Kanto Regions, JpGU2024, SSS10-12.

Hiroe Miyake, 2024, Earthquake source characterization for broadband ground motion simulation, International Conference in Commemoration of the 25th Anniversary of the 1999 Chi-Chi Earthquake.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：地震：地震：強震動地震観測
概要：東京大学地震研究所が設置している強震観測網の記録を公開している
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：
調査・観測期間：
公開状況：公開中（データベース・データリポジトリ・Web） https://smsd.eri.u-tokyo.ac.jp/smad/

（10）令和７年度実施計画の概要：

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

三宅弘恵（東京大学地震研究所）,古村孝志（東京大学地震研究所）
他機関との共同研究の有無：有
東京大学大学院情報学環,北海道大学,千葉大学,東京科学大学,信州大学,福井大学,滋賀県立大学,京都大学防災研究所,岡山大学,鳥取大学,広島大学,香川大学,高知大学,九州大学,国立研究開発法人建築研究所

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学地震研究所

電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：三宅弘恵
所属：東京大学地震研究所

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_15

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）データ同化・深層学習に基づく長周期地震動の即時予測

（英文）Early forecast of long-period ground motions based on data assimilation and deep learning

（3）関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(2) 地震の災害誘因の即時予測手法の高度化（重点研究）
ア. 地震動の即時予測手法

（4）その他関連する建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
ア. 強震動の事前評価手法
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(5) 大規模火山噴火

（5）本課題の５か年の到達目標：

大地震による強い揺れの事前予測と災害軽減に向け、海・陸リアルタイム強震観測データと地震波伝播シミュレーションとのデータ同化、及び観測・計算結果の深層学習に基づいて、震源域近傍での強震観測データから遠地の平野での長周期地震動を即時に予測する手法を開発する。現行の緊急地震速報が対象とする震度の予測に対し、本研究では地面の揺れ（地震波形）と個々の建物の揺れの時刻歴を予測することで、建物や地盤被害そして避難等の対応に必要なきめ細やかな防災情報の提供が可能になる。５年間の計画では、陸域（K-NET, KiK-net, F-net, MeSO-net）及び海域（S-net、DONET）の地震観測データセットを活用した即時手法開発を進めるとともに、テストサイトにおける建物強震観測を実施して、手法の有効性を検証し、防災現業機関や行政、関連企業等との連携により社会展開を図る。

（6）本課題の５か年計画の概要：

１．データ同化に基づく長周期地震動の即時予測

(1)最適内挿法に基づく長周期地震動のデータ同化・即時予測手法（Furumura et al. 2019）を改良し、アンサンブルカルマンフィルタに基づくデータ同化により、予測の幅を定量化した実用的な即時予測モデルを構築する(R6～8年度)。(2)震源近傍の強震観測点から予測地点の地震波伝播の伝達関数（グリーン関数）を利用した瞬時の予測手法（Oba et al. 2021）を発展させ、自然地震や常時微動から求めたグリーン関数を用いて大地震の長周期地震動を瞬時予測するシステムを開発する(R6～8年度)。(3)全国地震観測データ流通ネットワーク（JDXnet）により配信される連続観測データを東大情報基盤センターのWisteria/BDEC01スパコンでリアルタイム処理し長周期地震動を即時予測するシステム開発（中島, 2021）を継続し、防災現業機関と企業との協働により実用化に繋げる(R6～10年度)。

２．深層学習に基づく地面と建物の長周期地震動の即時予測

(1)震源近傍での強震観測データから遠地の平野の長周期地震動を予測する深層学習(TCN）モデル（Furumura＆Oishi, 2023；１地点入力―１地点波形予測)を拡張（多地点入力―１地点波形予測）し、南海トラフ・日本海溝沿いの海溝型地震及び内陸地震を対象とする関東平野、濃尾平野、大阪平野の即時予測システムを開発する(R6～7年度)。(2)波動方程式などの物理法則を拘束条件とする物理情報深層学習（PINN）モデルを開発し、多様な地震の予測に対応できる、汎化性能の高い即時予測モデルを開発する(R6～9年度)。(3)地面の揺れの予測結果から、個々の建物（階層）毎の揺れを予測する、２段階TCNモデルを開発し、地震工学・建築学の研究者と協働により実用的な建物の即時被害予測を進める(R6～10年度)。

３．深発地震による長周期地震動の予測

(1) 2008年オホーツク海深発地震（Mw7.7, 680 km）や2015年小笠原諸島西方沖地震（Mw7.9, 680 km）で観測されたように、sP変換波（地表へのS波臨界角入射による大振幅のP変換波）とs-PL波（地殻を広角多重反射により伝播する周期５～30秒の地震動）を含めた多様な長周期地震動の予測の実現に向けて、上記１，２を拡張した深発地震の長周期地震動即時予測モデルを整備する(R6～8年度)。加えて、(2) 千島海溝～日本海溝～伊豆小笠原海溝の深発地震の観測データを用いて、長周期地震動及の距離減衰式を作成する(R8～10年度)。なお、本距離減衰式は、最大速度値の予測に加え、速度応答スペクトルの強度と揺れの継続時間の予測を対象とする。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

１．データ同化に基づく震源の即時推定

日本列島の陸海を覆う稠密地震観測網の整備と、リアルタイムデータ取得が実現したことで、観測波形からP・S波を読み取ることなく、地震波形をそのまま用いた新たな震源推定が可能である。そこで、運動方程式の時間・空間対称性に基づいて、観測波形を震源に向けて時間を遡って逆伝播させることで震源の位置と発震時刻を推定するTime Reversal source Imaging（TRI）を用いた高精度な震源推定に挑戦した。本研究では、従来の最適内挿法によるデータ同化を導入したTRI手法（Furumura and Maeda, 2021）を改良し、シミュレーション波形と観測波形をアジョイント法に基づき繰り返し同化を進めることで、従来法よりも格段に解像度の高い震源推定を実現した（森田・古村・前田、2023）。アジョイント法計算では、観測波形と推定震源に対応する計算波形との残差を目的関数として、逆伝播計算により目的関数の勾配を求め初期波動場の修正を繰り返し行う。そして、弾性エネルギーが最大となる位置と時間を震源と推定する（震源イメージング）。震源における応力値（stress glut）を用いて、震源メカニズム（ＣＭＴ）も得ることができる。

本研究では、MeSO-netの観測波形を用いて関東平野直下のM4～５規模の地震の震源推定を行った。手法の有効性を確認するために、まずOpenSWPC（Maeda et al. 2017）によるシミュレーション波形を用いた数値実験を行い、観測点間隔やノイズ（S/N比）が震源推定に与える影響を調査し、観測条件が悪い場合においても従来法より高精度での震源イメージングが可能であることを確認した。また、複数個の地震の同時発生やテクトニック微動のように連続する地震では、P波とS波エネルギーの相関を用いた別のイメージング手法が有効であることを確認した。これらの結果を踏まえ、東京23区直下の地震（Mw4.1, 23 km）と神奈川県下の地震（Mw5.2, 42 km）のMeSO-net実観測データを用いた震源イメージングを行なった。結果、東京23区の地震では、気象庁震源の位置と時刻にシャープな震源イメージング像が得られ、CMTもF-net解と一致した。神奈川県下の太平洋プレート内部の地震については、神奈川～茨城のMeSO-net側線の距離が短く深い震源からの十分な見込み角度が確保できないため、震源イメージング像がプレート上面に沿ってやや広がる結果となった。

本研究では、地震観測データと波動伝播シミュレーションの同化波動場を用いて、時間を遡った過去の波動場（震源）の推定を行ったが、逆に、同化波動場を初期値に時間を進めた未来の波動場の即時推定への適用が次の目標である。

２．物理情報ニューラルネットワーク（PINN）による津波波動場の同化

沖合に設置された海底ケーブル津波計（S-net、DONET、N-net）データを同化し、津波発生時から現在までの津波の時空間分布を即座に推定するニューラルネット（NN）モデルを開発した。NNの学習過程では、観測データに加えて、津波伝播の物理方程式（本研究では線形長波方程式を使用）を拘束条件とする物理情報NN（PINN）により行うことで、観測点間隔が数十キロの離散的な津波計データ

から時・空間的にスムーズな津波波動場を効率良く学習すると期待される。学習を終えたPINNモデルをを用いて、任意の地点と時刻の津波波動場を推定することができる。これにより得られた、地震発生直後の初期波動場あるいは任意の時刻の波動場を推定し、これを津波シミュレーションの初期条件に用いて津波の伝播や沿岸の津波予測を行った。
まず、2011年東北地方太平洋沖地震を対象として、津波シミュレーションから得られたS-net地点での津波合成波形を用いた数値実験を行ない、物理拘束のない従来のNNに比べて、海底津波計の無い地点においても同化が適切に進むことを確認した。また、PINNでは津波観測データに含まれるノイズを過学習することなく、物理的に適切な解が得られることも確認した。
次に、2016年福島沖地震のS-net観測波形と2024年日向灘地震のN-net観測波形を用いた津波同化と予測の数値実験を行った。同化により得られた初期津波場を初期条件とする津波シミュレーションにより沿岸の験潮所での津波波形を推定し、観測された波形データとの良い一致を確認した。今後の課題として、海岸線の境界条件をPINN学習の拘束条件に導入して、海岸での津波反射波を含む沿岸の津波予測への拡張が必要である。

３．深層学習に基づく地面と建物の長周期地震動の即時予測
前課題で開発したTemporal Convolutional Network （TCN）による長周期地震動波形の予測モデル（Furumura & Oishi, 2023）を用いて、1) 震源域から関東平野への揺れの予測、2)平野の観測点から建物への揺れの予測、の２段階予測に基づいて、都心の超高層ビルの揺れの即時予測実験を行った。東北沖の大地震における都心の超高層ビルの揺れ予測を目的として、まず１段階目のTCNモデルに対して、福島のF-net（HROF）強震計２成分を入力として、200キロ離れたMeSO-net銀座観測点（GNZM）の水平動２成分の揺れを予測する学習を行った。次に、２段階目のTCNモデルでは、GNZMの揺れを入力として、5キロ離れた合同庁舎７号館（CG7）の最上階（37階）の水平２方向の揺れを予測する学習を、建築研究所強震観測データベースを用いて行った。そして、学習済みの２つのTCNモデルを用いて、東北沖のM6級の地震における超高層ビルの揺れを予測し、建物の揺れの時系列、応答スペクトル、揺れの継続時間などの特徴が適切に予測できることを確認した。今後、入力観測点を多点化して、内陸地震や南海トラフ沿いの地震などの大地震の長周期地震動予測へと適用範囲を拡大する予定である。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
目標3-(2)-アに対し、本研究成果は深層学習に基づく長周期地震動及び建物の揺れの即時予測手法を開発した。また、地震動の即時予測に必要となる震源パラメータの推定法と長周期地震動による建物の揺れの予測手法、及び津波の即時予測のための初期波源の推定手法を開発した。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
・論文・報告書等

Someya, M., Watada, S. and Furumura, T., 2024, 2D FDM Simulation of Seismic Waves and Tsunamis Based on Improved Coupling Equations Under Gravity, Pure Appl. Geophys., 181, 1053-1073, https://doi.org/10.1007/s00024-024-03468-2,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

染矢真好・古村孝志, 2024, Physics-Informed Neural Network (PINN) による津波のデータ同化, 日本地球惑星科学連合2024年大会, 幕張, HDS11-P08

染矢真好・古村孝志, 2024, Physics-Informed Neural Network (PINN) による津波のデータ同化, 日本地震学会2024年度秋季大会, 新潟, S17-10

森田寅靖・古村孝志・前田拓人, 2024, アジョイント方程式に基づく地震波動場のデータ同化と震源メカニズム推定, 日本地球惑星科学連合2024年大会, 幕張, SSS07-03

森田寅靖・古村孝志・前田拓人, 2024, アジョイント方程式に基づく地震波動場のデータ同化と震源メ

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

PINNモデルに基づく津波即時予測の実現に向け、海岸線の境界条件をPINN学習の拘束条件に導入して、反射波を含む沿岸の津波予測に挑戦する。S-net直上でのリアルタイム観測データ同化のために、海底地殻変動の同化を行うためのモデルの拡張を行う。TCNモデルに基づく建物の揺れの即時予測の高度化に向けて、新たな建物強震観測データを追加した強化学習を行い、また多様な場所で発生する地震に対処するために、多点入力モデルへと拡張する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

古村孝志（災害科学系研究部門）,武村俊介（日本列島モニタリング研究センター）
他機関との共同研究の有無：有
前田拓人（弘前大学大学院理工学研究科）,大石裕介（九州大学データ駆動イノベーション推進本部）,
中島研吾（東京大学情報基盤センタースーパーコンピューティング研究部門）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学地震研究所
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：古村孝志
所属：東京大学地震研究所

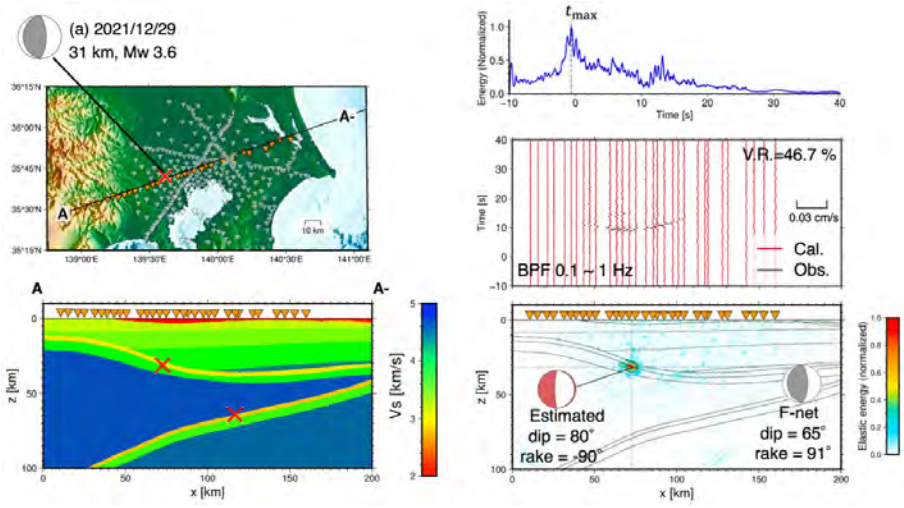


図 1
MeSo-net観測波形データのアジョイント計算による震源とメカニズムの推定。

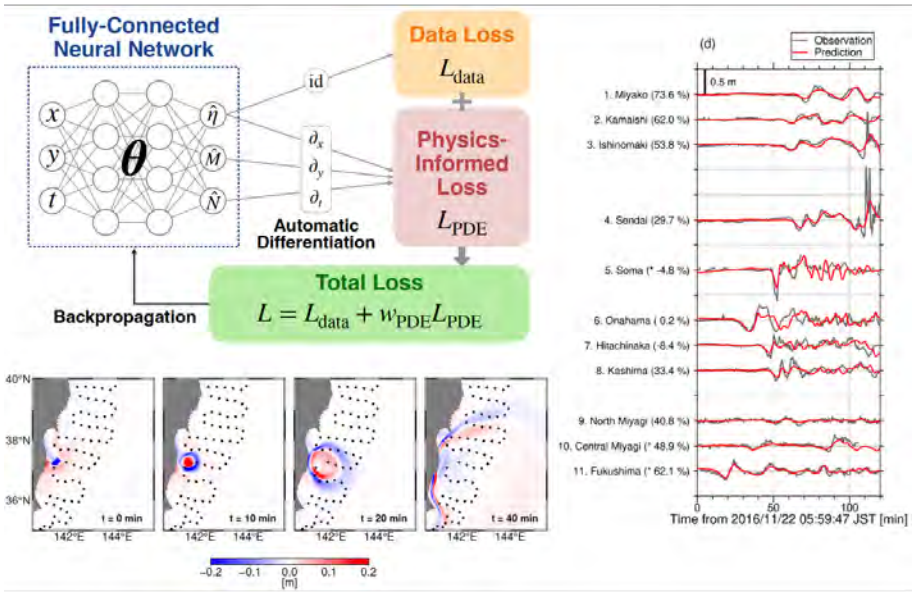


図 2
物理情報ニューラルネットワーク（PINN）に基づく津波波動場の同化と沿岸津波予測。

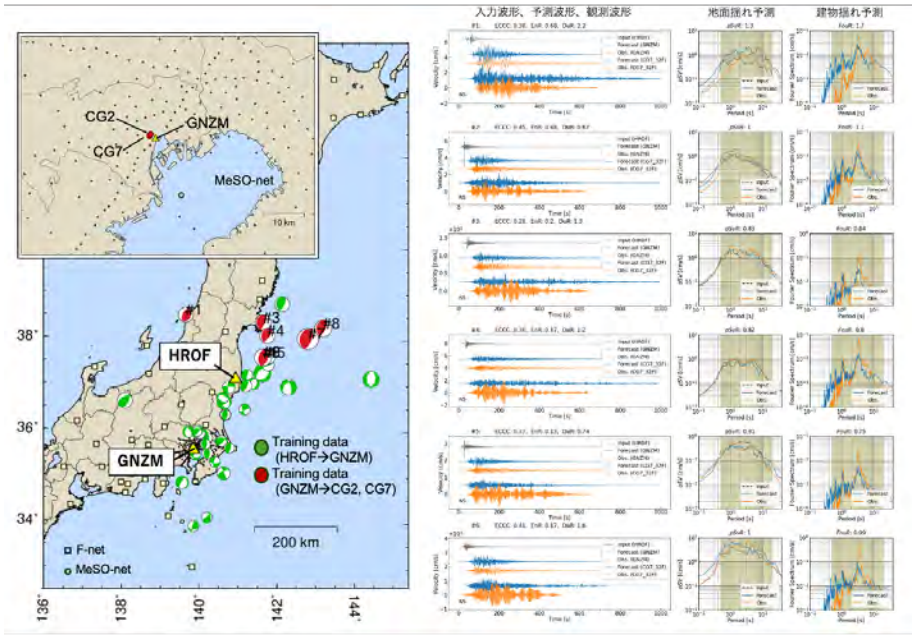


図 3
TCNモデルに基づく長周期地震動による建物の揺れの即時予測。

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_16

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）日向灘における海山沈み込みによるプレート境界滑り現象への影響解明
（英文）Effects of the seamount subduction on plate coupling in Hyuga-Nada

（3）関連の深い建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発
(2) 推進体制の整備
(4) 国際共同研究・国際協力

（5）本課題の５か年の到達目標：

日向灘は，巨大地震の発生してきた強い固着域である南海トラフの西端に位置し，固着が弱いと考えられている琉球トラフへの遷移域である．境界には九州パラオ海嶺が存在し，海山列の沈み込みが，日向灘の地震発生に大きな影響を与えている．海山に代表されるプレートの凹凸（形状）は，摩擦係数・岩質・温度圧力条件に加えて，重要なパラメータであると近年注目されている．特に沈み込む海山は巨大地震発生時の破壊のバリアになる可能性が強く示唆され，茨城県沖，南海トラフ熊野灘沖・室戸沖，ニュージーランド沖ヒクランギ，メキシコ沖など，日本のみならず，世界的に研究が行われている．これは，海山が上盤の破壊を引き起こすと同時に応力・流体挙動を局所的に著しく変化させるためであると考えられるが，その全容は解明されていない．日向灘では，現在沈み込む海山周辺で，スロー地震が繰り返し発生し，海山沈み込み現象と地震活動への影響を解明するために最適な場所である．近年，同海域では，地殻地震探査をはじめとする地球物理探査が実施され，海山の位置，プレート境界断層の形状，上盤内部の構造が解明されつつある．また，地震モニタリングおよび原位置での物理物性把握を目指した国際的な掘削計画の実施が目前に迫っている．本研究では，掘削計画の最適化を行うとともに，これまでに蓄積されてきた地球物理探査データの再解析・地質構造再解釈および岩石実験を実施し，海山沈み込みの実態（海山の形状，上盤の変形・断層発達，間隙水圧異常・流体挙動）を明らかにする．これを元にした応力・温度場モデリングから3次元的な地震活動場を描像し，スロー地震発生状況と合わせることで，固着・滑りへの影響を考察する．こうした地震学・岩石物理学・地質学を横断する研究を実施し，海山沈み込みと巨大地震を含む地震活動，ひいてはプレート形状と固着との関係をより明瞭にすることで，防災計画立案に貢献すること目指す．

（6）本課題の５か年計画の概要：

本課題では以下の三項目を実施する．

1. 海山およびその周囲の構造把握 (R6-10)
日向灘における物理探査は，沈み込む海山の大まかな場所およびそれに伴うプレートの変形などを明らかにしてきた．また，海底地震観測により微動・超低周波数地震が海山周辺で繰り返し起こることがわかってきた．しかしながら，プレートおよび上盤の海山による変形の詳細と地震活動との関係は未解明である．海洋研究開発機構，東京大学地震研および京都大学では蓄積された物理探査データや海底地震観測データの高度再解析を実施中であり，海山および周辺の場の新たな知見が得られつつある．本提案では，いまだ再解析されていない重要地震探査測線を中心に検討を行う．高知大学で現在進行中の研究と共同して，宮崎層群・日南層群など陸上アナログや南海トラフなどの掘削ですでに得られている岩石・堆積物試料を用いて室内実験を実施し，弾性パラメータ（例えば速度）と流体パラメータ（間隙率）の関係を推定することで，上記解析の精度・信頼性を上げる．海山周辺の構造イメージング，速度構造推定，地質構造解釈の詳細化から，異常間隙水圧分布やフラクチャおよび断層の発達する領域を同定し，海山沈み込みによる応力場・温度場のモデリングを行う．この際に既存・進行中の解析結果を総合して，地震活動との関係を検討する

2.孔内観測・掘削計画の準備(R6-8)
日向灘で実施予定の国際深海科学掘削では，長期孔内観測によるスロー地震の検出および海山の影響の原位置の物性把握を目指している．日向灘では未だ検出されていないスロースリップ観測に向けて観測精度を上げるために，従来の圧力計測に加え，光ファイバーでの先端的なひずみ測定を計画している．掘削により原位置での岩石・堆積物試料を取得し，物性を計測することは 1.の解析に大きく貢献する．本提案では，国際深海科学掘削と連携しながら，1. の海山周辺の構造・物性推定を踏まえた孔内観測および掘削パラメータの最適化を目指す．すなわち，サイト選定（場所・深度）を最適化する．また，海洋研究開発機構で現在進行中の孔内観測の機器のデザイン・開発と連動して，情報収集を行うことで，日向灘の孔内観測に貢献する．

3. 国際ワークショップ(R7)
海山沈み込みによる場の変化と地震活動の関連に焦点をあてた国際ワークショップを開催する．海底地震観測の進歩，掘削・孔内観測の実施，新たな地殻構造探査データ取得などを通じ，海山沈み込みの影響の研究は，世界的に急激に進んでいる．構造・流体・応力・摩擦などの間の複雑な相互作用を理解する

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本年度は，構造探査データの反射法イメージング再解析，波形インバージョンの適用，および新たに解析が終了した反射断面の構造解釈・構造解析を実施し，沈み込む九州パラオ海嶺とスロー地震活動の関係について検討した．反射法イメージングはプレート境界や断層など地下の構造境界を明らかにすることに主眼をおき，波形インバージョンは地震波速度を推定することに注力する．この二つを合わせることで，地震断層を描写し，その活動を規定する物性値（例えば間隙水圧分布）を把握することができる．これらの結果は次年度に予定される日向灘における科研費やJAMSTECプロジェクト・国際科学掘削計画を通じたなどを通じた光ファイバーによる孔内および海底モニタリング海底流体・熱計測計画のサイト選定に，重要な役割を果たした．

具体的には，2000 年代に海上保安庁によって取得された2本の構造探査測線 (KPr1, KPr2) に対し，最新の反射法解析技術を適用し，海山と上盤の再解析イメージングを実施した．イメージの周波数帯域を拡張するブロードバンド処理および詳細な反射速度トモグラフィを適用することで，構造イメージの大幅な改良が見られた．沈み込むプレートおよび堆積物の形状が明瞭になるとともに，上盤の変形，断層の発達が，海山の前方・後方で大きく異なることをが明らかになり，海山直上の応力影でスロー地震が少ないことが確認された（図1）．また、2021年に新たにかいめいのマルチチャンネル反射法地震探査で取得された日向灘沖の地震反射断面のデータ３測線であるHYG1、HYG2T、HYG2Sを対象に構造地質学的な観点から構造解釈・構造解析を行った（図2）。まず、新たな側線における沈む込む海山の位置の決定した。この海山を基点として巨大分岐断層の存在を確認した。さらに上盤の

変形構造が海山海側と陸側で異なり、陸側では海盆が形成され泥火山による貫入構造など見られ、海側では付加体の逆断層帯と、沈み込む堆積物の層が確認された。これらの構造的特徴は流体移動に関わるものであり、かつ微動は陸側に多いことから、微動の発生を促進するとされる高間隙流体圧を高めるプロセスの議論に資すると期待できる。

また，近年着目される波形インバージョンを反射法データおよび JAMSTEC によって取得された海底地震計データ (HYU2) に適用中である．波形インバージョンは波形情報を最大限活用することで高解像度の地震波速度構造が得ることができ，海底地震計データを用いた場合には 15-20km までの速度構造を，反射法データを用いた場合には 10 km 程度までの詳細な速度構造を推定できる．本年度の海底地震計データへの適用から，プレート上面がおよび九州パラオ海嶺内が非常に不均質で，さらに海山付近に低速度帯が発達することがわかった．反射法波形インバージョンは石油探査業界では頻回に行われてるが，より大深度までを対照する地殻イメージングへの適用は成功例は稀である．そこで，本年度一部データを用いてテストを実施し，前処理・パラメータ設定について検討した．その結果ガスハイドレートによる速度異常などが検知でき（図3），これに基づき，広範囲への適用が可能であることが確認された．

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

地震学，テクトニクス，地質学といった多分野の研究者が共同して研究を行い，本研究の核となる反射イメージ・速度構造，物性実験を進めた．特に，九州パラオ海嶺の海山との相対位置により構造が大きく異なり，スロー地震の詳細分布とのの関連性が改めて示唆され．来年度以降物性，さらにとの関係を検討していくことで，．日向灘のスロー地震さらにプレート間固着との関連性を具体的に定量的に明らかにしていくことができると考える．こうした海山に代表されるプレート境界の凹凸の影響は，他地域（南海トラフ室戸沖・熊野沖，茨城沖など）でも強く示唆されており，研究結果は災害軽減に向け広く貢献する．

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Ma, Y., Nakata, R., Mochizuki, K., Hashimoto, Y., Hamada, Y.. 2024,Structural control on the shallow tremor distribution linked to seamount subduction: insights from high-resolution seismic imaging in Hyuga-nada. Earth Planets Space 76, 133, doi:10.1186/s40623-024-02082-9,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

Ma, Y., Nakata, R., Mochizuki K., Hashimoto Y., Hamada, Y., 2024, Full Waveform Inversion for Seamount Subduction Imaging in Hyuga-nada, Japan: Implications for Shallow Tremor Activity, 日本地球惑星科学連合2024年大会

Adachi, M., Hamada, Y., Hashimoto Y., Shiraishi, K., Ma, Y., Nakata, R., Kinoshita, M., 2024, Structural description and interpretation of the seismic reflection image along subducting seamount in Hyuga-nada, 日本地球惑星科学連合2024年大会

Nakata., R., Mochizuki, K., Nakta, N., Kinoshita, M., Hashimoto, Y., Hamada, Y., Nakamura, Y., Miura, S., Arai, R., 2024, P- and S-wave velocity imaging from active and passive seismic data for seamount subduction at Hyuga-Nada, 日本地球惑星科学連合2024年大会

Kinoshita, M., Shiraishi, K., Nakata, R., Hamada, Y., Hashimoto, Y., Araki, E., Sawai, M., 2024, Heat flow in the western Nankai forearc, SW Japan, derived from BSR, surface probe and drilling: Implication for the effect of seamount subduction on earthquakes, AGU Fall Meeting

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

来年度は，今年度の解析・実験・解釈を引き続き実施，深化させていく．具体的には，
まず， 本年度の構造探査解析析結果の解釈を進め，他測線と合わせ，海山と構造・物性変形およびスロー地震との関連に理解を深める．さらに， 波形インバージョンの適用を進め速度構造の高精度化を図る．また、構造地質学的な観点から流体移動や物性境界の仮説を立てることで、地震波速度マップの解釈を支持する根拠を提供するとともに、室内実験による弾性波速度のデータをより積極的に地震波速度と統合し、物性の理解を面的に広げる。当初R7に予定していた国際ワークショップは科研費基盤S研究課題と合同でR8に実施する計画にしている．

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

仲田理映（地震予知研究センター）,望月公廣（地震予知研究センター）,木下正高（日本列島モニタリング研究センター）
他機関との共同研究の有無：有
橋本善孝（高知大学）,濵田洋平（海洋研究開発機構）,藤江剛（海洋研究開発機構）,新井隆太（海洋研究開発機構）,荒木英一郎（海洋研究開発機構）,山下裕介（京都大学）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学地震研究所
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：仲田理映
所属：東京大学地震研究所

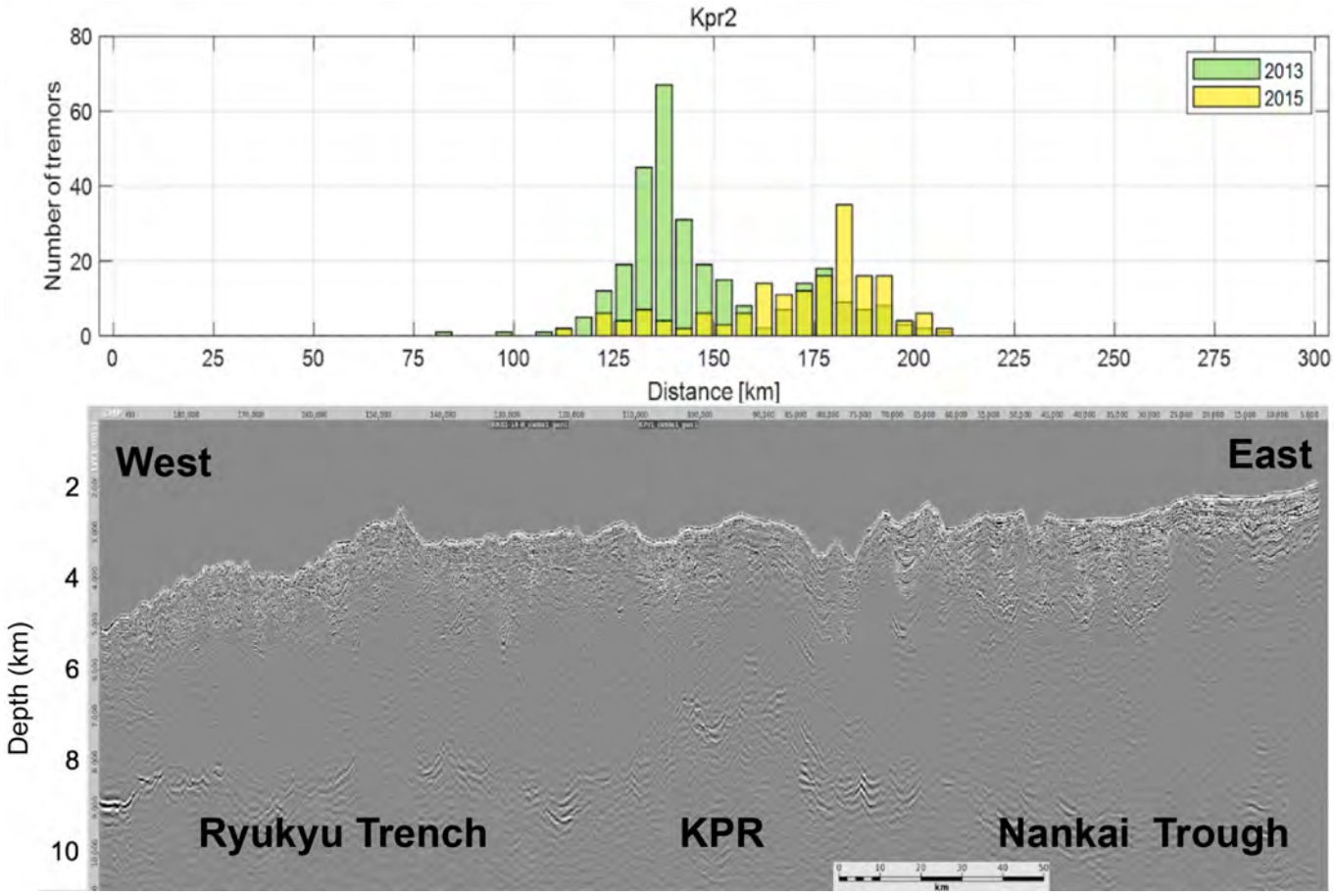


図1: KPr1測線上の（上）微動分布と（KPr1） 再解析結果

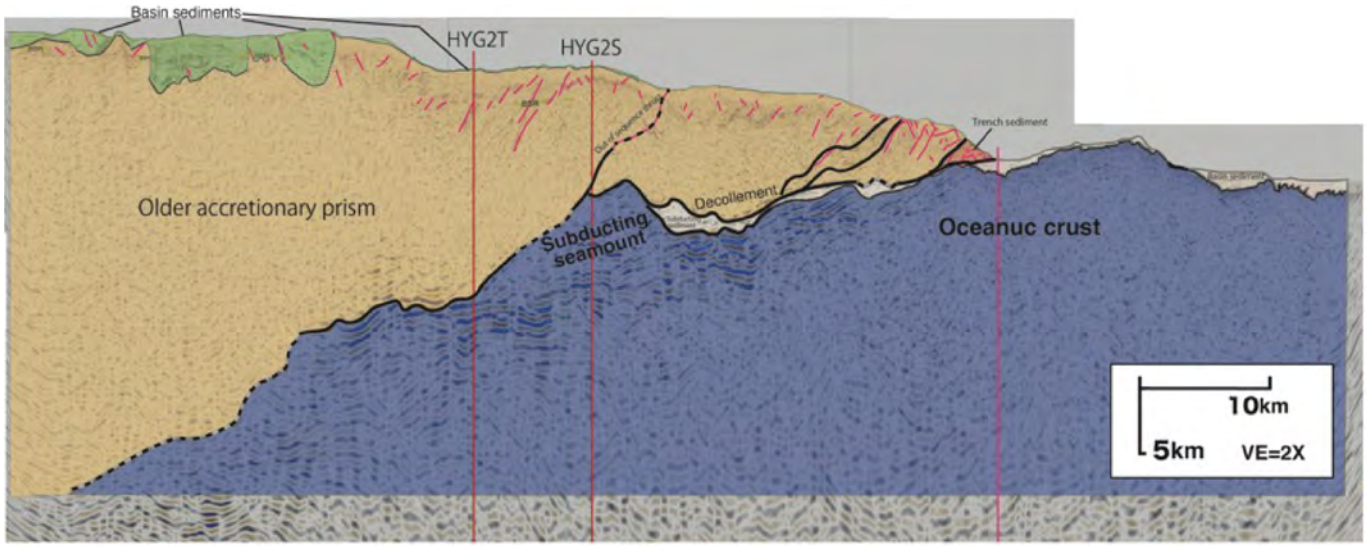


図2: 2021年に取得された測線の構造地質的解釈・解析

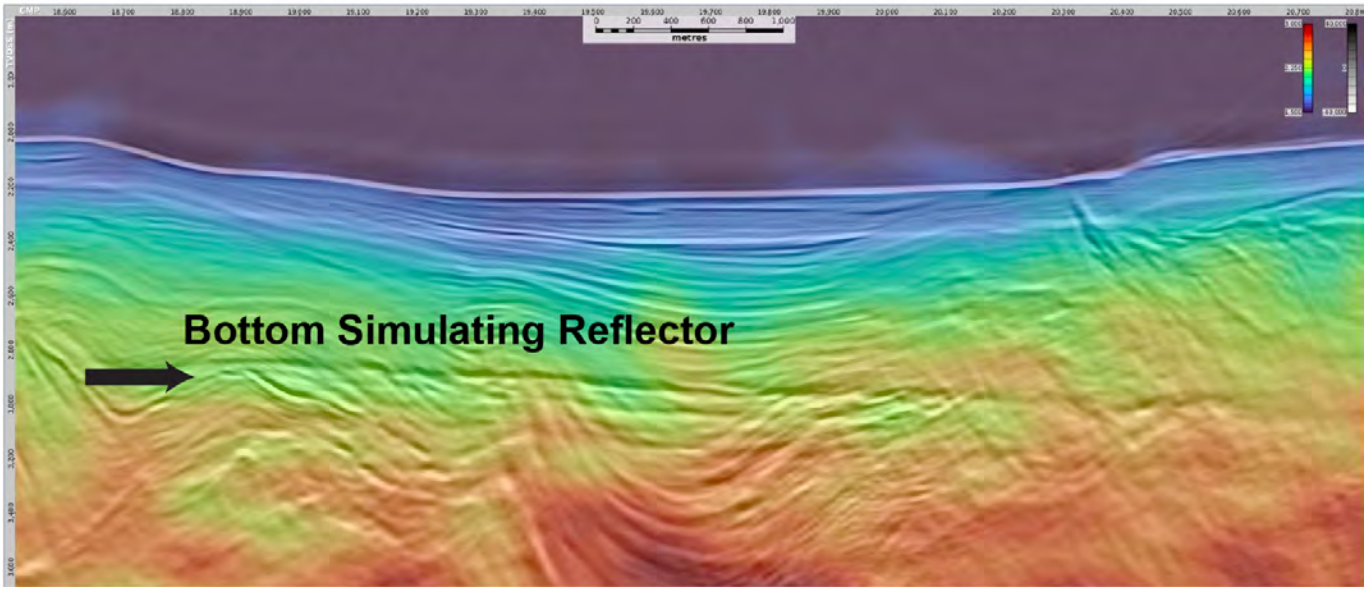


図3: 反射法波形インバージョン結果の例．メタンハイドレート起因の低速度層（矢印）が見られる．

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_17

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）首都直下地震
（英文）Tokyo metropolitan earthquakes

（3）関連の深い建議の項目：

５分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(2) 首都直下地震

（4）その他関連する建議の項目：

（5）本課題の５か年の到達目標：

歴史地震及び現在の地震活動、震源域の時空間的状態の把握を通して、想定される地震のメカニズムや発生確率を現状よりも高い精度で推定し、地震動のシミュレーション等を通じて、地震が発生した場合の災害誘因を予測する。また、地盤、建物、都市インフラを考慮した被害想定根拠を提示する。さらに、過去の地震災害の事例から得られる復旧に関する知見の分析や、災害時における情報共有・伝達の最適化に関する研究に取り組み、都市の防災力向上に貢献する。以下にサブテーマ毎の到達目標を記す。

1. 稠密地震観測に基づく首都圏南部における上盤構造の解明

1923年大正関東地震の破壊域と推定されている丹沢東部から房総半島下にかけてのフィリピン海プレートの形状、プレート境界面近傍の不均質構造、上盤側の構造に関する知見は限られている。そこで、丹沢東部から三浦半島を経て房総半島に至る領域に地震観測網を構築し、地震発生域における構造の特徴やプレート境界すべり特性を規定する構造要因を把握することで首都直下地震発生域についての知見を得る。

2. MeSO-net等で収録された地震波形データを用いた地震活動・不均質構造の解明

MeSO-net等の関東地方に整備されている地震観測網で取得される波形データを用いて、地震活動の時空間発展を詳細に把握するとともに、三次元地震波速度・減衰構造を推定し、過去のM7クラスの地震の震源域の構造不均質を精査し、大地震の発生ポテンシャルが高い領域を明らかにする。

3. 測地データを用いたプレート境界すべりの時間発展の解明

GNSSデータに基づき関東地方の現在の地殻変動を明らかにする。また、房総半島沖のスロースリップイベントを解析し、すべりの時間発展のメカニズムや同期して発生する地震活動との関係を明らかにする。

4. 電磁気探査に基づく茨城県西部における比抵抗構造・流体分布の解明

フィリピン海プレート上面におけるスロースリップにより上盤内への排水が示唆されている茨城県南西部の地震クラスターを対象に、3次元電気比抵抗構造を明らかにし、地下流体と地震活動との関係を明らかにする。特に、地震クラスター直上において1年以上の連続観測を実施することで、地下流体の上盤内への移動を捉えることを試みる。

5. 関東地震にともなう長期的な地殻変動の解明

首都圏では相模トラフを震源とする巨大地震が繰り返し発生してきた。一方、大正・元禄関東地震お

よびそれより前に発生した関東地震に伴う地殻変動やその震源断層像は十分に把握されていない。そこで、三浦半島沿岸を中心に隆起痕跡について変動地形調査・解析を行い、過去の関東地震による地殻変動や三浦半島活断層群等との関係を明らかにする。

6. 地震史料を用いた地震発生履歴の解明

関東地方における地震史料を活用して、対象地域の歴史地震の被害分布や有感分布を把握し、長期予測の高度化や地震活動の活発化に関する新たな知見を得ることを目的とする。また、過去の地震災害の事例から得られる復旧状況を分析する。

7. 首都直下地震の強震動予測

地震動のシミュレーション等を通じて、地震が発生した場合の揺れを予測する。特に、海溝型地震の発生頻度分布に着目した確率論的な地震ハザード評価を行い、大地震のみならず中小地震の特性を最大限生かした強震動予測を行う。

8. 東京湾周辺の浅層メタンガスと断層調査

東京湾周辺では建設工事などの際にメタンガスが噴出する事故が多数発生している。また、関東大震災の火災の激甚化に地震動による堆積層中のメタンガス噴出が関係しているとの指摘もなされている。そこで、荒川などの河川や舞浜沖などの東京湾北部域において反射法地震探査・魚群探知機調査を実施し、堆積層中のメタンガス層や噴出状況、メタンガスの移動経路と考えられる断層位置を推定する。さらに湧出するメタンガスを採取し組成分析からガスの起源を明らかにする。

9. 都市の防災力向上

災害時における情報共有・伝達の最適化に関する研究に取り組み、都市の防災力向上を目指す。具体的には、情報伝達手法の開発や避難経路の推定、構造物の健全性判定、災害対応訓練を実施することで、防災リテラシーの向上に資する

（6）本課題の５か年計画の概要：

サブテーマ毎に研究を進めながら、それぞれで得られた研究成果を共有し、サブテーマ間の連携により到達目標に掲げる総合的な研究を推進する。以下にサブテーマ毎の5か年計画を記す。

1. 稠密地震観測に基づく首都圏南部における上盤構造の解明

令和6～7年度においては、1923年大正関東地震の破壊域直上にあたる丹沢東部から三浦半島にかけての地域と房総半島南部および東部に臨時地震観測点を設置する。令和8～10年度においては、臨時地震観測点を維持し、定常的な地震活動の把握を行う。新規取得地震観測データと既存地震観測データを用い、地震波トモグラフィー解析、地震波干渉法解析、レシーバ関数解析等の地震学的手法を適応することで、首都圏南部における上盤側の地下構造や、沈み込むフィリピン海プレートの形状、プレート境界面近傍の不均質構造を明らかにする。得られるプレート構造モデルを地震活動度や発震機構解、大正関東地震時の滑り量分布等と比較し、地震発生域における構造の特徴やプレート境界すべり特性を規定する構造要因を把握する。また地震活動を用いて1923年大正関東地震の大すべり域と房総スロースリップ発生域付近の応力状態の時間変化を推定するための基礎データを得る。

2. MeSO-net等で収録された地震波形データを用いた地震活動・不均質構造の解明

令和6～8年度においては、MeSO-net等の関東地方で収録された地震波形データを用いて、房総スロースリップ域の地震活動に対してマッチドフィルター解析を行い、地震活動の時空間発展の特徴を理解する。また、気象庁震源を参照しながら、MeSo-net波形に対して機械学習を用いたP波・S波読み取りを行い、三次元地震波速度構造を推定する。その際、既存のプレートモデルを考慮した場合としない場合、グリッド間隔の違いが結果に与える影響なども評価する。令和9～10年度においては、地震活動解析と地震波減衰構造の推定を継続し、過去の大地震が発生した場所の構造的特徴を理解する。他の地域で得られている構造的特徴も参考にし、大地震の発生ポテンシャルが高い領域を絞り込む。

3. 測地データを用いたプレート境界すべりの時間発展の解明

令和6～10年度においては、GNSSデータを用いて関東地方の変位速度や歪速度の時空間分布等を推定し、その結果を基に地殻変動の特徴を検討する。房総半島沖のスロースリップイベントにおけるすべりの時空間変化を推定する。その結果や過去のイベントに対して既に得られている推定結果を基に、すべりの時間発展のメカニズムや同期して発生する地震活動との関係を検討する。

4. 電磁気探査に基づく茨城県西部における比抵抗構造・流体分布の解明

令和6年度においては、既に茨城県で実施されたネットワークMT観測の時系列データの確認と整理を実施するとともに、長期MT観測点の土地選定を進める。令和7～8年度においては、茨城県南西部の地震クラスター直上に長期MT法観測点を設置し、約1.5年間にわたる連続観測を行う。また、既存ネットワークMT観測時系列データを整理する。令和9年度においては、広帯域MT法観測の時系列データから応答関数を推定する。その後、推定した応答関数から比抵抗構造及びその時間変化を調べる。また、ネットワークMT法観測の時系列データから主に深部を対象とした3次元比抵抗構造を推定する。令和10年度においては、広帯域MT法観測データとネットワークMT法観測データを統合解析し、地殻浅部から沈み込みPHSスラブまでのより信頼性の高い3次元比抵抗構造および流体分布を推定する。

5. 関東地震にともなう長期的な地殻変動の解明

令和6～9年度においては、主に三浦半島周辺の岩石海岸の踏査を行い、過去の地盤の隆起を記録した生物遺骸や離水海岸地形を認定するとともに、GNSS測量および航空レーザー測量によるDEMを活用した変動地形解析により、地殻変動の分布パターンを明らかにする。また、採取した生物遺骸試料について放射性炭素同位体年代測定を行い、隆起をもたらした地震の発生年代を推定する。令和10年度においては、主に三浦半島周辺の成果と房総半島など周辺地域の既往研究を融合することで、過去の関東地震の発生時期・震源断層像を推定する。

6. 地震史料を用いた地震発生履歴の解明

江戸（東京）を中心に関東地方において地震史料を収集し、分析する。既存の地震史料データベースに史料情報を追加、修正する。日記史料を活用するなどして、江戸・東京周辺で発生する中小の地震のカタログを整備する。また、地震活動の長期的な時空間変化や大地震の余震の発生状況を明らかにする。江戸に被害のあった歴史地震について地震像を再検討し、その推定精度の向上をはかる。さらに、前計画までに観測された過去の地震被害地点での地震波形記録を活用し、浅部地盤構造や深部プレート構造が地震波形に与える影響を考慮した上で、史料の被害記述と揺れの強さとの関係の定量化を進める。令和6～7年度においては、1923年大正関東地震や1855年安政江戸地震に注目する。令和8～9年度においては江戸時代を通じた被害地震を、令和10年度においては明治期の地震を対象とする。

7. 首都直下地震の強震動予測

令和6～7年度においては、本研究グループから提案される首都直下において想定される震源断層モデルに基づいて、関東地方の揺れの事前予測分布を簡便法によって計算する。令和8～10年度においては、研究期間前半で行った簡便法による強震動予測を、詳細法による強震動予測に高度化し、首都直下地震における震源起因要素と構造起因要素を定量化する。さらに、震源断層モデルの更新状況をみながら揺れの事前予測分布をアップデートする。

8. 東京湾周辺の浅層メタンガスと断層調査

令和6～8年度においては、新造された東京海洋大学練習艇での音響調査機器の性能評価を行うとともに、東京湾での音響調査を実施し、調査範囲の広域化を進める。又、ガス層の時間変化の有無について検討する。令和9～10年度においては、東京湾に流入する河川において音響調査を行う。また、噴出するガスの採取・成分分析を行い、東京湾内および周辺でのメタンガス層の分布について取りまとめる。

9. 都市の防災力向上

令和6年度においては、それぞれの立場（住民、働く人、自治体職員等）で、発災時および発災後に必要な情報は何なのか、その情報を得るためにはどんな問題があるのか、など現状の様々な課題を整理する。令和7年度においては、発災時および発災後の安全行動に役立つ情報とは何かを明かにする。停電や通信断の状況下でも、それらの情報が得られる手段を開発する。令和8年度においては、地域に設

置されたセンサーからデータを取得し、安全行動に役立つ地域危険度マップを作製する。令和9年度においては、多種類のセンサーを地域に配置することでデータを取得し、そのデータを基にした最適な安全行動を推定する。令和10年度においては、多種類のセンサーによるデータを共有・伝達させ、それらのデータから推定した情報を利用した安全行動実験を行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

1. 稠密地震観測に基づく首都圏南部における上盤構造の解明

関東地方南部下におけるフィリピン海プレートの形状、プレート境界面近傍の不均質構造、上盤側の構造に関する知見を得るのに最適な臨時地震観測点設置場所の検討を行った。そのうち、房総スロースリップ震源域に隣接する房総半島東部の6か所に、房総半島での地震性すべりを起こす領域とスロースリップを起こす領域のプレート境界付近に構造的な違いがあるかを明らかにする目的で、オフラインレコーダによる臨時地震観測点を約5km間隔で設置した。観測は2023年11月6日から開始し、2024年2月下旬まで継続する予定である。

丹沢東部から三浦半島下における構造解明を目的として2023年度に取得した地殻構造探査データの解析を継続して実施した。得られた初動走時データにトモグラフィー解析（Zelt and Barton,1998）を適応することで得られた速度構造モデルからは、測線下の水平方向における顕著な速度変化が確認できる。

伊豆衝突帯から関東南部の地域下におけるモホ面の形状推定を目的とし、レシーバ関数解析を行ってきた。今年度は、これまでモホ面が未検出だった領域のモホ面の検出およびモホ面以外の不連続面の検出を目指し、解析に用いる観測点を増やしてレシーバ関数解析を行った。新たに伊豆諸島の島しょ部の観測点を追加して解析を実施した結果、これまでの結果と合わせて陸域から相模湾直下まで連続的にレシーバ関数を得ることができた。ただし現段階では、明瞭な不連続面は検出されていない。

2. MeSO-net等で収録された地震波形データを用いた地震活動・不均質構造の解明

関東地方に沈み込む太平洋プレート上面で発生している地震活動は、深さ60－70 kmで頻繁に発生し、且つ、複数のクラスタを形成している。計18個のクラスタを対象に、P波とS波の相対走時差データに基づくVp/Vs比の推定手法（Lin and Shearer, 2009）を適用することで、Vp/Vs比を高精度に推定することに成功した（Huang et al., 2025）。大きさ1～2 kmの各クラスタ内のVp/Vs比の中間値は1.44（ポアソン比=0）と等方弾性体の1.73を有意に下回ることが明らかになった。さらに、Vp/Vs比には方位依存性が見え、何らかの異方性構造が震源域に存在することを示唆する。このような異方性及び低いVp/Vs比を示す特徴は、流体や石英などの存在により定量的に説明が可能であり、大きさ1～2 kmのプレート境界面上における局在化した不均質構造が、発生頻度の高い深さ60－70 kmの地震クラスタの発生に影響を与えていると考えられる。

房総半島沖において数年間隔で発生しているスロースリップイベント（以降房総SSE）に付随して発生する地震活動について、震源再決定（Waldhouser and Ellsworth, 2000）とDBSCANによる震源クラスタリング（Martin et al., 1996）を行った。その結果、多くの地震はフィリピン海プレート上部境界に分布することを確認できた（図1）。震源クラスタリングでは、主に二つのプレートの境界付近にまとまって発生している地震が10個のクラスタとして検出された。また、2024年2月末から発生したスロースリップにともなう群発地震をテンプレートマッチング手法に基づいて解析したところ、2007年のスロースリップの際に発生した地震活動と類似な時空間発展を辿ったことが明らかになった。2000年以降に発生した房総SSEにともなう地震活動は、毎回、異なる時空間発展を示していたが、今回のケースでは過去のケースと類似する特徴が初めて得られた。

千葉県北西部の太平洋プレート上部境界で発生する地震の巣について、震源決定及びメカニズム解の決定を行い、その活動の原因を考察した（図2）。地震の巣は半径10 kmほどの円形の活動であり、その中にいくつかの孤立した活動がみられた。また方位により地震活動様式がやや異なり、プレート境界に沿う微小地震は第2象限、M6クラスの地震は第4象限に主に分布していることが明らかにあった。このような地震活動の空間変化は海山の沈み込みと関係している可能性がある。

3. 測地データを用いたプレート境界すべりの時間発展の解明

海溝型巨大地震の破壊シナリオ構築の手法を高度化するため、過去に発生した大地震および定期的に発生するスロー地震による応力解消を考慮にいれたひずみエネルギー蓄積プロセスのモデル化に取り

組んだ。相模トラフ巨大地震とともに歴史地震記録が多い南海トラフ巨大地震に適用した。また、内陸大地震の破壊シナリオ構築に関する手法開発に向け、応力蓄積プロセスの定量モデルの構築に取り組んだ。地震断層深部の塑性流動体を非弾性ひずみ分布としてモデル化し、地震発生層のひずみエネルギー増加プロセスをモデル化した。
マントルのレオロジー・粘性率や地震の履歴が地震間（interseismic）の地殻変動に及ぼす影響を明らかにするために、プレート境界における地震と地震間の固着の繰り返しによる地殻変動を計算するコードを構築した。コードでは沈み込み帯の2次元モデルを考え、海洋・大陸プレートとスラブを弾性体、海洋マントル・マントルウェッジを粘弾性体とした。粘弾性領域はpower-law rheologyに従うと仮定した。プレート境界面の浅部は地震間には完全に固着し、1サイクルで蓄積されたすべり欠損を解放する地震が一定の時間間隔で繰り返すと仮定した。このように与えた地震と固着の繰り返しによる応力・ひずみ・地表変位の時間発展を計算した。このモデルでは粘弾性領域に対して非線形レオロジーを仮定しているため、粘性率は応力に依存し、時間変化を示す。計算の結果、地震サイクルの初期には地震時の応力変化の影響で粘性率は小さく、その後の応力緩和により粘性率は時間とともに大きくなるという特徴が見られた。これは余効変動に対応する。一方、地震サイクルの後半では、固着による応力増加にともない粘性率は時間とともに緩やかに小さくなるという結果が得られた。

4. 電磁気探査に基づく茨城県西部における比抵抗構造・流体分布の解明
当初の計画通り、茨城県で実施されていたネットワークMT観測の時系列データの確認と整理を実施した。ネットワークMT観測の電位差データを柿岡地磁気観測所の電磁場データと比較したところ、両者の時系列に明瞭な相関関係が認められ、ネットワークMT観測でMT法のシグナルである電磁場変動が測定されていることを確認できた。ネットワークMT観測の電位差と柿岡地磁気観測所の磁場の間の応答関数を推定したところ、中央のネットでは数10秒以上の周期、残りの2つのネットでは数100秒以上の周期で構造推定に使用できそうな応答関数を推定できた。周期数1000秒程度まで非対角成分の位相が小さい傾向があり、堆積層から基盤、フィリピン海スラブ、太平洋スラブと続く深さ方向の比抵抗の増加を反映している可能性がある。また、令和7年度以降1年以上の連続観測をする観測点の選定と下見を実施した。

5. 関東地震にともなう長期的な地殻変動の解明
三浦半島には海岸線沿いに概ね3段の完新世海成段丘面が分布し、これらが相模トラフで過去に発生した巨大地震に伴う地殻変動により形成されたことが指摘されてきた（熊木, 1982）。また、海岸沿いに見出された生物遺骸痕跡の年代・高度分布に基づき、1923年大正関東地震および1703年元禄大正地震に伴う累積的な地殻変動が認められた（宍倉・越後, 2001; Shishikura et al., 2007)。以上をふまえて、令和6年度は、三浦半島南部の離水岩石海岸地形を検討し、三浦市戸津浜地区において4-5段に細分できる完新世海成段丘が現存することを確認した（図3）。今後は同地区の複数地点においてピット掘削調査を行い、得られた試料に基づき年代測定を実施し、完新世海成段丘面群の離水年代を推定する。

6. 地震史料を用いた地震発生履歴の解明
前計画では、1855年安政江戸地震の余震活動を再検討し、複数の余震の規模を推定するとともに、余震の活動度を近年の観測事例と比較することで、安政江戸地震の震源を検討した。1703年元禄関東地震の際の、三浦半島における津波および隆起、土砂災害に関する史料を収集し、分析を行った。1923年大正関東地震後の日記記録中の地震記述と当時の観測記録を比較し、日記記録では震度2程度から記録されているが、記録数が多いものでも観測数に対して3割程度であることや、強弱の記述が記録地点での揺れの強さ（震度）を一定程度反映していることを明らかにした。他課題（HMEV01）との連携により関東地域の収集済の史料を再検討し、被害・有感地点の特定を進めた。

7. 首都直下地震の強震動予測
関東地域の地震ハザードは、フィリピン海プレートや太平洋プレートに起因する海溝型地震の寄与が大きいことと、2011年東北地方太平洋沖地震以降の地震活動モデルの変更によってハザードが増大していることを確認した。確率論的地震ハザードの精度向上には、地震活動から中小地震の特性としてb値の時空間変化を把握するとともに、地震のみならず測地・変動地形・地質等から大地震の特性として最大地震規模Mmaxの精度向上が有用である。令和６年度は、本研究グループから提案されたb値の

方位依存性を取り入れた確率論的地震ハザードの感度解析に着手した。

8. 東京湾周辺の浅層メタンガスと断層調査

令和6年度は6月、9月、11月に東京海洋大学実習艇「ひよどり」を用いた調査を東京湾舞浜沖において行った。調査では、サブボトムプロファイラー（SBP）と水中スピーカーを同時に発振した。得られたデータを解析したところ2つのシステムを同時使用することによる音波の干渉などはほとんど見られず、良好なデータを取得できることを確認した。得られた反射断面を見ると海底下約１ｍ以深にメタンガス滞留を反映していると考えられる音響散乱層が広域に存在することが確認された。調査海域東部では海底から流出するガスと考えられる海中の強反射が確認された。また、海底下の反射面に不連続が見られる領域があり、断層が存在する可能性が考えられる。

9. 都市の防災力向上

発災時において、安全な行動をとるためには様々な情報が必要になるが、その把握における課題や必要な事柄を整理した。まず、自分と周囲の人々が安全なのかどうかを知るために様々なセンサーを各所に設置して、安全性を把握する仕組みの構築である。発災時は停電や通信断となる可能性があるため、乾電池で稼働し、独自の短距離通信を用いてバケツリレー方式でデータの集配信を行う小型の地震計を東京大学構内の複数の建物等に設置してみた。その結果、地震時における建物ごとの揺れの大きさの違いを認識することができた。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

関東地方における新たな観測の実施や蓄積されている地震観測波形データの解析を進めることで、首都直下地震の発生域の理解の深化や強震動予測計算の高度化に必要な知見が得られることが期待される。特に、房総半島のスロースリップイベントやプレート境界地震の特徴、地震発生域における構造の特徴を明らかにすることは、プレート境界の固着状況を把握するうえで重要である。また、電気比抵抗構造の推定により、地震発生に関与する地殻流体の分布を明らかにすることで、首都直下地震の発生予測の高度化に繋がる可能性がある。

プレート境界での巨大地震・大地震の発生予測の高度化のために、大地震の破壊シナリオ構築を進めており、特に鍵となるひずみエネルギーの3次元分布の推定がほぼ完了している一方、内陸地震では2次元モデルが構築したが、今後は3次元モデルの開発が求められる。さらに、マントルレオロジーの影響を考慮することで、プレート境界の固着分布の推定精度向上が期待される。

首都圏では過去に相模トラフを震源とする関東地震が繰り返し発生しているが、その地殻変動や震源断層については未解明な点が多い。地質・史料調査研究により過去の地震の発生履歴をより高精度に把握することが、長期的な地震活動予測の精度向上につながる。また、現状の首都直下地震は、陸域・プレート間・プレート内の多様な地震を多数計算する形で想定されており、地震ハザード解析を通じて首都直下地震のシナリオを抽出し、防災対策の強化を図ることは重要である。

従来あまり考慮されてこなかったリスクとして、地震によるメタンガスの噴出が火災を激化させる可能性があり、東京湾周辺のメタンガス分布を調査することが重要である。さらに、都市部の災害発生時には迅速な情報提供が必要であり、各所にセンサーを設置することで、適切な対応をとるための基礎情報として活用されることが期待される。

今後は、上記で述べた課題間の連携を深めるとともに、拠点間連携研究とも有機的に共同することで分野横断型の知見を深めていきたい。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Huang, Y. S. Ide, A. Kato, K. Yoshida, C. Jiang, P. Zhai, 2025, Fault material heterogeneity controls deep interplate earthquakes, Science Advance, in acceptance.,査読有,謝辞無

三宅弘恵, 2024, 大正関東地震の揺れを考える, 関東大震災と東京大学・東大出版会, 41-50, https://www.utp.or.jp/book/b10089700.html,査読無,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

今寺琢朗・加藤愛太郎・酒井慎一, 2024, MeSO-netに基づく東北地方太平洋沖地震発生直後の余震活動の検出, 日本地球惑星科学連合2024年大会，SSS08-P05.

中島淳一, 2024．東京湾北部の地震の巣：海山の沈み込みが原因か？，日本地震学会秋季大会, S09–11.

Saito, T. and A. Noda, 2024, Long-term slow slip events and historical earthquakes modeled by mechanically coupled patches along the Nankai subduction zone, International Joint Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes 2024, O24

齊藤竜彦・Meneses-Gutierrez Angela・田中佐千子・上野友岳, 2024, 地殻深部の塑性流動による地震発生層へのせん断歪みエネルギーの蓄積：山陰ひずみ集中帯で発生する大地震の原動力、JpGU2024、SCG55-15

山本卓・加納靖之・大邑潤三，2024，1923年大正関東地震後の日記記録における有感距離の検討，日本地震学会2024年度秋季大会, S10-02.

山本卓・加納靖之・大邑潤三，2024, 1923年大正関東地震の余震の日記記録，日本地球惑星科学連合2024年大会，MIS17-P07.

綿貫元起・安藤亮輔・加藤愛太郎, 2024, 2011年Mj7.0福島県浜通りの地震の動的破壊シミュレーション実施を見据えた断層面モデルの構築, 日本地球惑星科学連合2024年大会，SSS05-05.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：地震：地震：短周期地震観測
概要：房総半島東部の6か所で臨時地震観測を実施した。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：千葉県いすみ市、御宿町、勝浦市房総半島東部
調査・観測期間：2024/11/6-2025/2/17
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：地震：歴史史料収集
概要：関東地域の歴史地震に関する史料の収集
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県 35.684856 139.75362
調査・観測期間：2023//-2025//
公開状況：公開留保中（計画終了後５年以内に公開予定）

項目：地震：その他
概要：京湾での東京海洋大学実習艇「ひよどり」を用いた海底下線部構造探査
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：東京湾
調査・観測期間：
公開状況：

（10）令和７年度実施計画の概要：

1. 稠密地震観測に基づく首都圏南部における上盤構造の解明

1923年大正関東地震の破壊域直上にあたる丹沢東部から三浦半島を経て房総半島南部に至る地域に臨時地震観測点を設置する。また、伊豆衝突帯から関東南部において、使用する地震観測点を増やすことにより、広範囲でより明瞭に不連続面を検出することを目指す。

2. MeSO-net等で収録された地震波形データを用いた地震活動・不均質構造の解明

関東地方の地震活動に対してマッチドフィルター解析を行い、地震活動の時空間発展の特徴を理解する。また、千葉県北西部以外の他の地震クラスタの解析も行い、関東下の地震の巣の特徴を系統的に調査する。

3. 測地データを用いたプレート境界すべりの時間発展の解明
将来どこで、どのような巨大地震・大地震が発生しうるかをデータに基づき予測するものとして大地震の破壊シナリオの構築手法の開発に取り組む。将来の大地震を引き起こす原動力となるひずみエネルギーを高い信頼度で推定するための定量モデル構築・データ解析等に取り組む。また、今年度に構築した計算コードを用いて、マントルレオロジーや地震の履歴が粘性率や地震間地殻変動の時空間変化に及ぼす影響を系統的に調べるとともに、計算コードの数値的安定性を高めるための改良を行う。

4. 電磁気探査に基づく茨城県西部における比抵抗構造・流体分布の解明
令和6年度に得られたネットワークMT応答関数を使用し、深部電気比抵抗構造の推定に着手する。茨城県南西部の地震クラスター直上で長期MT法観測を開始する。また、本地震クラスター周辺で10点程度の広帯域MT法観測を実施する。

5. 関東地震にともなう長期的な地殻変動の解明
引き続き過去の地盤の隆起を記録した生物遺骸や離水海岸地形を認定する目的で、三浦半島周辺の岩石海岸の踏査や航空レーザー測量によるDEMを活用した変動地形解析を行う。また、採取した生物遺骸試料について放射性炭素同位体年代測定を行い、隆起をもたらした地震の発生年代を推定する。

6. 地震史料を用いた地震発生履歴の解明
関東地方における地震史料の収集、分析を継続する。特に1923年大正関東地震や1855年安政江戸地震に注目する。関係するプロジェクトで収集された史料を再検討し、最新の震度データベースとして整備する。

7. 首都直下地震の強震動予測
本研究グループから提案される首都直下において想定される複数の震源断層モデルに基づいて、関東地方の揺れの事前予測分布を簡便法によって計算する。また、令和６年度に着手した関東地方の確率論的地震ハザード解析を進める。

8. 東京湾周辺の浅層メタンガスと断層調査
「ひよどり」を用いた浅層メタンガスに関する調査を継続する。6月には長さ１.８ｍのグラビティコアラーを用いた堆積層コア採取テストを行う予定である。10月にはSBPおよび水中スピーカーを用いた海底下構造調査を、反射面の不連続が確認された海域を中心に行う予定である。

9. 都市の防災力向上
発災時および発災後の安全行動に役立つ情報とは何かを明かにするとともに、停電や通信断の状況下でも、それらの情報が得られる手段を開発する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

加藤愛太郎（東京大学地震研究所）,三宅弘恵（東京大学地震研究所）,上嶋誠（東京大学地震研究所）,五十嵐俊博（東京大学地震研究所）,石山達也（東京大学地震研究所）,加納靖之（東京大学地震研究所）,蔵下英司（東京大学地震研究所）,中川茂樹（東京大学地震研究所）,福田淳一（東京大学地震研究所）,臼井嘉哉（東京大学地震研究所）,大邑潤三（東京大学地震研究所）,竹尾明子（東京大学地震研究所）,酒井慎一（東京大学大学院情報学環）,関谷直也（東京大学大学院情報学環）,中島淳一（東京科学大学理学院）,雨澤勇太（東京科学大学理学院）,中東和夫（東京海洋大学学術研究院）,古山精史朗（東京海洋大学学術研究院）,津村紀子（千葉大学）,井ノ口宗成（富山大学）,本多亮（温泉地学研究所）,宍倉正展（産業技術総合研究所）,齋藤竜彦（防災科学技術研究所）,気象庁,国土地理院
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：加藤愛太郎
所属：東京大学地震研究所

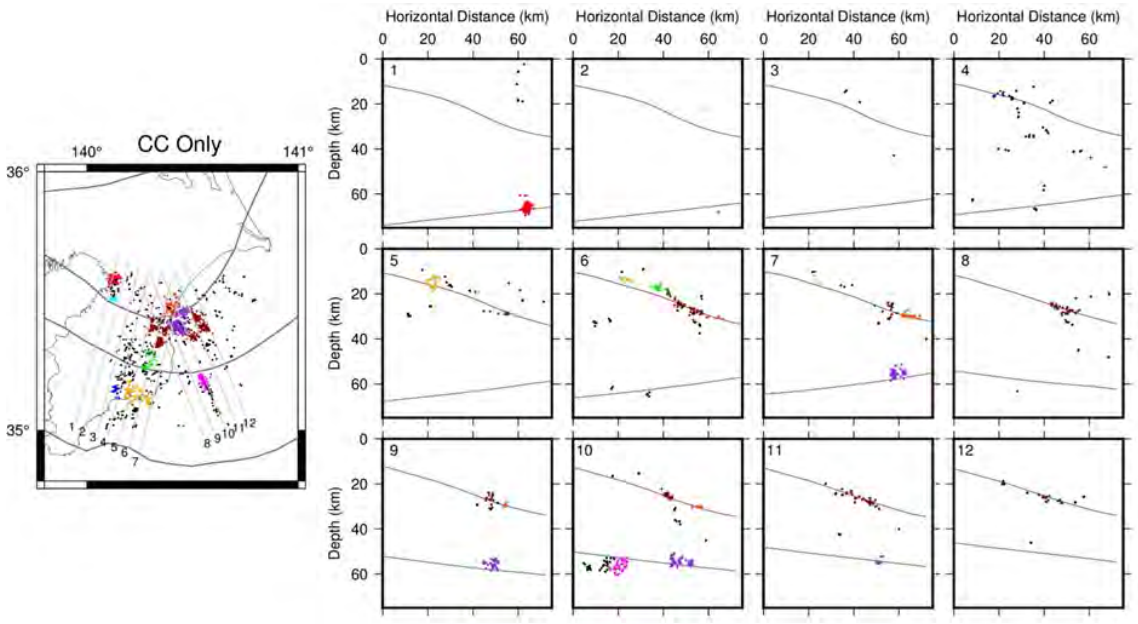


図1. クラスタリングの結果。クラスタ毎に色分けをして表示している。プレート境界面上にいくつかのクラスタが分布することがわかる。

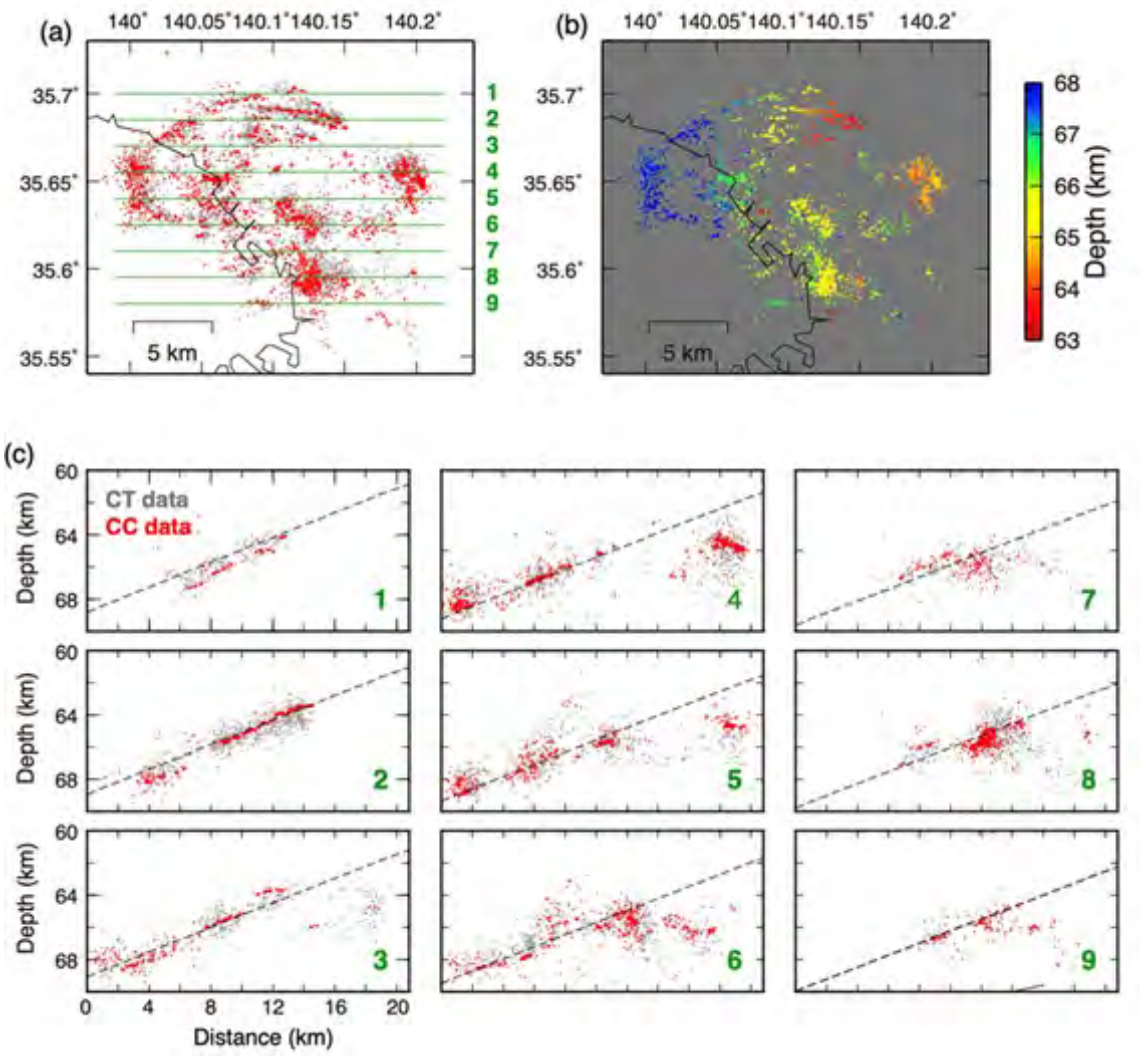


図2. 東京湾北西部の地震の巣の波形相関に基づく相対走時差データを用いた震源再決定結果

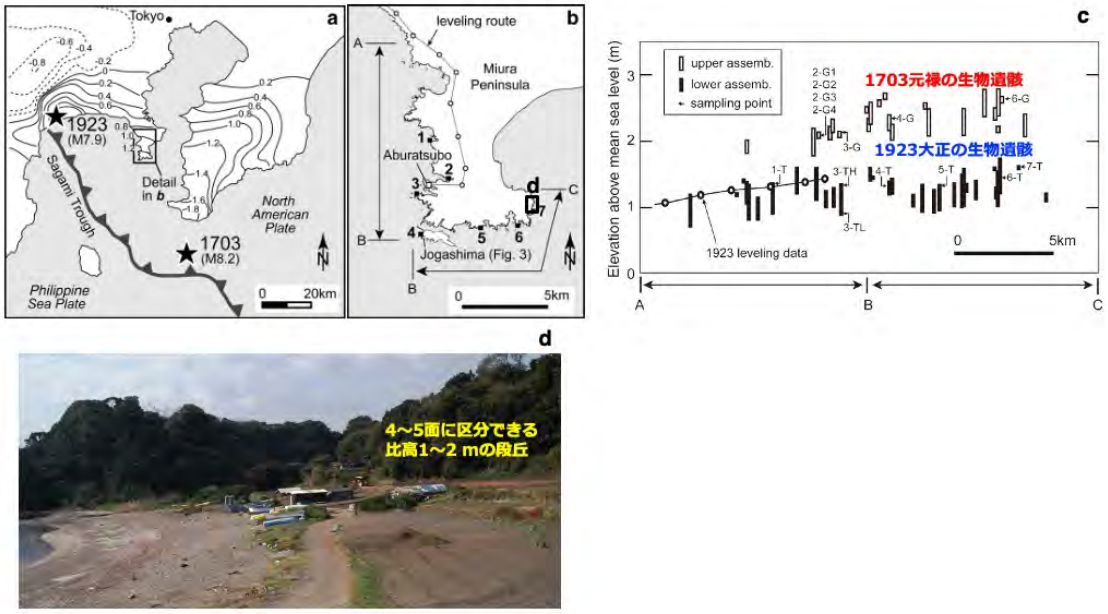


図3. (a)大正関東地震にともなう地殻変動、(b)三浦半島における生物遺骸の確認地点、(c)1923年大正関東地震および1703年元禄大正地震によって隆起したと考えられる生物遺骸の分布高度（Shishikura et al., 2007）。(d)は三浦市戸津浜地区に分布する完新世海成段丘の現況。

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_18

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地質および観測に基づく大規模噴火の準備過程と噴火様式遷移の解明
（英文）Preparation processes and eruptive style transition of large-scale eruptions based on geological and geophysical observations

（3）関連の深い建議の項目：

５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(5) 大規模火山噴火

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ウ. 地形・地質データの収集・集成と文理融合による解釈
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
火山
(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明
２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）

（5）本課題の５か年の到達目標：

プリニー式噴火に代表される大規模噴火は、噴出物を広範囲に飛散させるため、深刻かつ多様な災害を広域で引き起こす。しかし近代的火山観測網によるVEI4クラス以上の大規模噴火の観測事例は、遠隔で発生した2021年福徳岡ノ場噴火を除き国内にはなく、マグマ蓄積などの準備過程や噴火開始後の表面現象とその遷移、それらに関連する物理化学パラメータの解明や想定される災害の種類や規模の評価は不十分である。とくに大規模噴煙を伴う噴火では、噴煙柱形成に続き火砕流や溶岩噴出など、異なる現象に噴火が遷移する場合があり、ハザードの種類も時間とともに変わり得る。このような噴火様式遷移は歴史時代のさまざまな大規模噴火で記録されており、そのメカニズムは主に理論的モデルを基に研究されてきた経緯がある。例えば火道径の増大に伴う噴出率増大やマグマ中の含水量低下などは、噴火様式遷移において重要な役割を担うと考えられる。このような前兆・前駆的現象を含めた噴火に関連する諸現象とその時空間発展の解明および災害の評価には、理論的研究や地球物理観測に加えて、噴出物が持つ情報が大きな制約になる。また、小中規模噴火も含めた噴火履歴を明らかにし、噴火事象系統樹を構築することも重要である。
そこで本課題では以下を目的として研究を進める。過去に大規模噴火の実績がある火山を対象に、地質調査や物質科学的解析、史料データをもとにした噴火推移の再構築、噴出量・噴出率の推定、マグマ溜りの物理化学条件の推定、これらの中長期における変遷を解明する。噴火様式遷移が確認できている大規模噴火については、火砕物の発泡・結晶化組織や粒子物性・空隙構造を層序毎に明らかにし、地球物理観測との照合を念頭に置き、マグマ蓄積条件や上昇過程に関連する物理化学量とその変化を抽出する。とくに富士山については，各堆積物の噴火年代、噴火推移、噴出量等の噴火のデータを収集し、噴火履歴を高精度で解明し、これらのデータをもとに噴火事象系統樹をより精緻化する。また、地球物理学的観測データと合わせて、前兆現象や噴火に伴う諸現象の検出および位置特定に関わる手

法を検討する。これらの研究をもとに大規模噴火における事象分岐の要因について考察し、研究火山の事象系統樹へ反映させることを目指す。

（6）本課題の５か年計画の概要：

伊豆大島、浅間山、霧島山について、東大地震研が中心となって研究を進める。第２次計画により基礎データが集まりつつある大規模噴火（伊豆大島有史時代噴火、浅間山有史時代噴火、霧島山文暦および享保噴火など）を基軸として、噴火様式遷移を引き起こした要因として可能性があるデータに注目して研究を進める。地質データを拡充し、現象推移の再構築を行うとともに、マグマ蓄積条件やマグマ上昇過程に関わる温度、圧力、含水量、減圧率などのパラメータの変化およびそれらが噴火様式変化に及ぼす影響について火道流モデルを用いた理論的研究も併用し、定量的に明らかにすることを目指す。また、噴火推移については地質記録だけでなく歴史記録、および海外の観測データのある事例も活用し、噴火推移に制約を与えることを試みる。
富士山については富士山科学研究所が中心となって研究を進める。富士山は噴火回数が多く、未だ詳細が明らかになっていない堆積物も多く存在する。そこでトレンチ調査を含む地質調査等を実施し、各堆積物の噴火年代、噴火推移、噴出量等の噴火のデータを継続して収集する。同時に、マグマ供給系の解明に向けた研究も実施する。これらの噴火データから噴火履歴を高精度で解明し、その結果をもとに噴火事象系統樹の精緻化に取り組む。地球物理観測については、深部低周波地震のモニタリングを進めるとともに、その発生メカニズムの解明および噴火の予兆としての地殻内流体の移動検出を目的として、多点における重力連続観測を継続する。噴火に伴う諸現象の位置特定については、効果的な空振観測配置を検討し、空振観測データと地震観測データを組み合わせた特定手法を検討する。
・令和6年度　浅間山と霧島では大規模噴火の堆積物の地表踏査・試料採取を行い、地質学的研究を始める。噴出物の年代学的解析、歴史記録の収集・検討も始める。また、これまでの研究を基礎として噴火の推移やマグマ供給系を明らかにするための物質科学的データを取得し、解析に着手する。富士山については、噴火事象系統樹を精緻化するための地質調査およびマグマ供給系解明のための岩石学的データの取得を開始する。地球物理観測について、重力観測を継続、地震観測・空振観測を開始する。
・令和7年度　浅間山と霧島については地質・物質科学的調査･解析を継続し、噴火推移の推定、噴出量、噴出率およびその変化の解明を進める。とくに粒子物性分析と岩石組織分析を組み合わせ，マグマ上昇過程の解明を目指す。海外の地球物理観測のある事例について、物理化学パラメータの整理を行う。富士山については、噴火事象系統樹の精緻化およびマグマ供給系解明のための地質調査や噴出物の解析および地球物理観測を継続する。
・令和8年度　浅間山と霧島については地質・物質科学的調査、解析を継続する。また、年代学的解析，歴史記録の調査を継続する。伊豆大島では有史の大規模噴火（S1以降）の研究に着手し、噴火履歴・推移の解明、物質科学的データの取得と解析を行う。富士山については、噴火事象系統樹の精緻化およびマグマ供給系解明のための地質調査や噴出物の解析および地球物理観測を継続する。空振観測では落石や花火等、頻度の見込める事象の観測データの解析から、観測デザインや精度向上に繋げる。低周波地震については波形による分類を進める。重力データ複数年の蓄積データから潮汐パラメータの推定を進める。
・令和9年度　浅間山、霧島、伊豆大島において地質・物質科学的調査、解析を継続する。各火山において、地球物理観測との照合を念頭に置き、マグマの蓄積・移動・上昇の時間スケール、火砕流等の付随現象の時期、噴火の継続時間についても考察する。富士山については、噴火事象系統樹の精緻化およびマグマ供給系解明のための地質調査や噴出物の解析および地球物理観測を継続する。空振観測は前年度同様の観測網の改善に取り組む。地震観測についても前年度同様波形の分類を進める。重力観測については潮汐以外の長周期変動成分の解析に着手する。
・令和10年度　これまでの研究を総括し、前兆･前駆的現象を含めた大規模噴火の物理化学パラメータとその推移、付随現象の時期や継続時間など噴火推移のパターン、それを駆動するマグマの蓄積条件等の中長期的時間変化をまとめる。また小中規模噴火の位置付け、大規模噴火の準備過程および噴火発生後の事象分岐の要因について考察し、噴火事象系統樹へ反映させることを目指す。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

大規模噴火を駆動するマグマの蓄積条件や上昇過程およびそれらと地表現象との対応関係に着目し、大規模噴火における噴火様式遷移の支配要因を明らかにすることを目的とした研究を進めている。

浅間山については、18世紀天明噴火の噴煙柱および火砕流由来の噴出物の粒度・密度・連結空隙率等の物性の分析、鉱物化学組成分析および気泡数密度や気泡サイズ分布等の岩石組織の解析を行った。また、顕微赤外分光計により石基ガラスの含水量を定量し、これらの結果をもとにマグマ溜まり条件（温度、含水量）や噴火時の水収支（脱ガス量）を明確化した上で、マグマ上昇過程と地表現象との対応関係について考察した。結果として、火砕流由来の噴出物で気泡数密度や石基ガラス含水量が顕著に大きな値を示すこと、すなわちマグマの減圧率が増加し破砕深度が増加した可能性を示した。このことは大規模噴火時の噴火様式遷移が、マグマの減圧率（上昇速度）や上昇過程での脱水プロセス（水収支）に強く影響を受けていることを示す。この結果をまとめ国際誌に投稿、査読・改訂中である（Mizuno et al., in revision）。

また、浅間山16 ka大規模珪長質火砕噴火の一連の活動のうち、2つのプリニー式噴火（YP、YPk）について地質学的、物質科学的研究を進め、それぞれの噴火の推移やマグマ溜まり条件、マグマ上昇過程を明らかにする研究を進めた。火砕物の粒径変化と異質岩片量変化の関係からは、YP噴火では火道壁の破壊と共に噴火強度が減少した一方、YPk噴火では火道径を拡大しながら噴火強度が増していった可能性が示唆された。マグマ蓄積条件はわずかに異なるが、その違いは主に斑晶量とマグマ粘性であり、これらの物理量と噴火推移（火砕流発生の有無等）や粒子物性（密度等）に密接な関係がある可能性を示した。

霧島火山韓国岳16 ka大規模珪長質火砕噴火は、上記の浅間山16 kaプリニー式噴火と噴火の規模（VEI 5クラス）やマグマ組成の点で類似性がある。この韓国岳16 ka噴火の降下軽石堆積物および火砕密度流堆積物の分布、層序、構成物の調査を行い、噴火様式および推移の解明や浅間山16kaプリニー式噴火との比較研究を念頭に置いた地質データの取得を行った。また、複数のユニットから試料を採取し、マグマ供給系解明のための物質科学的データの取得を行った。

富士山については、テフラ層序を精緻化するために、馬伏川岩屑なだれ堆積物、山頂火口周辺の地質調査を実施した。重力観測については、超電導重力計と絶対重力計による３ヶ月程度の並行観測や、多くの参加機関を集めた相対重力計の合同検定観測を実施した。また、低周波地震解析については、DLイベントについて波形のグループ分けを実施した。空振については、火口の即時特定に繋げるための効果的な空振観測デザインを構築中である。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

霧島火山群や浅間山については、大規模噴火を引き起こすマグマ溜まりの蓄積条件や上昇過程、噴火様式遷移（噴煙中から火砕流への遷移）に関係するマグマの減圧率等の物理化学パラメータが明らかになりつつあるが、これらの成果はとくに安山岩質火山における噴火推移パターンや事象分岐条件、マグマシステムをどのように結び付けて活動推移を理解できるのかを示すモデルケースと捉えることができ、課題1 (4) や (5)、課題2 (3) に貢献する。富士山の噴火履歴研究や地球物理観測についても着実な進展が見られ、課題1 (4) や (5) に貢献する成果が得られている。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

図子田和典・前野 深, 2024, 浅間16 kaプリニー式噴火の気泡組織と減圧過程, 日本火山学会2024年秋季大会, P39.

前野 深, 2024, 海域での爆発的噴火による表面現象とハザードー国内外の事例比較にもとづく検討ー. 日本地質学会第131年学術大会, T12-O-1.

池永有弥・前野深・安田敦, 2024, 玄武岩質マグマによる伊豆大島の大規模噴火のマグマシステムと火道ダイナミクス. 日本地球惑星科学連合大会, SVC30-P10.

安田裕紀・前野深, 2024, 火口近傍プリニアン降下堆積物の基底に発達するフルートマークに似た侵食

痕. 日本地球惑星科学連合大会, SVC30-P01.

春田悠祐・前野 深・鈴木雄治郎, 2024, 7.3 ka鬼界カルデラ噴火（アカホヤ噴火）におけるカルデラ形成に先行するフェーズ：噴火堆積物と噴煙モデルを用いた解析. 日本地球惑星科学連合大会, SVC31-01.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

浅間山と霧島についてはそれぞれ18世紀、16 kaのプリニー式噴火について地質・物質科学的調査･解析を継続し、マグマ溜まり条件や噴火推移の解明を進める。基礎的な岩石鉱物学的分析を進めるとともに、粒子物性分析と岩石組織分析を組み合わせ、マグマの蓄積・上昇過程の解明を目指す。富士山については、噴火事象系統樹の精緻化を目指した噴火履歴研究およびマグマ供給系解明のための地質調査や噴出物の岩石学的研究、活動把握のための地球物理観測を継続する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

前野 深（東京大学地震研究所）,安田 敦（東京大学地震研究所）
他機関との共同研究の有無：有
吉本充宏（富士山科学研究所）,本多 亮（富士山科学研究所）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学地震研究所　地震・火山噴火予知研究協議会 企画部
電話：
e-mail：
URL：https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/YOTIKYO/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：前野 深
所属：東京大学地震研究所火山噴火予知研究センター

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_19

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）宇宙線技術による活動的火山浅部ダイナミクスのスタディー
（英文）Study of shallow volcanic dynamics with cosmic-ray muography

（3）関連の深い建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(5) 大規模火山噴火

（4）その他関連する建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発
(3) 関連研究分野の連携強化
(4) 国際共同研究・国際協力

（5）本課題の５か年の到達目標：

山頂付近の隆起/沈降と火口底直下の密度の上昇、減少は時間的に完全に一致しているわけではなく、密度変化が先行している可能性があるが、観測期間が短く、活発期/平穏期２周期分から判断する必要があり、十分な確度で相関を議論することができない。また、2023年2月ごろ、南岳火口から昭和火口に突如として噴火活動が推移した。その後も南岳火口及び昭和火口双方からの噴火が続いている。このような噴火活動の分岐現象についても、火口底の下でマグマがどのように移動しているのかを調べることで、その現象理解に貢献できる。本課題では５年間の観測で活動的火山の火口底直下の密度変化、火口付近の地殻変動（隆起/沈降）、及び噴火との間の相関関係を明らかにすることを目標とする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

大口径化（約10平米）を達成した多線比例係数管方式の高解像度軽量ミュオグラフィ観測装置を運用することで国際チームが５年間の連続観測を実施する。
2024年　桜島ミュオグラフィ観測所を維持する。測定を継続してデータを取得する。
2025年　桜島ミュオグラフィ観測所を維持する。測定を継続してデータを取得する。
2026年　桜島ミュオグラフィ観測所を維持する。測定を継続してデータを取得する。
2027年　桜島ミュオグラフィ観測所を維持する。測定を継続してデータを取得する。
2028年　桜島ミュオグラフィ観測所を維持する。測定を継続してデータを取得する。
桜島における火口近傍の密度構造変化の時系列変化をミュオグラフィを用いて高精度に視覚化する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

2023 年 2 月に噴火した桜島昭和火口に注目して、火口底の下で どのような変化があったかについて検討した。ミュオグラフィデータの解析から 2023 年 2 月に向けて昭和火口底の密度が上昇したことがわかり、マグマが昭和火口近傍に上昇してきたと解釈された。次に南岳火口直下の密度が 高い時には昭和火口直下の密度が低く、南岳火口直下の密度が低い時には昭和火口直下の密度が高くなってい

ることがわかった。図 1 に示されるように、ミュオグラフィ観測結果においては、昭和火口直下の時系列的密度変化と南岳火口直下の時系列的密度変化の間に、Pearson 係数が-0.52 と比較的高い逆相関が示された。InSAR からはソースから離れた位置におけ る地形の変形という間接的な情報が得られるのに対して、ミュオグラフィからはソース の位置におけるよりローカライズした情報が得られることを確認した。本成果は、László Oláh et al. (2024) に纏められている。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

活動的火山の火口底直下の密度変化、隆起及び沈降を含む火口付 近の地殻変動、及び噴火との間の相関関係を明らかにする。
ハンガリー科学アカデミーウィグナー物理学研究センター並びにイタリ ア、英国、チリ機関等との共同研究を推進する、
新規出現宇宙線技術の火山内部への適用可能性の検討を続ける。
災害軽減事業の観測・解析技術の開発、並びに国際共同事業・国際 共同研究、そして素粒子物理学分野との連携を通じた学際的研究の推進に貢献する。

(8) 令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

László Oláh, Gergő Hamar, Takao Ohminato, Hiroyuki K. M. Tanaka, Dezső Varga. Branched Conduit Structure Beneath the Active Craters of Sakurajima Volcano Inferred From Muography. Journal of Geophysical Research Solid Earth 129, 9, e2023JB028514 (2024),査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

(9) 令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

(10) 令和７年度実施計画の概要：

現在ミュオグラフィ観測と比較する地殻変動量は衛星測位観測等のリモートセンシングに基づくものである。一方、現在のリモートセンシングは、地表の変動のみ測位できるため、変動観測は火口縁付近の表面に限られる。地下の変動量も地殻変動観測に加えることができれば、「宇宙線技術による活動的火山浅部ダイナミクスのスタディー 」が一層進展する。2025年度は、桜島ミュオグラフィ観測所を維持、測定を継続してデータを取得すると同時に新規出現宇宙線測位技術の火山内部への適用可能性の検討を続け、検証を行う。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

田中宏幸（東京大学地震研究所）
他機関との共同研究の有無：無

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学地震研究所
電話：
e-mail：
URL：

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：田中宏幸

所属：東京大学地震研究所

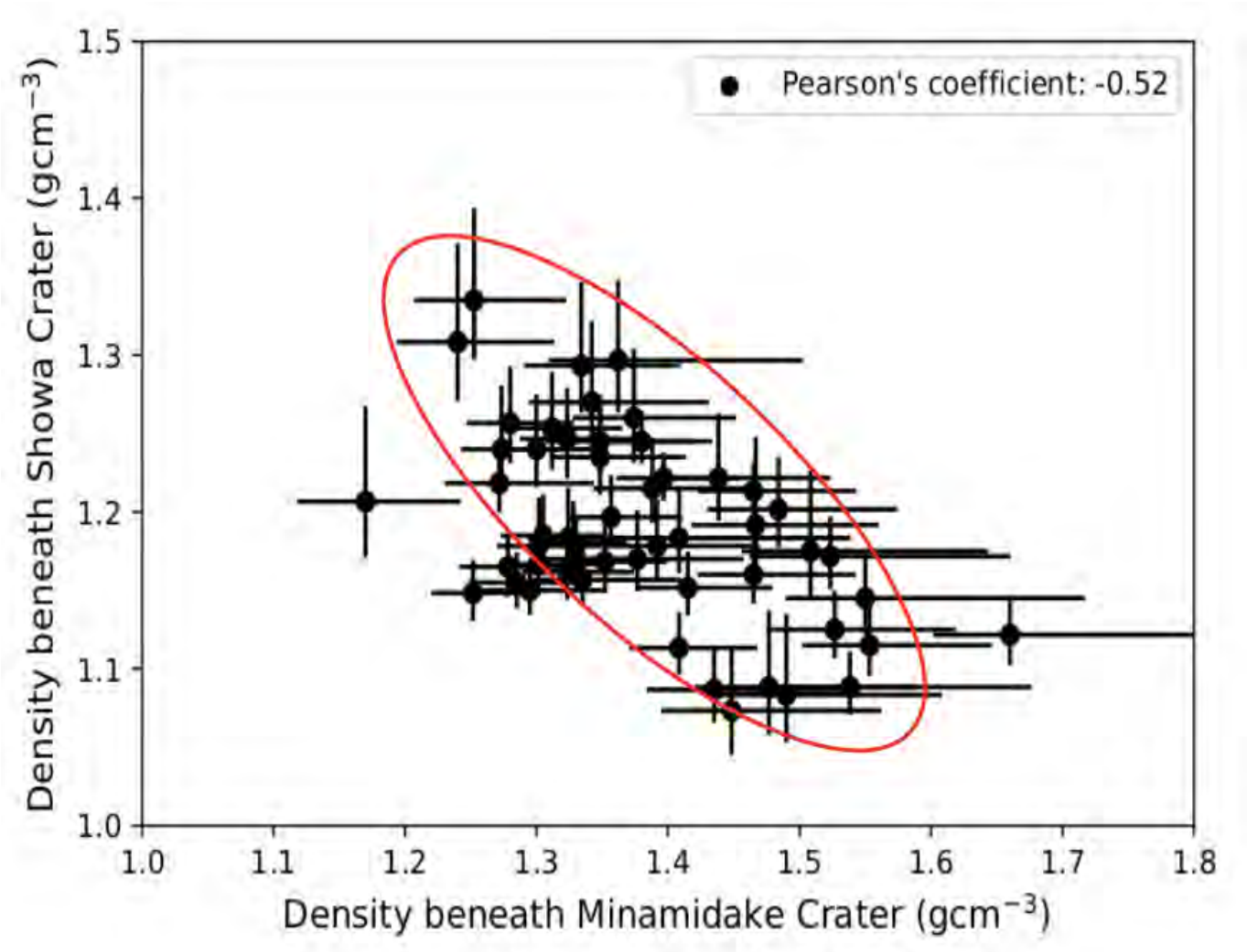


図１　昭和火口直下の密度変化と南岳火口直下の密度変化の関係

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_20

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）光技術を用いた地下深部・火山近傍における地殻活動の観測

（英文）Observation of crustal activity deep underground and near volcanoes using optical technology

（3）関連の深い建議の項目：

６ 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化
６ 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
ウ. 地震・火山現象のデータ流通
エ. 地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開

（5）本課題の５か年の到達目標：

断層すべりや応力場など地殻内で起こっている現象を定量的に理解するためには、地下深部において複数のセンサによる観測網の展開が必要である。また、火山観測においては火山体を取り囲むようにセンサを配置し観測することが地下監視のために有効である。特に重力観測は地下流体の移動等に伴う密度変化に感度を持ち、断層運動と間隙流体移動との関連性や火山噴火とマグマ移動との関連性を解明する上で重要である。本研究では、地下深部の極限的な環境や火山近傍のインフラの乏しい環境で動作できる地震波・重力場の観測技術として、光学式地震計および小型絶対重力計を光ファイバで接続し、それら複数のセンサの信号を同一の光ファイバで伝送する多重化技術を適用し、これまで困難であった地下深部や火山近傍における地震・重力の観測データを取得・配信し、地震・火山現象の解明のための新たなデータを提供することをめざす。

5年間の研究期間の前半に、複数のセンサを光ファイバで接続した状態での信号取得や長距離伝送の検証と精度評価を行なうとともに、これまで実施してきたセンサ単体での火山観測を継続する。後半の期間に同システムを火山帯のテストサイトに設置し、地震・地殻変動・火山活動の観測を実施する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

5年間の研究期間において、これまで開発してきた光技術を用いた地震計・重力計のセンサを光ファイバで接続し、テストサイトにおいて地震活動や火山活動の観測を行い、手法の有効性を検証する。計画前半では、光通信分野の研究機関やメーカーと連携し、複数のセンサを光ファイバで接続した状態で信号取得や長距離伝送、精度評価を行なう。並行して、これまで実施してきたセンサ単体での火山観測を継続する。計画後半に同システムをテストサイトに設置し、地震・地殻変動・火山活動の観測を実施する。

令和6年度においては、地震計・小型絶対重力計のセンサに関して、光通信分野の研究機関やメーカー

と連携して、複数のセンサを光ファイバで接続し、信号取得を行なう。また、センサ単体での火山観測を実施する。

令和7年度は、前年度の構成において精度評価を実施する。また、センサ単体での火山観測を継続する。

令和8～10年度には、地震・地殻変動あるいは火山活動が予想されるテストサイトにおいて観測を実施し、その結果から本手法の有効性を検証し研究の総括を行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

令和6年度においては、地震計・小型絶対重力計のセンサに関して、複数のセンサを光ファイバで接続し信号取得や長距離伝送を行うための技術開発を光通信分野の研究機関やメーカーと連携して実施した。

地震計に関しては、振動を検知する振り子部分に鏡を取り付け、レーザー干渉計測により高精度に地面振動を測定する光干渉式広帯域地震計の開発を進めた（図1）。遠地地震や低周波微動等を捉えるため、広帯域地震計の特性を持たせる制御を行い、レーザー光源・受光部・制御回路は本体の振り子と光ファイバケーブルで接続され、感震部である振り子・レーザー干渉計は電源が不要で多重化が可能な受動的素子として構成されている。地震研鋸山観測所の地下坑道においてSTS-1型地震計との比較観測を行い、正常に動作していることを確認した。また、干渉計の参照鏡を振動させることにより既知のレーザー波長を基準とした出力校正を行い、所期の精度で「その場校正」ができることが示された。

小型絶対重力計に関しては、複数の絶対重力計を面的に配置し連続観測を行うことで、火山活動に伴う流体移動や地震に伴う地下密度変化の検知などを目指した開発を継続した。落下式絶対重力計は、真空容器中で鏡を自由落下させ、その変位をレーザー干渉計で高精度に計測し、地表の参照鏡を基準に重力加速度を算出する。本研究で開発している小型絶対重力計TAG-1、TAG-2は、レーザー干渉信号の高速サンプリング、参照鏡と一体化した組み込み加速度計を用いた地面振動補正、サイレントドロップ方式の落下機構を特徴としており、レーザー光源を長基線の光ファイバで伝送することにより、寒冷な環境での連続動作に成功している。野外環境の動作において、落下装置の温度変化による落下特性の劣化が問題となっていた。本研究の落下装置で用いられているサイレントドロップ方式は、ピエゾ素子で落体を横方向から挟み保持し、トリガー信号により高速でピエゾ素子を収縮させ落体を解放し、自由落下する落体の変位をレーザー干渉計で計測する。落体の回転を抑えるために高速動作できるピエゾ素子の使用が必須であるが、ストロークが40μm程度のため落体とのギャップを数μm以内の精度で維持する必要がある。観測環境の温度変化による保持機構の熱変形がギャップに影響し、温度によってはギャップが狭くなり解放が困難となる。そのため、ピエゾ素子の熱膨張係数をほぼ打ち消す保持機構の材料としてチタンを採用し、落下装置の可動温度範囲が大幅に向上することを確認した。低温実験室（極地研究所）や室温の実験室などで、真空容器中の落体保持の状態を容器外からオートコリメータを用いて測定を行った（図2）。その結果5℃～29℃の範囲で適正な精度で保持されていることが確認された。

また、野外の地震観測収録システムをベースとした小型の干渉信号収録装置（図3）をメーカーと共同で開発し、収録装置に起因する系統誤差を周波数特性の測定により評価した。絶対重力計の干渉信号は数kHzから数MHzの周波数で変化し、高い精度で絶対重力値を求めるには干渉信号の収録装置の位相誤差を極めて小さくする必要がある。この微小な位相誤差を評価するために、基準発振器と同期した信号発生器で擬似的な干渉信号波形を生成し、それを収録装置で記録し、通常の計測と同じプログラムで絶対重力値を計算し、元の擬似干渉信号から計算される理論値と比較することで収録装置の位相誤差から生じる系統誤差を評価した。入力回路定数を調整することにより収録装置の系統誤差を1μGal程度にできる見通しが得られた。この小型収録装置は地震観測収録システムと同様に、メモリカードへのデータ記録やネットワークアクセスが可能である。

複数のセンサを光ファイバで接続し信号取得を行なう多重化については、実験方法について検討を進めた。レーザー光源から高精度に時間制御されたパルス光を出力し、複数の出力に一定の遅延を持たせ時間分割して複数の出力を1本の光ファイバで集約し取得する方法を図4に示す。また、光源からの光を複数に分岐し、それらの光をそれぞれ一定周波数シフトさせ同一ファイバに導入することで、複数系統の信号を干渉させずに同時配信することが可能となる。これらの方法を地震計や小型絶対重力計に適用し評価を進める。

センサ単体での火山観測に関しては、レーザー光源の不具合により今年度の実施は見送り、次年度に実施することとした。この部分は当初計画から変更した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本研究に関連する建議の項目「6.(1)イ.観測・解析技術の開発」、「1.(3)地震発生過程の解明とモデル化」、「1.(4)火山活動・噴火機構の解明とモデル化」に関して、地下深部や火山体への観測網の展開に向けた光干渉計測による広帯域地震計および小型絶対重力計の開発を進めた。その場校正や耐環境性能など、各センサの野外における実用性が向上した。「災害の軽減に貢献する」という目標に対して、今後複数のセンサを光ファイバで接続した状態での信号取得や長距離伝送の検証と精度評価を行なうとともに、センサをテストサイトに設置し、地震・地殻変動・火山活動の観測を実施し、従来観測が困難な地下深部や火山近傍における新たな観測データを提供することをめざす。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

新谷昌人，風間卓仁，西島潤，奥野淳一 青山雄一，葛西恵介，吉田真人，坪川恒也, 2024, 小型絶対重力計TAG-1の野外観測へ向けた改良と系統誤差評価II, 日本測地学会第142回講演会, P13

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和7年度は、地震計・小型絶対重力計のセンサに関して、光通信分野の研究機関やメーカーと連携し、複数のセンサを光ファイバで接続し信号取得を行なう実験を継続し、精度評価を実施する。また、センサ単体での火山観測を実施する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

新谷昌人（東京大学地震研究所）,高森昭光（東京大学地震研究所）
他機関との共同研究の有無：有
葛西恵介（東北大学電気通信研究所）,吉田真人（東北大学電気通信研究所）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学地震研究所
電話：03-5841-5821
e-mail：araya@eri.u-tokyo.ac.jp
URL：https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/araya

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：新谷　昌人
所属：東京大学地震研究所

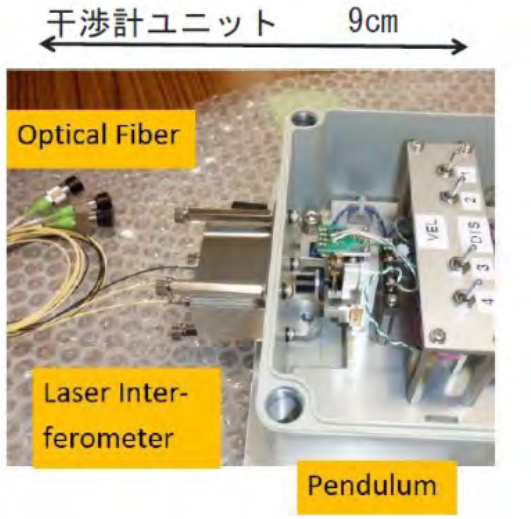


図1　光干渉式広帯域地震計の感震部

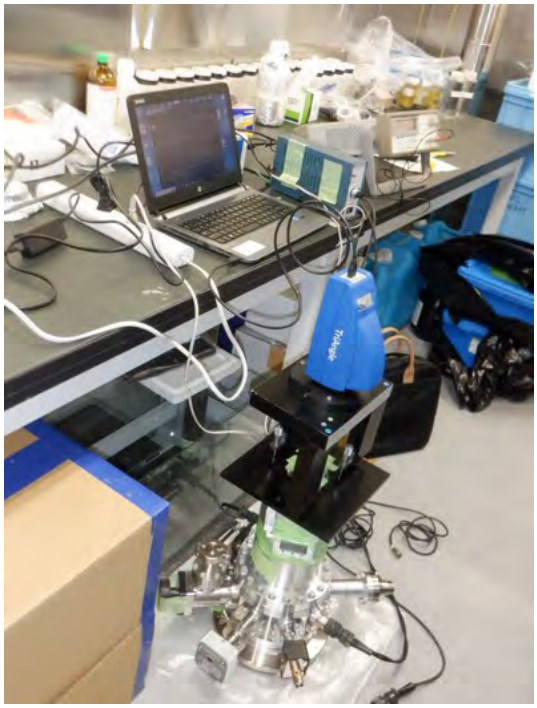


図2　小型絶対重力計の落下装置の特性測定（低温実験室、極地研究所）

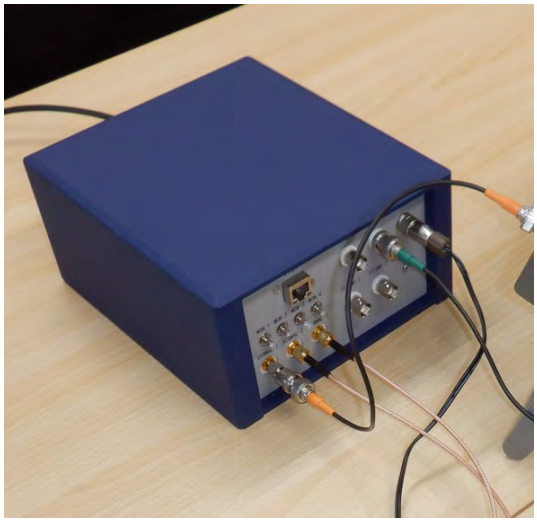


図3　新規開発した小型収録装置

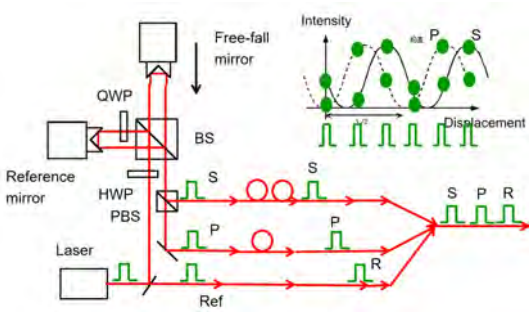


図4　レーザーパルス光による絶対重力計出力信号の集約化のしくみ

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_21

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）海底での地震・地殻変動観測の高度化に向けた観測技術開発

（英文）Instrumentation for next stage ocean floor observation in seismology and geodesy

（3）関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
ア. 観測基盤の整備

（5）本課題の５か年の到達目標：

地震発生予測の基礎的観測研究を行う上で、海洋プレートの沈み込み帯でのプレート境界地震及びスロースリップイベントが繰り返し発生している場の直上である海底での、地震・地殻変動観測は、その核心部での時間経過・詳細な状態の把握に重要である。陸域と同等な観測を海底で実現させるという基本的観点から、これまで長期高密度な機動的地震観測、機動的強震観測、機動的で長期の広帯域地震・測地観測、新方式のケーブルシステムによる定常的地震観測、などをこの十数年の間に実現させてきた。海域での地震・地殻変動観測をより高度化させるため、陸上と同等な広帯域地震観測を海域で機動的に行う技術開発、超深海域での機動的広帯域地震観測の実用化、海底面での機動的な水圧・傾斜・重力観測の面的展開技術の実用化、および定常的な海域観測網の高度化、などを今後の技術開発の課題として取り組む。

（6）本課題の５か年計画の概要：

本研究課題では、明確な年度計画は設定せず、後述の開発項目のうち予算的裏付けや試験観測が可能となったものを順次進めて行く。その理由として、これらの機器開発の予算はその大部分を科学研究費や運営費交付金（地震研内のセンター経費・所長裁量経費など）で賄っていること、及び試験観測には研究船（潜水艇）利用が必要で、その実施には不確定要素が多いためである。

具体的に現在想定している、機動的観測技術での開発項目は以下のものである。

1-1. 超深海域での長期（広帯域）地震観測の実用化
1-2. 次世代型広帯域海底地震計の自律動作方式への機能高度化
1-3. 面的展開が可能な海底面での傾斜観測の実用化
1-4. 海底での機動的かつ面的重力計測の観測手法の実用化
1-5. 観測能力の維持と高度化を念頭にした機能強化とデータ処理手法の開発
1-6. 浅海や超深海での余震観測など新技術の実地検証を目的とした臨時観測の実施

また、定常的観測技術としては以下を開発項目とする。

2-1. 高信頼性を保ちつつ、大規模展開に適した対費用効果の高いケーブルシステムの開発
2-2. 海底測地観測システムを接続可能なケーブルシステムの開発
2-3. 分散型音響センシング（DAS）と通常の地震計を用いた定常ケーブル観測システムの構築
2-4. 利用中の通信用海底ケーブルで使用可能なDASケーブル観測システムの開発
2-5. 新しい光ファイバセンシング技術を用いたケーブル観測システムの開発

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

（７）に挙げたうちの以下の開発項目について開発研究をそれぞれ実施した。

1-1は、超深海用広帯域海底地震計（UDBBOBS）の開発として、科研費（学術変革・分担・代表：田中［2021～2025］、挑戦的研究［開拓］・代表：塩原［2023～2027］）を主たる経費として推進しており、2023年度末までに詳細な仕様を決定、各部の製作を進めていた。2024年度は、海洋研究開発機構の内部枠航海（KM24-11）の観測研究と共同する形で試験観測の機会を確保し、2024年9月に熊野灘で設置作業を行った（図1）。着底確認後に音響通信で観測状態へ移行できたことは確認できたが、現時点（2025年1月）までには海底での実際の状況を観察できていない。機器の回収は2025年後半での同様な内部枠航海で実施予定であるが、それまでの間に無人潜水艇での状況観察を行う計画である。

1-2についても、2019年夏以降延期され続けていた試験観測の機会を上記のUDBBOBSと併せて確保し、同一地点での設置を行った。この自律動作方式の次世代型広帯域海底地震計（NX-2G）についても、構造を改修した後での観測状態への移行結果状況が観察出来ていないので、UDBBOBSと共に状況観察を行う計画である。

1-3では、2020年に房総半島沖に設置した広帯域海底地震・傾斜計（BBOBST-NX）を2024年7月に新青丸航海（KS24-13）で潜航回収した。2年間分の観測データが無事取れており、今後解析を進める。同一地点に設置してあった自己浮上型の海底電磁流速計は2022年秋に回収済みで、海底環境温度などのデータも揃っている。

1-5に関連するものとして、2022年9月からカナダバンクーバー島南西沖で開始した海底水圧計（OBP）6台によるアレイ観測の回収作業を、2024年7月に実施した。4台は正常に回収されたが、残る2台は海底での所在は明確であるが、錘切り離し用の電池出力が無い旨の応答となった。急遽、カナダビクトリア大学のOcean Networks Canada（ONC）との連携により、海底ケーブル観測網保守を目的とした無人潜水艇航海時にこれらを回収する予定が組まれ、2024年10月に実施された。海況・天候の制約で、2024年は1台のみの回収となったが、2025年に残る1台の回収を実施する予定である。回収された5台分のOBPデータは、ONCの海底水圧データと合わせての基本的データ処理を進めている（図2）。

2-1に関しては、2014年に復旧した既設の三陸沖海底光ケーブル式地震津波観測システム、および2015年に設置した新規開発の海底光ケーブル式地震津波観測システム、両方を用いた併行観測を引き続き実施しており、両システムの保守および改良を実施した。特に、ICT技術を利用した新規開発の海底光ケーブル式地震津波観測システムは長期間の連続観測を続けており、信頼性が実証できつつある（図3）。

2-3については、三陸沖光ケーブル式海底地震・津波観測システムの予備光ファイバおよび新潟県粟島周辺に設置されている海底ケーブル地震観測システムのファイバに、DAS計測を適用することによって、空間的に高密度の海底地震観測を引き続き実施した。また、これまでに蓄積したデータを用いて解析を進めた。2024年度は、三陸沖光ケーブル式海底地震・津波観測システムの予備光ファイバによる仏国FOSINA社のDAS観測装置を用いた観測を実施した（図4）。複数の製造会社の計測器を比較することにより、地震観測に適した計測方式の検討も実施している。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

1-1・1-2・1-3の各項目は、今後の海底地震・測地観測研究を高度化していく基礎となる開発研究である。また、1-5は長期海底水圧アレイデータの取得に加え、1台の未回収OBPではこれまで20年以上使用してきた錘切り離し機構の運用で発生しなかった障害が起きたと見られるので、2025年に当該OBPを回収して原因究明を進めたい。これもまた、海底観測機器の安定した運用への基礎となる。

2-1・2-3については、海底ケーブルを利用する海底地震津波観測研究の高度化を目指している。近

年は、千島海溝西部、日本海溝、南海トラフに海底ケーブル観測システムが設置され、防災面および科学面に大きな寄与があるが、高精度なデータ解析の実現という観点で、引き続き観測点の空間的高密度化を図る必要がある。そのためには、海底ケーブル観測システムのさらなる開発研究が不可欠である。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Shinohara, M., S. Sakai and T. Yamada, Long-Term Continuous Seafloor Observation for Earthquake and Tsunami Using Developed ICT Cable Observation System off Sanriku, Japan, OCEANS 2024 - Halifax, Halifax, NS, Canada, 1-6, 2024. doi:10.1109/OCEANS55160.2024.10753809,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

塩原 肇・伊藤亜妃・杉岡裕子・篠原雅尚，超深海域での広帯域地震観測へ向けた海底地震計(UDBBOBS)の開発，日本地震学会2024年度秋季大会，S02-11，2024年10月22日

Shiobara, H., et al., Ocean bottom pressure gauge array observation for detecting slow earthquakes with a wide frequency range at Southwestern off the Vancouver Island, AGU-FM 2024, S41H-3397, 12 Dec. 2024

Shinohara, M., T. Yamada, T. Yagi, M. Masuda, T. Hashimoto, H. Abe, S. Fukushima, and H. Yamahana, Seismic observation using the seafloor optical fiber cable with distributed acoustic sensing in the Japan Sea, Japan Geoscience Union Meeting 2024, STT36-03, 17 May, 2024

Shinohara, M., S. Sakai, and T. Yamada, Long-term continuous seafloor observation for earthquake and tsunami using developed ICT cable observation system off Sanriku, Japan, OCEANS 2024 Halifax, AL1, 24 Sep. 2024

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

現時点での2025年の開発研究は以下の項目で実施予定である。

1-1・1-2は、年度後半に予定している海洋研究開発機構の内部枠航海でUDBBOBSとNX-2Gの自己浮上回収を行う。また、回収実施前までにこれらの海底での観測状態の状況観察を実施する。データ回収後、近傍のDO-NET坑内広帯域地震観測点のデータとのノイズレベル比較などの解析を進める。UDBBOBSについては、2026年度での超深海域への設置について検討を行う。

1-3は、2024年に回収したデータを含め計3回、のべ5年分の海底広帯域地震・傾斜観測データが蓄積されたので、より適切な温度補正手法の開発など、海底面での傾斜観測の可能性を検証する。

1-5としたOBPアレイ観測は、海洋起源ノイズの低減手法導入を行うと共に、残る1台の無人潜水艇での回収をONCと協働し実施する。

2-1については、2014年に復旧した既設の三陸沖海底光ケーブル式地震津波観測システムおよび2015年に設置した新規開発した海底光ケーブル式地震津波観測システムの両方を用いた併行観測を継続して、信頼性の検証を行うとともに、陸上側において、さらなる高度化を実施する。

2-3については、三陸沖光ケーブル式海底地震・津波観測システムの予備光ファイバおよび新潟県粟島周辺に設置されている海底ケーブル地震観測システムのファイバによるDAS観測を引き続き行い、計測方式の異なるDAS計測装置の比較や、連続観測に適したシステムの開発研究を実施する予定である。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

塩原　肇（東京大学　地震研究所）,篠原　雅尚（東京大学　地震研究所）,望月　公廣（東京大学　地震研究所）,山田　知朗（東京大学　地震研究所）,一瀬　建日（東京大学　地震研究所）,悪原　岳（東京大学　地震研究所）
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学　地震研究所
電話：03-5841-8287
e-mail：shio@eri.u-tokyo.ac.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：塩原肇
所属：東京大学　地震研究所

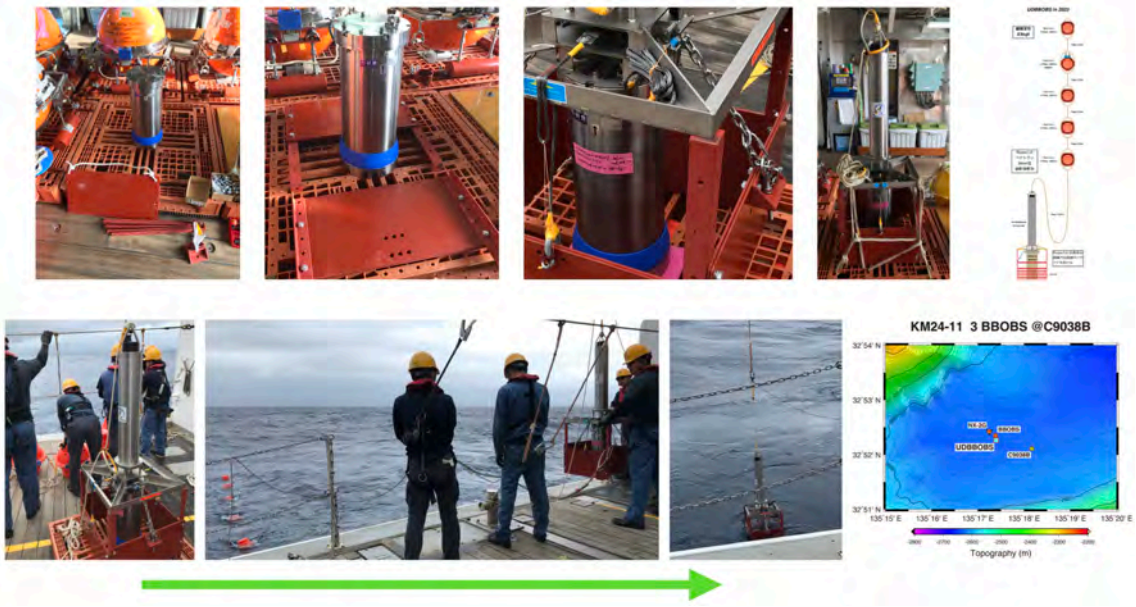


図1　UDBBOBSの試験観測
上段：　「かいめい」船上でのUDBBOBSの設置前準備。茶色のパレット中央にセンサーなどを収納した耐圧容器を置き、その周囲から錘を組み上げ、その上に動作制御部と音響トランスポンダを載せていく。

下段：　投入時は、回収用の浮力体を海上に投入後、本体を海面まで降ろし自由落下させる。右端に着底後の機器配置（NX-2Gも含む）を示した。

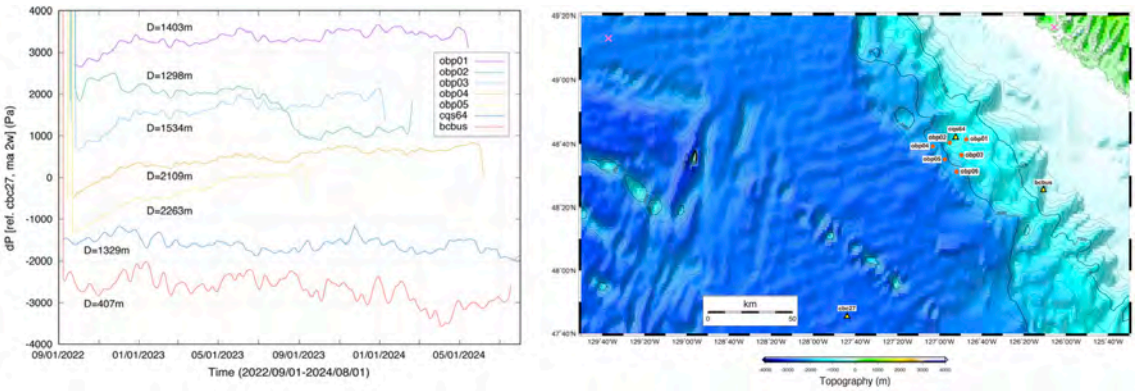


図2　カナダバンクーバー島南西沖でのOBPアレイ観測
左：　5台のOBPとONCの2観測点のデータから、沖合の“cbc27”観測点のデータを基準とした差分の圧力変動記録の全期間分、baytap08での潮汐成分の除去と2週間長の移動平均処理を実施。記録用SDカードの応答遅れによる記録停止がランダムに発生し、1年～2年弱の記録期間となっている。“obp02”で2023年前半に-10hPaのゆっくりした変化が見られるが、今のところインテリジェント型APG内部の起因すると想定している。

右：　6台のOBP（橙丸）、海底水圧データを使用したONC観測点（黄三角）の配置図。2つの×は5台のOBP共通の観測期間中に起きたM5級の地震であるが、現段階ではそれに伴う圧力変動は検出できていない。

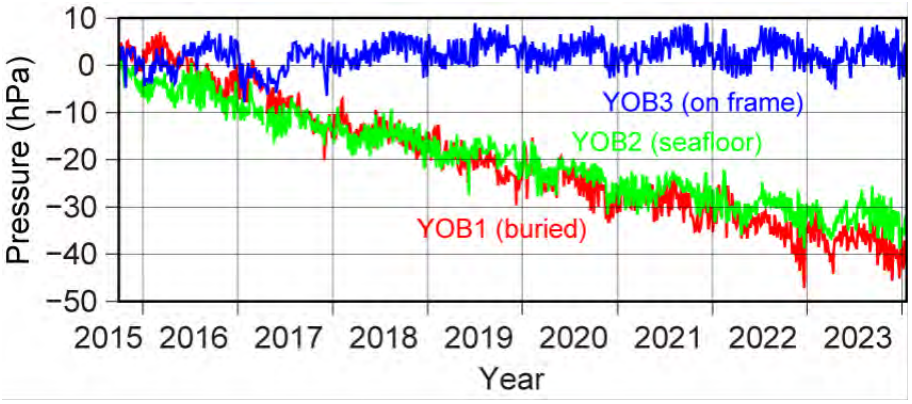


図3　2015年に設置したICT海底光ケーブル式地震津波観測システムに取り付けられている3台の圧力計の長期間変化
潮汐の影響を取り除くために、3日間の平均値を用いている。保護筐体内に収められている圧力計(YOB1、YOB2)は、線形の長期変化しているように見える。一方、水圧計本体が海水に暴露しているYOB3では、長期変化が少ない。

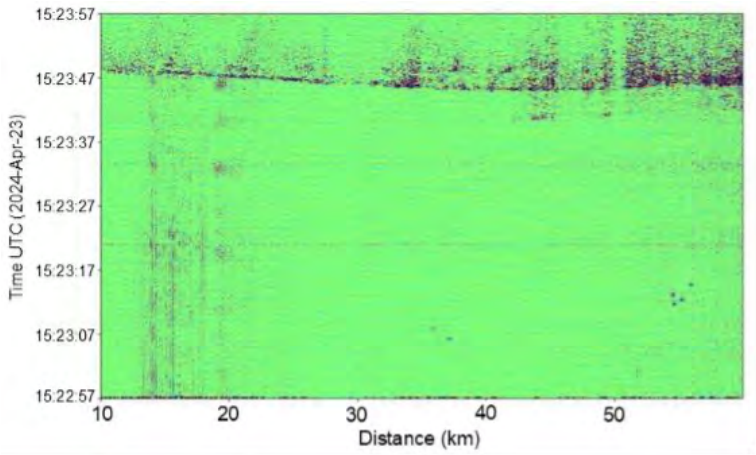


図4　仏国FOSINA社の観測装置による三陸沖光ケーブル式海底地震・津波観測システムの予備光ファイバを用いたDAS記録
この観測装置は、観測後のデータ処理の段階でゲージ長を変更できることが特徴であり、この記録はゲージ長を300mとしている。震央距離が30km程度のマグニチュード1.0の地震の記録である。9-50 Hzのバンドパスフィルターを適用した。

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_22

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）光ケーブル式海底観測システムと分散型音響センシング技術による海域地震観測・解析技術の開発

（英文）Development of observations and data analyses using distributed acoustic sensing and seafloor optical cables

（3）関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
地震
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(2) 首都直下地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

光ファイバセンシング技術の一つであり、振動を計測する分散型音響センシング（Distributed Acoustic Sensing、以下DAS）は、近年様々な分野で応用され始めている。地震関係分野では、資源探査のための構造調査に多く利用されており、地震観測にも適用され始めている。この計測は、光ファイバー末端からレーザー光のパルスを送出し、光ファイバー内の不均質から散乱光を計測し、その変化から、振動を検出する方法である。光ファイバーに沿って、時空間的に密な観測を実施できることが特長である。国内では、地震津波観測システムとして過去に設置された海底光ケーブル観測システムのうち、使用可能な光ファイバがあるシステムでこれまでに観測が行われている。例えば、地震研究所が1996年に設置した三陸沖光ケーブル式海底地震・津波観測システムは、伝送路である海底ケーブルに予備の光ファイバがあり、この予備光ファイバに、DAS計測を適用することによって、空間的に高密度の海底地震観測が実施できることがわかっている。海洋研究開発機構でも室戸岬沖に「海底地震総合観測システム」として敷設された光ケーブルを用いた試験観測を進めるとともに、地方自治体や民間が所有する通信用海底ケーブルを用いた観測にも取り組んでいる。DAS観測が生成するデータは莫大なものであり、定常観測を行うためには、引き続き、解析技術も含めた技術開発が必要である。本研究課題では、現在利用可能な海底ケーブルシステムにDAS技術を適用して、稠密な海底地震観測を定常的に行うシステムを開発すると共に、このシステムを用いて観測域の地殻活動を把握することを目的とする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

海底ケーブルシステムの設置に大きな費用がかかるために、海底ケーブルを用いる観測技術開発を行う本研究課題では、対象を現在設置済みの海底光ファイバを用いた地震津波観測システムを対象とする。現在設置されているケーブル観測システムにおいても、分散型音響センシング(DAS)技術による計測は専用の光ファイバを必要とするために、使用していないまたは予備の光ファイバを含むシステムを用いて、技術開発を進める。DAS技術による地震観測は、数ｍの間隔で、数十kmにわたり、データを得ることができることが特長である。しかしながら、DAS技術による地震観測は単位時間あたりに生成されるデータ量が莫大なものであり、定常的に観測を実施するためには、莫大なデータを適切取り扱う技術開発やデータから情報を抽出する解析技術開発が必要である。現在、国内において定常的なDAS観測を行っている例もあり、その技術を発展させることで、国内でDAS計測可能な既存システムを用いて定常観測を実施する。一方、現在S-netやDONETなどのケーブル観測システムが稼働しており、これら従来の海底地震津波観測システムからのデータと併合処理することにより、地殻活動を高精度に把握する解析手法も開発する。DASはファイバ軸方向の成分のみを観測していることから、従来の地震計との併合処理が有益である。以上を達成するために、本研究課題では主たる開発項目を、

・既設の光ケーブル式海底観測システムを用いたDAS技術による地震観測データの評価
・定常的観測を実施するためのデータ量低減技術の開発
・稠密データから必要な情報抽出するデータ処理技術の開発
・DASデータと従来の観測網データの併合処理による高精度解析技術の開発

とする。さらに、システムが構築できた場合には、DAS観測システムによる地殻活動の高精度モニタリングを実施する。また、大学・研究機関が所有する地震津波観測システム以外の海底ケーブルのファイバの利用や、広帯域地震・地殻変動の観測が期待できる光ファイバ計測技術についても広く検討を実施する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

地震研究所が所有する三陸沖光ケーブル式海底地震・津波観測システムの予備光ファイバおよび新潟県粟島周辺に設置されている海底ケーブル地震観測システムのファイバに、DAS計測器を接続し、空間的に高密度の海底地震観測を実施した。また、これまでに蓄積したデータを用いた解析を進めた。さらに、2024年4月に、三陸沖光ケーブル式海底地震・津波観測システムの予備光ファイバに仏国FOSINA社のDAS観測装置を接続した観測を実施した。このDAS装置は、Heterodyne方式を用いており、ゲージ長が異なるデータを計測後のデータ処理により作成できることが特長である。今回は、300m以上のゲージ長によるDASデータを作成した。新潟県粟島周辺に設置されている海底ケーブル地震観測システムによる2024年能登半島地震のDAS計測による余震観測は、2024年2月に開始し、5月に終了し、多数の余震を観測することができた(図1)。高知県沖から日向灘にかけての海域では、新しいケーブル式海底地震津波観測網N-netが開発整備されている。N-netは沖合システムと沿岸システムの2つの観測システムからなり、海底ケーブルは片端は宮崎県串間市に、もう一つの片端は高知県室戸市に陸揚げされている。南海トラフに近い領域に敷設された沖合システムの試験運用は2024年7月に開始された。通信用光海底ケーブルでは、束ねたファイバが鉄線やポリエチレンなどの保護材と一体化した金属製のパイプに通っている。以前はパイプに接着剤などが詰められ、ファイバがケーブル本体と強く結合していた(リジッド)が、2010年頃からの光海底ケーブルは張力がかかってもファイバが切断しにくいようにパイプにはジェリーなど柔らかい物質が詰められるようになった(ルース)。これまで国内で行われたDAS観測の多くはリジッド海底ケーブルを用いており、ルース光海底ケーブルを用いたDAS観測は余り行われていない。N-netシステムはシステム全体を考慮してルース光海底ケーブルが用いられている。このような背景の元で、N-net沖合システム串間局側においてDAS計測を実施し観測データの評価を行った。DAS観測は2024年8月から10月まで行い、良好な記録が得られた(図2)。観測開始後の8月8日には日向灘で発生した気象庁マグニチュード7.1の地震を観測し、その後も多数の余震が観測された。また、雑微動の解析からは、ノイズレベルが国内他地域のシステムにおけるノイズレベルとほぼ同じであり、結合がルースであるN-netの海底ケーブルにおいてもDAS計測が有益であることがわかった。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

現在利用可能な海底ケーブルシステムにDAS技術を適用することにより，稠密な海底地震観測を定常的に行うシステム開発に利する基礎的なデータを得ると共に、DAS観測による観測域の地殻活動把握に貢献する観測が実施できた。また、防災技術に活用するための基礎データも取得している。例えば、現在狩猟となっている結合がルースな海底ケーブルを用いても、精度の高い地震観測が実施可能であることが判明した。また、近距離での大地震の観測を行ったことにより、大地震の震源決定及び規模推定について、さらなる技術開発が必要であることもわかった。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Fukushima, S., M. Shinohara, K. Nishida, A. Takeo, T. Yamada and K. Yomogida, 2024, Retrieval and precise phase-velocity estimation of Rayleigh waves by the spatial autocorrelation method between distributed acoustic sensing and seismometer data, Geophys. J. Int., 237, 1174–1188. https://doi.org/10.1093/gji/ggae103,査読有,謝辞無

Miao, Y., A. Salaree, Z. J. Spica, K. Nishida, T. Yamada and M Shinohara, 2024, Assessing the Earthquake Recording Capability of an Ocean-bottom Distributed Acoustic Sensing Array in the Sanriku region, Japan, Seismol. Res. Lett. 4https://doi.org/10.1785/0220240120,査読有,謝辞無

Shinohara, M., T. Yamada, S. Fukushima, and H. Yamahana, in press, Distributed acoustic sensing observation using seafloor cable observation system in the Japan Sea, 2025 IEEE Underwater Technology (UT).,査読無,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

Shinohara, M., T. Yamada, T. Yagi, M. Masuda, T. Hashimoto, H. Abe, S. Fukushima, and H. Yamahana, Seismic observation using the seafloor optical fiber cable with distributed acoustic sensing in the Japan Sea, Japan Geoscience Union Meeting 2024, STT36-03, 17 May, 2024.

Shinohara, M., S. Sakai, and T. Yamada, Long-term continuous seafloor observation for earthquake and tsunami using developed ICT cable observation system off Sanriku, Japan, OCEANS 2024 Halifax, AL1, 24 Sep. 2024.

篠原雅尚・青井真・武田哲也・功刀卓・植平賢司・望月将志・田中伸一・増田正孝、N-net沖合システムによる分散型音響センシング海底地震観測、日本地震学会 2024年度秋季大会、S02P-01、2024年10月22日2024年10月22日.

Shinohara, M., Innovative seafloor seismic observations with distributed acoustic sensing technology, ERI-IPGP Workshop, WG1 Innovative observation & data, 12 Nov. 2024.

Shinohara, M., S. Aoi, S. Fukushima, T. Yamada, T. Takeda, T. Kunugi, K. Uehira, M. Mochizuki, T. Akuhara, K. Mochizuki, and S. Sakai, Seismic observations by DAS using seafloor cable systems around Japan, SZNet Ocean Floor Observational Technology Workshop, Session 4 - coseismic rupture & tsunamis, landslides, and other hazards, 15 Jan. 2025.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

現在設置済みの海底光ファイバを用いた地震津波観測システムを対象とした研究を継続する。DAS観測システムによる地殻活動の高精度モニタリング実施の検討に必要なデータの取得、解析方法の開発を実施する。また、DAS技術による地震観測データを適切取り扱う技術開発やデータから情報を抽出する解析技術開発も実施する。最終的には、効果的な定常観測システムの開発に向けて、これらを観

測及び技術開発を進める。具体的には、
・既設の光ケーブル式海底観測システムを用いたDAS技術による地震観測データの評価
・定常的観測を実施するためのデータ量低減技術の開発
・稠密データから必要な情報抽出するデータ処理技術の開発
・DASデータと従来の観測網データの併合処理による高精度解析技術の開発
を引き続き、実施する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

篠原雅尚（東京大学地震研究所）,塩原肇（東京大学地震研究所）,望月公廣（東京大学地震研究所）,山田知朗（東京大学地震研究所）,悪原岳（東京大学地震研究所）
他機関との共同研究の有無：有
荒木英一郎（海洋研究開発機構）,尾鼻浩一郎（海洋研究開発機構）,青井真（防災科学技術研究所）,功刀卓（防災科学技術研究所）,武田哲也（防災科学技術研究所）,藤原広行（防災科学技術研究所）,中村洋光（防災科学技術研究所）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：篠原雅尚
所属：東京大学地震研究所

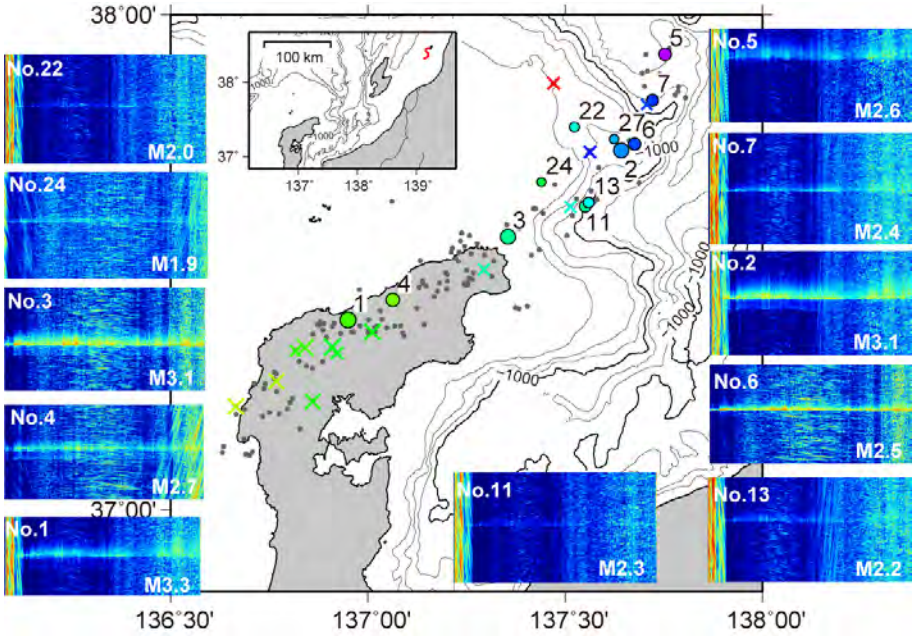


図1　新潟県粟島沖に設置されている地震観測システムによる2024年能登半島地震余震のDAS観測記録
DAS観測による余震観測は2024年2月8日から開始した。2月8日と9日に発生した気象庁震源カタログにリストされている地震の一部についてDAS記録と比較し、記録できていない余震を☒　で、DAS観測できている余震を〇で表示した。色は震源の深さを表している。波形記録の番号と震央分布の番号が一致している。震央距離が200km以上にもかかわらず、マグニチュード2程度までの地震が記録できている。

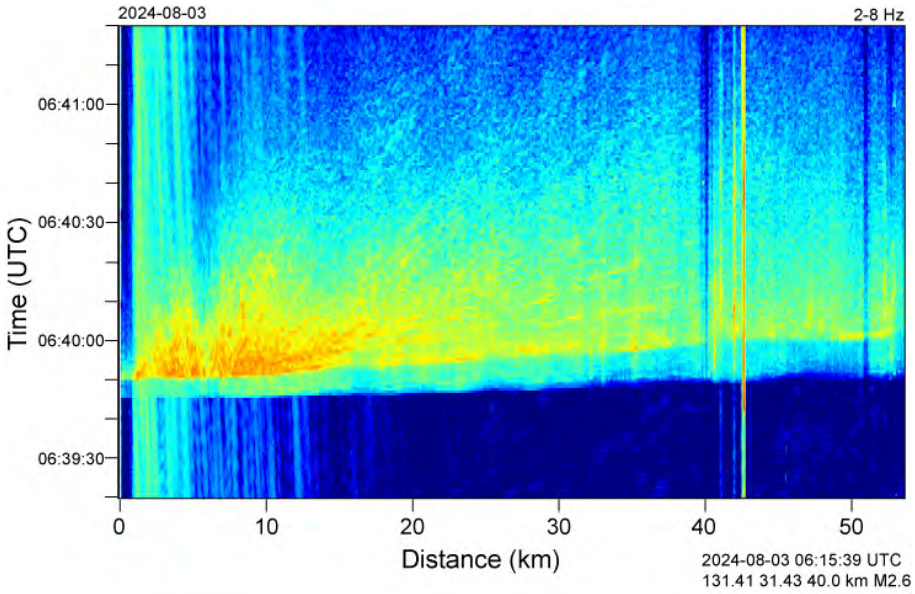


図2　日向灘に設置されているN-net沖合システムによるDAS観測で記録された地震の例
地震は2024年8月3日に日向灘で発生した地震の周波数帯抽出データ。深度とマグニチュードはそれぞれ40kmと2.6である。図の横軸は串間局からの距離、縦軸は時間である。暖色は振幅が大きいことを示している。観測点間隔は10m, ゲージ長は100mである。また、レーザーパルスの発振周波数は800Hz,であり、記録は200Hzとしている。P波とS波を明瞭に見ることができる。

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_23

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）次世代WINシステムの開発

（英文）Development of the next generation WIN system

（3）関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備

(1) 観測研究基盤の開発・整備

イ. 観測・解析技術の開発

（4）その他関連する建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備

(1) 観測研究基盤の開発・整備

ア. 観測基盤の整備

ウ. 地震・火山現象のデータ流通

（5）本課題の５か年の到達目標：

地震・地殻変動等の時系列データの伝送や検測処理に広く用いられているWINシステムは、大学等の基幹システムとして開発から30年以上にわたって使い続けられている。観測項目の多種化、A/D性能の向上、観測点数の増大、伝送手段の多様化と高速広帯域化などにより、現状ではデータ集配信や収録が効率的に行えていない場合がある。そこで、本課題では、WIN形式データのリアルタイム伝送が機関の枠を超えた全国規模のデータ流通の基盤となっていることを踏まえ、現在から近い将来の観測技術や情報通信環境に最適化したデータフォマットの提案やデータ伝送システムを試作し、その普及を目指す。また、近年、機械学習等に代表される最先端の情報理工学を用いたデータ処理手法が数多く開発、提案されている。しかし、計算機環境に大きく依存するなど汎用性や安定性に欠けるものも散見される。本課題では、自動処理系システムの一部にこれらの最先端技術を取り入れるような自動処理の高度化について検討を行う。さらに、これまで試作を進めてきたマルチプラットフォーム対話型検測プログラムは機能強化や不具合修正を行い、その普及を進める。大学等のデータ生産・流通の現場に、IoT技術をキャッチアップしたより扱いやすく多機能なソフトウェア群を導入することで、システム構築・維持管理労力やデータ収集・処理労力の軽減を図るほか、多項目観測データを横断した処理、最先端の研究活動の活性化、迅速な情報発信に向けた研究につながると期待される。

（6）本課題の５か年計画の概要：

WINシステムのプログラムは、伝送処理系ソフトウェア群と、対話検測処理系ソフトウェア群に大別できる。本課題では伝送処理系ソフトウェア群や伝送プロトコルの開発を進めながら、自動処理系ソフトウェア群への最新技術の取り込みや対話検測処理系ソフトウェア群の機能強化を行う。必要に応じて近年および将来の観測環境に対応できるように、WINフォーマット（波形やチャネル情報）の拡張や2次データ（検測情報や震源情報等）の共通フォーマット化も検討する。

具体的には、伝送処理系ソフトウェア群は、データフォーマットと通信プロトコルの検討と実装を行う。現行WINシステムでは、データフォーマットには、チャネルIDの枯渇、チャネル数の非常に多いデータのファイルサイズ、1秒パケットが基本であるが故に秒未満への分割等の扱い、多項目データの格納等の課題が生じている。通信プロトコルについても、再送要求の適切な制御、高サンプリングデー

タの適切な伝送、データの正常性の担保、高速ネットワークの効率的な利用、低速ネットワークの確実なデータ伝送等の課題がある。これらの課題を解決する新しい伝送処理系ソフトウェアを構築する。また、自動処理系ソフトウェア群や対話処理系ソフトウェア群には、機械学習をはじめとする最新技術を研究者が必要に応じてアドオン的に取り込めるように、データファイルの入出力を共通化する仕組みの構築を検討する。さらに関連して、海外で広く使われているデータフォーマットの取扱いも検討する。
令和6年度においては、伝送系システムの課題抽出と仕様検討、機械学習ソフトウェア等に関する情報収集と評価、対話検測処理系ソフトウェア群の機能強化を行う。令和７-10年度においては、伝送系システムのフォーマットと基本プログラムの試作、機械学習ソフトウェア等の自動処理系システムへの連携、対話検測処理系ソフトウェア群の機能強化を実施する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

令和６年度は、主に伝送系システムの課題抽出、対話検測処理系ソフトウェア群の機能強化を行なった。前計画では次世代の対話験測処理系システムについて試作を進めて、共同研究者に試用してもらった。インストールや初期設定の手順がやや複雑であったことから、その改良を行なった。また、伝送系システムについてはIoTでよく用いられているMQTTはじめ様々なプロトコルや無線系通信の新しい規格等について情報収集を進めた。さらに、伝送系システムの試験にも利用可能な小型の地震観測デバイスを作成した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

全国規模のデータ流通及びデータ処理で広く用いられているプログラムについて、その近代化と機能向上が着実に進んでいる。観測データを利用した研究がより簡便かつ活発に行われるとともに、データ伝送や処理技術の進展によって観測そのものの高度化・効率化が期待される。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和７年度は、伝送系システムについて試作と試験を開始する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

中川茂樹（日本列島モニタリング研究センター）,鶴岡弘（日本列島モニタリング研究センター）,青木陽介（日本列島モニタリング研究センター）

他機関との共同研究の有無：有

青山裕（北海道大学）,高橋浩晃（北海道大学）,前田拓人（弘前大学）,内田直希（東北大学）,山本希（東北大学）,前田裕太（名古屋大学）,大見士朗（京都大学）,中道治久（京都大学）,大久保慎人（高知大学）,松島健（九州大学）,八木原寛（鹿児島大学）,汐見勝彦（防災科学技術研究所）,植平賢司（防災科学技術研究所）,上田英樹（防災科学技術研究所）,青木重樹（気象庁）,大竹和生（気象庁地磁気観測所）,山本剛靖（気象研究所）,本多亮（神奈川県温泉地学研究所）,関根秀太郎（地震予知総合研究振興会）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学地震研究所
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：中川茂樹
所属：東京大学地震研究所

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_24

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）最先端の情報科学に基づく固体地球観測データ解析技術・モデリング技術の開発研究
（英文）Development of data analysis and modeling techniques for solid Earth science based on state-of-the-art information science

（3）関連の深い建議の項目：

６ 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
地震
火山
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(2) 地震発生確率の時間更新予測
ア. 地震発生の物理モデルに基づく予測と検証

（5）本課題の５か年の到達目標：

本課題の目的は、固体地球科学と情報科学の専門家の緊密な連携に基づき、最先端の情報科学技術の固体地球科学分野への浸透を加速させることにより、超大容量データ・超大規模モデル時代に即したデータ解析技術およびモデリング技術を開発することである。地震火山観測研究計画（第3次）の5か年で、本課題では情報科学技術に基づき、地震波形データからの地震・低周波微動（以下、微動）検出をはじめとする観測データ解析技術を刷新し、地震・微動活動推定や地球内部構造推定をはじめとするモデリング技術の深化をねらう。具体的には、(A)深層学習に基づく地震波形連続データからの地震・微動検出技術、(B)深層学習による画像認識技術に基づく地震波形画像データからの地震・微動検出技術、(C)機械学習に基づく地震・微動の時空間分布推定技術、(D)転移学習とデータ同化に基づく地球内部構造モデリング技術を実施する。研究項目(A)では、稠密な地震観測がもつ豊かな空間相関情報を活かしたイベント検出技術や、SN比が極めて小さな観測データからのイベント検出技術を深化させる。研究項目(B)では、現代の地震波形データだけでなく、昔の地震計によって地震波形が紙に直接記録された古記録も対象とし、解析可能な時間軸を大幅に拡大することにより、地震・微動カタログの充実を図る。研究項目(C)では、研究項目(A)(B)で自動検出された地震・微動からそれらの時空間分布を推定する手法を開発し、地震発生確率の長期評価に新たな情報をもたらすことを目指す。研究項目(D)では、地震波形や地球内部構造の巨視的類似性を活かし、転移学習に基づく他地域で構築された地下構造モデルからのモデル構築技術や、そのモデルと対象地域で得られた観測データから高精度かつ高速に地下構造を推定するデータ同化技術の確立を目指す。

（6）本課題の５か年計画の概要：

本課題における5か年計画は、以下の通りである。令和6年度は、各研究項目(A)～(D)を実現するためのアルゴリズムの検討およびそれを具体的に実装するための準備研究を実施する。令和7年度は、研究項目(A)(B)においては地震・微動を検出するための深層学習モデルの開発を、研究項目(C)においては地震・微動の時空間モデリング手法の開発を、研究項目(D)においてはデータ同化手法の開発を、それぞれ実施する。令和8年度は、各研究項目において開発した手法を実データへ試験適用し、その性能評価に基づいて手法の改良を行う。令和9年度は、各研究項目において開発した手法の実データへの本格的な適用を実施し、手法を完成させる。令和10年度は、各研究項目における論文出版を行うとともに、開発した手法の公開および既存システムへの実装に向けた検討を実施する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

令和6年度は、(A)深層学習に基づく地震波形連続データからの地震・微動検出技術、(B)深層学習による画像認識技術に基づく地震波形画像データからの地震・微動検出技術、(C)機械学習に基づく地震・微動の時空間分布推定技術、(D)転移学習とデータ同化に基づく地球内部構造モデリング技術という、本課題の4つの目標を実現するためのアルゴリズムの検討およびそれを具体的に実装するための準備研究を、本課題の当初計画通りに実施した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

令和6年度は、世界における情報科学を活用した地震研究の調査を踏まえた準備研究を実施することにより、本課題と関連の深い建議の項目6(1)イの目的の一つである「固体地球科学と情報科学の専門家の緊密な連携に基づき，最先端の情報科学技術の固体地球科学分野への浸透を加速させることにより，超大容量データ・超大規模モデル時代に即したデータ解析技術及びモデリング技術を開発する」の達成に向けて大きく貢献した。本課題で開発中のデータ解析技術およびモデリング技術は、将来的に地震速報／緊急地震速報技術の高速化と高精度化などに繋がるものと思われ、災害の軽減に貢献するものと考えられる。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Nagao, H., S. Ito, and M. Matsumura, 2024, Dominant mode extraction based on the four-dimensional variational method, 2024 27th International Conference on Information Fusion (FUSION), pp. 1-8, doi:10.23919/FUSION59988.2024.10706506,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

Nagao, H., R. Kaneko, S. Ito, H. Tsuruoka and K. Obara, 2024, Detection of deep low-frequency tremors from continuous paper records at a station in southwest Japan about 50 years ago based on convolutional neural network, American Geophysical Union Fall Meeting, S21B-03

Tokuda, T. and H. Nagao, 2024, Seismic detection based on unsupervised combination of station-wise phase picks by deep learning, American Geophysical Union Fall Meeting, S11A-06

Mendo-Perez, G., H. Nagao, S. Katoh and M. Shinohara, 2024, Use of sequential models to detect seismic event detection and phase identification using Distributed Acoustic Sensing records of seafloor cable in Sanriku, Japan, American Geophysical Union Fall Meeting, S21G-3492

Shinya, K., H. Nagao, M. Imaizumi and Y. Iio, 2024, Enhancement of phase picking models using deep learning by addressing the label imbalance problem, American Geophysical Union Fall

Meeting, S13B-3469

Kusui, T., H. Nagao, S. Ito, S. Katoh and T. Tokuda, 2024, Acquiring a stochastic differential equation representation to characterize low-frequency tremors from seismic waveform data using deep learning, American Geophysical Union Fall Meeting, S23B-3508

Nagao, H., 2024, Four-dimensional variational method for data assimilation and its applications to models in solid Earth science, 2024 Japan-Taiwan Joint Workshop on Inverse Problems and Related Topics

徳田智磯, 長尾大道, 2024, 複数観測点の波形を用いた地震検出手法：観測点ごとに得られた深層学習による検出結果の統合, 日本地震学会秋季大会

加藤慎也, 長尾大道, 今泉允聡, 飯尾能久, 2024, ラベル不均衡問題への対処による深層学習を用いた走時読み取りモデルの強化, 日本地震学会秋季大会

Mendo-Pérez, G., H. Nagao, S. Katoh, M. Shinohara, 2024, Development of deep-learning methods for seismic event detection in seafloor DAS data: creation of training/validation datasets, 日本地震学会秋季大会

楠井俊朗, 長尾大道, 伊藤伸一, 加藤慎也, 徳田智磯, Acquiring a stochastic differential equation representation to characterize tremors from seismic waveform data using deep learning, 日本地震学会秋季大会

長尾大道, 2024, 地震ビッグデータ解析の最前線, シンポジウム「あたらしい統計科学」

徳田智磯, 長尾大道, 地震検出モデルの転移学習：マルチプル・クラスタリングに基づく判別手法を用いた二段階アプローチ, 統計関連学会連合大会

Nagao, H., S. Ito, and M. Matsumura, 2024, Dominant mode extraction based on the four-dimensional variational method, 27th International Conference on Information Fusion

加藤慎也, 長尾大道, 今泉允聡, 2024, 深層学習を用いた走時読み取りモデルの問題解決に向けて, 第38回人工知能学会全国大会

加藤慎也, 長尾大道, 飯尾能久, 片尾浩, 澤田麻沙代, 冨阪和秀, 2024, 深層学習を用いた複数トレースを入力とする深部低周波地震検知手法の開発, 日本地球惑星科学連合大会

森川耕輔, 長尾大道, 高原健, 平田直, 2024, 地震波と地震カタログの統合による本震直後の早期余震活動推定, 日本地球惑星科学連合大会

徳田智磯, 長尾大道, 2024, 少量データに適用可能な地震波検出モデルの転移学習：マルチプル・クラスタリングを用いた二段階アプローチ, 日本地球惑星科学連合大会

Mendo Pérez, G. and H. Nagao, 2024, Creating slow earthquake template catalogs with You Only Search Once algorithm, 日本地球惑星科学連合大会

柳田真輝, 徳田智磯, 加藤慎也, 長尾大道, 2024, 最適輸送理論に基づく地震波形データからのイベント検出とその分類, 日本地球惑星科学連合大会

楠井俊朗, 長尾大道, 伊藤伸一, 2024, 深層学習を用いた地震波形データからの低周波微動を特徴づける確率微分方程式表現の獲得, 日本地球惑星科学連合大会

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和7年度は、研究項目(A)深層学習に基づく地震波形連続データからの地震・微動検出技術、および研究項目(B)深層学習による画像認識技術に基づく地震波形画像データからの地震・微動検出技術においては、深層学習モデルの開発を、研究項目(C)機械学習に基づく地震・微動の時空間分布推定技術に

おいては、地震・微動の時空間モデリング手法の開発を、研究項目(D)転移学習とデータ同化に基づく地球内部構造モデリング技術においては、データ同化手法の開発を実施する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

長尾 大道（東京大学地震研究所）,小原 一成（東京大学地震研究所）,加藤 愛太郎（東京大学地震研究所）,鶴岡 弘（東京大学地震研究所）,中川 茂樹（東京大学地震研究所）,伊藤 伸一（東京大学地震研究所）,福島 孝治（東京大学大学院総合文化研究科）,今泉 允聡（東京大学大学院総合文化研究科）

他機関との共同研究の有無：有

寺田 吉壱（大阪大学大学院基礎工学研究科）,森川 耕輔（大阪大学大学院基礎工学研究科）,内田 雅之（大阪大学大学院基礎工学研究科）,矢野 恵佑（統計数理研究所）,加納 将行（東北大学大学院理学研究科）,廣瀬 慧（九州大学マス・フォア・インダストリ研究所）,松井 秀俊（滋賀大学データサイエンス学部）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学地震研究所
電話：
e-mail：
URL：https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/people/nagaoh/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：長尾 大道
所属：東京大学地震研究所

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_25

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）沿岸域における地震活動モニタリング手法の開発

（英文）Development of seismic monitoring method in coastal areas

（3）関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備

(1) 観測研究基盤の開発・整備

イ. 観測・解析技術の開発

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化

イ. 内陸地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

高精度な震源分布を得る為には、震源域直上に地震計を配置した地震観測を行うことが望ましい。しかし、沿岸浅海域は、通常の自己浮上式海底地震計が利用できず、地震観測が困難な地域であった。最近、そのような地域での観測を可能にする浅海用係留ブイ方式海底地震計が開発され、酒田市沖で発生したM6.7の地震や珠洲市北岸沖で発生したM6.5の地震後に沿岸域で活発化した地震活動を把握する目的で使用され、一定の成果を得た。このことは、 今後、これまで観測困難な地域であった沿岸浅海域に地震観測網を構築し、陸域地震観測網と統合することで、浅海域を含む沿岸域においても地震活動のモニタリングを高精度に実施できることを示す。そこで、科研費、前災害軽減計画等により、珠洲市の沿岸浅海域に設置された浅海用係留ブイ方式海底地震計で取得されたデータ、珠洲市に於いて継続して取得している陸域臨時テレメータ観測点データ、珠洲市に於いて取得されている臨時オフライン観測点データと定常観測点データを用い、沿岸域における震源分布をこれまで以上に高精度で把握する地震活動モニタリング手法の開発を行う。開発した手法を用い、テレメータ観測点データを使用した沿岸域における地震活動モニタリングシステムを構築する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

令和6年度においては、珠洲市北部の沿岸域における高精度な震源分布を得る為に必要となる観測点補正値や地下の地震波速度構造を得る為に最適な地震波速度構造解析手法を検討し、令和4年6月28日から珠洲市において継続して取得している臨時テレメータ観測点データと定常観測点データ及び珠洲市に於いて既に取得されている臨時オフライン観測点データを使用した解析を実施する。 珠洲市に設置した臨時テレメータ観測点を維持し、定常観測点で得られるデータも使用した自動地震検出処理による群発地震活動モニタリングシステムを構築する。令和７-10年度においては、珠洲市に設置した臨時テレメータ観測点を維持し、令和6年度に得た観測点補正値と地震波速度構造、臨時テレメータ観測点と定常観測点のデータを使用した群発地震活動のモニタリングを実施する。年度毎に観測される地震の走時データを追加した解析を実施し、観測点補正値、地震波速度構造の精緻化を図る。また、モニタリングによって得られる震源の位置決定精度を評価し、必要に応じて臨時観測点を設置する。このような観測点配置の検討、解析に使用する速度構造モデルの高精度化を図ることで、震源分布をさらに高精度に把握できるようになり、 新しい地震活動モニタリング手法の開発に繋げることが期待で

きる。また、このような観測、解析手法の評価を行い、沿岸域における高精度な震源分布を得る為に必要な観測機器の機能向上や新たな観測・解析手法を提案する。本観測計画の実施期間中に国内の沿岸域で顕著な地震が発生した場合には、先行した前震活動やその後の地震活動の把握を行う。必要に応じて海陸境界域に臨時地震観測網を構築し、本課題を達成する為の知見を得る。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

2024年1月1日に発生したM_j7.6の令和６年能登半島地震震源域の西部は、志賀町西方の海域まで拡がった。そこで、沿岸域における地震活動モニタリング手法開発の為のデータを取得する為に、文部科学省科学研究費助成事業（特別研究推進費「2023年5月5日の地震を含む能登半島北東部陸海域で継続する地震と災害の総合調査」代表：金沢大平松良浩）と連携し、志賀町西方沖の沿岸浅海域を含む海陸境界域に臨時地震観測網を構築した。観測は、2024年8月1日から2024年9月18日まで実施し、陸域では、志賀町を中心とする10km×20kmの領域に10台の独立型地震観測装置(GSX)を設置した。陸域臨時地震観測が実施されている期間中の2024年8月3日から2024年8月26日に、浅海用係留ブイ方式海底観測システム(OBX)を志賀町西方沖における5km×12kmの浅海域に4台設置することで稠密な海陸統合地震観測網を構築した。設置した4台のOBXの内、1台は回収できなかったが、残り3台のOBXと10台のGSXでは、良好な記録が得られた。これら海域と陸域に設置した臨時オフライン観測点と、能登半島西部のテレメータ観測点（11か所）で得られている波形データとの統合処理を実施した。統合処理後のデータに対して気象庁一元化震源カタログに基づいたイベント毎へのデータ編集作業を実施した。イベントデータから、観測期間中に発生したM_j1.0以上の地震を抽出し，各観測点におけるP波到達時刻,S波到達時刻,最大振幅,P波初動振動方向の読み取り作業を開始した。

能登半島に設置した臨時テレメータ観測点を維持し、定常観測点で得られるデータも使用した自動地震検出処理による群発地震活動モニタリングシステムの構築を開始した。能登半島北東部の珠洲市沿岸浅海域に2023年に設置された浅海用係留ブイ方式海底地震計で取得されたデータ、珠洲市に於いて継続して取得している陸域臨時テレメータ観測点データ、珠洲市に於いて2022年と2023年に取得されている臨時オフライン観測点データと定常テレメータ観測点データを用い、珠洲市北部の沿岸域における高精度な震源分布を得る為に必要となる観測点補正値や地下の地震波速度構造を得ることを目的とした地震波速度構造解析を開始した。得られた観測点補正値や地震波速度構造を使用し，テレメータ観測点データでの検測値のみを使用して得られた震源分布は，テレメータ観測点データと臨時オフライン地震点データの両方を用いて得られた震源分布と比較すると，同様な特徴を示す。このことは，沿岸域において，適切な観測点補正値や地震波速度構造を使用することで，臨時オフライン観測点データが無い期間でも高精度な震源分布が得ることが可能であることを示す。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

これまで観測困難な地域であった沿岸域に地震観測網を構築し,陸域地震観測網と統合することで,沿岸域における地震活動を把握することは，6(1)で示された「これまで成し得なかった領域における観測や高分解能観測を実施」に整合し,6(1)イで示された「海域での地震・地殻変動観測の高度化のため，超深海を含む海域で，陸上と同等な広帯域地震観測を機動的に行う技術の開発」に貢献するものである。また，沿岸域で発生する地震は津波の発生を伴う可能性があり,海域活断層との対応関係を考察することが重要である。そのような地域での震源分布を高精度でモニタリングする為の観測・解析手法の検討は,災害の軽減に貢献するための知見を得る為に非常に重要である。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

蔵下英司・酒井慎一・篠原雅尚, 2024, 能登半島北東部の群発地震活動域における精密震源分布と地殻構造, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SSS09-01

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：地震：地震：短周期地震観測
概要：令和6年能登半島地震震源域西端の沿岸浅海域を含む海陸境界域で臨時地震観測を実施した。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：石川県志賀町・輪島市
調査・観測期間：2024/8/1-2024/9/18
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

（10）令和７年度実施計画の概要：

能登半島に設置した臨時テレメータ観測点を維持し、2024年度に得た観測点補正値と地震波速度構造、臨時テレメータ観測点と定常観測点のデータを使用した群発地震活動のモニタリングを実施する。2024年度に能登半島西部で得た海陸統合観測データの解析を継続して実施し、沿岸域における高精度な震源分布を得る為に必要となる観測点補正値や地下の地震波速度構造を得る為に最適な地震波速度構造解析手法の検討を継続する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

蔵下英司（東京大学地震研究所）,篠原雅尚（東京大学地震研究所）,加藤愛太郎（東京大学地震研究所）,中川茂樹（東京大学地震研究所）,石山達也（東京大学地震研究所）
他機関との共同研究の有無：有
酒井慎一（東京大学大学院情報学環）,津村紀子（千葉大学大学院理学研究院）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：蔵下英司
所属：東京大学地震研究所

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_26

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）データ流通網の高度化
（英文）Upgrading of waveform data distribution network

（3）関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
ウ. 地震・火山現象のデータ流通

（4）その他関連する建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
ア. 観測基盤の整備

（5）本課題の５か年の到達目標：

全国の陸域，海域および火山周辺に設置された地震・地殻変動などの各種観測網から得られるデータを即時的に流通させるシステムを運用・維持・高度化し，全国の観測研究のデータ流通基盤を整備する．

（6）本課題の５か年計画の概要：

本課題で取り扱うデータ流通網は，基本的に実施機関および共同研究機関の運営費交付金によって運用・維持されるものである．5カ年を通して，SINETやJGNなどの高速広域ネットワークを利用したデータ流通網 JDXnet の安定的な運用とその機能の高度化を行う．
（１）災害時に強いデータ収集・中継システムの維持とその拡張
（２）データ蓄積機能を包含するデータ流通システムの開発
（３）接続機関の拡大
（４）データ流通ワークショップの開催

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要
観測データ流通網JDXnetの安定的な運用を継続した。地震データ流通において利用されているデータ交換のMQTTプロトコルのテストを実施した．柏にて接続された東京大学情報基盤センターの大規模並列計算機を利用したリアルタイム地震データ解析の開発を引き続き継続した。令和7年3月26日にデータ流通ワークショップを開催予定である。
観測データ流通網JDXnetの安定的な運用を継続する。長野・松江DCの機器の更新を実施する。新たなデータ流通プロトコルの負荷テストを実施するとともに、データ流通ワークショップを開催する。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
リアルタイムデータ流通プロトコルの開発・運用はリアルタイム地震解析システムのための共通基盤であり、重要なプラットフォームである。安定かつ拡張できるシステムが求められる。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

観測データ流通網JDXnetの安定的な運用を継続する。長野・松江DCの機器の更新を実施する。新たなデータ流通プロトコルの負荷テストを実施するとともに、データ流通ワークショップを開催する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

鶴岡　弘（日本列島モニタリング研究センター）,中川　茂樹（日本列島モニタリング研究センター）

他機関との共同研究の有無：有

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：鶴岡弘
所属：日本列島モニタリング研究センター

令和６年度年次報告

課題番号：ERI_27

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）研究成果共有ﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽの構築とデータ公開の推進

（英文）The development of the database of the research results and the promotion of the public use of the data

（3）関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
エ. 地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ア. 史料の収集・分析とデータベース化
イ. 考古データの収集・集成と分析
ウ. 地形・地質データの収集・集成と文理融合による解釈
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
地震
火山
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
イ. 内陸地震
ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明
エ. 地震発生と火山活動の相互作用の理解とモデル化
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
イ. 内陸地震の長期予測
(2) 地震発生確率の時間更新予測
ア. 地震発生の物理モデルに基づく予測と検証
イ. 観測データに基づく経験的な予測と検証
(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）
3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
ア. 強震動の事前評価手法
イ. 津波の事前評価手法
ウ. 地震動に起因する斜面変動・地盤変状の事前評価手法
エ. 大地震に起因する災害リスクの事前評価手法
(2) 地震の災害誘因の即時予測手法の高度化（重点研究）
ア. 地震動の即時予測手法

イ. 津波の即時予測手法
(3) 火山噴火による災害誘因評価手法の高度化
(4) 地震・火山噴火の災害誘因予測・リスク評価を防災情報につなげる研究
地震
火山
4 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(2) 首都直下地震
(3) 千島海溝沿いの巨大地震
(4) 内陸で発生する被害地震
(5) 大規模火山噴火
(6) 高リスク小規模火山噴火
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
ア. 観測基盤の整備
イ. 観測・解析技術の開発
ウ. 地震・火山現象のデータ流通
(2) 推進体制の整備
(3) 関連研究分野の連携強化
(4) 国際共同研究・国際協力
(5) 社会への研究成果の還元と防災教育
(6) 次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成

（5）本課題の５か年の到達目標：

観測研究計画で得られる観測データや共通構造モデル・解析結果・地質資料・ソフトウエア・履歴情報・アンケート結果などの貴重な観測データやメタデータ情報などを共有し、無理なく長期保存する制度的・技術的な仕組みを検討・構築する．これらの重要なデータを将来にわたって共有・公開できる仕組みや体制について検討する.

（6）本課題の５か年計画の概要：

関係機関や諸外国で運用されているデータベースの状況調査を行い、観測研究の特性にあったデータポリシー，メタデータフォーマット，データ規格等を検討する以下の項目の検討・制作・運用を実施する.

･DOI識別子付与を含め、永続的にデータを保持管理する仕組みを検討する.
･データベースサーバを無理なく運用する制度的な仕組みを検討する.
･データベースサーバの技術的な仕様を検討し，データベースサーバの製作を行う.
･サーバを試験運用し，技術的・運用面での課題を検討して本格運用を目指す.

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

研究成果共有システムの運用について戦略室が中心となって継続して実施した。実際のシステム運用は，企画部の学術支援職員と戦略室教員及び課題担当者にて実施した。部会内や部会間・総合研究グループ間連携を促進するための共有オンラインストレージ（Nextcloud）を継続して運用した。また、戦略室WIKIの整備を引き続き行なった。令和5年度における観測や開発したソフトウェア等のメタ情報の整理を行なった。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

複数データベースを連携できる仕組みについては成果共有の観点から非常に重要であり積極的に進める必要がある。一方技術的な側面もあるので、クラウドシステムの状況や今後の技術動向についても同様に把握しておく必要がある。また、どのようなシステムが必要かなどについてはアンケート等も実施して方向性を定めることも必要である。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

データベースサーバの技術的な仕様の検討と、無理なく運用できる制度的・技術的な仕組みを検討する。
これまでの観測データや開発されたソフトウェア等の公開を進める。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

鶴岡　弘（日本列島モニタリング研究センター）,山崎　健一（地震火山研究連携センター）
他機関との共同研究の有無：有

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：鶴岡弘
所属：日本列島モニタリング研究センター

令和６年度年次報告

課題番号：GSI_01

（1）実施機関名：

国土地理院

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）測地学的手法によるプレート境界の歪みの蓄積・解放の把握手法の高度化
（英文）Advancing evaluation methods for monitoring strain accumulation/release at plate boundaries by geodetic methods

（3）関連の深い建議の項目：

６ 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

（4）その他関連する建議の項目：

５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(2) 首都直下地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

海溝型地震の素過程である歪みの蓄積過程・解放過程について、大地震後の余効変動の補正、高頻度で発生する短期的スロースリップの補正等の課題を解決しつつモニタリングを実施し、日本のプレート境界の広域にわたって歪みの蓄積・解放過程を明らかにする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

電子基準点データを用いてプレート間のすべりの推定を継続的に実施し、ゆっくりすべり等のプレート間で発生する現象を適時的に把握する。あわせてプレート間すべりの推定において課題となっている、大地震後の余効変動の補正の適用、高頻度で発生する短期的スロースリップの補正の適用など、手法の改良を行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

Mw6.6房総SSEが2024年２月に発生し、その時空間変化が調べられ、過去の房総SSEと類似した領域での発生が確認された。2024年のSSEは房総SSEが2011年の東北地震で発生間隔が短くなり、その後回復したことを明瞭にした（図1）。またSuito(2017), 水藤(2017)の成果に基づいて、東北地震、熊本地震の余効変動を補正し、東北地震前の定常変動を地殻変動データから差し引き、南海トラフ域のスロー地震（SSE）を調べた。その結果、東海地方でSSEが2022年頃から発生し、2025年１月までで継続している（図2、図3）。紀伊半島南部のSSEが2020年頃から発生し、2025年１月時点でM6.3に達している（図4）。四国中部のSSEは2019年頃から始まり、2025年１月までで、M6.6に達している。2024年８月８日の日向灘地震の地震前、地震時、地震後のプレート間滑りが推定され、地震前、2023年後半から本震の深部延長でモーメントマグニチュード（Mw）5.9のスロースリップイベント（SSE）が推定された（図5）。余効すべりは震源域の中心より浅い付近を中心とした領域と本震の深部延長で発生し、2024年9月16日にはMw 6.7に達している。発生間隔が短縮した地震直前のSSEは、日向灘で地震に先立ってSSEが発生する傾向があることを示唆しており、地震発生評価に重要な意味を持つ。本震と余効滑りにより、その周辺、特に1996年日向灘地震の震源域で応力が増加していたが、2025年１月13日にMw6.7の地震が2024年の日向灘地震の震源西部の余効すべりに隣接した場所を破

壊開始点として発生した（図6）。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

フィリピン海プレート北端部でのプレート間滑りの時空間変化がNetwork Inversion Filterにより調べられた。時空間変化の把握に基づくと、2024年８月の日向灘地震の前に深部プレート面上でのSSEの発生が確認され、日向灘地震の評価に資する事例が得られている。また地震後のプレート間滑りは、1996年日向灘地震の震源域の周囲で発生しており、2025年1月のMw6.7地震の引き金となった可能性が高い。紀伊半島における長期的SSEのモニタリングは、地震発生予測の上で重要な情報をもたらしている。2023年からの東海の長期的SSEの発生は、東海SSEの再来間隔が10－13年程であるということを示唆し、東海地震を考察する上で重要な貢献と考えられる。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

S. Ozawa, H. Munekane, H. Suito, M. Kuwahara, Aseismic slip history after the 2011 Tohoku earthquake in the Suruga Trough, Central Japan, in press, GJI.,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

小沢慎三郎、宗包浩志、矢来博司,2024,2023年房総SSE,地球惑星科学連合大会2024,SGD02-P05

小沢慎三郎、宗包浩志、水藤尚、桑原将旗,2024,2012年以降の駿河トラフ沿いのプレート間滑りの時空間変化,地球惑星科学連合大会2024,SGD02-P06

矢来博司、宗包浩志、姫松裕志、小沢慎三郎,2024年8月8日に日向灘で発生した地震に伴う地殻変動,2024年地震学会秋季大会、S23P-05

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和7年度は、ブロック断層プログラムの改良を行うとともに、令和7年度のデータを使用して解析を行う。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

地理地殻活動研究センター地殻変動研究室
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：地理地殻活動研究センター　研究管理課
電話：029-864-5954
e-mail：gsi-eiss+3@gxb.mlit.go.jp
URL：https://www.gsi.go.jp

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：宮原伐折羅
所属：地理地殻活動研究センター

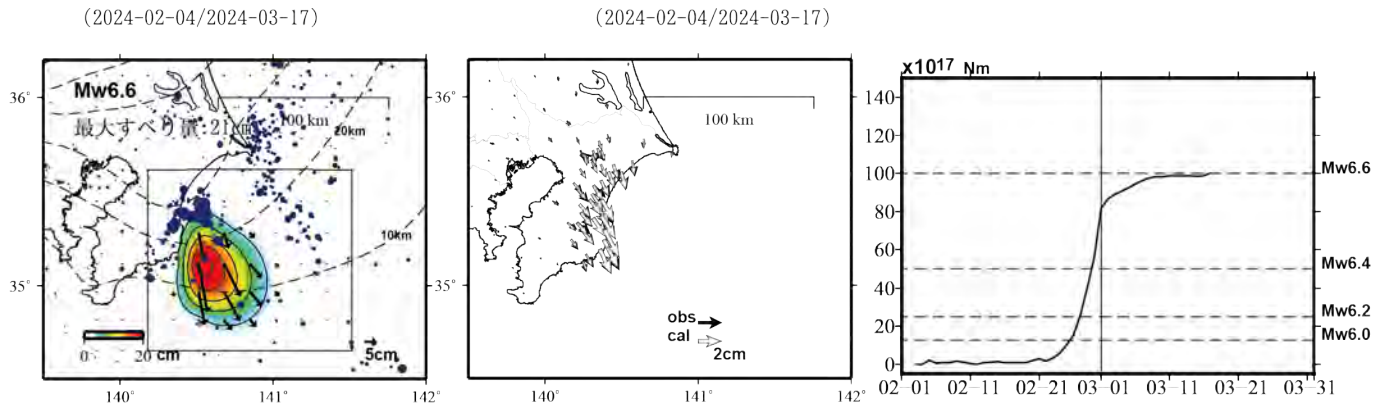


図１　2024年房総SSE（滑り分布、観測と計算、モーメント図）

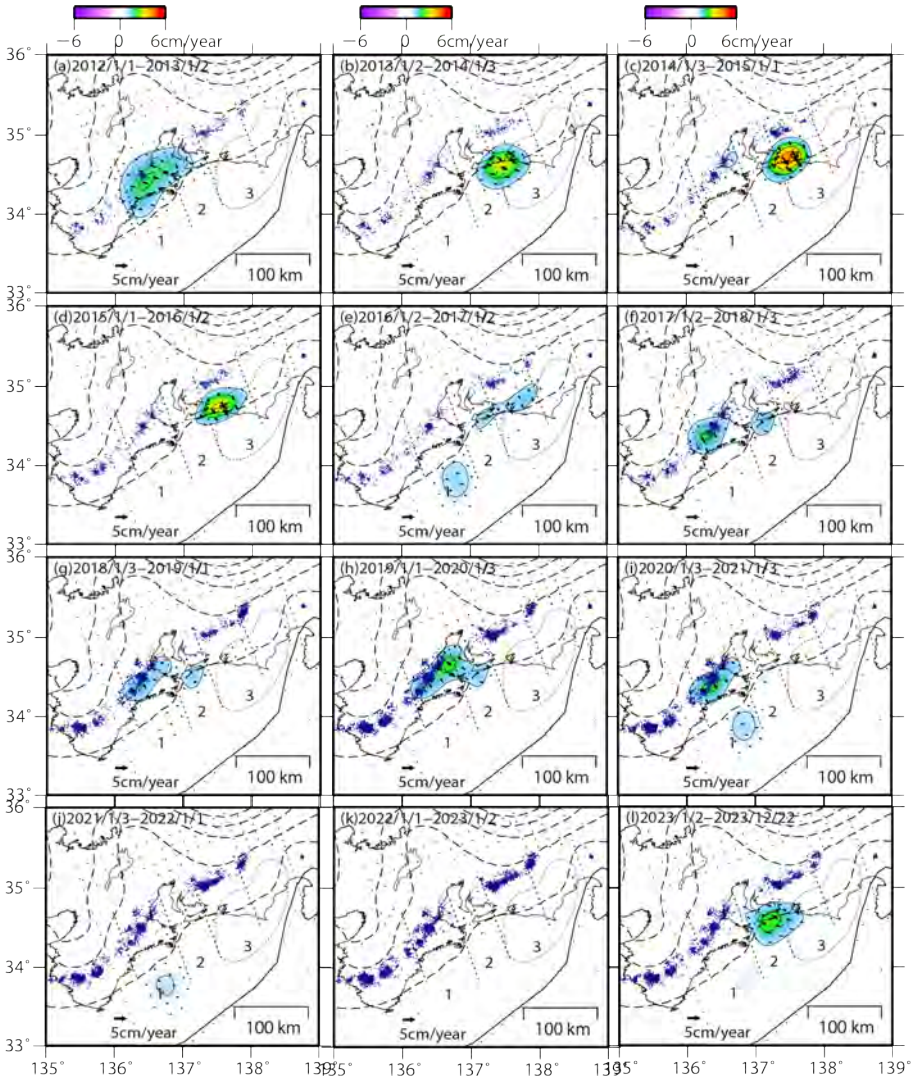


図２　東海SSE（滑りの時間変化）

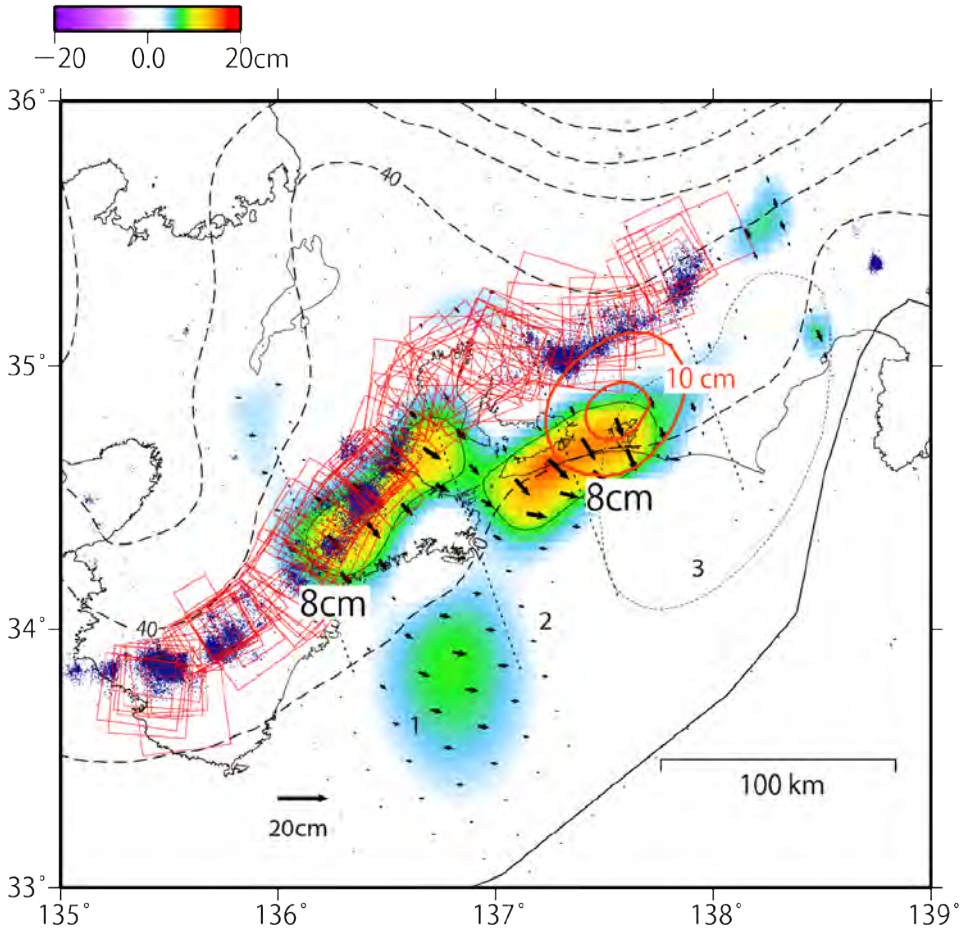


図３　2012-2024年間の駿河トラフ沿いの滑り分布
赤矩形：気象庁推定短期SSE、青点：気象庁低周波微動、カラー：滑り分布

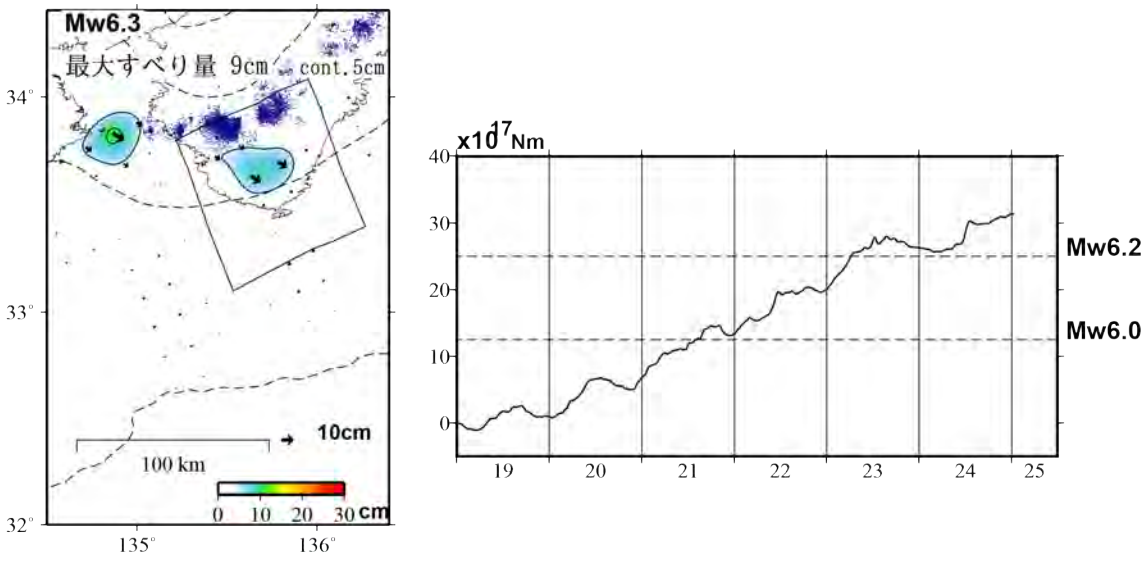


図４　紀伊半島SSE（滑り分布とモーメント変化）

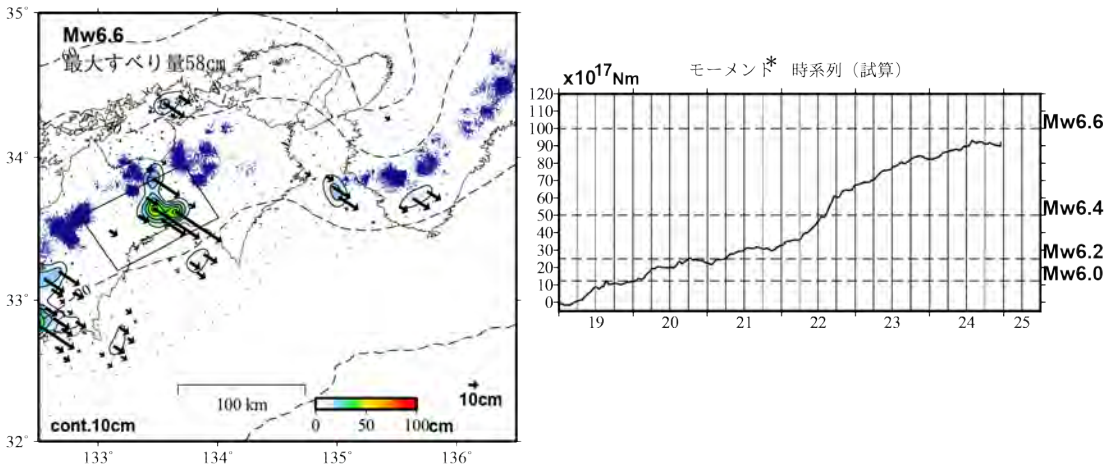


図５　四国SSE（滑り分布とモーメント変化）

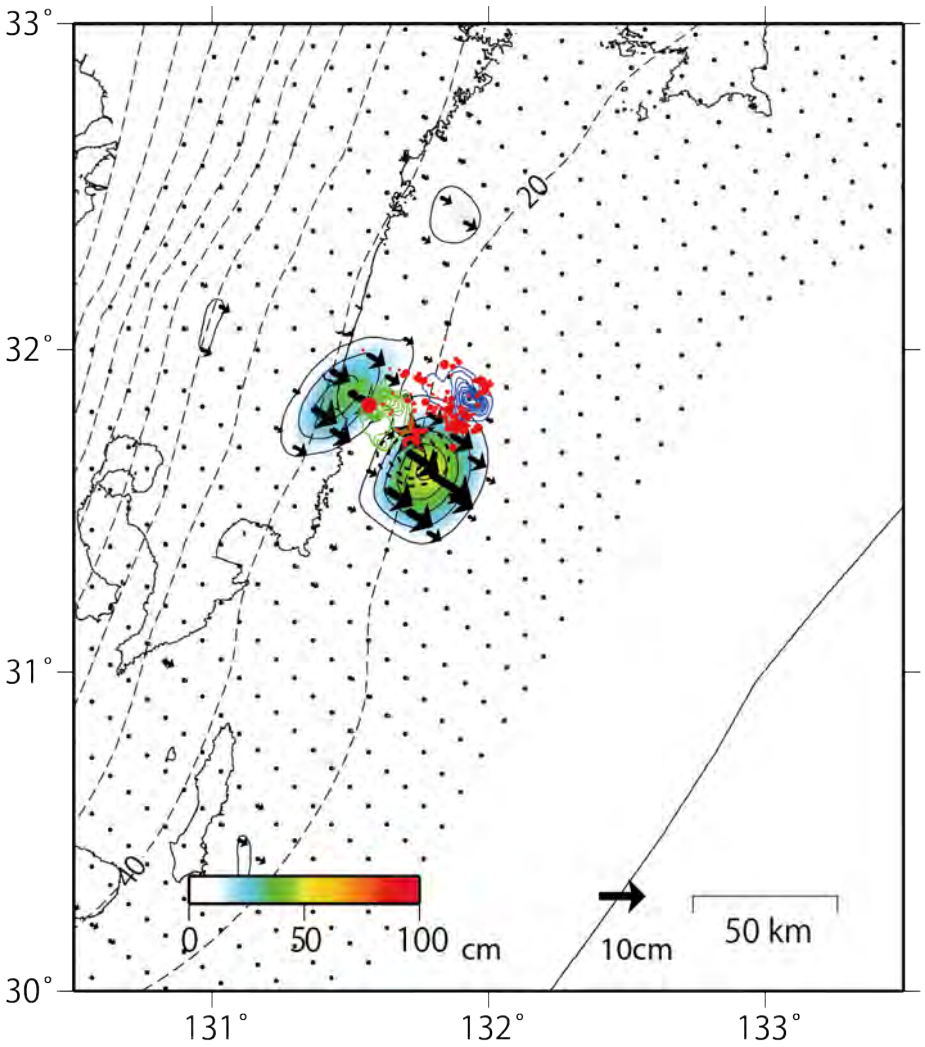


図６　日向灘地震アフタースリップ
1996年日向灘地震（緑、青）と2024年日向灘地震（黒破線）及びそのアフタースリップ（カラー）。☆は2024年震源、赤丸は、2025年１月13日の震源と余震分布

令和６年度年次報告

課題番号：GSI_02

（1）実施機関名：

国土地理院

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）GNSS連続観測網の継続・拡充・高度化
（英文）Continuation, expansion, and enhancement of GEONET

（3）関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
ア. 観測基盤の整備

（4）その他関連する建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発
(4) 国際共同研究・国際協力

（5）本課題の５か年の到達目標：

地殻変動の監視基準となる国際地球基準座標系の算出に貢献するとともに、GEONETによる地殻変動連続観測を着実に継続し、日本列島全域の地殻変動・火山活動のモニタリングの高度化をさらに推進することを目指す。また、災害関連情報の迅速な発表に貢献するために、地殻変動を迅速に高い時間分解能で観測し解析するシステムの構築・高度化を目指す。

（6）本課題の５か年計画の概要：

・全国において、GNSS連続観測点を平均20キロメートル間隔の配置として維持するとともに、観測を継続する。必要に応じて、重点的な観測地域において観測点密度を考慮した観測体制の充実を目指す。
・準天頂衛星システム「みちびき」の活用・最新の国際地球基準座標系の準拠により、GEONETの解析手法の高度化を図る。
・国際GNSS事業（IGS）解析センターとして、GNSS精密暦を継続的に提供し、IGS暦や国際地球基準座標系の算出に貢献する。
・GNSS連続観測による日本列島全域の地殻変動・火山活動のモニタリングを定常的に行い、得られた結果は防災情報への活用のため速やかにホームページなどで公表するとともに、地震調査委員会、火山調査委員会等に報告する。
・地殻変動を即時的・高時間分解能で把握可能な、電子基準点リアルタイム解析システムの高度化を行う。
・様々な汎用的な機器を用いた民間等のGNSS観測点のデータも取り込み活用することができる地殻変動観測システムの開発を行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要
・平均20km間隔でのGNSS連続観測が可能となるよう、電子基準点の維持・管理を行った。
・国際地球基準座標系の違いがGEONET各点の座標値に及ぼす影響を調査した。

・電子基準点リアルタイム解析システム（REGARD）の震源断層モデル推定において、甚大な被害を及ぼし得る極端なケースをより確実に捉える技術を開発した。
・精密暦の提供を継続するとともに、従来よりも速報性の高い超速報暦の提供を開始した。
・日本列島全域の地殻変動・火山活動のモニタリングを着実に実施した。令和6年8月8日の日向灘の地震等、複数の地震で地殻変動を検出するとともに、硫黄島、岩手山など複数の火山において火山活動に伴う地殻変動等を検出した。また、南海トラフ地震想定震源域のプレート境界において発生するゆっくりすべり（スロースリップ）現象に伴う非定常的な地殻変動を検出した。これらのモニタリング結果は、速やかにホームページなどで公表するとともに、地震調査委員会、火山調査委員会等に報告された。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
・平均20km間隔の電子基準点の配置を維持し、GNSS連続観測を継続することで、地震や火山活動の監視に必要な基盤観測の環境を提供した。今後も現在の観測密度を維持し、基盤観測網としての役割を着実に果たしていく。
・精密暦の提供を継続することで、IGSにおける精密暦の精度担保に貢献した。今後はまだ達成されていない超速報暦のIGS暦への取込みを果たし、さらに精密暦分野での国際協力を進めていく。
・REGARDの解析技術の向上により、即時性を保ちつつより高い精度で震源断層モデルを算出できるようになった。これは災害時の迅速な状況把握につながるもので、災害の軽減に貢献するものである。今後は準天頂衛星システム「みちびき」や精密単独測位（PPP）の利用を通じて、より強靭な解析環境を構築していく。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Akiyama, K., K. Ohno, N. Takamatsu, K. Kawate, T. Igarashi, T. Sasaki, H. Takiguchi, M. Okeya, S. Kogure, C. Shodai, T. Wakasugi, and B. Miyahara, 2024, GSI and JAXA, IGS Technical Report 2023, 89-96.,査読無,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

Ohno, K., N. Takamatsu, K. Akiyama, K. Kawate, 2024, IGS Analysis Center in Japan - JGX Product Operations and Prospects, IGS Workshop 2024.

髙松直史，宮﨑隆幸，村上真亮，橋本繭未，若杉貴浩，中川弘之，2024，基準座標系の違いがF5解に及ぼす影響の評価，日本測地学会第142回講演会.

山田晋也，2024，GEONETで観測された令和6年能登半島地震に伴う地殻変動，日本地球惑星科学連合2024年大会.

吉永光樹，大野圭太郎，髙松直史，秋山恭平，河手香織，五十嵐祐貴，2024，MADOCAを用いたマルチGNSS軌道情報の公開と開発状況，日本測地学会第142回講演会.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

・全国の電子基準点の維持・管理を継続し、平均20km間隔でのGNSS連続観測を維持するとともに、地震・火山活動の基盤観測網として高い可用性を提供する。
・引き続き電子基準点日々の座標値やREGARD、GNSS精密暦の高精度化・安定化を進める。
・GEONET による日本列島全域の地殻変動・火山活動のモニタリングを定常的に行い、得られた結果は防災情報への活用のため速やかにホームページなどで公表するとともに、地震調査委員会、火山調査委員会等に報告する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

測地観測センター 電子基準点課,測地観測センター 地殻監視課,地理地殻活動研究センター 宇宙測地研究室

他機関との共同研究の有無：有

東北大学大学院理学研究科

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：地理地殻活動研究センター 研究管理課
電話：029-864-5954
e-mail：gsi-eiss+3@gxb.mlit.go.jp
URL：http://www.gsi.go.jp

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：宮原伐折羅
所属：地理地殻活動研究センター

令和６年度年次報告

課題番号：GSI_03

（1）実施機関名：

国土地理院

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）衛星SAR等による地殻変動監視

（英文）Crustal deformation monitoring by satellite-mounted SAR and other geodetic techniques

（3）関連の深い建議の項目：

６観測基盤と研究推進体制の整備

(1) 観測研究基盤の開発・整備

ア. 観測基盤の整備

（4）その他関連する建議の項目：

６観測基盤と研究推進体制の整備

(1) 観測研究基盤の開発・整備

エ. 地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開

(4) 国際共同研究・国際協力

（5）本課題の５か年の到達目標：

地震や火山活動に伴う地殻変動を詳細に把握することにより、地震や火山活動のメカニズムの解明や被害軽減に貢献する。また、海外の地震や火山も対象とした解析を通じ、地震や火山噴火の長期予測に貢献する。

中長期な視野に立った観測基盤の整備や更新により、日本列島とその周辺海域に展開される地殻変動観測網などの観測基盤を維持・強化する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

ALOS-2やALOS-4の国内SAR衛星データを使用して日本全国のSAR干渉解析及び干渉SAR時系列解析を定常的に実施し、日本国内における定常的な地殻・地盤変動を把握するとともに、異常の早期検知に貢献する。また、国内外で地震が発生した際や火山活動が活発化した際には、詳細に地殻変動を把握することを目的として緊急解析を実施する。さらに、高頻度かつ３次元的な地殻変動把握を目的として、海外SAR衛星データの活用を検討する。

我が国の測量の基準となる座標系の維持及びプレート運動の監視を目的として、石岡VLBI観測施設において、IVSの年間計画に基づき国際VLBI観測を実施し、ITRFの構築・維持に貢献するとともに、世界中のVLBIデータを用いたグローバル解析を実施する。

地震防災対策強化地域などを対象に定期的に水準測量を実施する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

日本全域の定常的な地殻・地盤変動を把握するため、ALOS-2の観測データを用いてSAR干渉解析及び干渉SAR時系列解析を行った。国内の火山を対象とした解析結果（干渉解析8火山、干渉SAR時系列解析91火山）は、火山調査委員会において火山活動の評価に活用された。さらに、2024年7月に打ち上げられたALOS-4の観測データの活用に向け、宇宙航空研究開発機構（JAXA）と協力して観測データの検証を行った。

国内外で発生した地震や火山活動に伴う地殻変動を検出するため、ALOS-2の観測データを用いて緊急解析を実施した。国内で発生した地震では、豊後水道の地震（2024年４月17日、M6.6）、石川県能登地方の地震（2024年6月3日、M6.0）、日向灘の地震（2024年８月８日、M7.1及び2025年1月13日、M6.6）において解析を行った。このうち、2024年8月8日及び2025年1月13日の日向灘の地震において、地震に伴う地殻変動が検出された（図１）。国内の火山活動では、2024年5月頃から火山活動が活発化した岩手山において解析を実施した。その結果、大地獄谷周辺に膨張を示す衛星に近づく変動が検出された（図２）。この結果は、気象庁において火山噴火警戒レベルの引上げの判断に活用された。また、ALOS-4の試験観測データを用いた解析でも同様の変動が検出された。この変動は、ALOS-4で初めて検出された地殻変動である。国外で発生した地震では、台湾の地震（2024年4月2日（UTC）、M7.7）、チベットの地震（2025年1月7日（UTC）、M7.1）において解析を行った。その結果、台湾の地震では最大50cmの隆起、チベットの地震では最大１mを超える変動が検出された（図3、図４）。これらの結果について、国土地理院のHPで公開するとともに、地震調査委員会、火山調査委員会等の関係機関に報告を行った。

2024年の国際VLBI事業（IVS）の観測計画に基づき、石岡VLBI観測施設（以下、「石岡局」という。）においてVLBI国際協働観測を313回実施した。これらのデータを 1980 年以降世界中で観測されたVLBIデータとともに全球的に解析し、観測局位置とその変化を求めた。石岡局について、観測開始以降約9年間の観測データから、水平2成分、鉛直成分ともに約0.5mmの位置決定精度（標準偏差）で局位置が求められた。また、石岡局の水平速度は約18.7mm/年（方位角137 °方向）であった（図５）。これは、通常のプレート運動の成分に東北地方太平洋沖地震の余効変動を含んでいるものと考えられる。

令和６年能登半島地震（2025年1月1日、M7.6）に伴う水準測量を、能登地方を中心とした地域（路線長461 km）で実施した。また、防災対策地域（路線長1,076 km）、地盤沈下関連等の地域（路線長807 km）において水準測量を実施した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

ALOS-2のSARデータを用いた全国定常解析、地震や火山活動時の緊急解析の実施、さらにALOS-4のSARデータを用いた解析に向けた観測データの検証など、地殻変動の観測基盤の維持に貢献している。

定常的な地盤・地殻変動を監視することにより、災害につながる異常の検出に貢献し、地震や火山活動に伴う地殻変動を把握することで、災害時の対応や発生メカニズムの解明に貢献する。これらを通じて、災害の軽減に貢献するものである。

今後も観測技術の高度化や観測基盤の整備を進め、地盤・地殻変動を把握するための観測を着実に進める。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

石本正芳・三木原香乃・市村美沙・古居晴菜・服部晃久・雨貝知美・佐藤雄大・小門研亮，2024，干渉SAR時系列解析による全国変動分布図の公開とその活用，国土地理院時報，137, 13-20, doi: https://doi.org/10.57499/JOURNAL_137_03.,査読無,謝辞無

石本正芳・服部晃久・三木原香乃・小門研亮, 2024, だいち２号で捉えた令和6年能登半島地震に伴う地殻変動, 国土地理院時報, 138, 17-24, doi:https://doi.org/10.57499/JOURNAL_138_03.,査読無,謝辞無

水藤尚・宗包浩志・桑原將旗, 2024, 令和6年能登半島地震の震源断層モデル, 国土地理院時報, 138, 33-38, doi: https://doi.org/10.57499/JOURNAL_138_05.,査読無,謝辞無

髙木悠・石本正芳・小林知勝・宗包浩志, 2024, 衛星SAR解析結果を用いた座標・標高補正パラメータ作成の試み, 138, 75-81, doi: https://doi.org/10.57499/JOURNAL_138_11.,査読無,謝辞無

Kobayashi，T., K. Matsuo, R. Ando, T. Nakano and, G. Watanuki, 2024, High-resolution image on terminus of fault rupture: relationship with volcanic hydrothermal structure, Geophys. J. Int.,

240, 1196-1214, doi:https://doi.org/10.1093/gji/ggae435.,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

服部晃久・石本正芳・三木原香乃・雨貝知美・田中もも・小門研亮・小林知勝, 2024, 干渉SAR時系列解析の効率化に向けたアンラップエラーの検出・修正の取組, 日本地球惑星科学連合2024年大会, S-TT35-P01.

三木原香乃・田中もも・服部晃久・雨貝知美・石本正芳・小門研亮・市村美沙・宗包浩志，2024，ALOS-2観測データを用いた口永良部島の火山活動監視，日本地球惑星科学連合2024年大会, S-TT35-P01.

石垣 真史・Karine Le Bail・Maxime Mouyen・Rüdiger Haas・Tobias Nilsson, 2024, ITRF2020のVLBIスケールドリフトについて, 日本地球惑星科学連合2024年大会, S-GD01-10.

上芝晴香・吉藤浩之・石垣真史・古居晴菜・本田昌樹・小門研亮, 2024, 石岡測地観測局におけるVLBIとGNSSの系統差の評価, 日本地球惑星科学連合2024年大会, S-GD01-P08.

小林知勝・宗包浩志, 2024, 長期ペアを組み合わせた干渉SAR時系列解析で捉えた中・長期的な火山性地殻変動, 日本火山学会2024年度秋季大会, A1-09.

姫松裕志, 2024, 衛星SARによる西之島における荷重変形と熱収縮変形の検出, 日本火山学会2024年度秋季大会, P65.

小林知勝，2024, 人工衛星から看る令和6年能登半島地震の地殻変動と断層運動, 日本活断層学会2024年度秋季学術大会シンポジウム.

小林知勝・姫松裕志・中埜貴元・服部晃久・市村美沙・中島正寛, 2024, 令和6年能登半島地震に伴い半島内陸部に生じた局所的な地表変位, 日本活断層学会2024年度秋季学術大会, O-11.

Hattori A., 2024, ALOS-4 Cal/Val progress and plan in GSI, The Joint PI Meeting of JAXA Earth Observation Missions FY2024.

Himematsu Y., 2024, Post-emplacement contraction and loading deformation of lava during the 2013-2020 eruptions of Nishinoshima Island (Japan) detected by InSAR, AGU Fall Meeting 2024.

Hashimoto, K., M. Ishigaki, S. Matsumoto, K. Hori, H. Furui, M. Honda and S. Kurihara, 2024, Progress of Process Automation at Tsukuba Correlator / Analysis Center, 9th International VLBI Technology Workshop.

栗原忍・本田昌樹・石垣真史・堀草子・古居晴菜・松本紗歩・橋本果歩, 2024, 石岡測地観測局における観測機器の更新, 日本測地学会第142回講演会, 28.

石垣真史・古居晴菜・堀草子・橋本果歩・松本紗歩・本田昌樹・栗原忍, 2024, 石岡VLBI観測施設におけるRFI調査, 日本測地学会第142回講演会, P06.

石井寿樹・古居晴菜・堀草子・橋本果歩・松本紗歩・石垣真史・本田昌樹・栗原忍, 2024, ITRF構築に対する石岡測地観測局の貢献, VLBI懇談会シンポジウム2024.

松本紗歩・橋本果歩・石垣真史・栗原忍・原哲也, 2024, 国土地理院におけるVLBIグローバル解析, VLBI懇談会シンポジウム2024.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

ALOS-2、ALOS-4の観測データを用いて日本全国のSAR干渉解析及び干渉SAR時系列解析を定常的

に実施し、日本国内の定常的な地殻・地盤変動を監視する。また、国内外で地震が発生した際や火山活動が活発化した際には、緊急解析を実施する。さらに、海外SAR衛星データの活用を検討する。

石岡VLBI観測施設において、IVSの年間計画に基づき国際VLBI観測を実施するとともに、世界中のVLBIデータを用いたグローバル解析を実施する。

地震防災対策強化地域などを対象に定期的に水準測量を実施する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

国土地理院　測地部　宇宙測地課,国土地理院　測地部　測地基準課,国土地理院　地理地殻活動研究センター　地殻変動研究室

他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：地理地殻活動センター　研究管理課
電話：029-864-5954
e-mail：gsi-eiss+3@gxb.mlit.go.jp
URL：https://www.gsi.go.jp

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：宮原伐折羅
所属：地理地殻活動研究センター

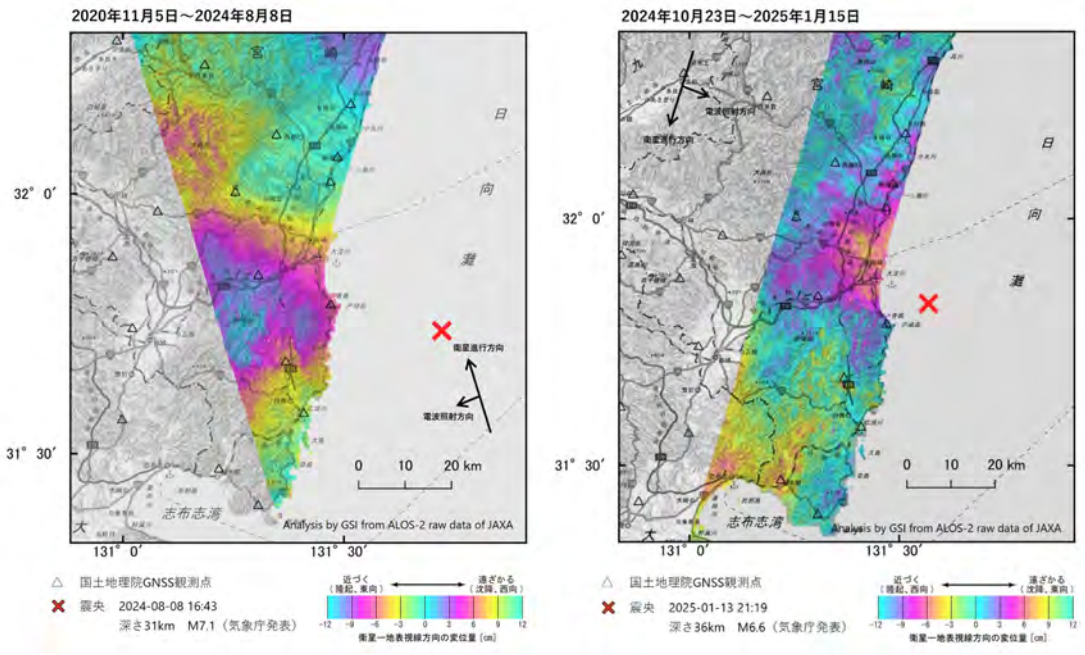


図1　ALOS-2観測データを用いた宮崎県日向灘の地震（2024年８月８日及び2025年1月13日）に伴う地殻変動
（左：2024年８月8日の地震に伴う地殻変動、右：2025年1月13日の地震に伴う地殻変動）

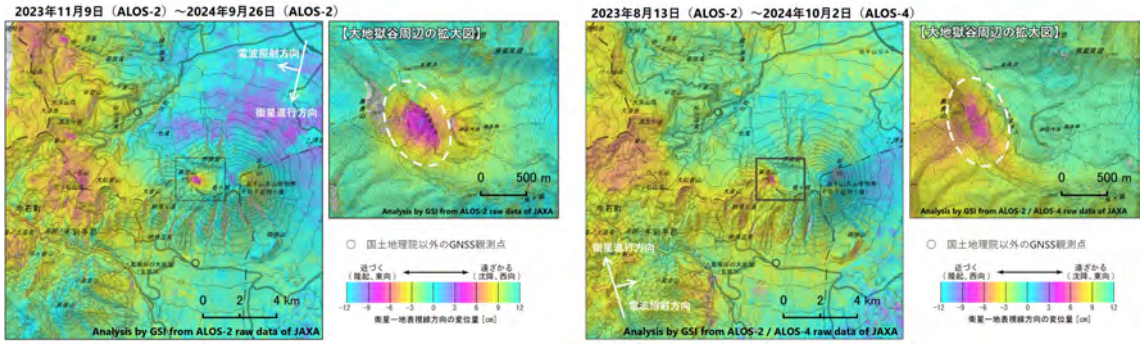


図2　ALOS-2及びALOS-4観測データを用いた岩手山の火山活動に伴う地殻変動
（左：ALOS-2観測データを用いた解析結果、右：ALOS-2及びALOS-4観測データを用いた解析結果）

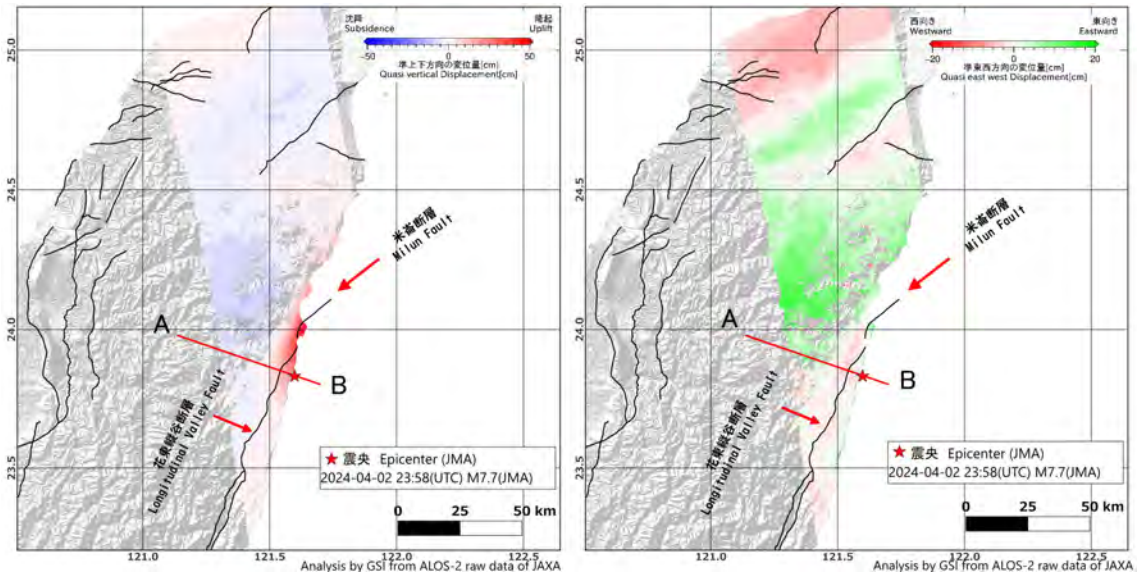


図３　ALOS-2観測データを用いた台湾の地震に伴う地殻変動
（左：2.5次元解析による準上下成分、右：2.5次元解析による準東西成分）

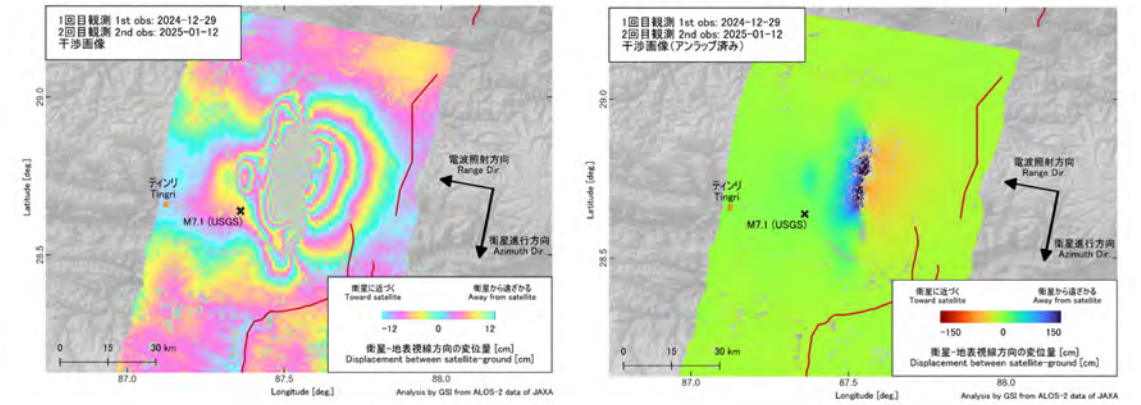


図４　ALOS-2観測データを用いたチベットの地震に伴う地殻変動
（左：アンラップ前干渉画像、右：アンラップ後干渉画像）

図５　VLBI観測データの解析により得られたアジア・オセアニア地域のVLBI観測局の水平速度

令和６年度年次報告

課題番号：GSI_04

（1）実施機関名：

国土地理院

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）航空機SAR観測
（英文）Observation by airborne SAR

（3）関連の深い建議の項目：

６ 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
ア. 観測基盤の整備

（4）その他関連する建議の項目：

（5）本課題の５か年の到達目標：

航空機SARを利用して、全国の活動的な火山における火口等を年間数箇所ずつ毎年観測し、噴火前後の地形情報を蓄積する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

全国の活動的な火山を対象に、過去の観測状況や地形変化を勘案しつつ、航空機SARによる観測を年間数箇所の周期で実施し、火口付近の地形を明らかにするとともに最新の地形情報を蓄積する。また、活発な噴火活動によって災害が発生した際には、噴火前後の地形変化を明らかにする。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

全国の活動的な火山について、航空機SARによる観測を2火山で実施し、噴火前の状況を把握した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

航空機SAR観測を行うことで、噴火前後の地形変化を明らかにするために必要な地理空間情報の蓄積に貢献した。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

全国の活動的な火山について航空機SAR によって観測を実施し、火口付近の地形を明らかにするとともに最新の地形情報を蓄積する。また、活発な噴火活動によって災害が発生した際には、噴火前後の

地形変化を明らかにする。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

基本図情報部地図情報技術開発室
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：地理地殻活動研究センター　研究管理課
電話：029-864-5954
e-mail：gsi-eiss+3@gxb.mlit.go.jp
URL：https://www.gsi.go.jp

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：宮原伐折羅
所属：地理地殻活動研究センター

令和６年度年次報告

課題番号：GSI_05

（1）実施機関名：

国土地理院

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）火山・地震防災に資する情報整備
（英文）

（3）関連の深い建議の項目：

６観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
エ. 地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開

（4）その他関連する建議の項目：

（5）本課題の５か年の到達目標：

火山防災のために監視・観測体制の充実等の必要がある50火山を中心とした火山の地図データ等の整備・提供を実施する。また、地震災害の軽減に資するため、地形分類情報の整備・提供並びに全国の活断層の詳細な位置及び関連する地形の分布等の情報の整備・提供を実施する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

国土地理院経費のうち、災害情報整備推進費及び地理空間情報整備・活用等推進費により、火山防災のために監視・観測体制の充実等の必要がある50火山及びその他の活火山について、火山の地図データ等が未整備の火山を対象に、火山基本図及び火山土地条件図を作成し、ウェブサイト等で公開する。また、液状化等の地震災害リスク評価に資するため、全国の平野部のうち詳細な地形分類情報の未整備地域を対象に土地条件図を整備・提供するとともに、全国の活断層について、位置・地形等のデータベースの充実を図る。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

【火山関係】

令和５年度に作成した「アトサヌプリ」、「樽前山」、「三宅島」、「青ヶ島」の火山基本図を刊行するとともに、画像データ及び数値データを公開した。また、令和5年度に調査を実施した「焼岳」の火山土地条件図を刊行するとともに、画像データ及び数値データを公開した。

併せて、「大雪山」、「八甲田山」、「十和田」の火山基本図及び画像データ・数値データの作成、並びに「日光白根山」、「弥陀ヶ原」の火山土地条件調査及び火山土地条件図の作成を実施した。

【地震関係】

令和5年度に整備した東北から九州地方にかけての43地区 の土地条件図（数値地図25000（土地条件））を公開するとともに、九州・沖縄地方や関東地方の一部のほか、能登地方などの平野部約3,400平方キロメートル の地形分類情報を整備した。

また、雫石盆地西縁－真昼山地東縁断層帯とその周辺「秋田駒ヶ岳」「陸中猿橋」「川尻」、北上低地西縁断層帯とその周辺「平泉」、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯及び湖北山地断層帯とその周辺「今庄」、釜戸断層とその周辺「鳥取東部」、鹿野－吉岡断層帯とその周辺「鳥取西部」、上町断層帯、有馬－高槻断層帯及び六甲・淡路島断層帯とその周辺「大阪西北部　改訂版」の８面について1:25,000活断層図を公開するとともに、花輪東断層帯、大久保断層、曽根丘陵断層帯、糸魚川–静岡構造線断層帯、身延断層、能登半島北部の活断層の調査を実施した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

【火山関係】

火山防災に資する基礎的な地理空間情報として、火山基本図及び火山土地条件図並びにそれらの画像・数値データを整備し、これらの成果を関係機関に対して情報提供するとともに、国土地理院のウェブ地図「地理院地図」や同院ウェブサイトで公開を進めることで、地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開に貢献した。

火山基本図には精密な地形が表示されているため、噴火時の防災計画、救助活動等の緊急対策、平時の図上訓練等の基図のほか、火山の研究や火山噴火予知等の基礎資料としての活用が期待される。また、火山土地条件図は過去の火山活動によって形成された地形や噴出物の分布、その後の風雨や流水等による侵食作用により形成された地形がわかりやすく表示されており、火山噴火に伴う災害の予測や災害対策立案のほか、火山域における豪雨や地震に伴う土砂災害リスクの評価等の火山砂防への活用が期待される。

【地震関係】

液状化等の地震災害リスク評価に資する情報として、土地条件図を整備・刊行するとともに、国土地理院のウェブ地図「地理院地図」での公開を進めることで、地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開に貢献した。地震本部が調査対象としている主要活断層帯を優先して、陸域の活断層帯とその周辺について、活断層の詳細な位置や関連する地形の分布等を表示した「1:25,000活断層図」を整備し、地震本部の調査研究の推進に貢献した。また、国土地理院のウェブ地図「地理院地図」において公開した。

地震に伴う地盤の液状化等の自然災害により生じる被害の多寡は、その土地がもつ性状や地盤条件が深く関わっていることが明らかとなっており、土地条件図（数値地図25000（土地条件））など、土地の成り立ちや性状を示した地形分類情報は、防災・減災対策における災害リスク評価の基礎情報として重要である。また、地震のリスクを検討するうえで重要な活断層の地域評価において、活断層の詳細な位置を示した活断層図が重要である。これらの情報を整備することで、広域的な防災・減災対策事業の推進及び土地本来の災害リスクを踏まえた国土利用や防災・減災対策を推進し、災害に強い社会の実現に寄与することが期待される。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

杉戸信彦,2024,1:25,000活断層図　雫石盆地西縁－真昼山地東縁断層帯とその周辺「秋田駒ヶ岳」解説書,国土地理院技術資料D1-No.1102, 9

岡田真介,2024,1:25,000活断層図　雫石盆地西縁－真昼山地東縁断層帯とその周辺「陸中猿橋」解説書,国土地理院技術資料D1-No.1103,8

廣内大助,2024,1:25,000活断層図　雫石盆地西縁－真昼山地東縁断層帯とその周辺「川尻」解説書,国土地理院技術資料D1-No.1104,11

石村大輔,2024,1:25,000活断層図　北上低地西縁断層帯とその周辺「平泉」解説書,国土地理院技術資料D1-No.1105,8

金田平太郎,2024,1:25,000活断層図　柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯及び湖北山地断層帯とその周辺「今庄」解説書,国土地理院技術資料D1-No.1106,12

熊原康博,2024,1:25,000活断層図　釜戸断層とその周辺「鳥取東部」解説書,国土地理院技術資料D1-No.1107,16

松多信尚,2024,1:25,000活断層図　鹿野－吉岡断層とその周辺「鳥取西部」解説書,国土地理院技術資料D1-No.1108,17

鈴木康弘・石山達也・堤　浩之・中田　高・渡辺満久,2024,1:25,000活断層図　上町断層帯、六甲・淡路島断層帯及び有馬－高槻断層帯とその周辺「大阪西北部　改訂版」解説書,　国土地理院技術資料D1-No.1109,31

・学会・シンポジウム等での発表

山中崇希・中埜貴元・小西博美・大谷知生，2024，火山土地条件図「蔵王山」、「焼岳」の整備・公開，日本地球惑星科学連合2024年大会（JpGU2024），SVC27-P07

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

【火山関係】

令和7年度は、火山基本図が未整備の「中之島」と「硫黄島」の火山基本図を作成するとともに、整備済みではあるものの、従前の写真測量により作成された刊行図のみの整備に留まっている「富士山」等の9火山について、現在の仕様で数値データ等を含めて整備する。併せて、令和6年度に整備した「大雪山」、「八甲田山」、「十和田」の火山基本図及び画像データ・数値データを刊行・公開する。

また、「恵山」と「鶴見岳・伽藍岳」の火山土地条件調査及び火山土地条件図の作成を実施するとともに、令和6年度に作成した「日光白根山」と「弥陀ヶ原」の火山土地条件図及び画像データ・数値データを刊行・公開する。

【地震関係】

令和7年度は、北海道・東北地方を中心に、平野部3,000平方キロメートル程度 の地形分類情報（土地条件図）を整備する。また、青森湾西岸断層帯、津軽山地西縁断層帯、新庄盆地断層帯、長井盆地西縁断層帯、富士川河口断層帯、木津川断層帯、頓宮断層、三峠・京都西山断層帯、有馬－高槻断層帯、六甲・淡路島断層帯、弥栄断層、地福断層・大原湖断層、能登半島北部（令和6年度から継続）について活断層の調査を実施する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

応用地理部地理調査課

他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：地理地殻活動研究センター　研究管理課
電話：029-864-5954
e-mail：gsi-eiss+3@gxb.mlit.go.jp
URL：https://www.gsi.go.jp

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：宮原伐折羅
所属：地理地殻活動研究センター

令和６年度年次報告

課題番号：HKD_01

（1）実施機関名：

北海道大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）巨大カルデラ形成噴火後における珪長質マグマ系の再活性化プロセス
（英文）Reactivation process of the felsic magma system after caldera-forming catastrophic eruptions

（3）関連の深い建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
火山

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明

（5）本課題の５か年の到達目標：

「過去にカルデラ噴火を起こした火山は、将来的に巨大カルデラ噴火を再発するのか？」という問いは、科学面だけでなく、火山国に住む我々にとっては防災面からの関心が高い問題である。そこで本研究では、大規模カルデラ噴火の必要条件である巨大珪長質マグマ系の発達過程の解明に焦点を絞り、国内の代表的なカルデラ火山の噴出物を対象に、U－Th放射非平衡分析を軸とした物質科学的解析を行う。特に複数回のカルデラ噴火を起こした火山において、カルデラ噴火に伴って崩壊した珪長質マグマ系が次の巨大噴火に向けて再活性化した要因についての共通点を探り、それをもとに、代表的カルデラ火山における最終カルデラ噴火以降のマグマ系において、巨大噴火への現在の準備状況を明らかにすることを目標とする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

本研究では、過去数十万年以内に複数回のカルデラ噴火を繰り返した屈斜路、十和田、阿蘇（第１群）、および基本的に１回の巨大カルデラ噴火を起こした洞爺、支笏、姶良（第２群）における、カルデラ形成噴火の噴出物、先カルデラ噴出物、後カルデラ噴出物を解析対象とする（一部の噴出物については第２次観測研究で解析済）。U-Th放射非平衡法を適用するにあたっては、マグマ供給系を含めたマグマプロセスについての事前的検討が不可欠であるため、各火山において詳細な地質調査，採取試料の岩石学的・地球化学的解析を行い、マグマの蓄積プロセスや分化プロセスを詳細に明らかにする。

１年目：　第１群の後カルデラ火山（桜島、風不死－恵庭－樽前、有珠）を対象とした岩石試料の採取、化学分析、マグマプロセスの解析

２年目：　第２群の後カルデラ火山（アトサヌプリ、十和田A-Gなど）を対象とした岩石試料の採取、化学分析、マグマプロセスの解析

３年目：　第１群の火山（十和田、阿蘇）のカルデラ噴火噴出物を対象とした岩石試料の採取、化学分析、マグマプロセスの解析

４年目：　第１群・第２群の火山（屈斜路、洞爺）のカルデラ噴火噴出物を対象とした岩石試料の採取、化学分析、マグマプロセスの解析

５年目：　全対象火山における追加・補足試料の採取、化学分析、マグマプロセスの解析、および研究の総括

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

今年度は、(1)桜島における完新世のマグマ系の起源と進化についての解明、(2)支笏－風不死－恵庭－樽前系の火山岩試料の採取と分析、(3)十和田火山噴出物の採取、の3点を主に実施した。(1)については、前年度までに得られた物質科学的データ（一部、今年度に採取・分析されたものを含む）について解析を行い、古い低P2O5タイプの噴出物（9-1.6 ka）は下部地殻起源であり、全岩化学組成の多様性は部分融解度の多様性を反映していることを明らかにした。一方で新しい高P2O5タイプの噴出物（<1.3 ka）は、先行研究により苦鉄質マグマと珪長質マグマの混合物であると考えられてきたが、苦鉄質端成分マグマについてはマントル起源であること、一方で珪長質端成分マグマについては、下部地殻が比較的高い溶融度で融解して生成された安山岩質マグマが、角閃石や燐灰石が晶出しない低圧条件下で結晶分化することによって生成したことを明らかにした。つまり完新世のマグマ系の進化は、大局的には徐々に高い融解度の下部地殻起源のマグマの、地殻浅部への間欠的な上昇によって説明できることを解明した。また姶良カルデラ噴火の珪長質マグマの残存物や、それらのソースである下部地殻物質は、桜島の完新世のマグマ系には関与していないことも明らかにした。(2)については、風不死岳・恵庭岳・樽前火山の代表的な試料の採取、およびXRF分析まで概ね終えることができた。(3)については、これまで未採取であったエピソードCおよびEの灰色軽石の採取を行った。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

「1 地震・火山現象の解明のための研究」における項目「(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明」に関して、今年度は「姶良カルデラ噴火の珪長質マグマの残存物や、それらのソースである下部地殻物質は、桜島の完新世のマグマ系には関与していない」という重要な知見が得られた。それを踏まえ、今後は「姶良カルデラの膨大な量の珪長質マグマを産み出した下部地殻の溶融プロセスと、桜島火山の進化を支配している下部地殻の溶融プロセスは、何が異なるのか？」を明らかにしていく必要があると考えている。また「(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化」の「ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明」に関して、桜島の完新世におけるマグマ活動の長期的変遷や、その支配要因を明らかにすることができた。これにより、マグマ系の長期的な進化における現在の活動の位置づけを把握することができ、来るべき大正噴火クラスの大規模噴火の活動予測に役立てることができると考えている。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

栗谷豪・中川光弘・松本亜希子・西原歩，2024，桜島における完新世のマグマ系の起源と進化，日本火山学会2024年度秋季大会，P98.

鈴木捷太・栗谷豪・中川光弘，2024，後支笏カルデラ火山の岩石学的研究，日本火山学会2024年度秋季大会，P11.

伊藤ひなた・栗谷豪・工藤崇，2024，十和田火山八戸噴火のマグマプロセス，日本火山学会2024年度秋季大会，P26.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

来年度は、主に(1)十和田火山、(2)屈斜路－アトサヌプリ系、(3)支笏－風不死－恵庭－樽前系を対象

に研究を実施する予定である。(1)の十和田火山については、エピソードA～Qの新鮮な代表的試料がほぼ入手できたことから、全岩の主要・微量元素濃度、Sr-Nd-Pb同位体比、U-Th放射非平衡分析のデータセットを揃え、マグマプロセスの解析を開始する。(2)の屈斜路－アトサヌプリ系については、アトサヌプリとKpⅠを中心に試料採取および化学分析を実施する予定である。(3)の支笏－風不死－恵庭－樽前系については、若干の追加採取を行い、その後、物質科学的データに基づいたマグマプロセスの解明に本格的に取り掛かる予定である。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

栗谷　豪（北海道大学大学院理学研究院）,吉村　俊平（北海道大学大学院理学研究院）,松本　亜希子（北海道大学大学院理学研究院）

他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：北海道大学大学院理学研究院
電話：
e-mail：kuritani@sci.hokudai.ac.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：栗谷豪
所属：北海道大学大学院理学研究院

令和６年度年次報告

課題番号：HKD_02

（1）実施機関名：

北海道大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）上昇するマグマの脱ガス過程と噴火様式の関係に関する研究
（英文）How the degassing processes occurring in the ascending magma control the style of volcanic eruption

（3）関連の深い建議の項目：

１地震・火山現象の解明のための研究
(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化

（4）その他関連する建議の項目：

２地震・火山噴火の予測のための研究
(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）

（5）本課題の５か年の到達目標：

SiO2成分に富むマグマ珪長質マグマ（安山岩質～流紋岩質）の粘性係数は非常に高いため、マグマからガスが逃げにくく、噴火は爆発的になりやすい。しかし実際は、珪長質マグマでも爆発を伴わず、穏やかに溶岩を流出することも多い。１つの噴火の中で噴火様式が変化することもよくある。何が噴火様式の違いや変化をもたらすのかという疑問は、噴火防災技術を確立する上で解決されるべき基本的な問題であるため、その中心的な課題である「上昇するマグマの中で起こる脱ガス過程」を明らかにしようとする試みは、欧米を中心に盛んに行われている。しかし、ガスの挙動に関する情報は噴出物には残りにくく、現状では本質的な理解はほとんど進んでいない。本課題では、担当者が独自に開発した「揮発性成分（特に塩素）のマッピング分析」を爆発的噴火と非爆発的噴火の噴出物に適用することで、火道内のどの深さで、どのような脱ガスが、どれくらいの時間を掛けて起きたのか、という詳細履歴をそれぞれの噴火様式について解読し、噴火様式と脱ガス過程の関係を明らかにすることを目的とする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

令和6年度においては、カワゴ平火山のおよび新島アッチ山火山におけるフィールド調査・揮発性成分の予備分析を行う。
令和7年度においては、カワゴ平溶岩流の揮発性成分分析による脱ガス履歴の復元を行う。
令和8年度においては、カワゴ平テフラの揮発性成分分析による脱ガス履歴の復元を行う。
令和9年度においては、新島・アッチ山火山テフラと溶岩の揮発性成分分析による脱ガス履歴の復元を行う。
令和10年度においては、両火山における火道内脱ガス過程の復元と、噴火様式ごとの共通性の解明を行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本年度は皮子平火山の試料分析に着手した。皮子平火山において降下火砕物、火砕流の堆積物を採取し、その中に含まれる黒曜石を対象としてH2O、CO2の濃度測定を行った。また、H2Oの溶存化学種の解析も行った。その結果、含水量は最大2.5 wt%であり、CO2は最大5 ppmであった。１つの黒曜石

の中で含水量の分布は概ね均質であったが、CO2の濃度は不均質であり、非平衡な脱ガスが記録されていることが判明した。CO2濃度の高いところではマイクロライト結晶度が高いことが見出され、マグマの脱ガスの起こり方についての新しいモデルが着想された。水のH2O分子とOH基の比率は、火砕流由来の黒曜石と降下堆積物由来の黒曜石で大きく異なり、噴火後の冷却履歴の違いが反映されることが明らかになった。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

噴火の起こり方を支配するマグマの脱ガスについて新しい脱ガスモデルが提案されたことから、「1 地震・火山現象の解明のための研究　(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化」高度化を一歩進めることが出来たと考えられる。災害の軽減に貢献するためには、噴火現象の起こり方が何によって支配されるのかを詳しく明らかにすることが不可欠であり、本研究は噴出物を詳しく解析することによってこの目標を達成しようとする課題である。今後さらに噴出物の解析を続けることで、マグマの脱ガス過程がどのように進行しているかがはっきりしてくると期待される。

(8) 令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

吉村 俊平，2024，火成岩の菫青石を用いた結晶マッシュ内の流体組成と圧力の推定の試み，日本鉱物科学会2024年年会，S1-P-02

(9) 令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

(10) 令和７年度実施計画の概要：

来年度は、皮子平火山の試料解析をさらに進める。また、最近見出した、鳴子火山の噴出物の黒曜石をターゲットとした解析も行う。当初計画にふくめているアッチ山火山については、すでに採取している試料の予察的解析を行う。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

吉村俊平（北海道大学大学院理学研究院）

他機関との共同研究の有無：無

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：北海道大学・地球惑星科学部門
電話：
e-mail：
URL：

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：吉村俊平
所属：北海道大学大学院理学研究院

令和６年度年次報告

課題番号：HKD_03

（1）実施機関名：

北海道大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）熱水系が発達した火山における火山活動活発化事象のモデル化と活動度評価
（英文）Modeling and evaluation of volcanic unrest at wet volcanoes

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）
3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(3) 火山噴火による災害誘因評価手法の高度化
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(6) 高リスク小規模火山噴火
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
ア. 観測基盤の整備
イ. 観測・解析技術の開発
ウ. 地震・火山現象のデータ流通

（5）本課題の５か年の到達目標：

近年、火口近傍への多項目常時観測設備の整備が進められたことで、様々な種類や規模の火山活動活発化事象をとらえられるようになり、個々の事例についての理解が進んできた。一部の火山では、火山体構造や熱水等の流体移動経路などのイメージを包含した活発化事象（火山によっては噴火事象）の活動推移モデルが提示される一方で、観測の歴史が浅い火山や観測項目が限られた火山においては、活動度を客観的に表す指標の設定すら難しく、他火山での知見をどのように活動評価へ活かすかが課題となっている。

本研究課題では、前建議に引き続き、主に噴火休止期にあり熱水系が発達した火山を対象として、火山活動活発化事象の事例を蓄積するための多項目観測を継続しながら、火山活動度評価技術の高度化を進める。VUI等の定量的火山活動評価手法の開発や適用をアウトプットに位置づけ、未検討の火山においてはVUI等による評価指標の検討と作成、検討済みの火山においてはデータ処理方法や基準値の再検討、評価項目の追加を行う。研究課題内で共通のデータ処理や解析手法を導入してVUI等による評価の高度化や比較研究を進める。人工衛星データ（MODIS等）を活用したモニタリング及び評価の試行や、VUI算出の自動化にも取り組む。また観測項目間の変化の関係性を客観的に評価するために、噴出物分析の先行研究で導入された実績のある多変数相関解析による検討を試みる。

（6）本課題の５か年計画の概要：

研究計画の1年目及び5年目には対面での研究集会（@札幌を予定）、その他の年度にはオンラインでの研究集会を開き、成果や解析手順などについての情報共有を図る。また、2（3）及び5（6）に共有できる成果が得られた場合には、それらの課題が開催する研究集会にも積極的に参加する。
令和6年度：各火山での多項目連続観測。雌阿寒岳・十勝岳・御嶽山・焼岳でのドローン観測。吾妻山の火山活動再評価。対面研究集会。
令和7年度：各火山での多項目連続観測。雌阿寒岳・焼岳・九重山でのドローン観測。吾妻山でのDAS観測。御嶽山・口永良部島での水準測量。
令和8年度：各火山での多項目連続観測。十勝岳・焼岳でのドローン観測。口永良部島の火山活動評価。
令和9年度：各火山での多項目連続観測。雌阿寒岳・十勝岳・九重山でのドローン観測。口永良部島での水準測量。
令和10年度：各火山での多項目連続観測。雌阿寒岳でのドローン観測。御嶽山での水準測量。対面研究集会。
MODIS活用スキームの検討と開発、統一的な地震波解析手法の共有と試行、多変数相関解析の検討と試行、VUI評価の自動化作業、については、実施期間を通じて連携して取り組む。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

対象火山において多項目連続観測によるモニタリングを実施するとともに、機動観測となるドローン観測も計画通りに実施できた。火山活発化指数（Volcano Unrest Index：VUI）による評価指標の検討については、吾妻山において前建議計画において試作したVUIの項目追加等の検討を行った。また、関係者による研究集会を2025年1月に札幌にて開催した（ハイブリッド形式）。
各火山における観測は、以下に記すように概ね順調に進展している。
【雌阿寒岳・十勝岳・樽前山・有珠山・北海道駒ヶ岳】（北大・東大理・東大地震研・気象庁・道総研）
・道内主要5火山地域における地震・地殻変動・地磁気・土壌ガス等の連続・繰り返し観測を継続した。（北大・東大理・気象庁）
・十勝岳の62-2火口周辺一帯において、本課題に配分された研究経費でレンタルしたドローン用の磁気観測装置を用いた空中磁気測量を行い、2023年の測量成果と差分を取って浅部磁化構造の時間変化の推定を進めた。（北大）
・十勝岳の山頂火口域において、ドローン用のマルチガス観測装置を用いた噴気観測を行い、火山ガスの組成比に関する情報を得た。（北大・東大地震研）
・雌阿寒岳山頂の中マチネシリ及びポンマチネシリ火口域一帯において空中磁気測量を実施し、浅部磁化構造の暫定的なイメージを推定した。（北大）
・雌阿寒岳の中マチネシリ火口において、ドローン用のDOASを使ったSO_2放出率の観測を行い、2023年度に行ったマルチガス観測の結果を参照して、SO_2放出率から放熱率を推定した。（北大・東大理）
・十勝岳や樽前山での繰り返し温泉・噴気観測を行い、十勝岳では温泉成分や同位体比等に活発化を示唆する変化が無いことを確認した。（道総研）
【吾妻山】（東北大・気象研）
・前建議計画から引き続きとなる地震・地盤変動等の多項目連続観測を継続した。（東北大）
・前建議で作成したVUI評価シートの中で未検討となっていた深部低周波地震と局所面積ひずみの評価方法について検討を進め、1997年以降のデータへの適用を試みた。（東北大）
・マルチガスの連続観測を継続し、ガス濃度比評価の支障となっていた複数噴気孔からの噴気シグナルの分離法を検討した。（気象研）
【焼岳】（京大防災研・信州大・京大理・北大ほか）
・前建議計画から引き続きとなる地震・地盤変動・地磁気等の連続観測を継続した。（京大防災研・信州大・京大理ほか）
・検知管・マルチガス・DOAS等を用いた繰り返し噴気観測を実施し、噴気温度・ガス組成比・見かけ平衡温度等を推定した。（信州大ほか）
・2023年に実施した山頂域での繰り返し磁気測量のデータの解析を進め、山頂域に2つの消磁源を仮定することでおおよそ観測値を説明できることを確認した。（信州大・北大ほか）
・山頂域や主要噴気孔一帯でのドローンによる可視光観測と熱赤外観測を実施した。可視光観測では、

オルソ画像から作成した地形情報の差分を取ることで顕著な変化がないことを確認した。熱赤外観測では、主要噴気孔一帯での熱画像を取得し、温度異常の状況を調べるとともに日射や噴気の影響を確認した。（信州大ほか）
【御嶽山】（名大・日大）
・前建議計画から引き続きとなる地震・地盤変動等の連続観測を継続した。（名大）
・地震検知の処理方法を変更し、山頂域における地震活動の検知数の増加を図った。（名大）
・2014年噴火前後の両期間における特徴的なタイプの地震（各期間で３つ）をテンプレートとし、Matched Filter法を用いて2007年噴火に関係する地震のタイプの時間変化を調べた。（名大）
・山頂域におけるGNSS観測点の増強と相対重力観測を実施したほか、山腹域で絶対重力観測を実施した（名大ほか）
・山体に近い一部路線での水準測量を実施し、2023年-2024年の変化として山側の沈降を確認した。（名大・日大）
・ドローンによる地獄谷火口と周辺の測量のため、試験飛行を行った。来年度のドローン調査に向けて、既存データに基づき調査地の選定を行い、今年は三ノ池溶岩の分類を行った。（名大）
【九重山】（京大理）
・2025年度に予定するドローン熱赤外観測の事前調査と噴気観測を実施した。
・多孔質弾性体の不均質を考慮した熱水系の力源モデルについて検討を行い、九重山の1992年-1998年の地盤変動に適用を試みた。
【口永良部島】（京大防災研）
・前建議計画から引き続きとなる地震・地盤変動等の連続観測を継続した。
・火山活動に影響を与えていると考えられる浅部水環境の検討に向けて、湧水地点のマッピングを行った。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
火山活動活発化事象を含む噴火休止期における各種観測項目の時空間変化が対象火山で進められ、一部の火山では深部活動と浅部活動を分けた評価指標の提案が行われるなど、火山活動のモデル化や活動評価と試行（重点課題）の目的に大きく貢献している。火山災害の軽減のためには、噴火が発生するまえに火山活動を適切に評価し、噴火発生時期、噴火規模などを予測することが重要である。本研究は「モニタリングによる火山活動の評価」を通して災害軽減に貢献している。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
・論文・報告書等

Maeda, Y., 2024, A numerical model for precursory time sequences of the phreatic eruptions of Mt. Ontake, central Japan. Earth Planets Space, 76, 63, doi:10.1186/s40623-024-02013-8,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

藤原直哉・青山　裕, 2024, アレイ観測による十勝岳の火山性地震・微動発生源推定, 日本火山学会2024年度秋季大会, P08

保苅健陽・田中　良・橋本武志・小山崇夫, 2024, ドローン空中磁気測量による十勝岳の地下浅部 の磁化構造の推定, 日本地球惑星科学連合2024年大会, STT34-P03

Hokari, T., R. Tanaka, T. Hashimoto, T. Koyama, 2024, Shallow thermal demagnetization beneath Tokachidake Volcano revealed by a UAV aeromagnetic survey, 26th EM Induction Workshop, 6P06

保苅健陽・田中　良・橋本武志・小山崇夫, 2024, 十勝岳におけるドローン空中磁気測量, 北海道火山勉強会, P1

保苅健陽, 2024, ドローン空中磁気探査の火山観測への応用, ドローン物理探査研究会第6回研究講演会

泉那由多・青山　裕・田中　良・森　俊哉, 2024, 有珠山山頂域の土壌拡散CO2フラックスの繰り返し観測および深地温測定を合わせた火山性流体の流動経路推定, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SVC26-P03

成田翔平・橋本武志, 2024, 噴気放熱率の全自動推定ツールの試作, 日本火山学会2024年度秋季大会, P133

橋本武志・青山　裕・田中　良・大倉敬宏・森　俊哉・高木朗充, 2024, 雌阿寒岳の火山活発化指数（VUI）の試作, 日本火山学会2024年度秋季大会, P03

浅井　岬・前田裕太, 2024, 御嶽山における周波数-ベッセル変換法による分散曲線の推定, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SVC26-P10

浅井　岬・前田裕太・渡辺俊樹, 2024, Modified Frequency-Bessel Transform Method（MFJ法）を用いた御嶽山の地下速度構造推定, 日本火山学会2024年度秋季大会, B3-18

村瀬雅之・前田裕太・堀川信一郎・浅井　岬・金　幸隆・竹脇　聡・及川　純・手操佳子・谷田部史尭・弘田瑛士, 精密水準測量によって検出された御嶽山の上下変動（2023－2024年）, 日本測地学会第142回講演会, 11

森田健心・齋藤武士・風早竜之介・網田和宏・三島壮智・大沢信二, 2024, 焼岳，岩坪谷噴気孔のガス組成から推定される山体内部のガス輸送システム, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SVC26-P09

中山舜介・齋藤武士・宿輪隆太, 2024, ドローン写真測量による焼岳の火口地形測定, 日本火山学会2024年度秋季大会, P46

高木朗充・阿部優大・作野　魁・菅野　舜・谷口無我・岡田　純, 2024, マルチガス観測解析技術による吾妻山の火山活動, 日本火山学会2024年度秋季大会, A1-21

山本　希, 2024, 岩手山における長周期地震と火山活動推移, 日本火山学会2024年度秋季大会, A1-18

平戸悠登・田中　良・大園真子・太田雄策・大野圭太郎, 2024, 有珠山2000年噴火時のGPSデータの再解析によ る地盤変動観測, 日本火山学会2024年度秋季大会, P17

平山裕登・山本　希, 2024, 吾妻山で観測された調和振動型微動のスペクトル構造と非線形構造, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SVC26-03

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

各火山で地震・地盤変動・全磁力などの多項目観測を継続し、非噴火期の活動評価の基礎となるデータの蓄積を進める。

【雌阿寒岳・十勝岳・樽前山・有珠山・北海道駒ヶ岳】

雌阿寒岳では空中磁気とガス・熱のドローン観測を行う。有珠山では中長期評価の基礎データとなる土壌ガス観測等を実施する。

【吾妻山】

THK_06課題で行う光ファイバーDAS観測も含めた臨時地震観測を実施する。

【焼岳】

≪観測項目≫のドローン観測のほか、噴気ガスや地温のくり返し観測を継続して行う。

【御嶽山】

東麓の全路線において水準測量を実施する。山頂域でドローンによる地形測量とオルソ画像の作成を行う。

【九重山】

山体全域でドローン空中熱観測を実施する。

【口永良部島】
山麓での水準測量、山頂域地震観測点と山麓GNSS観測点の再整備、山麓湧水地点の踏査調査を実施する（立入規制の状況に合わせて）。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

青山　裕（北海道大学大学院理学研究院）,橋本武志（北海道大学大学院理学研究院）,田中　良（北海道大学大学院理学研究院）
他機関との共同研究の有無：有
山本　希（東北大学大学院理学研究科）,森　俊哉（東京大学大学院理学系研究科）,森田雅明（東京大学地震研究所）,成田翔平（東京科学大学総合研究院）,前田裕太（名古屋大学大学院環境学研究科）,山中佳子（名古屋大学大学院環境学研究科）,寺川寿子（名古屋大学大学院環境学研究科）,伊藤武男（名古屋大学大学院環境学研究科）,金　幸隆（名古屋大学大学院環境学研究科）,大見士朗（京都大学防災研究所）,吉村令慧（京都大学防災研究所）,西村卓也（京都大学防災研究所）,山田大志（京都大学防災研究所）,中道治久（京都大学防災研究所）,為栗　健（京都大学防災研究所）,山本圭吾（京都大学防災研究所）,大倉敬宏（京都大学大学院理学研究科）,横尾亮彦（京都大学大学院理学研究科）,宇津木充（京都大学大学院理学研究科）,石井杏佳（京都大学大学院理学研究科）,高橋　良（北海道立総合研究機構産業技術環境研究本部エネルギー・環境・地質研究所）,高木朗充（気象庁）,村瀬雅之（日本大学文理学部）,齋藤武士（信州大学理学部）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター
電話：011-706-4845
e-mail：aoyama@sci.hokudai.ac.jp
URL：https://www.sci.hokudai.ac.jp/isv/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：青山 裕
所属：北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター

令和６年度年次報告

課題番号：HKD_04

（1）実施機関名：

北海道大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）測地・地下構造データに基づく内陸地震・火山活動地域の地殻変形のモデル化

（英文）Crustal deformation modeling in inland seismic and volcanic areas based on geodetic and subsurface structural data

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
エ. 地震発生と火山活動の相互作用の理解とモデル化

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
イ. 内陸地震
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(3) 千島海溝沿いの巨大地震
(4) 内陸で発生する被害地震
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

（5）本課題の５か年の到達目標：

稠密かつ複合的測地観測による詳細な地殻変動場の時空間把握と、地球電磁気(MT)観測、地震活動把握等による詳細な地下構造推定を行い、実際の地下構造、実測された地表変動に基づいて当該地域の力学モデルの構築を行う。モデルから応力・ひずみ集中のメカニズムや火山性変動源の挙動を定量化し、内陸地震活動と火山活動の個々の現象理解に加え、地震と火山のテクトニックな相互作用について検討する。また、広域変動場に含まれるこれらの影響を定量的に推定することで、千島海溝沿いプレート間固着の推定精度の向上にも貢献し、あわせて沈み込み帯における長期的なプレート収束と火山フロント周辺部の内陸変形の関係についても検討を試みる。

（6）本課題の５か年計画の概要：

5年間継続して行う観測の計画として、時空間的な地殻変動の把握を行うためには継続的な測地観測が必要である。そのためGNSS、重力、水準測量による多項目測地観測を年に1回程度、繰り返し観測として実施し、少なくとも1年間毎の高空間分解能での地殻変動場の把握を行う。周辺で連続観測を行っているGNSS、水位、地震観測を継続し、高時間分解能での地殻活動を監視する。これらの観測結果は構築していくモデル化の中で随時取り入れる。あわせて、過去に阿寒・屈斜路地域で行ってきたMT探査を拡張し、個別に行われてきた周辺の探査地域とのギャップを埋める観測を実施することで、より広域の地下比抵抗構造を把握し、地震活動や地殻変動と比較する。

1年目の令和6(2024)年度は、広域・大局的な変形モデルの構築を行う。外力は太平洋プレートの収束、プレート間固着の影響を測地データから見積もる。先行研究等を参考に、前弧、火山フロント、背弧といった大まかな地下構造の不均質性を与え、屈斜路カルデラでひずみ集中域の形成に必要なパ

ラメータについて検討する。

2年目の令和R7(2025)年度は、大まかなモデルでは説明しきれない地殻変動について、有限要素法を用いてより細かい空間スケール、つまりカルデラ特有、火山地域特有の地下構造の不均質分布を考慮した説明を試みる。地下構造の設定には、MT観測、地震活動の情報を用いる。また、独立して火山性地殻変動源の存在・活動を仮定したモデルによる地殻変動についても見積もり、それぞれ時空間発展を含めてどのように振る舞うか確認する。

3年目の令和R8(2026)年度は、実際の地形やより細かい地下構造（粘弾性構造）が、どれくらい地表変位や地下のひずみ、応力分布に影響を与えるのかを見積もり、どの程度考慮が必要なのか、具体的には剛性率や粘性係数などの物性についてのパラメータ値の振れ幅や、空間分解能の感度の範囲などを検討する。また、これまでの計算で得られたひずみ・応力分布が、他の内陸地震発生域、活火山地域と同程度かどうか、先行研究の情報などを元に検討する。

4年目の令和R9(2027)年度は、2021年後半から2023年中頃まで発生した膨張の非定常地殻変動について火山性変動源を仮定したモデル化を行い、その説明を試みる。またそれが定常変動時のどの部分が変化して、非定常変動を発生しているのかについても検討する。

最終年度であるR10(2028)年度は、これまでの計算結果をまとめ、定常時のひずみ集中の原因、現在のひずみ・応力分布、また非定常地殻変動の様子を明らかにし、構築した力学モデルから今後のこの地域のひずみ集中および火山活動の推移、地震と火山の相互作用について検討する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

【北海道東部における広域的な変形の見積もり】

1年目の目標に掲げた北海道東部の広域・大局的な変形モデルの構築に必要な、外力となるプレート運動の影響を定量化するため、GEONETおよびソフトバンク独自基準点におけるGNSS観測点の太平洋プレートの収束方向（N66°W）への変位速度を求め、海溝軸直交方向を横軸とする速度プロファイルを作成した。厚岸～屈斜路カルデラ～稚内を通過する速度プロファイルから、屈斜路カルデラの周辺、火山地域を除いた約200 kmにおける範囲の広域的な変形（ひずみ）速度は定常的に短縮を示し、その値は約-1.4×10^{-7}/yrとなることが分かった（図1）。この変形速度は、2003年十勝沖地震、2011年東北地方太平洋沖地震による地震時、地震後の一時的な擾乱を除き、大きく変化しないことも分かった。また、ソフトバンク独自基準点が加わったことにより、観測点分布が稠密となった2021年以降の速度プロファイルから前孤、火山フロント、背孤側での変形速度の空間的な違いを調べたが、顕著な違いは確認できなかった。

北海道東部の広域応力場の空間分布を詳細に調べるために、利用可能な震源メカニズムを用いて推定したところ、全体の57%の地震がN60°W-N80°W方向にP軸を示し、広域的にはGNSS観測から推定されるプレート収束方向とほぼ同じ方向で整合することが分かった。ただし、屈斜路カルデラ周辺の地震はP軸の向きがばらつき、周辺と異なる応力場になっている可能性が示唆された。

以上のことから、1年目の目標としていた広域変形モデル構築のための、広域からの外力となる変形速度やその向きを、測地、地震のデータを通して定量的な値として決定することができた。

【屈斜路カルデラ周辺の膨張性の非定常地殻変動の変動源推定】

2021年半ばから2023年半ばまで屈斜路カルデラ周辺で発生した膨張性の非定常地殻変動について、北海道大学、GEONET、ソフトバンク独自基準点からなる超稠密GNSS観測網のデータを解析して、変動源の推定を行った。広域変動場を差し引いて非定常地殻変動シグナルを抽出し、そのデータに対して、MCMCを使った変動源推定プログラム（RUNE, 例えばOhno et al., 2024）を適用して、変動源推定を行った。茂木モデル、楕円体モデル、シルモデルの3つを仮定したところ、いずれも観測値を概ねよく説明するが、茂木モデルが最適となった（図2）。推定変動源の深さは約5 kmに求まり、体積変化量は1.1×107 m3となる。これは、1993-1995年に発生した膨張イベントとほぼ同じ場所で若干小さい規模で発生しており、普段定常的に収縮場である屈斜路カルデラの地下が、時々繰り返して膨張イベントを生じる可能性を示唆する。また、この変動源はマグマ溜まり本体ではなく、その最上部、電気比抵抗の低比抵抗領域の最上端部（本多・他、2012）、脆性-塑性境界（高橋・他、2017）で発生していると推察される。

なお、この推定は本課題の4年目で実施する予定であったが、データセットおよび推定手法が整理できたことから、前倒して今年度実施した。また本内容をまとめて論文として投稿し、現在査読中である

（Ohzono et al., EPS, in review）。

【繰り返し多項目測地観測による屈斜路カルデラ周辺の地殻の挙動検出】
GNSS観測のほか，屈斜路カルデラ周辺では水準測量，繰り返し相対重力観測を実施した。水準測量は屈斜路湖畔沿い約15 kmの路線で2023年9-10月，2024年9月に実施し、今年度初めて約1年間の上下変動を得た。膨張変動はほぼ終息したタイミングではあるが、推定震源域の近傍では、4 mmの隆起が発生していたことが明らかになった（図3）。繰り返し相対重力観測は、屈斜路カルデラ、阿寒カルデラ周辺において、前計画から観測方法の改良等検討しながら実施している。近年の屈斜路カルデラ周辺の重力値の時間変化はほぼなく、安定していることが分かった。膨張変動から見積もられる重力変化は、誤差の範囲内であるため、これに対応する重力変化のシグナルも捉えられていない。

【謝辞】 本研究では国土地理院のGEONETデータを使用しました。本研究で使用したソフトバンクの独自基準点の後処理解析用データは「ソフトバンク独自基準点のデータの宇宙地球科学用途利活用コンソーシアム」の枠組みを通じて、ソフトバンク株式会社およびALES株式会社より提供を受けたものを使用しました。RUNEは「火山活動監視のための観測データ及びGNSSリアルタイム解析技術の相互利用に関する協定」で使用しているものです。記して感謝申し上げます。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
内陸地震発生領域であり、火山地域でもある北海道東部屈斜路カルデラ周辺において、近年の火山活動に伴う地殻変動を稠密GNSS観測網から検出し、変動源を定量的に求めたこと、またその変動源の位置が1990年代の膨張イベントとほぼ同じであるのを特定したことで、この地域の数十年といった時間スケールでの火山活動の理解するためのひとつの情報を得た。今後の収縮過程に対する測地学的モニタリングを継続することで、その時空間変化を捉え、カルデラや火山地域特有の地下の粘弾性構造の把握、その構造に起因するひずみ・応力蓄積過程、内陸地震活動についての力学モデル構築を進展させることで、地震と火山の相互作用について、災害の軽減に貢献するための、現象解明が進むと期待できる。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

大園真子・高橋浩晃・太田雄策，2024, 超稠密GNSS観測網が捉える 屈斜路カルデラ周辺の非定常地殻変動，JpGU2024，MTT37-P05

大園真子・高橋浩晃・奥山哲・太田雄策・大野圭太郎，2024，超稠密GNSS観測網による屈斜路カルデラ周辺の非定常地殻変動，日本火山学会2024年度秋季大会，A1-08

大園真子・太田雄策・大舘未来・高橋浩晃，CSESSの稠密GNSS観測網でみる全国地殻ひずみ分布概観，日本測地学会第142回講演会，35

Hashimoto, T., J. Pan, A. Suzuki, M. Takada, K. Okada, R. Tanaka, M. Tamura, 2024, Conductivity anomalies in the deep subsurface of central Hokkaido, 26th EM Induction Workshop, 4P52

Inoue, T., T. Hashimoto, R. Tanaka, Y. Yamaya, H. Ichihara, and K. Aizawa, 2024, The magma plumbing system of Mt. Meakandake imaged by broadband magnetotelluric survey, 26th EM Induction Workshop, 4P18

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：
項目：地震：地殻変動：GNSS観測
概要：屈斜路カルデラ周辺においてキャンペーンGNSS観測を実施した.
既存データベースとの関係：

調査・観測地域：北海道弟子屈町屈斜路カルデラ
調査・観測期間：2024/9/9-2024/9/17
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：地震：地殻変動：水準測量
概要：屈斜路カルデラ湖畔沿いにおいて水準測量を実施した.
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：北海道弟子屈町屈斜路カルデラ
調査・観測期間：2024/9/9-2024/9/13
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：地震：地殻変動：重力測定
概要：道東地域において繰り返し相対重力観測を実施した.
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：北海道弟子屈町，釧路市，厚岸町等
調査・観測期間：2024/9/-2024/9/
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

（10）令和７年度実施計画の概要：

1年目に計画していた広域・大局的な変形モデルの構築が完了しなかったので、引き続き継続する。与える外力（太平洋プレートの収束）について今年度定量化できたため、実際のモデル計算にこの値を使用する。有限要素法を用いて、一様均質媒質から、先行研究に基づく前孤、火山地域、背孤の弾性-粘弾性構造の不均質構造等を与えたものを検討し、地表で観測される地殻変動場、ひずみ場と計算結果を比較する。また2年目では、より細かい空間スケールでのモデル化を進めることとしている。火山地域、カルデラ地域特有の地下の不均質構造を考慮したモデル化を実施し、広域・大局的なモデルに組み込むことを検討する。

地殻変動モニタリングのための多項目測地観測（GNSS、水準、相対重力など）を継続して実施する。また、モデル構築に必要な地下構造の情報について、先行研究や関係者から情報を得て、それらを取り入れることを検討する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

大園 真子（北海道大学大学院理学研究院）,高橋 浩晃（北海道大学大学院理学研究院）,橋本 武志（北海道大学大学院理学研究院）
他機関との共同研究の有無：有
岡 大輔（北海道立総合研究機構エネルギー・環境・地質研究所）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：北海道大学大学院理学研究院
電話：
e-mail：m.ohzono@sci.hokudai.ac.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：大園真子
所属：北海道大学大学院理学研究院

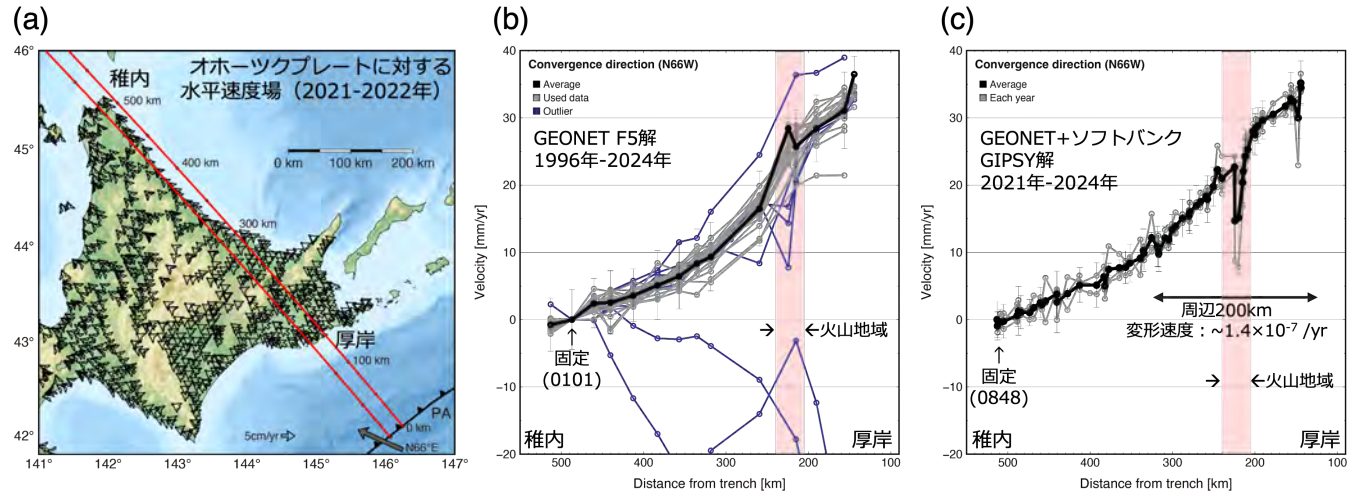


図1．水平変位速度場とプレート収束方向の速度プロファイル
(a) 速度場の例（ベクトル）とプロファイルの測線（赤線で囲んだ地域の20 km）。プレート運動モデルGSRM v1.2 (Kreemer et al., 2014) を使って、プレート運動の影響を除いている。(b) 1996年から2024年までのGEONET F5解による1年ごとの変位速度のプロファイル（灰色）と、その平均（黒）。青線は地震時・地震後の影響を受けた期間のプロファイルで、平均の算出に使用しなかったもの。(c)　2021年から2024年までのGEONETおよびソフトバンク独自基準点の1年ごとの速度プロファイル（灰色）とその平均（黒）。日座標値は東北大学のルーチン解析（Gipsy-X Ver.2.2による精密単独測位解）による。

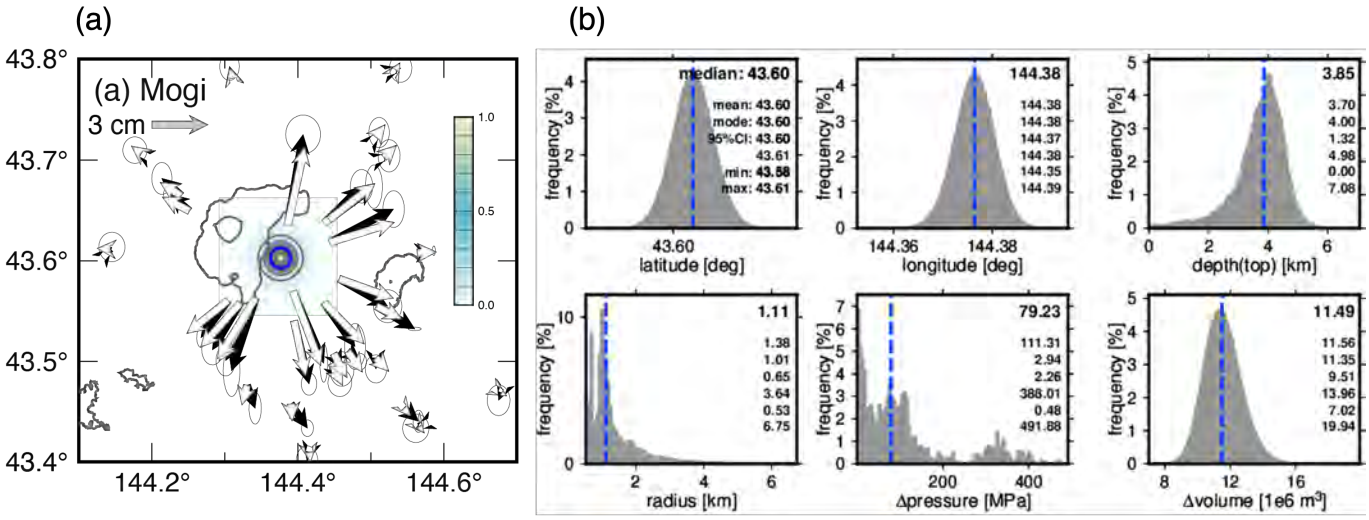


図2．稠密GNSS観測から推定された2021-2023年の膨張変動源の推定結果。
（a） 水平変位の観測値（黒）と計算値（白）。RUNEによって推定された茂木モデルの位置（中央値），範囲をカラーコンターで示す。(b) 推定された各パラメターの頻度分布。青の破線が中央値を示す（Ohzono et al., EPS, in review）。

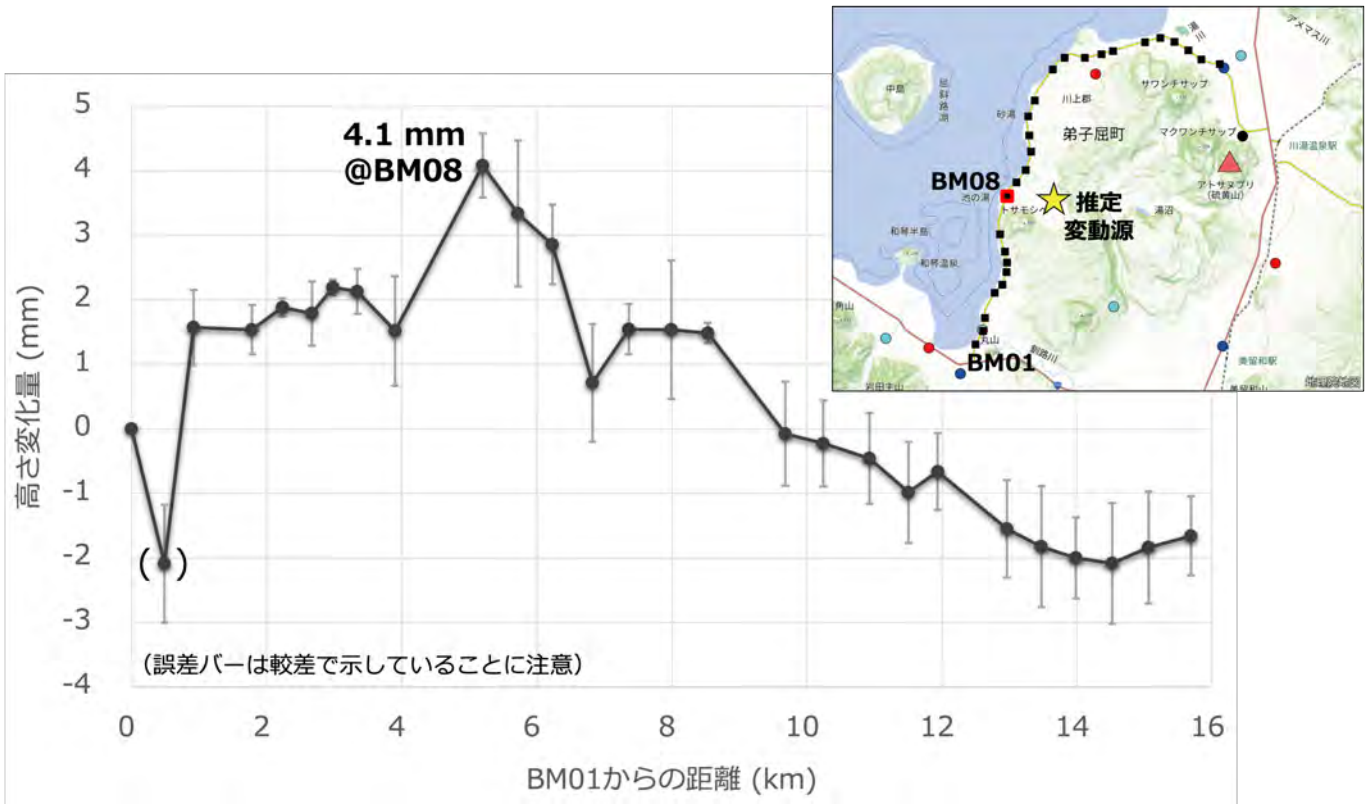


図3. 2023年9-10月および2024年9月の水準測量から得られた上下変動分布。
右上図の黒い四角がベンチマークとなっている。星は図2で求めた推定変動源の位置に対応する。

令和６年度年次報告

課題番号：HKD_05

（1）実施機関名：

北海道大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）津波波源モデルの分析に基づく地震・津波事前予測の高度化
（英文）Source model investigation for advancing tsunami disaster estimation

（3）関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
イ. 津波の事前評価手法

（4）その他関連する建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(3) 千島海溝沿いの巨大地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

津波の事前評価手法を高度化することを目的として、津波の伝播・氾濫予測における不確実性の分析のもと、既往イベントに対する断層モデルの不確実性を分析する。先行研究の調査や、津波観測記録の収集・体系的整理・信頼性検証、数値実験などの様々な手法を組み合わせながら、主にわが国に影響した地震津波の再現性における不確実性を系統的に分析する。その結果に基づき断層モデルの不確実性を評価するとともに、複数のイベントにおいて同様の分析を行い、統一した評価基準を用いて断層モデル群の不確実性の定量化を目指す。

（6）本課題の５か年計画の概要：

本研究課題は以下の4項目に基づき実施する。令和6-9年度においては主に(1-2)を行いながら、その結果に基づき随時(3)を行う。令和9-10年度においては、継続して(3)を行うとともに、成果の取りまとめに向けて(4)を行う。

(1) 既往イベントにおける津波の観測記録(波形・痕跡データ等)を収集および精査しながら津波の再現計算を実施し、観測記録と計算結果の比較などを通して断層モデルの不確実性を分析する。
(2) 様々な既往イベントを対象としながら断層モデルの不確実性を評価し、それらの断層モデルのスクリーニング評価を実施して不確実性の高い断層モデルを抽出する。
(3) 不確実性が高い断層モデルにおいて、それをもたらしている要因を特定する。可能な場合にはその断層モデルを再構築することによって不確実性の低減を図る。
(4) 断層モデル群の不確実性の統一評価に向けて、それを定量化する指標を開発し、その結果を視覚化する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本研究計画に沿って、令和6年度は(1)断層モデルの不確実性評価に向けた既往地震・津波イベントの整理と情報収集、(2)沿岸津波波形を用いた震波源逆解析手法の課題整理、(3)津波予測に基づく代表的な巨大地震の断層モデルの不確実性評価を実施した。それぞれの概要を下記に記載する。

津波波形を用いて構築された既往地震の断層モデルの不確実性評価に向け、それらの断層パラメータや観測記録の収集・整理を開始した。これと併行して、構築される断層モデルに不確実性をもたらす要因を検討し、津波の波動特性（非線形特性）、観測点分布、逆解析に用いる波形の時間長を主要な要因として推察した。また、様々な高精度観測記録が得られた2016年福島沖地震・津波イベントを対象にしながら、それらの要因の影響を検証した。その結果、沿岸津波波形を用いた逆解析を実施する場合、津波の非線形特性、観測点分布、使用波形の時間長それぞれが断層モデルの構築精度に影響することがわかった。
2024年能登半島地震、2003年十勝沖地震、1952年十勝沖地震、12世紀北海道南西沖地震の断層モデルの不確実性をそれぞれ分析した。2024年地震においては、陸域で観測された地震時地殻変動を最も良く説明することができる断層モデルのひとつである国土地理院モデル（2024年2月29日版）を用いて津波予測を実施した。その結果、第一波目の主要な津波に先行して観測された比較的小さな水位変動は、急峻な海底地形が水平方向に変位したことに起因する可能性があることがわかった。一方、同断層モデルによる津波では観測津波波形を十分に再現することができないことがわかった。これを踏まえて詳細な分析を実施した結果、観測された津波を説明するためには国土地理院モデルよりもさらに北東域に波源が必要であることがわかった。さらに、津波被害が最も大きかった能登半島飯田湾では、津波の第一波目ではなく後続波が最大水位を形成したこと、後続波は様々な方向から伝播する複数の津波の重合により特徴づけられていたことがわかった。2003年地震においては、津波の非線形特性を考慮しながら沿岸津波波形を用いて構築された断層モデルを地震時地殻変動の観点で検証した。その結果、同断層モデルは陸域で観測された地震時水平変位を再現できないことがわかった。1952年地震においては、津波の非線形特性を考慮せずに沿岸津波波形を用いて構築された断層モデルを検証した。その結果、津波の非線形特性の影響が無視できず、構築されている断層モデルの規模が過小評価になっている可能性があることがわかった。12世紀地震においては、それに伴う津波が形成したとされる津波堆積物の分布地域を十分に浸水させることを念頭に置いて同地震の断層すべり量が推定されているが、それが過大評価になっている可能性があることがわかった。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
本研究と関連の深い建議の項目「3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究 (1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化 イ. 津波の事前評価手法」では断層モデルの見直し等による想定津波の再検討などを通じて津波の事前評価手法を高度化するとされている。また「5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究 (3) 千島海溝沿いの巨大地震」では、津波の地域的な増幅氾濫特性を評価する手法等を検討し、津波予測の空間分解能の向上を目指すとされている。本研究で今年度実施した、断層モデル構築手法および千島海溝沿いで発生した地震を含む既往地震の断層モデルの分析と津波予測は、建議の研究計画に遂行に資する研究内容でありその目的達成に大きく貢献している。
既往地震・津波特性の推定や検証を実施する本研究は、今後発生することが懸念される巨大地震・津波の想定や予測の高度化および不確実性の低減を加速させる研究として位置づけられる。巨大地震発生領域を研究対象とする各研究グループと情報共有を図りながら、地震・津波想定の高度化に貢献する。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
・論文・報告書等

Yamanaka, Y., Y. Matsuba, T. Shimozono,and Y. Tajima, Nearshore Propagation and Amplification of the Tsunami Following the 2024 Noto Peninsula Earthquake, Japan, Geophysical Research Letters, 51(19), doi:10.1029/2024gl110231,査読有,謝辞有

Yamanaka, Y. and Y. Tanioka, 2024, Tsunami waveform inversion using Green’s functions with advection effects: application to the 2003 Tokachi-Oki earthquake, Earth Planets Space, 76, 71, doi: 10.1186/s40623-024-02006-7,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

山中悠資・谷岡勇市郎, 2024, 沿岸津波波形を用いた線形インバージョンの不確実性と高度化, 日本地震学会2024年度秋季大会, S17-02

跡邊陽太・谷岡勇市郎・山中悠資, 2024,令和6年能登半島地震における富山湾北東部に襲来した津波第一波の励起過程, 日本地震学会2024年度秋季大会, S17-06

対馬弘晃・林豊・山本剛靖, 2024, 沖合津波波形で拘束した津波波源を用いた沿岸津波波形逆解析の評価, 日本地震学会2024年度秋季大会, S17P-09

山中悠資・松葉義直・下園武範・田島芳満, 2024, 石川県珠洲市飯田町に来襲した津波の伝播・増幅特性の推定, 第71回海岸工学講演会, 83

(9) 令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：地震：その他：津波調査
概要：2024年能登半島地震・津波の分析に向けた現地調査を実施した。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：新潟県上越市直江津 37.1795 138.2494
調査・観測期間：2024/12/5-2024/12/5
公開状況：

(10) 令和７年度実施計画の概要：

令和6年度に引き続き、既往地震の断層モデルの断層パラメータや観測記録の収集・整理を実施しながら断層モデルの不確実性を評価する。令和6年度に具体的に対象としたイベントも含め、不確実性が高いと考えられる断層モデルについては詳細な分析を実施するとともに可能な場合はそれを再構築する。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

山中悠資（北海道大学大学院理学研究院）
他機関との共同研究の有無：有
対馬弘晃（気象庁気象研究所）

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：北海道大学大学院理学研究院
電話：011-706-3591
e-mail：isv-web@ml.sci.hokudai.ac.jp
URL：https://www.sci.hokudai.ac.jp/isv/

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：山中悠資
所属：北海道大学大学院理学研究院

令和６年度年次報告

課題番号：HKD_06

（1）実施機関名：

北海道大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地理空間情報の総合的活用による災害への社会的脆弱性克服に関する応用研究
（英文）Applied research on overcoming social vulnerability to disasters through the comprehensive use of geospatial information

（3）関連の深い建議の項目：

５分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(3) 千島海溝沿いの巨大地震

（4）その他関連する建議の項目：

２地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
３地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
イ. 津波の事前評価手法
４地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

（5）本課題の５か年の到達目標：

本研究は，地理空間情報，GIS，衛星測位だけでなく，現在社会的に推進されつつあるDXに対応させるため現代的ICT技術であるVRやARなども統合し，避難行動に関するマイクロジオデータ等を収集して，防災・減災に関して社会的有効性の高い統合情報システムと活用方法の開発を行う。それにより，開発と災害リスクの関係について分析を行い，「災害に対する社会的脆弱性（Vulnerability）」について，人文社会科学と自然科学の両方の立場から議論を行う。

さらに期間中には，防災リテラシー向上ための防災教育に関する研究を行う。令和4年度から高校では「地理総合」が必履修科目となり，その中では地図/GIS教育および防災教育が行われる。この「地理総合」を核として，小学校から大学まで一貫した防災教育を展開する可能性を視野に入れ，地理空間情報を活用した防災リテラシー向上のための教育に関する研究を行う。特に，地理空間情報やGISを援用して災害に関する「教材の現地化」を進めることにより，防災リテラシーと地図リテラシーを同時に向上させるための手法開発などを行い，「災害に対する社会的脆弱性（Vulnerability）」克服のための可能性を探る。

本研究は，地震本部により発生が切迫している日本海溝・千島海溝周辺の超巨大地震による津波を想定し，北海道太平洋沿岸（釧路市，函館市，苫小牧市など）の積雪寒冷地を主なフィールドとして研究を進める。これらのフィールドは，道路の凍結や，堆積した雪による歩道の幅員減少など，冬季（積雪期）に避難移動を困難にする要素が増加する。このような状況を想定し，本研究は積雪寒冷地における生活環境の季節差に注目して研究を行う。

（6）本課題の５か年計画の概要：

2024年度：GIS・衛星測位・地理空間情報を統合した基盤システム開発

日本海溝・千島海溝周辺の超巨大地震による津波を想定し，北海道太平洋沿岸地域を対象として，災害の人文社会学的研究のための地理空間情報，GIS，衛星測位を統合した基盤システムを開発する。日本の準天頂衛星システムが2017年度に衛星4機体制となったことで，衛星測位で取得できる位置データや標高データの精度が大幅に向上した。そこで，この測位データの最適な使用環境を考慮してシステムを構築した上で，準天頂衛星システム以外にも様々な方法で取得できるジオマイクロデータ（高精度で高精細な地理空間データ）の活用方法の開発と実証実験を行い，さらに従来の空間分析手法の改良などを行う。
当年度では2020年国勢調査小地域統計など最新の人口や土地利用を収集し，これまでに収集したデータと融合させて，分析に用いる時空間データベースの作成を行う。

2025年度：津波想定域の可視化技術および避難困難地域の抽出法の開発
北海道から公表されている津波浸水想定GISデータなどの地理空間情報のGeo-visualizationを行った上で，低コストのハザードマップ作成技術を開発し，自治体や学校などの教育機関に提供する。また，津波浸水による津波被害に関する分析，避難施設と避難困難地域（津波到達までに避難場所に到達できない地域）に関する分析，住民の避難行動に関する分析などを行う。その際には国土地理院の数値標高モデルなどを利用し，積雪時や路面凍結時における避難路の傾斜に応じた歩行速度低下を考慮した分析手法を開発する。

2026年度：津波避難支援システム開発と積雪期の避難障害に関する空間分析
積雪寒冷地である北海道沿岸の事例市町村を選定し，避難訓練などで得られる集団の避難移動履歴データを収集し，それを津波浸水想定GISデータと重ね合わせることのできる津波避難ナビなどのシステムを開発する。これを用いて集団津波避難移動データの可視化を行い，非積雪期と積雪期における避難の障害を特定し，歩行速度低下の要因について分析する。積雪期と非違積雪期で結果を比較することにより，積雪の有無による避難行動の障害の相違を明確化する。この分析では，生活レベルのミクロな視点で「災害に対する社会的脆弱性」を検討する。

2027年度：津波集団避難実験と複合災害時避難研究への展開
津波を中心とする複合災害を想定し「災害に対する社会的脆弱性（Vulnerability）」に注目して分析を行う。集団避難のGPSログと津波浸水想定などの重ね合わせたデータに関する分析手法を複合災害にも適用できるように高度化し，多彩な状況に対応した分析を行えるようにする。津波避難ビルの階段上昇シミュレーションなどを行い，水平避難だけでなく垂直避難に関する分析も行うことで，津波避難ビルの課題抽出を行う。夜間の積雪時や，ブラックアウト発生時など特殊な環境での避難移動履歴データを収集するために，VRを用いた避難実験システムを構築する。これを用いて，避難移動に関して現実空間の模擬避難実験と仮想空間の避難シミュレーションを統合して研究を進める。また，避難者の意思決定についてはファジーAHPなどの手法を用いて分析する。

2028年度：高校「地理総合」を核とした小中高大の防災リテラシー向上に関する研究
教育機関を中心に研究成果の社会的発信を行う。2022年度から高校で必履修科目となった「地理総合」では，地図/GIS教育と防災教育が内容に含まれている。ここでは，この「地理総合」を核として，小学校から大学まで一貫した防災リテラシーの向上を目指して研究を進める。特に，高校「地理総合」に関しては，GISを援用して災害に関する「教材の現地化」を推進することで，防災リテラシーと地図リテラシーを同時に高め，身近で発生する可能性が高い災害について理解を深めるとともに，それへの対応について自ら検討し実行できる力を身につけることができるように，教育プログラムの提案に繋げる。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要
2024年度は、GIS・衛星測位・地理空間情報を統合した基盤システム開発を行った。日本海溝・千島海溝周辺の超巨大地震による津波を想定し、北海道太平洋沿岸地域を対象として、災害の人文社会学的研究のための地理空間情報、GIS、衛星測位を統合した基盤システムを開発する。日本の準天頂衛星システムが2017年度に衛星4機体制となったことで、衛星測位で取得できる位置データや標高データの精度が大幅に向上した。そこで、この測位データの最適な使用環境を考慮してシステムを構築し

た上で、準天頂衛星システム以外にも様々な方法で取得できるジオマイクロデータ（高精度で高精細な地理空間データ）の活用方法の開発と実証実験を行い、さらに従来の空間分析手法の改良などを行った。開発したシステムや分析手法で行った研究の概要は以下の通りである。

１．観光客推定人口を用いた積雪寒冷都市の津波避難困難地域に関する分析

本研究では積雪寒冷地に位置する観光地を対象として、「想定変更」というハザードの変更に着目し、避難困難地域の分析を行った。対象地域とした函館市は、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震の影響が予想される都市の中では最も観光地としての特徴が強く、主要な観光地が津波浸水想定域内に位置している。

（１）観光客の空間分布推定

現在、観光客の空間分布という国勢調査等の統計に現れない情報をまとめた統計は存在しない。そこで、本研究では王(2017)の手法に「最新のデータ」「想定変更」「繁閑差」という新たな要素を加えて観光客の空間分布推定を行った。

まず夜間は観光客の全員が市内の宿泊施設に滞在すると仮定し、宿泊施設の定員に定員稼働率を乗じた数値を求めることで観光客の空間的な分布推定を行った。その際、宿泊施設のデータは函館市保健所が公開している「旅館業法に基づく経営許可施設一覧（抜粋）」に掲載された施設から口コミサイト等を参考に現在営業実態がない（休業中など）施設を除いたものを今回の対象として用いた。また、宿泊施設の定員についてはまとめて公開されている資料が無かったため、旅行情報サイトや施設の公式ホームページに記載されている情報を元に施設ごとに宿泊定員を求めた。定員稼働率については推定された宿泊定員の合計と函館市が公開する「令和5年度（2023年度）来函観光入込客数推計」の月別宿泊延べ人数から算出した。ここで、季節の繁閑差を示すためにもっとも宿泊延べ人数が多い8月（約51万人）の数値を非積雪期、積雪の影響がもっとも大きいと考えられる積雪量がもっとも多い１月（約23万人）の数値を使用した結果、８月の定員稼働率は72％、１月の定員稼働率は33％となった。加えて、避難施設と同様に各宿泊施設に位置情報と収容定員、非積雪期と積雪期の宿泊客数を付与したデータを作成した。

また、昼間では観光客が自家用車やレンタカー、貸切バスなどの交通手段として移動し、駐車場付近に滞在しているものと仮定し、駐車場のマス数から駐車場の利用者数を求めた。駐車場の公式ホームページや航空写真を用いて一般車の駐車台数とバスの駐車台数を数え、一般車には１台あたり3人が、バスには中型バスの最小定員である25人と大型バスの最大定員である60人の中間値である43人が乗車しているものと仮定し、駐車台数に乗車人数を乗じて各駐車場の収容人数を算出した。対象となる駐車場については函館市公式観光サイト「はこぷら」上で公開されている「箱館会」作成の函館観光駐車場マップに掲載された駐車場と観光客の利用が見込まれる立地の駐車場の計85か所を抽出した。また、繁閑差を示すために、非積雪期は満車状態の定員、積雪期は８月の観光入込客数（63.8万人）に対する１月の観光入込客数（27.6万人）の割合（43％）を非積雪期の定員に乗じたものをそれぞれ使用した。そして、避難施設や宿泊施設と同様に各駐車場に位置情報と収容定員、非積雪期と積雪期の観光客数を付与したデータを作成した。

（２）観光客以外の空間分布推定

50ｍメッシュで対象地域を覆い、建築物データと道路中心線データを重ね合わせ、メッシュ内に建築物と道路中心線の両方が存在するメッシュのみを抽出した。これにより、対象地域全体を覆う場合と比べてより現実的な人口分布地区を画定した。なお、この作業を行ったのは夜間人口の場合のみである。夜間はすべての人が建物内にいると仮定できるのに対し、昼間では公園や広場・駐車場などデータの上では道路や建物がない場所、道路のみで建物が無い場所にも観光客などが分布している可能性があるためである。

画定した人口分布地区の面積を元に函館市の小地域ごとの人口から人口分布地区の人口密度を求めた。その後、津波浸水想定域で人口データのクリップを行い、浸水人口分布地区を作成、浸水人口分布地区の面積に先ほど求めた人口密度を乗じて津波浸水想定域内の人口を算出した。

（３）避難困難地域の推定

道路中心線データによる道路ネットワークを用いて到達圏を求める。避難距離は夏季に500m、冬季は避難速度の低下を考慮し400mに設定し、ネットワーク解析を用いて到達圏を設定した。なお、500mという数値は消防庁(2013)の『津波避難対策推進マニュアル』内で推進されている避難距離、400mは500mに中央防災会議(2021)の『日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震の被害想定項目及び

手法の概要』で示された冬季積雪時の歩行速度の低下割合を乗じた距離である（非積雪・非凍結 の歩行速度2.24km/hが、積雪時には 1.79km/hに低下するとされる）。

本研究では、この到達圏から各避難施設の到達圏と津波浸水想定域外まで避難できる範囲（津波浸水想定域外避難可能圏）を除いた地域を避難困難地域とした。なお、避難困難人口は、面積按分で求めた避難困難地域の人口データと避難困難地域内の宿泊施設、駐車場から推定した観光客数を合算して算出した（図1）。

（４）避難困難地域の分析結果

避難困難地域のうち、観光客が分布する可能性が高く、面積が大きい範囲として、ベイエリア西部地区と亀田川左岸地区の２地区を設定した。

避難困難地域の想定変更による影響をみるため、旧想定非積雪期と新想定非積雪期、旧想定積雪期と新想定積雪期の避難困難人口を2地区の昼間・夜間で比較した。その結果、最も避難困難人口が多い状況はベイエリア西部地区の新想定非積雪期昼間で2、993人、最も少ない状況はベイエリア西部地区の旧想定非積雪期夜間で151人であった。ベイエリア西部地区の非積雪期昼間では旧想定の2、774人に対し新想定では2、993人で約7.9%増加、非積雪期夜間では旧想定の151人に対し新想定では237人で約57.0％増加した。同地区の積雪期昼間では旧想定の1、892人に対し新想定では2、080人で約9.9%増加し、積雪期夜間では旧想定の259人に対し新想定では333人で約28.6%増加した。また、亀田川左岸地区の非積雪期昼間では旧想定の288人に対し新想定では837人で約190.6%増加し、非積雪期夜間では旧想定の344人に対し新想定では1、048人で約204.7%増加した。また、同地区の積雪期昼間では旧想定の714人に対し新想定では1、650人で約131.1％増加し、積雪期夜間では旧想定の958人に対し新想定では1、721人で約79.6%増加した。このように避難困難人口はベイエリア西部地区、亀田川左岸地区の両方ですべての場合において新想定になったことで増加する結果となった。その他、旧想定では避難可能であった地域が新想定では津波浸水想定域外避難可能圏と避難施設到達圏に挟まれ、島状の避難困難地域に変化した。

２．VR津波避難訓練における率先避難による避難行動の変化

本研究は先行研究で開発されたVR疑似避難訓練システム（VETシステム）を利用した。このVETシステムの疑似避難訓練に、率先避難者を表示するイベントを設定し、設定前の実験データと比較し、また避難訓練前後で実施されたアンケート調査結果と合わせて分析した。対象地域は北海道函館市に位置する観光名所の1つである金森倉庫周辺とした。

疑似避難訓練で使用したシステムは、先行研究にて開発されたVETシステムである。mozillaが提供するオープンWebVRフレームワークであるA-frameを元に開発をされており、Webブラウザでの運用も可能である。

システムの訓練フェーズは3つに分けられる。まず第1フェーズではVETシステム内で動画を配信し、訓練内容及びVR空間内で自分がどのような状況に置かれているのかを説明する。北海道函館市を対象とし、参加者は函館観光に訪れたという状況を想定し、函館市の中でも有名な観光名所の1つ、金森倉庫から津波避難行動を行うというシナリオである。

第2フェーズではVR空間内で地震を発生させるが、先行研究ではその後すぐに避難行動に移るのではなく、発災時にどのような行動をとるのかを選択形式で表示していた。今回は、この選択肢の前に率先避難者が表示され、「津波が来るからすぐに避難すること」と「函館山に逃げる」ことを、身振りを交えて説明したのち、率先避難者が函館山方面に走って逃げる動画が流される。その後「直ぐに避難する」と「周囲を確認する」という選択肢を表示する。「直ぐに避難する」を選択した場合、避難訓練フェーズに移行する。「周囲を確認する」を選択した場合、「周りの様子を確認する」、「スマートフォンを確認する」、「ホテルに戻る」、「避難する」という4つの選択肢を用意し、選択された内容に即した情報がVR空間上に表示されるように設定する。

第3フェーズでは疑似避難訓練を行う。避難訓練対象地域は北海道函館市における観光名所の1つ、金森倉庫周辺とする。疑似避難訓練では金森倉庫を出発点とし避難所にたどり着くか、もしくは浸水領域から離れた場合に訓練終了とする。

疑似避難訓練の結果、まず率先避難者表示後に「直ぐに避難する」を選択し即避難行動に移った参加者が全体の約9割であった。函館駅方面を選択する参加者が全体の56.4％と最も多くなった。次いで、函館山方面の38.2％、開港通方面の5.5％となった。率先避難者が山へ逃げることを促し、またその位置を手で指示した上で、その方向に先行して逃げたにも関わらず、多くの参加者が函館山とは逆方向となる、函館駅方面を目指す結果となった（図3）。しかし、避難実験の前後に実施したアンケート結

果の変化から、率先避難者の存在の重要性を認識させるうえでは一定の効果があったと考えられる（図4）。

３．GNSSを用いた地理的制約のある地域における津波集団避難に関する行動分析

本研究は北海道新冠町を対象とし、GNSSと避難訓練システムを援用した非日常空間での津波集団避難実験を実施し、避難行動軌跡および映像記録を災害関連地理空間情報と合わせて可視化・分析することで、地理的に不慣れな空間での避難行動を明らかにすることを目的とした。

実験は2024年7月6日に行われた北海道大学・星槎道都大学合同地理学巡検の中で実施した。本研究で実施する津波避難実験は、大学生21名、教員2名の計23名が参加した。まず学生15名をA～Dグループの4つグループに分けた。教員2名と学生6名は、各グループに安全確認・映像記録担当として加わった。避難実験参加者は実験直前まで、実験の内容及び実験対象地を伝えておらず、今回開始地点となる道の駅にて全員に実験の趣旨説明を行った。

避難実験はグループ単位で行動し、道の駅を開始地点として、津波が発生したことを想定し、自由に避難行動をとる形で行われた。開始地点はすべてのグループが同じであり、実験時間は新冠町の最短津波到達時間である20分とした。また、緊急避難場所として指定されている新冠町役場が、避難者多数等の要因によって避難不可となることも想定し、新冠町役場に到着したグループは、到着後に別の避難場所に避難するよう誘導した。役場以外の避難場所か津波浸水域外に到達した場合、または実験時間の20分を経過した場合に実験終了とした。

本実験の分析には先行研究にて開発された疑似避難訓練システムを使用した。このシステムのデータベースに、北海道庁が公開する最新の津波浸水域データと、今回実験で収集するGPS情報をインポートし、実験結果を可視化した。可視化のためのWebGISライブラリにはアニメーションや３Dなど動的可視化が可能なCesiumを利用した。

津波浸水データに関しては、GISソフトで利用されるSHP形式で公開されているため、ESRI社が開発したGISソフト、ArcGIS Proを用いてMySQL-DBにインポートできるCSV形式に変換した。CSV形式で読み込んだ浸水域緯度経度情報は、MySQLのGeometory形式に変換し登録した。Geometory形式を利用することによって、必要に応じてMYSQLのGeometory演算が可能となるため、津波浸水域データ読み込み処理などを簡略化することができた。

GPSロガーにはGarmin社製のGPSロガーを使用した。今回は旧システムに改修を加え、GPX形式を一括でDBにインポートする機能を付与することにより、実験後ただちに実験結果を可視化することを可能とした。

実験の結果、避難行動者は主に最も近い避難場所である役場を目指す傾向が強く、また高台に避難するグループもみられた。映像記録から、避難開始直後は自身の空間認知や資格情報をもとに避難行動行っていたが、情報通信端末を用いて地理情報を活用することにより、グループが考える最適な避難行動に修正するといった行動が見られた。しかし津波浸水データと合わせて分析することにより、避難場所への最短ルート設定が必ずしも最適な避難行動とは言えないことが明らかとなった（図5）。このように地理的制約のある非日常空間における避難は、観光客などにとって難しい問題である。そのため、観光客を誘導する誘導員や、地域住民などによる率先避難が重要になってくると考えられる。

参考文献

王 璣(2017)「積雪寒冷地の観光都市における津波避難の地理学的研究」、北海道大学大学院文学研究科修士論文.

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

１．「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況

2007年に制定された地理空間情報活用推進基本法に基づく地理空間情報活用推進基本計画（第4期、2022～2027年）に基づいて地理空間情報、GIS、衛星測位などにVRなど現代的ICT技術をあわせて情報システムの構築と活用法開発を行い、地理情報科学の立場から防災研究を行う事で、新たな防災リテラシーの向上に関する研究を提案した。

特に、準天頂衛星「みちびき」2～4号機および初号機後継機による測位精度向上という利点を活かした避難実験から、個々の人間を単位としたジオマイクロデータを生成し、それを分析することで防災リテラシーに関する新たな知見を得ることができた。

また、日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震による津波災害に関して、積雪期に災害が発生した場合を想定し、避難移動を中心とした災害に関する社会的脆弱性の克服に貢献を行ってきた。

２．「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本研究は人間を中心とした災害素因のソフトウェアに関する研究を行うことにより、2011年12月に制定された「津波防災地域づくりに関する法律」における「多重防御」のための研究蓄積に貢献した。

また、 2022年から高校で必修化された「地理総合」の内容である「地図や地理情報システムで捉える現代世界」と「持続可能な地域づくりと私たち」（特に防災の部分）を結び付け、継続的に高校生の防災リテラシーを向上させる方策を検討した。特に本研究は、地理教育を通じ、現地で発生する災害への理解を促進する「災害教育の現地化」を目指し、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震を対象とする防災リテラシーの向上を図ることを目指した。

今後も、引き続き（１）避難困難地域の空間分析法の開発、（２）集団避難実験とGeovisualization（地理的可視化）、（３）WebVR技術による疑似避難訓練システムの開発、（４）津波避難ビルの階段上昇シミュレーション、（５）中学校・高校と連携した防災リテラシーの向上の5点について研究の掘り下げを行う。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

塩﨑大輔, 橋本雄一，2024，GNSS を用いた地理的制約のある地域における津波集団避難に関する行動分析，情報処理学会研究報告，2024-IS-170(9)，1-6,査読無,謝辞有

小野塚仁海, 橋本雄一，2024，携帯電話データを用いた地震と大規模停電による人口分布変化の地域間比較，地理情報システム学会講演論文集，33，1-4,査読無,謝辞有

塩﨑大輔, 橋本雄一，2024，GPSを用いた非日常空間における避難行動分析，日本地理学会発表要旨集，106，67-67,査読無,謝辞有

塩﨑大輔, 橋本雄一，2024，VR津波避難訓練における率先避難による避難行動の変化，情報処理学会研究報告，2024-IS-167(14)，1-4,査読無,謝辞有

Daisuke Shiozaki , Yuichi Hashimoto,2024,System Development for Tsunami Evacuation Drill Using ICT and Tsunami Inundation Simulation Data, Journal of Disaster Research,19(1),72-80,https://doi.org/10.20965/jdr.2024.p0072,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

塩﨑大輔, 橋本雄一，2024，GNSS を用いた地理的制約のある地域における津波集団避難に関する行動分析，情報処理学会 第170回情報システムと社会環境研究発表会

小野塚仁海，橋本雄一，2024，携帯電話データを用いた地震と大規模停電による人口分布変化の地域間比較，地理情報システム学会第33回学術研究発表大会

塩﨑大輔, 橋本雄一，2024，GPSを用いた非日常空間における避難行動分析，2024年日本地理学会秋季学術大会

塩﨑大輔, 橋本雄一，2024，VRを活用した積雪寒冷都市における津波避難シミュレーション，日本地球惑星科学連合2024年大会

塩﨑大輔, 橋本雄一，2024，VR津波避難訓練における率先避難による避難行動の変化，情報処理学会第167回情報システムと社会環境研究発表会

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

2025年度には、津波想定域の可視化技術および避難困難地域の抽出法の開発を行う。北海道から公表されている津波浸水想定GISデータなどの地理空間情報のGeo-visualizationを行った上で、低コストのハザードマップ作成技術を開発し、自治体や学校などの教育機関に提供する。また、津波浸水による津波被害に関する分析、避難施設と避難困難地域（津波到達までに避難場所に到達できない地域）に関する分析、住民の避難行動に関する分析などを行う。その際には国土地理院の数値標高モデルなどを利用し、積雪時や路面凍結時における避難路の傾斜に応じた歩行速度低下を考慮した分析手法を開発する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

橋本雄一（北海道大学文学研究院）,高橋浩晃（北海道大学理学研究院）

他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：北海道大学 大学院文学研究院
電話：
e-mail：
URL：https://www.let.hokudai.ac.jp/staff/hashimoto-yuichi

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：橋本雄一
所属：北海道大学 大学院文学研究院

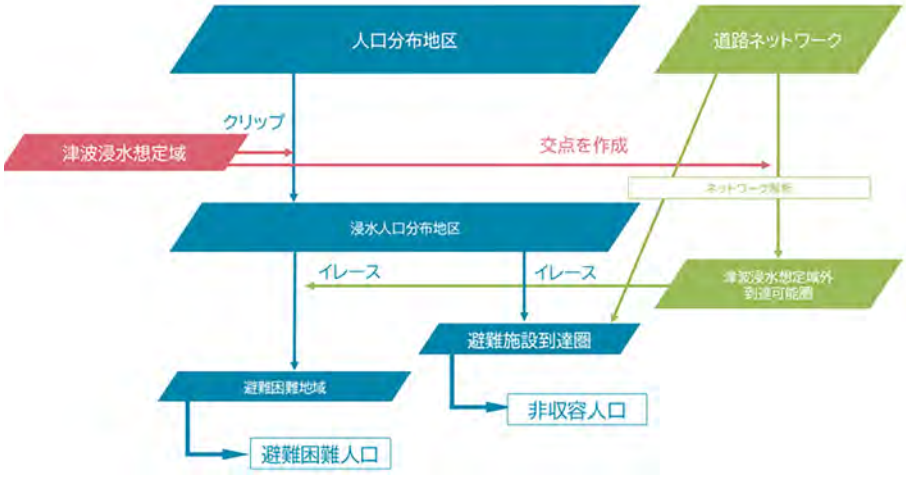


図1　避難困難地域に関する分析の流れ

非積雪期

	非積雪期昼間 住民のみ	非積雪期昼間 住民+観光客	非積雪期夜間 住民のみ	非積雪期夜間 住民+観光客
ベイエリア西部	1,146人	2,993人 約161.2%増加	237人	237人 変化なし
亀田川左岸	837人	837人 変化なし	1,042人	1,048人 約0.6%増加

積雪期

	積雪期昼間 住民のみ	積雪期昼間 住民+観光客	積雪期夜間 住民のみ	積雪期夜間 住民+観光客
ベイエリア西部	1,286人	2,080人 約61.8%増加	333人	333人 変化なし
亀田川左岸	1,650人	1,650人 変化なし	1,679人	1,721人 約2.5%増加

表1　観光客の有無による避難困難人口の変化

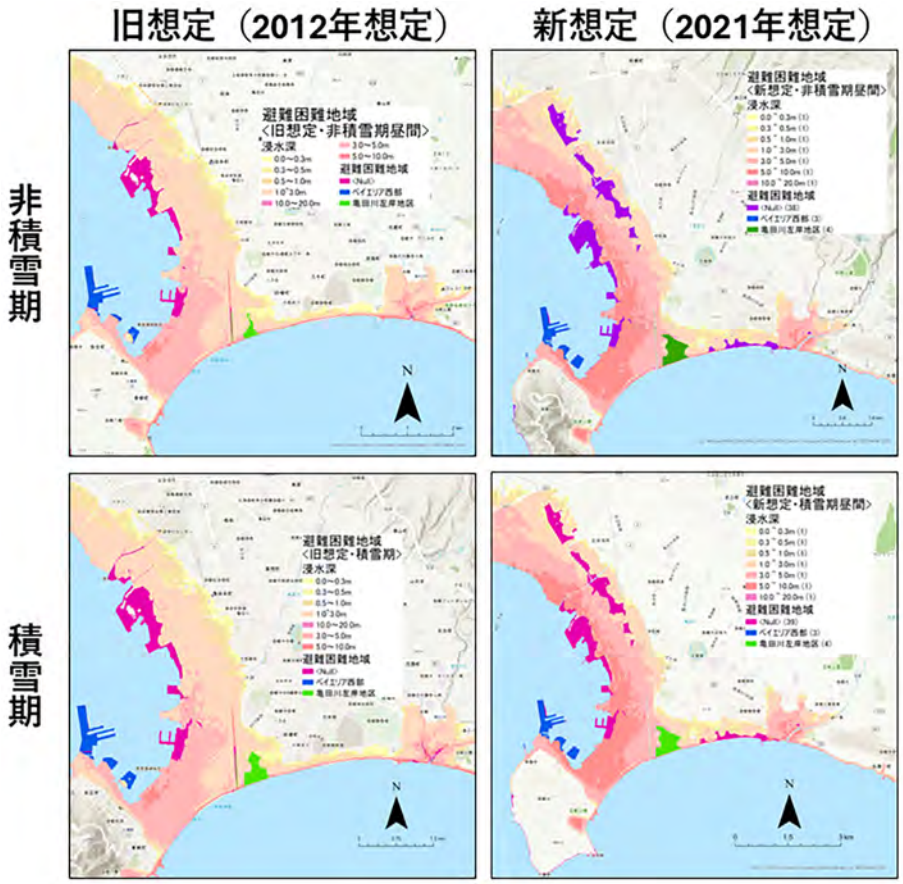


図2 避難困難地域

	旧想定非積雪期	新想定非積雪期	旧想定積雪期	新想定積雪期
ベイエリア西部 昼間	2,774人	2,993人 約7.9%増加	1,892人	2,080人 約9.9%増加
亀田川左岸昼間	288人	837人 約190.6%増加	714人	1,650人 約131.1%増加
ベイエリア西部 夜間	151人	237人 約57.0%増加	259人	333人 約28.6%増加
亀田川左岸夜間	344人	1,048人 約204.7%増加	958人	1,721人 約79.6%増加

表2　新旧津波浸水想定による避難困難人口

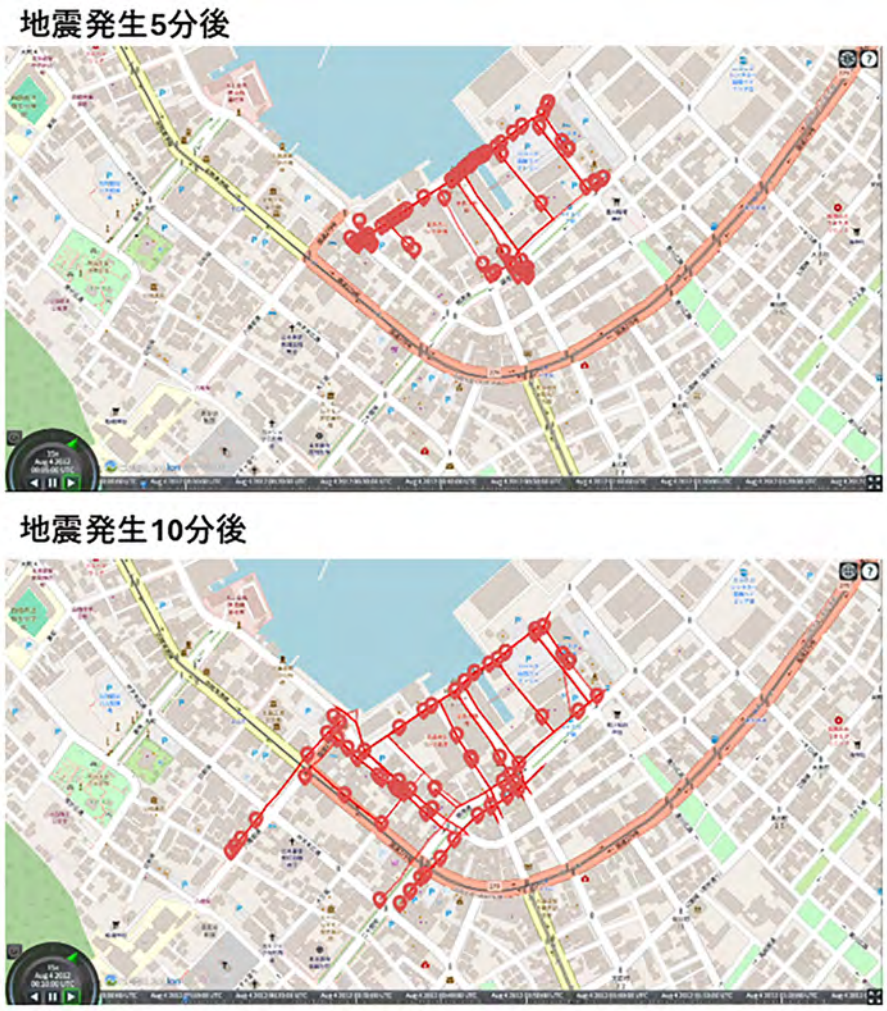


図3　疑似避難訓練における避難行動ログ

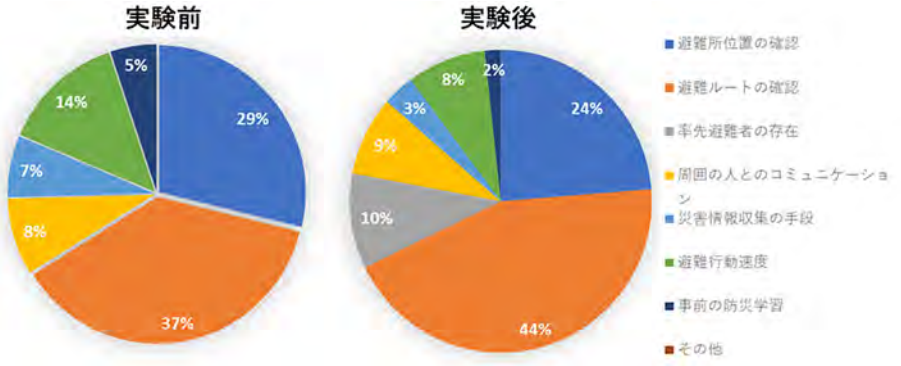


図4　避難行動における重要度に関するアンケート結果

図5　避難行動軌跡と浸水域変化

令和６年度年次報告

課題番号：HKD_07

（1）実施機関名：

北海道大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）千島海溝沿いの巨大地震津波災害軽減に向けた総合研究
（英文）Comprehensive research on great earthquake and tsunami disaster mitigation in Kuril trench

（3）関連の深い建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(3) 千島海溝沿いの巨大地震

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ウ. 地形・地質データの収集・集成と文理融合による解釈
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
地震
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
(2) 地震発生確率の時間更新予測
イ. 観測データに基づく経験的な予測と検証
3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
ア. 強震動の事前評価手法
イ. 津波の事前評価手法
ウ. 地震動に起因する斜面変動・地盤変状の事前評価手法
(2) 地震の災害誘因の即時予測手法の高度化（重点研究）
イ. 津波の即時予測手法
(4) 地震・火山噴火の災害誘因予測・リスク評価を防災情報につなげる研究
地震
4 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
ア. 観測基盤の整備
イ. 観測・解析技術の開発
ウ. 地震・火山現象のデータ流通
(3) 関連研究分野の連携強化
(5) 社会への研究成果の還元と防災教育
(6) 次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成

（5）本課題の５か年の到達目標：

千島海溝沿いの巨大地震総合研究グループの基幹課題として、関連課題との連携のもと、地域防災力の向上に貢献する研究を総合的に実施する。海陸観測を実施し地震活動やプレート間固着などの地殻活動の時空間変化をモニタリングする。津波事前予測の空間分解能の改善に関する手法開発や、地震動事前予測に関する震源特性や地下構造の調査を進める。北海道・三陸沖後発地震注意情報に関する社会調査を実施する。斜面等に敷設されたライフライン施設に地震動が与える影響を検討する。関係機関や自治体と防災情報の利活用等を検討するほか、一般向けシンポジウム等を実施し防災リテラシーの向上を目指す。

（6）本課題の５か年計画の概要：

・海底地殻変動観測：根室沖の既存観測点で５か年中に数回程度船舶等による海底地殻変動観測を行う。可能な場合には、十勝沖に予定される新たな海底基準局でも観測を実施する。得られたデータからプレート間固着状況の推定を行う。
・地震活動評価：地震カタログや海底地震観測データを用いて、地震活動の静穏化の統計的性質や構造変化、後発地震の発生履歴などを検討する。
・津波事前評価：既往津波で津波予測との差異が見られた地域を抽出し、津波増幅特性のモデル化を行う。また、防潮堤などの構造物の影響を加味し、津波事前予測の振れ幅に関する検討を行う。
・地震動事前評価：十勝根室沖で発生する地震の震源特性を調査するとともに、地下構造を反映させる地震動予測手法の改良を札幌都市圏等を対象に行う。
・北海道・三陸沖後発地震注意情報：定期的に社会調査を実施し、情報認知度の時空間変化を明らかにする。また、情報が発表された場合には、その社会影響に関する調査を行う。
・ライフライン被害：斜面等に敷設されたライフライン施設に地震動が与える影響を定性的に予測する手法を検討する。
・地域連携・防災リテラシー：関係機関や自治体と連携し、防災情報の事前防災での利活用や住民の防災行動促進について検討する。一般向けシンポジウムなど通じて防災リテラシーや防災対応行動の向上を図る。
・関連課題との連携：関連課題と連携して総合研究グループ研究集会を実施し、情報共有や成果の共通化・連関化を行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

根室沖の海底地殻変動基準局において船舶とウエーブグライダを用いた観測を実施した。十勝沖への新点設置に向けて候補点の選定検討を行った。これまでに得られた海底地殻変動データからプレート境界面でのすべり欠損を推定し、プレート境界浅部まで強く固着している可能性が改めて示された。

プレート境界面での非定常すべりや地下構造の時間変化の検出を目的とした海底地震観測を実施した。群発的活動などの地震活動の時空間特性の検討に要する資料収集を実施した。

津波浸水予測の不確実性評価と即時氾濫予測に向けて、多様な震源モデルに対してデータ同化を組み込んだ津波伝播・氾濫予測のケーススタディを開始した。また、移流効果を考慮した津波波形解析手法を適用し2003年十勝沖地震の断層モデルの再推定を行った。

北海道内の主要都市の強震動予測の高度化に向けて、千島海溝周辺で発生する地震の震源放射特性が周波数帯域や震源距離に与える影響を検討し、水平動フーリエスペクトル予測のプロトモデルの構築を行った。

北海道・三陸沖後発地震注意情報に関する社会調査を実施し、昨年度に比べ認知度がほぼ一定であること、情報発表時に地震が起こると考える主観確率が高いことが明らかになった。

強震動による斜面崩壊がライフライン等の社会インフラに与える影響を推計するため、GISを利用して形態的特徴から地震性地すべりを抽出するとともに、地震加速度を用いた力学的評価から斜面の安定性評価を行うスキームの検討を行った。

釧路管内自治体との防災対策に防災情報に関する意見交換を実施した。警報時の住民行動に関する社会調査を実施し、強い揺れの後にはNHKを視聴する割合が過半数を超えSNSを含めても最も高いことが明らかになった。公共放送局の津波警報時呼びかけ原稿作成作業に協力した。釧路市で一般向け講演会での講演を行った。高校で地震津波防災リテラシー向上に関する出前授業を実施した。

関連研究課題を含め総合研究グループ集会を開催し、総合研究グループに属する課題からの報告に加え、グループ外の課題担当者から津波堆積物調査・災害行動変容に関する情報提供を受けた。また、研究課題と防災施策に必要となる要素を作業分解構成図として整理し、課題間の連関や今後検討が必要となる課題の整理を行った。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

千島海溝沿いの巨大地震の総合研究を支える観測・調査・社会連携が着実に行われた。ハザード評価として、プレート間固着状況の実態把握、地震動や津波の予測の高度化に向けたモデルの改善、北海道・三陸沖後発地震注意情報などの防災情報に関する社会調査、自治体等との地域連携が行われ、地域の防災対策を支えるための複合分野連携による学術研究が進められた。今後は、各課題ごとの研究を推進するとともに、作業分解構成図等に基づいた全体スキームの検討を実施し、地域防災上重要となる要素を意識した総合研究として構成する取り組みも望まれる。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Takahashi H., 2025, General Research Group for the Great Earthquakes along the Kuril Trench, J. Disaster Res., accepted.,査読有,謝辞有

Katsumata K., 2024, Not trench-parallel but trench-normal source fault of the 1994 Hokkaido Toho-oki earthquake as revealed by the aftershock relocation using HypoDD, Earth Planet. Space, 76:126, doi:10.1186/s40623-024-02069-6,査読有,謝辞有

Yamanaka, Y., Y. Tanioka, 2024, Tsunami waveform inversion using Green’s functions with advection effects: application to the 2003 Tokachi–Oki earthquake. Earth Planets Space 76, 71, doi:10.1186/s40623-024-02006-7,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

富田史章・太田雄策・木戸元之・大園真子・高橋浩晃・日野亮太・飯沼卓史、2024、GNSS音響観測から示唆される根室沖でのすべり欠損、日本測地学会第142回講演会要旨集、41.

林能成・高橋浩晃、2024、アンケート調査にもとづく地震リスクの相対的順 位とその防災行動への影響の考察、日本地震学会2024年度秋季大会予稿集、S18-03.

高橋浩晃、2024、「千島海溝沿いの巨大地震」総合研究グループの戦略と取り組み、第43回日本自然災害学会学術講演会講演概要集、133.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：社会調査：アンケート（インターネット）
概要：北海道・三陸沖後発地震注意情報に関する社会調査を実施した
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：北海道釧路市・帯広市・旭川市・札幌市・苫小牧市・室蘭市・函館市
調査・観測期間：2025/1/-2025/1/
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：地震：地殻変動：GNSS音響結合方式海底地殻変動観測
概要：根室沖のGNSS/A海底基準局3点において船舶及びウエーブグライダーによる海底地殻変動観測を実施した
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：北海道根室沖 42.089 146.126
調査・観測期間：2024/4/-2024/4/

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

（10）令和７年度実施計画の概要：

千島海溝南部で海底地殻変動観測を実施する。可能な場合には十勝沖に新点を増設する。
千島海溝南部の地震活動の時空間特性を統計的に検討する作業を継続する。
津波浸水の不確実性評価に関する断層モデル・津波伝播・氾濫予測に関する研究を継続する。
北海道の都市部の強震動予測に向けた地震動予測手法の高度化を実施する。
北海道・三陸沖後発地震注意情報の認知度の時空間変化の把握を行う社会調査を行う。
地震動による斜面崩壊可能性評価に向けて地震性地すべり地の抽出等に向けた手法の検討を具体化する。
自治体と連携し、報道機関等が伝える防災情報の認知や行動、事前復興計画に関する検討を実施する。
総合研究グループ集会を開催し、グループ内各課題の成果および関係する情報の共有を行う。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

高橋浩晃（北海道大学大学院理学研究院）,勝俣啓（北海道大学大学院理学研究院）,村井芳夫（北海道大学大学院理学研究院）,大園真子（北海道大学大学院理学研究院）,山中悠資（北海道大学大学院理学研究院）,高井伸雄（北海道大学大学院工学研究院）,橋本雄一（北海道大学大学院文学研究院）
他機関との共同研究の有無：有
太田雄策（東北大学大学院理学研究科）,東龍介（東北大学大学院理学研究科）,日野亮太（東北大学大学院理学研究科）,木戸元之（東北大学災害科学国際研究所）,福島洋（東北大学災害科学国際研究所）,富田史章（東北大学災害科学国際研究所）,林能成（関西大学社会安全学部）,飯沼卓史（海洋研究開発機構）,石丸聡（北海道立総合研究機構）,仁科健二（北海道立総合研究機構）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：北海道大学大学院理学研究院
電話：011-706-3591
e-mail：isv-web@ml.sci.hokudai.ac.jp
URL：https://www.sci.hokudai.ac.jp/isv/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：高橋浩晃
所属：北海道大学大学院理学研究院

令和６年度年次報告

課題番号：HKD_08

（1）実施機関名：

北海道大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地殻変動等多項目観測データの全国流通一元化公開システムの運用と高度化
（英文）Operation and improvement of nationwide crustal deformation open data platform

（3）関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
エ. 地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開

（4）その他関連する建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
ウ. 地震・火山現象のデータ流通

（5）本課題の５か年の到達目標：

全国の大学や気象庁等の地殻変動連続観測などの長周期・長期間の多項目観測データを流通・蓄積・公開を行うシステムを安定的に運用し、観測研究の研究基盤としてオープンデータとしての利用を促進する。新たな観測点・観測項目への対応、解析機能の追加、既存機能の高機能化などを行う。必要に応じて過去の観測データを収集整理してアーカイブする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

地殻変動連続観測等のデータ流通の一元化・蓄積・公開を継続する。サービスを安定して行うため、システムを支えるサーバのセキュリティや利用言語のアップデートへの対応を実施する。サーバやストレッジを更新し運用の安定化とデータ保存の確実化を図る。新たな観測点や観測項目についてデータ提供機関との調整を行い必要に応じてモジュール等の開発を行う。データベースにプラグインされているデータ解析機能の改良を行う。必要に応じて、過去データを収集整理しアーカイブする。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

地殻変動連続観測などの多項目観測データサーバを安定的に運用し、大学・気象庁等の関係機関からのデータの全国流通・一元化・データ収集・データ公開を行った。データサーバーのOSのアップデートを実施し、セキュリティの強化を行った。なお、現時点でデータを収集としている観測項目は、ひずみ計・傾斜計・水位計・重力計・磁力計等で観測点数は85点である。また、既に観測を終了した観測点のデータもアーカイブとして保持公開されている。JDXnetに流通しているリアルタイムオンラインデータ他、オフラインデータの登録にも対応している。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

関連の深い建議の項目「地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開」に該当するデータベースへのデータ蓄積やデータ公開が安定的に実施された。ひずみ計や傾斜計等のデータ流通公開を行うデータベースは本システムのみであり、地震火山に関する研究や活動監視を支えるデータ基盤として

機能している。今後もデータサーバを運用することで、地震火山の災害軽減研究に安定的にデータを提供する。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

地殻変動連続観測等のデータ流通の一元化・蓄積・公開を行うデータサーバを安定的に運用する。必要に応じて内蔵モジュールのアップデートやデータ収録プロトコルの開発、サーバーの更新、ディスクの増設を実施する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

高橋浩晃（北海道大学大学院理学研究院）

他機関との共同研究の有無：有

岡崎紀俊（地方独立行政法人北海道立総合研究機構）,太田雄策（東北大学大学院理学研究科）,名和一成（国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター）,露木貴裕（気象庁気象研究所）,下山利浩（気象庁地震火山部）,新谷昌人（東京大学地震研究所）,板寺一洋（神奈川県温泉地学研究所）,本多亮（神奈川県温泉地学研究所）,鷺谷威（名古屋大学大学院環境学研究科）,伊藤武男（名古屋大学大学院環境学研究科）,山崎健一（京都大学防災研究所）,山下裕亮（京都大学防災研究所）,西村卓也（京都大学防災研究所）,松島健（九州大学大学院理学研究院）,中尾茂（鹿児島大学大学院理工学研究科）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：北海道大学大学院理学研究院
電話：011-706-3591
e-mail：isv-web@mail.sci.hokudai.ac.jp
URL：https://www.sci.hokudai.ac.jp/isv/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：高橋浩晃
所属：北海道大学大学院理学研究院

令和６年度年次報告

課題番
号：HMEV01

（1）実施機関名：

東京大学地震火山史料連携研究機構

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）歴史地震・噴火に関する分野横断的なデータベースとコミュニティカタログの構築
（英文）Development of Interdisciplinary Database and Community Catalog for Historical Earthquake and Volcanic Eruption

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ア. 史料の収集・分析とデータベース化

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
イ. 考古データの収集・集成と分析
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
地震
火山
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(2) 首都直下地震
(3) 千島海溝沿いの巨大地震
(4) 内陸で発生する被害地震
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
エ. 地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開
(3) 関連研究分野の連携強化

（5）本課題の５か年の到達目標：

これまでに構築してきた歴史地震・火山噴火に関するデータベースを拡充し、考古学、地質学、地形学などより広範な関連分野のデータとの統合を可能にするデータベースシステムを構築する。また、史料から得られる情報を地震学や火山学において効果的に利用するため、史料表現の定量化・数値化の高度化や、歴史地震・噴火イベントのコミュニティカタログの作成に取り組み、5年目にはその成果もデータベースに統合する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

〇地理情報の付与による地震・噴火史料のGISデータ化（R6-R10年度）
東京大学史料編纂所の課題と連携し、構築された地名辞書を活用して史料に記述された被害発生場所などの地名を抽出し、位置情報（緯度・経度）を付与する。同名異地点あるいは同音異字の地名、

複合地名の処理や、辞書に未収録の地名の処理などの課題を解決する。
ジオリファレンスなどの技術を用いて絵図などの図像史料についても現代の地理空間上で分析する方法を検討する。他の様々なGISデータとの重ね合わせが可能になり空間的な解析が可能になるため、データの分析や利活用の方法について検討する。効率的なデータ共有方法や、オープンサイエンスの手法も活用する。

〇考古データ（「歴史災害痕跡データベース」）や地質、地形データとの連携（R6-R10年度）
史料データが備える時間情報に加えて、位置情報を付与することにより、考古データとの統合検索・分析が可能になる。これまでに試作した史料と考古のデータベースの統合検索システムについて、時間や空間を限定してさらに試行を続け、最終的には全データを統合検索できる実用的なシステムとして公開する。地質や地形分野で整備されているデータベース（たとえば活断層や津波堆積物、火山噴出物など）とも時空間情報を鍵として連携を進める。

〇現象の定量化・数値化（R6-R10年度）
史料の記述を地震学や火山学で活用するためには、被害状況を震度に換算するなどの定量化、数値化が必要である。これまでに開発されてきた手法をベースに、地震動の距離減衰式や地震動の周期を考慮した震度計算、機器観測データとの比較など最新の知見を導入して、より精度の高い定量化をおこなう。歴史地震に関してはその成果をもとに国際標準のIDP（Intensity Data Point）データベースを構築・公開する。

〇歴史地震・噴火イベントのコミュニティカタログの構築（R6-R10年度）
現状でも歴史地震については『日本被害地震総覧』および『日本歴史地震総表』や宇津のカタログ、火山噴火については『日本活火山総覧』などが公開されている。これらの記事のなかには、最新の研究によって記事を更新すべきものがある、推定の根拠となっている史料との結びつきが明らかになっていないものがある、などの問題がある。本観測研究計画での成果を中心に、コミュニティカタログとして整備する。カタログは毎年度の研究成果を踏まえ随時更新する。

〇研究成果の発信（R6-R10年度）
学際的な研究の事例として成果や研究内容を発信する。連携研究機構のWebサイトや大学や関連機関の広報誌のコラムなどに記事を定期的に執筆する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要
前計画では、史料データ・考古データなどを用いて、過去に発生した地震・津波や火山噴火の実態を分析し、近代以降の機器観測による観測データとの比較・検討を通じて、低頻度ではあるが大規模な地震・火山現象とそれによる災害の実態を解明することを目指した。既刊地震史料集を中心とした文献史料に基づく史料データベースと、考古資料に基づく災害痕跡データベースと統合的に利活用できるようにするために、史料記述にある被害発生場所を位置情報（緯度・経度）に変換し、位置情報という共通の要素を導入部として、双方のデータベースに収められた様々なデータを統合検索できるシステムの構築を目指した。
地震史料集テキストデータベースにおいて、収録された史料全体について、過去の収録作業における年月日誤りや、文字の変換誤りを修正した。データベースに実装した「問い合わせ」機能が有効であった。関東地方で発生した地震に関連する史料について、被害や有感地点を推定しGISデータ化を進めた。可視化には「れきちず」や「『日本歴史地名大系』地名項目データセット」など最新の情報基盤を活用した。考古データ（「歴史災害痕跡データベース」）との連携のため、アイコンの共通化を検討した。1729年能登半島の地震の際の有感地震数について検討した。1830年京都地震の際の、上賀茂神社での被害や神社の対応について詳細に分析した。
歴史地震の震度判定を生成AIによって半自動化する試みを行った。歴史地震の震度判定について震度判定表に基いて人間が判定してきた。大量の地震史料テキストを震度判定するために震度判定表を生成AIに学習させ、それをもとに入力した地震史料テキストから震度判定させ、震度のほか判定の信頼度や根拠を出力させることができた。
既刊の地震史料集の中間的・根拠データである写真帳（東京大学地震研究所の共同利用の対象）の

デジタル化を進めた。
おおむね計画どおりに実施した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
「地震・火山関連史料集のデータベースを拡充する。史料に現れる地名に位置情報を与えて視認性や利便性を向上させる」ことや、「既刊の地震史料集に収録されていない地震・火山関連史料を収集・追加する。データベース化にあたっては校訂作業や再評価を行い，史料の信頼性に関する情報を付与する」ことに貢献した。

(8) 令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
・論文・報告書等

大邑潤三，2025，地震史料のGISデータ化の意義と課題，月刊地球,，印刷中．,査読無,謝辞無

加納靖之，2025，歴史地震研究におけるデータのオープン化の現状，国立歴史民俗博物館研究報告，印刷中．,査読有,謝辞無

加納靖之，2025，歴史地震IDについて，国立歴史民俗博物館研究報告，印刷中．,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

大邑潤三・北本朝展・加納靖之・橋本雄太，2024，対話型生成AIを用いた歴史地震の震度判定の試み，日本地震学会2024年度秋季大会，S10-08．

大邑潤三・加納靖之, 2024，賀茂別雷神社「社記仮附」にみられる文政京都地震の余震記録の検討，第41回歴史地震研究会, O-25．

加納靖之・大邑潤三，2024，『新収日本地震史料』の編纂時資料のデジタル化，第41回歴史地震研究会，P-04．

Kano, Y., M. Ebara, and K. Satake, 2024, Damages and Aftershock Sequence of the August 1, 1729 Earthquake Occurred in the Noto Peninsula, AOGS2024, SE02-A013.

加納靖之，2024，1729年能登半島の地震の際の被害と有感地震数，日本地球惑星科学連合2024年大会，MIS17-P03．

大邑潤三・加納靖之・岩橋清美・草山菜摘・濱野未来・北井礼三郎・山本宗尚・玉澤春史・堀川晴央，2024，1830年文政京都地震による賀茂別雷神社の被害と震度について，日本地球惑星科学連合2024年大会，MIS17-P05．

大邑潤三，地震被害のマルチスケール要因分析，日本地球惑星科学連合2024年大会，MIS17-P06．

(9) 令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

(10) 令和７年度実施計画の概要：
地理情報の付与による地震・噴火史料のGISデータ化、考古データや地質、地形データとの連携、現象の定量化・数値化、歴史地震・噴火イベントのコミュニティカタログの構築、研究成果の発信を継続する。考古データ（「歴史災害痕跡データベース」）との連携にあたっては、アイコンの統一やデータの相互表示を検討する。歴史地震・噴火イベントのコミュニティカタログの構築に向けて、地震史料集テキストデータベースの誤りの訂正、および史料の追加、最新の研究成果の反映などを実施する。火山噴火に関する史料集の作成・統合・データベース化を検討する。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

加納靖之（東京大学地震火山史料連携研究機構）,杉森玲子（東京大学地震火山史料連携研究機構）,及川 亘（東京大学地震火山史料連携研究機構）,大邑潤三（東京大学地震火山史料連携研究機構）,鶴岡 弘（東京大学地震火山史料連携研究機構）,前野 深（東京大学地震火山史料連携研究機構）,古村孝志（東京大学地震火山史料連携研究機構）,三宅弘恵（東京大学地震火山史料連携研究機構）,山田太造（東京大学地震火山史料連携研究機構）,荒木裕行（東京大学地震火山史料連携研究機構）,林 晃弘（東京大学地震火山史料連携研究機構）

他機関との共同研究の有無：有

佐竹健治（東京大学地震研究所）,榎原雅治（地震予知総合研究振興会）,水野 嶺（地震予知総合研究振興会）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学地震火山史料連携研究機構
電話：
e-mail：
URL：https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/project/eri-hi-cro/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：大邑潤三
所属：東京大学地震火山史料連携研究機構

図1．「れきちず」上に表示した関東地方の地震史料の記録地点

地点名	震度	信頼度	判定基準	判定の根拠
四日市	6	4	指標L-130	「一圓倒れ家」「女郎多分死亡」と甚大な被害が記されている
追分	5弱	3	指標E-66	「折々ゆがみ成に残る家も御座候」との記述から、建物の一部破損程度の被害と判断した
桑名	6	4	指標L-130	「津表大體同様」とあり、四日市と同程度の被害と考えられる
神戸	6	4	指標L-130	「大橋ゟ北は大半倒れ申候」との記述から、甚大な被害と判断した
伊州上野	6	4	指標L-131、指標P-175	「西東大手門倒れ、御家中潰れ多分」との記述から、城郭や武家屋敷の大規模な倒壊が確認できる
大和古市	7	4	指標L-132	「御屋敷總倒」「皆々死亡」と市中全体の家屋倒壊と死傷者多数の記述があることから

表1．生成AIによる震度判定の出力例

令和６年度年次報告

課題番
号：HMEV02

（1）実施機関名：

東京大学地震火山史料連携研究機構

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地震火山関連史資料を活用した低頻度大規模地震火山災害の調査
（英文）Investigation for Low Frequency, Large-Scale Earthquakes and Volcanic Eruption

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
地震
火山

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ア. 史料の収集・分析とデータベース化
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
エ. 地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開
(3) 関連研究分野の連携強化

（5）本課題の５か年の到達目標：

史料から得られる情報を基軸として、歴史上の巨大地震・大地震や火山噴火の活動推移の把握を目指す。その際、考古学、地質学、地形学、地理学など関連分野の情報や、地震学や火山学の最新の知見を取り入れ総合的に分析する。史料の記述から明らかになる情報――たとえば、巨大地震・大地震で発生する強震動や地形変化、地盤変状、地震活動の長期的な変化、噴火による地形変化や噴出物の分布など――を、地球科学の知見を踏まえて分析・解釈し、歴史上の地震や火山噴火の活動推移を、これまで以上に詳細に、あるいは、高い精度で理解することが目標である。また、地域の災害史などより長期的な視点での分析もおこなう。

（6）本課題の５か年計画の概要：

〇巨大地震およびその前後に発生する事象の解明（R6-R10年度）

歴史上の巨大地震の被害状況についてはこれまでも多くの研究があるが、新史料の発見や、既知の史料の再分析により、さらに情報が増えつつある。新たな情報も含めて各地の強震動や地殻変動を検討し、巨大地震の震源域に関する情報を得る。そのため、地盤構造や盆地端部の構造などを反映した地震動評価や、古絵図などの地理学、地形学分析からより精度の高い被害状況や地形変化、地盤変状の分析をおこなう。

歴史上の定常的な地震活動の変化の分析を進め、巨大地震前後の長期的な地震活動の変化や、前震や余震、連動する地震間に発生する地震や地殻変動について整理する。史料が豊富に存在する1854年安政東海地震・南海地震を中心に、近世後半に日向灘で発生した地震や内陸の活断層で発生する地震

についても対象とする。

〇歴史上の火山噴火の推移の再検討（R6-R10年度）
歴史上の火山噴火については、火山ごとに史料が収集され分析されてきた。火山噴火についても、新史料の発見や、既知の史料（古絵図等をふくむ）の再分析により、各火山の噴火の推移を把握する。噴煙（降灰）、火砕流、溶岩流などの噴出物に関する情報から、これまでに知られていなかった事象の発見や、事象のより詳細な理解をめざす。また、噴出物や地形変化など、地表に残る痕跡との比較分析など、火山学的手法との融合を進める。

〇地域の災害史に着目した研究（R6-R10年度）
個別の災害事例の分析において，地域的な特徴に注目し、自然素因や社会素因がどのように被害に影響を与えたのかを地域ごとに明らかにする。一時的な災害事例だけでなく長期的な視点で災害現象が地域社会に与えた影響を考察する。

〇地質や地形分野の関連論文のリスト化（R6-R10年度）
低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象に関し、地質・地形分野において多くの研究成果があるが、歴史研究者がそれらの研究成果に到達することは容易ではない。対象となり得る地震・火山噴火について、地質・地形分野の論文や報告書等をリスト化し、分野融合研究を進めやすくする。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要
前計画では、日記史料を中心とする史料調査により、被害地震や噴火の状況を明らかにしてきた。
静岡県域における寺社の修造件数と明応東海地震による被害との関係を調べ、寺社の修造件数が被害の指標となり得ることを検証した上で、和歌山県および高知県域において、明応七年前後の寺社の修造件数を調べ、明応南海地震による被害について検討した。
朝鮮半島の史料および南九州の年代記の調査により、明応七年六月十一日の地震について再検討し、六月十一日に地震が発生したことは確からしいことを明らかにした。
西南日本を中心に日記史料の調査を実施し、おもに近世後半の地震活動の基礎的なデータの整備を継続した。相模トラフ沿いで発生する巨大地震の理解のため、1703年元禄関東地震や1923年大正関東地震の被害や余震活動について史料の収集・分析を行った。
火山史料の収集や、地質や地形分野の関連論文のリスト化に着手した。
おおむね計画どおりに実施した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
史料の収集、分析、再検討により、「史料から得られる地震・火山噴火などの情報を軸に，関連分野の情報や最新の知見を取り入れて総合的に分析し，歴史上の巨大地震・大地震の詳細かつ高精度での把握を目指すとともに，地域の災害史など長期的な視点での分析を行う」ことや、「南海トラフ沿いや西南日本の内陸部など，過去に繰り返し大規模な地震や津波が発生した地域について，海外の史料を含めた新資料の発掘にも努める」に貢献した。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

榎原雅治，2024，寺社修造件数からみた「明応南海地震」の可能性，第41回歴史地震研究会，O-20

水野 嶺，2024，明応七年六月十一日地震の再検討，第41回歴史地震研究会，O-21

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

日記史料、年代記などをふくむ多様な史料の収集、分析、再検討を継続する。西南日本を中心として、おもに近世後半の地震活動の基礎的なデータの整備を続ける。南海トラフや相模トラフ沿いで発生する巨大地震の理解のため、被害や余震活動について史料の収集・分析を行う。歴史上の火山噴火の推移の再検討に着手する。地質や地形分野の関連論文のリスト化する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

加納靖之（東京大学地震火山史料連携研究機構）,杉森玲子（東京大学地震火山史料連携研究機構）,及川 亘（東京大学地震火山史料連携研究機構）,大邑潤三（東京大学地震火山史料連携研究機構）,鶴岡 弘（東京大学地震火山史料連携研究機構）,前野 深（東京大学地震火山史料連携研究機構）,古村孝志（東京大学地震火山史料連携研究機構）,三宅弘恵（東京大学地震火山史料連携研究機構）,山田太造（東京大学地震火山史料連携研究機構）,荒木裕行（東京大学地震火山史料連携研究機構）,林 晃弘（東京大学地震火山史料連携研究機構）

他機関との共同研究の有無：有

佐竹健治（東京大学地震研究所）,榎原雅治（地震予知総合研究振興会）,水野 嶺（地震予知総合研究振興会）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学地震火山史料連携研究機構
電話：
e-mail：
URL：https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/project/eri-hi-cro/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：大邑潤三
所属：東京大学地震火山史料連携研究機構

令和６年度年次報告

課題番号：HRD_01

（1）実施機関名：

広島大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）新しい観測技術による海底地形データに基づく相模トラフおよび南海トラフ周辺の活断層の位置・形状の解明

（英文）Detailed distribution of active submarine fault identified from topography based on digital bathymetric model along the Sagami and Nankai troughs

（3）関連の深い建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ウ. 地形・地質データの収集・集成と文理融合による解釈

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

陸上の変動地形の研究では，近年，数値地形データが重要な役割を果たすようになった。国土地理院による数値標高モデルの整備，公開とともに，解析ソフトの高性能化や普及を背景とした多様な地形表現の検討が後押しして，空中写真や地形図とは異なる重要な資料として利用が進んでいる。空中写真では観察困難な場所の変位地形を読み解く研究や，数値標高モデルによる地形表現の特性を活かし，長波長の変形や変位基準の検討が行われた（後藤・杉戸，2012；Goto，2016など）。

一方，海底活断層については，我が国では主に海底下の探査記録の判読に基づいて検討が続けられている。しかし，マルチビームによる測深調査により詳細な海底地形の情報が得られるようになり，陸上の活断層と同様に海底地形から活断層の位置・形状や変位様式が網羅的に明らかにできるようになり，海底地質調査では未知であった活断層が認められるようになった（Goto et al., 2022など）。陸上活断層の調査研究と同様に，海底地形に基づいて海底活断層の特性を精度よく検討できる時代を迎えたと言える。

2024年能登半島地震では，沿岸の海底活断層に沿った変位が海底地形調査から確認されつつあり，詳細な地形情報の収集と変動地形学的な判読によって，精度のよい活断層の位置・形状を把握することが，海底の変位や，海の地震を予測する上で，極めて重要であることが改めて確認されつつあるといえる。

そこで，本研究課題は，相模トラフおよび南海トラフ周辺海域において，主に海底地形に基づいて海底活断層の分布と変位様式を明らかにし，複雑なプレート境界断層から沿岸海域における断層活動の基本的情報を整備しようとするものである。プレート境界断層は1枚の断層面として捉えられることが多いが，ヒマラヤ前縁断層帯やサンアンドレアス断層のようなプレート境界断層と同様に，日本列島周辺の海底のプレート境界においても断層の位置・形状から断層破壊の範囲を検討できる可能性があり，その基礎情報として整備を行う。また，海底地形の情報が不足あるいは系統的に整理されていないことや，変動地形学的な判読が行われていないことで，活断層図の整備が進んでいない沿岸海域についても検討を進め，その方法論を含めて研究を進める。

（6）本課題の５か年計画の概要：

令和6（2024）年度は，相模トラフ周辺，能登半島周辺などを対象にマルチビーム測深調査によって得られている点群データを日本の幅広い機関から収集，整理し，再調整することで，これまでよりもはるかに高い解像度を有する海底地形の数値モデルを作成する。これを用いて，ステレオ実体視可能な海底地形画像を作成し，判読を行う。地形判読結果は既存の探査記録と対照させ，その整合を確認し，海底地形の変動地形学的手法の基準の検討を行う。

令和7～8（2025）年度は，南海トラフ周辺，能登半島周辺などを対象に，令和6年度同様に，海底地形の数値モデルを生成してステレオ実体視可能な海底地形画像とする。また，変動地形学的な判読を行い，活断層図を作成するとともに，探査記録と対照させ，その整合を確認して，海底地形の変動地形学的手法の基準を整理する。あわせて，令和9年度に行う測深調査の適切な場所の候補の選定を行う。

令和9（2027）年度は，海底地形情報の不足によって判読が困難となっている場所や，高密度な地形情報の取得が変位を読み解く鍵になると思われる場所など重要な海域を選定し，測深調査を実施する。前年度までの成果をもとに，相模トラフおよび南海トラフ周辺の活断層図を暫定版を試作する。

令和10（2028）年度は，前年度に取得した情報を解析，判読を行うとともに，相模トラフおよび南海トラフ周辺海域の暫定版の活断層図を精査して取り纏める。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

令和6（2024）年度は，相模トラフおよび南海トラフ周辺を対象にマルチビーム測深調査によって得られている点群データを海洋研究開発機構から収集，整理した。また，相模トラフ周辺の既得データを含め，点群データからエラーの除去などの調整を行い，1秒間隔のDEMとすべく調整を続けている。これらにより，当該海域において，これまでよりも高い解像度を有する海底地形の数値モデルが整えられつつある。

相模トラフ周辺ではステレオ実体視可能な海底地形画像を作成し，判読を行った。その結果，東京海底谷の北岸には三崎海丘基部より西に地形面を変位させる相模湾断層の直線状の低断層崖が認められ，地形面上の微高地や段丘崖を基準とすれば右ずれ変位の可能性があることが解った。さらに，その南東の沖ノ山の基部の西には地形面を横切って延びるリニアメントが確認でき，地形面上の微地形を基準にすれば右ずれ変位の可能性があることが解った。これらはフィリピン海プレートの北西進を反映したものと考えられる。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

地震・火山現象の解明のための研究のうち，「１）史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合」の「ウ．地形・地質データの収集・集成と文理融合による解釈」において，「南海トラフ周辺海域などを対象に，主に海底地形に基づいて海底活断層の分布と変位様式を解明する」としており，着実に目標に達成できるように調査研究を進めている。甚大な被害をもたらすプレート境界地震に対し，地形・地質データ等の収集・統合・解析を進めており，このような地震の特徴や多様性を把握することに貢献しようと進めている。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

後藤秀昭，2024，海底活断層の認定手法の転換を迫る能登半島地震，科学，94，626-630,査読無,謝辞無

後藤秀昭・鈴木康弘，2024，地震後に書き加えられた能登半島北岸沖の海底活断層 －反射断面による活断層認定の問題－，科学，94，950-955,査読無,謝辞無

森木ひかる・中田高・後藤秀昭・杉戸信彦・徳山英一・隈元崇，2024，変動地形学的手法による海底活断層の認定と意義，活断層研究，61，17～42,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

後藤秀昭・渡辺満久，2024，能登半島北岸沖の海底活断層と地震断層 ―反射探査に偏った断層認定の問題と海底地形検討の必要性―．日本地理学会2024年秋季学術大会，306

後藤秀昭・杉戸信彦・隈元崇・楮原京子，2025，相模トラフ中北部周辺の変動地形．日本地理学会2025年春季学術大会

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和7（2025）年度は，南海トラフ周辺などを対象に，海底地形の数値モデルを生成してステレオ実体視可能な海底地形画像とする。また，変動地形学的な判読を行い，活断層分布を検討するとともに，探査記録と対照させ，その整合を確認して，海底地形の変動地形学的手法の基準を整理する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

後藤秀昭（広島大学大学院人間社会科学研究科）,熊原康博（広島大学大学院人間社会科学研究科）
他機関との共同研究の有無：有
隈元崇（岡山大学）,杉戸信彦（法政大学）,楮原京子（山口大学）,田力正好（地震予知研究振興会）,松多信尚（岡山大学）,山中蛍（千葉県立中央博物館）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：後藤秀昭
所属：広島大学大学院人間社会科学研究科

令和６年度年次報告

課題番号：HRO_01

（1）実施機関名：

北海道立総合研究機構

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）北海道内の活動的火山の観測
（英文）Monitoring of active volcanoes in Hokkaido

（3）関連の深い建議の項目：

２地震・火山噴火の予測のための研究
(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）

（4）その他関連する建議の項目：

１地震・火山現象の解明のための研究
(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化

（5）本課題の５か年の到達目標：

北海道における火山現象による被害を軽減するため、道内の活動的な火山を対象として主に地球化学的モニタリングを継続的に行い、観測データの蓄積と火山活動の現況把握を行うとともに、噴火の先行現象やそれに続く火山現象を捉えることを目指す。

（6）本課題の５か年計画の概要：

雌阿寒岳、十勝岳、樽前山、倶多楽、有珠山及び北海道駒ヶ岳において火山活動の現況を把握するために、主として温泉水や噴気を対象とした地球化学的モニタリングを継続的に行う。

熱水系の発達している火山については、これまで蓄積したモニタリングデータの再検討を行うとともに、熱水変質調査や地形調査などを必要に応じて行う。それによって得られた知見を基に、各火山における適切な観測体制の構築を随時行う。

得られたモニタリングデータなどは気象庁や大学と共有するとともに、地元自治体等へ情報を提供する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

当初の計画通り、雌阿寒岳、十勝岳、樽前山、倶多楽（登別）、有珠山及び北海道駒ヶ岳において、地球化学的モニタリングなどを継続して行い、火山活動の変化を捉えるためのデータの蓄積を行った。いずれの火山においても、今年度は明らかな活動の活発化を示唆する変化は認められなかった。得られたデータについては、気象庁や大学、地元自治体と随時情報を共有している。

１．雌阿寒岳

噴気・温泉水の地球化学的観測、GNSS連続観測及び地下水位連続観測を行った。中マチネシリ火口内の噴気・熱水活動はここ数年活発な状態で、2020年以降は噴気中のHCl成分がやや高い傾向がある。また、2018年以降はそれ以前と比較して噴気凝縮水の酸素・水素同位体比が重い値を示し、2024年もその傾向が続いた。中マチネシリの活動を反映した変化を示す雌阿寒温泉では、2017年頃から温度やCl濃度の上昇が続いている。一方、ポンマチネシリの活動を反映した変化を示す湯の滝では、地震活動が一時的にやや活発になった2023年を境に温度や化学成分濃度の増減に変化が出ている。このような変化は以前の地震活動活発時に認められた変化と同じである。

２．十勝岳
噴気・温泉水の地球化学的観測、火口域での地温連続観測、GNSS連続観測及び地下水位連続観測を行った。1988-1989年噴火の前に急激に上昇した温泉水の化学成分や温度は近年ほぼ横ばいで推移しており、2024年も大きな変化は認められなかった。大正火口では2018年頃から噴気温度の低下や、凝縮水の酸素・水素同位体比やSO2/H2S比の低下、H2O濃度の増加が続いており、マグマ由来ガスの影響の低下傾向が示唆される。振子沢噴気孔群では活発で高温の噴気活動が続いているが、大正火口と同様に凝縮水の酸素・水素同位体比の低下が認められる。

３．樽前山
噴気・温泉水の地球化学的観測を行った。A火口とB噴気孔群の噴気温度は2012年頃から徐々に低下する傾向が続いている。A火口とB噴気孔群の噴気ではCO2/St比が2012年頃に上昇したが、その後は横ばいで推移し、2022年頃からは低下に転じた。また、噴気凝縮水の酸素・水素同位体比は2012年から2021年頃まで上昇していたが、その後は横ばいに変わった。山麓の温泉水の化学成分濃度は、1998年の観測開始以降低下していたが、2011年頃から横ばいとなり、2024年もその傾向が続いた。

４．倶多楽（登別）
大正地獄や大湯沼、奥の湯などのほか、地獄谷の主要泉源や温泉街の泉源でも温泉観測を行った。また、日和山では噴気凝縮水の酸素・水素同位体比の観測を行った。大正地獄や大湯沼で熱水噴出が起こっていた時期（例えば2016～2018年頃）と比較して、現在は多くの泉源で温泉水の成分濃度が低い状態で推移している。特に2020年以降は、1960年代以降の観測データ（安孫子，2008など）と比較しても成分濃度が最も低いレベルにあり、この地域全体の熱水活動は静穏な状況にある。

５．有珠山
噴気観測と地下水位連続観測を行った。山頂火口域のI火口の噴気温度（380℃）と噴気凝縮水の酸素・水素同位体比には大きな変化は認められなかった。また、火口域の広い範囲（銀沼火口、小有珠、外輪山）で噴気観測を行った結果、I火口以外の噴気の温度はいずれも100℃程度と低温だったが、銀沼火口や小有珠の噴気はI火口よりもわずかに重い酸素・水素同位体比を示した。一方、外輪山の噴気は軽い同位体比を示した。いずれの噴気の同位体比もこれまでの値と大きな違いはなかった。山麓の地下水位は洞爺湖の水位と連動して変化しており、火山活動と関連する変化はなかった。

６．北海道駒ヶ岳
温泉水の地球化学的観測と火口域での噴気温度観測を行った。山麓の温泉水の温度・化学成分や、噴気温度に大きな変化はなかった。

７．その他の火山
アトサヌプリで噴気観測を、旭岳で温泉観測を、恵山で噴気・温泉観測を行った。これらの火山において、噴気凝縮水の酸素・水素同位体比や、温泉水の温度や化学成分に大きな変化は認められなかった。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
本研究での観測で得られた結果は随時気象庁や大学などと情報共有しており、他機関の観測結果と合わせての総合的な火山活動把握に活用されている。また、北海道や地元自治体への情報提供や、地元住民向けの講演会などを行い、火山災害軽減のために活用されている。今後も他機関と連携して継続的に観測を行い、火山活動の変化を捉えるためのデータの蓄積を行っていく。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
・論文・報告書等

高橋　良，2024，活火山内部の熱水変質帯の物質科学的検討，月刊地球，46，499–505．,査読無,謝

辞無

・学会・シンポジウム等での発表

高橋　良・竹内晋吾・藤原　寛・田中　良・上澤真平，2024，十勝岳の火道域における熱水変質作用による浸透率変化，日本火山学会2024年度秋季大会，A1-01

藤原　寛・高橋　良・上澤真平，2024，十勝岳火山群，ヌッカクシ火口周辺の山体構造（予察），日本火山学会2024年度秋季大会，P06

(9) 令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：火山：地球化学：噴気ガス・土壌ガス
概要：噴気を採取し、化学成分や同位体比を測定した。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：北海道雌阿寒岳、アトサヌプリ、十勝岳、樽前山、日和山、有珠山、恵山
調査・観測期間：
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：火山：地球化学：採水
概要：温泉水を採取し、化学成分や同位体比を測定した。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：北海道雌阿寒岳、十勝岳、旭岳、樽前山、倶多楽、北海道駒ヶ岳、恵山
調査・観測期間：
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

(10) 令和７年度実施計画の概要：

雌阿寒岳、十勝岳、樽前山、倶多楽（登別）、有珠山及び北海道駒ヶ岳において火山活動の現況を把握するために、温泉水や噴気を対象とした地球化学的モニタリングなどを継続的に行う。熱水系の発達している火山については、これまで蓄積したモニタリングデータの再検討を行うとともに、熱水変質調査や地形調査などを必要に応じて行う。得られたモニタリングデータなどは気象庁や大学と共有するとともに、地元自治体等へ情報を提供する。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

エネルギー・環境・地質研究所　地域地質部　地質防災グループ
他機関との共同研究の有無：無

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：エネルギー・環境・地質研究所　地域地質部　地質防災グループ
電話：
e-mail：
URL：https://www.hro.or.jp/industrial/research/eeg/index.html

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：高橋良
所属：エネルギー・環境・地質研究所　地域地質部　地質防災グループ

令和６年度年次報告

課題番号：HRO_02

（1）実施機関名：

北海道立総合研究機構

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地震・津波災害による地域産業への影響評価と対策手法の開発
（英文）Assessment of the Impact of Earthquake and Tsunami Disasters on Local Industries and Development of Countermeasure Methods

（3）関連の深い建議の項目：

５分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(3) 千島海溝沿いの巨大地震

（4）その他関連する建議の項目：

４地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

（5）本課題の５か年の到達目標：

発生の切迫性と被害の甚大さが懸念されている千島海溝沿いの巨大地震を想定し、地震・津波災害が地域産業等に与える影響を評価し、経済的な視点から地域産業の防災対策を進展させる手法の検討を行う。

また、都市機能の評価指標を検討した上で、各種災害対策の導入による都市機能の変化を評価するツールを開発し、自治体の防災・減災対策や事前復興計画策定を支援する。以上により、地震・津波災害の軽減につながる地域防災力の向上を目指す。

（6）本課題の５か年計画の概要：

地震・津波災害が地域産業等に与える影響の評価にあたり、特に北海道の基幹産業である農業に着目し、農業者や関連団体等への聞き取り調査から防災対策の現状を把握するとともに、農業の地理空間情報と地震・津波のハザードのデータを利用して千島海溝沿いの巨大地震による経済的な影響を推計し、経済的な視点から地域産業の防災対策を進展させる手法の検討を行う。

また、生活の利便性や産業の生産性等の都市機能の評価指標を検討した上で、自治体における津波や土砂災害に対する各種防災・減災対策や、居住地誘導・施設移転等の都市空間の変化を伴う復興対策に関して、都市機能に与える影響を予測する手法を検討・開発する。

さらに、これらの研究成果を自治体等に情報提供し、防災・減災対策や事前復興計画策定を支援する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

地震・津波災害が地域産業等に与える影響の評価にあたり、特に北海道の基幹産業である農業に着目し、農業者や関連団体等への聞き取り調査から防災対策の現状を把握するとともに、農業の地理空間情報と地震・津波のハザードのデータを利用して千島海溝沿いの巨大地震による経済的な影響を推計し、経済的な視点から地域産業の防災対策を進展させる手法の検討を行う。

また、生活の利便性や産業の生産性等の都市機能の評価指標を検討した上で、自治体における津波や土砂災害に対する各種防災・減災対策や、居住地誘導・施設移転等の都市空間の変化を伴う復興対策に関して、都市機能に与える影響を予測する手法を検討・開発する。

さらに、これらの研究成果を自治体等に情報提供し、防災・減災対策や事前復興計画策定を支援する。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

まず、地震・津波災害が地域産業等に与える影響の評価の研究として、千島海溝沿いの巨大地震が発生した場合の地震動、津波浸水およびインフラ停止等の影響による北海道の農業の経済的被害の推計を実施した。その結果、直接的被害（施設の損壊、農地の浸水、家畜の斃死等）、間接的被害（農業生産額の減少）、非農業分野への波及効果を合わせると、東日本大震災と同様に数千億円規模の被害が想定されることが明らかとなった。次に、農業の中でも特に災害の影響を強く受けると考えられる畜産・酪農に関して、ヒアリング等により災害対策の現状を把握した。加えて、停電・断水による被害に関して事前対策の費用対効果を推計し、事前対策は経済的に有効な防災投資であることを確認した。

北海道の重要な産業である農業を事例として、地震・津波災害が地域産業等に与える影響を経済的被害の観点で評価した。さらに、事前の防災対策が経済的に有効であることが確認できた。以上のように、地域産業の防災対策進展に向けた基礎的資料となりうる結果を得ることができた。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

日本海溝・千島機構周辺海溝型地震による北海道における経済被害の推計を行う。また、都市機能の評価指標および防災まちづくりによる都市機能の影響の評価手法の検討を進める。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

北海道立総合研究機構（建築研究本部）
他機関との共同研究の有無：有
北海道大学ほか

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：北海道立総合研究機構　建築研究本部
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：戸松誠
所属：建築研究本部 企画調整部

令和６年度年次報告

課題番号：HRS_01

（1）実施機関名：

弘前大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）東北北部・北海道南部海陸地域における地震発生場の解明
（英文）Seismotectonics of northern Tohoku and southern Hokkaido regions

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
イ. 内陸地震

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ウ. 地形・地質データの収集・集成と文理融合による解釈
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
エ. 地震発生と火山活動の相互作用の理解とモデル化
3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
ア. 強震動の事前評価手法

（5）本課題の５か年の到達目標：

東北日本北部～北海道南部海陸地域において地震発生を支配する場の解明に資するため、プレート屈曲部に位置する東北地方北部～北海道南部における地震学的構造の最先端手法の活用および手法開発を含めた研究での洗い直しと、地震発生ポテンシャル評価に寄与するための地殻構造の時間変化の歪に対する感度を海陸の観測網で網羅的に調査する。さらに、これまで充分な調査が行われてこなかった日本海地域における津波堆積物調査を継続し、既存の歴史地震の知見と本計画で得られる浅部構造や現計画までの成果で得られた堆積構造をもとに、大規模数値シミュレーションによる歴史地震震度分布の再現計算を試みる。

（6）本課題の５か年計画の概要：

北日本とその周辺における地震発生場の解明と、複合観測網記録解析技術の確立

東北地方北部は中央日本に比べて陸域の面積が狭く、さらに2000年前後に敷設された基盤的地震観測網の密度が少なく、国内でも特に連続地震観測の疎な地域であった。しかし、2015年以降、下北半島およびその周辺の地震予知総合研究振興会のAS-netが構築され、さらに海域においてはS-netが運用開始されるに至り、大学や気象庁、自治体が維持している観測網も合わせると、日本国内でも有数の稠密観測地域と言えるほど、観測状況が劇的に改善された。しかし一方、これはあくまでも複数観測網の「あわせ技」による達成であり、その成果を地震発生場の解明に最大限に活かすには、互いに測機やその特性の異なる複数観測網の記録を混在させた統合的な解析手法が必然的な一歩となる、と考えられる。

本項目では、このような異種観測網の記録を同一特性の仮想地震計記録に広帯域化する信号処理技術を確立し、それを基盤として、稠密広帯域記録の地震波形解析によって対象地域の浅部地下構造の

推定を行うとともに、広帯域地震波形記録から特徴抽出を行う手法開発を実施する。その成果は特に地震波干渉法解析に基づく対象地域の地震発生場の解明に資するのみならず、今後の他地域における波形解析のモデルケースとなることを目指す。得られる構造と地震波動場数値シミュレーション技術を組み合わせ、「稠密に観測される波動場を説明できる地震発生場と震源メカニズムの解明」に向けた研究を推進する。また、直接アクセスの可能な近隣に深部低周波地震の発生する複数の火山があるという地の利を活かし、直上地震観測を含めた観測的研究と波動伝播計算に基づく数値的研究を継続し、その発生の力学的描像を明らかにする。

津波堆積物調査と歴史地震・津波再検討

日本国内における津波堆積物の調査は津軽半島西縁にある十三湖で始まった。2011年東北地方太平洋沖地震以後その調査の重要性が再認識されたが、それ以来の日本海沿岸における津波堆積物の地質学的調査は遅れがちであった。弘前大学の研究グループは現計画の開始前からこれらの調査にあたっており、現計画ではこれを組織的に推進してきた。次期課題においてもハンディコアラーやジオスライサーを用いたサンプルの取得と、イベント堆積物の実体顕微鏡観察、粒度分析、主成分元素分析,珪藻分析、年代測定等を行い、当該地域における津波資料を収集する。地質学的証拠から得られた歴史地震の津波像と、これまでの地殻構造探査、本課題における地震発生場解析や現行課題における地震動増幅に寄与する堆積層構造の知見を総合し、地震波動場および津波の数値シミュレーションによりその実態解明を目指す。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

異種観測網記録活用のための信号処理技術開発

下北半島を中心に青森県北部から北海道南端部に数多くの観測点を持つAS-netの記録に注目し，全国を一様に覆うHi-net観測点記録との相互比較により，特にその広帯域成分の利用可能性について検証を行った．地震計の特性が互いに異なるため，AS-net地震計の逆畳み込みとHi-netあるいはより広帯域の地震計の畳み込みを組み合わせた時間領域シミュレーションフィルタを設計・開発した．また，青森県による微小地震観測網には，Hi-netと同様の高感度加速度計（傾斜計）が設置されている観測点が3点存在するが，その記録はこれまでほとんど利活用されてこなかったようである．そこで，同一観測点の高感度地震計をシミュレーションフィルタにより広帯域化したもの，ならびに近隣のF-net観測点の記録と比較することで，その広帯域地震計としての利用可能性も検証した．その結果，観測は水平動に限定されるものの，遠地地震に対して周期100秒を超える部分まで明瞭なシグナルが観測され，かつ低周波においてはS/N比も十分に高い高感度広帯域地震計として活用できることが判明した．

地震波干渉法に基づく北東北地方の浅部構造推定

Hi-netとAS-netの長期間にわたる連続観測記録のうち，特に振幅を平準化して定常的なノイズ部分に重みを置いた相互相関関数を計算し，地震波干渉法に基づく観測点間Green関数を抽出した．このうち，AS-netとHi-netの異なる観測網間の相互相関関数の計算には前述の信号処理技術を活用して地震計の位相特性を揃えた．得られた観測点間相互相関係数に狭帯域フィルタを適用してエンベロープ振幅の最大値到達時間を測定することで，Rayleigh波およびLove波の観測点間の群遅延時間の周波数依存性，つまり群速度分散曲線を得た．その空間分布は地形および地質から期待される軟弱あるいは硬質地盤に対応する速度空間変化が明瞭にあらわれており，今後のトモグラフィ解析と非線形S波速度インバージョンから高精細な地盤構造の推定につながると期待される．

津波堆積物等の地質学的調査

閉塞されている湖沼内では地震の発生時にタービダイト（混濁流に伴う堆積物）や地層の変形・擾乱が挟在する場合があり，このイベント堆積物を調査することによって，地震の発生時期や規模を推定することができる．また，閉塞湖では1年単位で年代を特定できる年縞が形成されることがあり，その場合にはイベントの発生時期を1年単位で決めることも可能となる．そのための事例研究として，秋田県の男鹿半島の一ノ目潟から湖底堆積物コアを採取し，層相観察や粒度分析，XRFコアスキャナ（元

素分析）などを実施した．その結果，コア中には年縞とは堆積構造が異なる5つのイベント層が識別された．このうち，中～粗粒砂サイズで塊状のイベント堆積物は年縞の計測から，1964年男鹿半島沖地震，1983年日本海中部地震に伴うイベント堆積物であると考えられる．

2024年能登半島地震による浸水深と現世の津波堆積物の調査を1月31日～2月4日，2月21日～25日，4月2日～7日，11月28日～12月5日の計4回実施した．珠洲市～能登町にかけての沿岸では陸域に直接遡上した津波は第二波のみで，津波堆積物の層厚も最大で5 cm程度であった．一方，能登町の九里川尻川の河道内では，第一波による津波堆積物も認められ，トータルの層厚は55 cmであった．また，堆積構造や粒度分析，珪藻化石分析などから3つのユニット（第一波遡上流れ，第一波戻り流れ，第二波遡上流れ）に区分できた．

歪場の詳細推定

GEONET観測点における日々の座標値（F5解）を用いて，変位速度場，歪速度場の計算について自動処理を行い，列島スケールにおける地殻変動を可視化する仕組みについて検討した．その結果，奥羽脊梁山脈における短縮場の他に，火山周辺における局所的な膨張現象など，局在する歪集中域の存在も明らかとなった．

岩木山を対象とした干渉SAR解析の結果，西側斜面において，顕著な地表面変位の存在を確認した．この結果は，同箇所が斜面の傾斜方向に変位する地すべり性の変位を示すものであり，雨量との比較から，大雨により変位が加速していることも明らかになった．さらに，この変位の累積が，既存の活断層（活断層研究会編，1991）に示されている追小森断層と考えられる崖地形の形成にも寄与していることを明らかにした．

能登半島地震を対象に，地震の前後２時期に取得されたSARの後方散乱強度画像における変化から，同地震による海岸線の変化の抽出をおこない，海岸線が隆起した範囲の可視化をおこなった．また，干渉SAR解析の結果から，同地震に伴う大規模盛土造成地における局所的な沈降箇所の検出もおこなった．

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

建議 (1)5イ に記載されている「地震観測網のデータを統合する信号処理技術」の進展があり，複数の観測網が混在するような環境下において地震波干渉法の適用が可能であることが確認された．さらにこの地震波干渉法の結果は今後の継続研究によって，建議同項目の「浅部地下構造の推定」ならびに「地震発生場の解明」，ひいてはそれに基づく災害軽減のための現実的地震動シミュレーションなどにつながると期待される．

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Okada, R., Umeda, K., Motegi, K., Kamataki, T. and Amano, T. (2025). Sedimentary diversity of tsunami deposits in a river channel associated with the 2024 Noto Peninsula earthquake, central Japan, Marine Geology, submitted.,査読有,謝辞無

道家涼介・安江健一 (2024). SAR強度画像の比較による令和6年能登半島地震に伴う海岸線の変化, 第四紀研究, 63, 163-168. doi: 10.4116/jaqua.63.2405,査読有,謝辞無

道家涼介・黒澤英樹 (2025) 干渉SARによる岩木山西側斜面の変位と追子森断層, 東北地域災害科学研究, 61. 印刷中.,査読無,謝辞無

片山藍貴・前田拓人・髙野智也 (2024). 日本海東縁で発生する地震の周波数特性―規模を考慮した Frequency Index 解析に基づく検討― 東北地域災害科学研究, 60, 13–17.,査読無,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

片山藍貴・前田拓人・髙野智也 (2024). 日本海東縁で発生する地震の周波数特性: 規模を考慮したFrequency Index解析に基づく検討 日本地球惑星科学連合2024年大会, SSS08-P13.

小菅正裕・前田拓人 (2024). Frequency Index を介した応力降下量の推定とそれに基づく内陸地震活動の特徴把握, 東京大学地震研究所共同利用研究集会『大気・海洋・固体地球の波形解剖学：新たな海陸高密度観測に基づく高分解能イメージングと震源過程解析』, S24-12.

前田拓人 (2024). 青森県周辺地域における複数の定常観測網記録を用いた地震波干渉法解析（序報）日本地震学会2024年度秋季大会, S15P-07.

大和柚季・前田拓人・髙野智也 (2024). 十和田湖周辺における豪雨と地震動の関係：多項目観測に基づく検討 東京大学地震研究所共同利用研究集会『大気・海洋・固体地球の波形解剖学：新たな海陸高密度観測に基づく高分解能イメージングと震源過程解析』, S24-12

上野暁・前田拓人・髙野智也・平野史朗 (2024). 風により生成された地震波ノイズとその成因の検討 東京大学地震研究所共同利用研究集会『大気・海洋・固体地球の波形解剖学：新たな海陸高密度観測に基づく高分解能イメージングと震源過程解析』, S24-P15

道家涼介・黒澤英樹 (2024). 干渉SARによる岩木山西側斜面の変位と追子森断層, 日本火山学会2024年度秋季大会, P23.

道家涼介・黒澤英樹 (2024). 干渉SARによる岩木山西側斜面の変位と追子森断層, 日本測地学会第142回講演会, 15.

岡田里奈・茂木勁吾・長尾優樹・梅田浩司 (2024). 能登町における令和6年能登半島地震により発生した津波の痕跡調査報告（第1報），2024年2月8日，https://www.st.hirosaki-u.ac.jp/news/awarded/kenkyu/240208-2.html

永田篤規・梅田浩司・梶田展人・安藤卓人 (2024). 男鹿半島一ノ目潟の年縞堆積物に挟まれるイベント堆積物の特徴，JpGU2024，HCG23-10.

岡田里奈・梅田浩司・茂木勁吾 (2024). 令和６年能登半島地震（Mj7.6）に伴う河川を遡上した津波の痕跡：能登町九里川尻川の例, 日本地質学会第131年学術大会, T18-O-4.

永田篤規・梶田展人・安藤卓人・箕輪昌紘・梅田 浩司 (2024). 男鹿半島一ノ目潟の年縞堆積物に挟まれるイベント堆積層の対比, 日本地質学会第131年学術大会, T13-P-7.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

複数観測網記録を活用した地震波干渉法研究をさらに進展させ，表面波トモグラフィ解析を実施する．さらに，その2次元トモグラフィ結果に基づき各地点における深さ依存S波構造非線形インバージョンの実現可能性の検討も行う．歪場の推定研究については，速度場と，周辺地域における中～大規模地形との比較を行い，この地域における地形発達過程と，定常的に観測されている地殻変動との関係を明らかにする予定である．岩木山を対象とした研究については，シミュレーション解析を実施し，すべり面の抽出などを行う予定である．また，津波堆積物の調査については，東北日本弧・千島弧の島弧会合部沿岸の津波堆積物の調査を実施するとともに，一ノ目潟のイベント堆積物の調査を継続する．

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

前田 拓人（弘前大学大学院理工学研究科）,梅田 浩司（弘前大学大学院理工学研究科）,道家 涼介（弘前大学大学院理工学研究科）,平野 史朗（弘前大学大学院理工学研究科）

他機関との共同研究の有無：有

鎌滝 孝信（岡山理科大学）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：弘前大学大学院理工学研究科
電話：0172-39-3608
e-mail：tktmyd@hirosaki-u.ac.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：前田 拓人
所属：弘前大学大学院理工学研究科

令和６年度年次報告

課題番号：HRS_02

（1）実施機関名：

弘前大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）基盤的研究ツールとしての地震波動伝播シミュレーションコミュニティコードの開発・発展および普及活動

（英文）Development and dissemination of the community codes of seismic wave propagation simulations

（3）関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
地震
3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
ア. 強震動の事前評価手法
(2) 地震の災害誘因の即時予測手法の高度化（重点研究）
ア. 地震動の即時予測手法
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(6) 次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成

（5）本課題の５か年の到達目標：

不均質な地球内部構造における地震波の計算は、地球内部構造の研究にしろ、震源過程の研究にしろ、常に中核をなすツールであり続けてきた。本課題では地震学者にとって使いやすいツールとしてこれまで開発してきた並列差分法地震波動場計算ソフトウェアOpenSWPCの高度化を継続的に実施し、最先端のスーパーコンピュータの能力を最大限に活かしづづけるためのアップデート、新機能の継続的な開発を実施するとともに、それを活用する人材の育成と普及啓発活動を実施する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

1. 最先端スーパーコンピュータに適合するGPUコードの開発

大学の情報基盤センターや国研が所有し、地震学を含む幅広い分野の研究者が利用するスーパーコンピュータは、その計算機アーキテクチャに適合した専門のチューニングが必要不可欠である。特に2024年度からは、共同利用として使われるスーパーコンピュータのアーキテクチャがCPUからGPUへと移行することが見込まれており、現在公開されているコードそのままでは、最先端のスーパーコンピュータの性能を享受できなくなる可能性すらある。従来はGPUを効率的に用いるためには専用のプログラミングが必要であり、敷居が高いとともにCPU環境との併存に困難があったが、最新のFortranおよびFortranコンパイラが標準文法の範囲でGPUにおける演算をサポートしつつある。本項目では、まず公開コードから煩雑な入出力部分を廃し、重要な演算部分のみを含むベンチマーク用標準コードを作成・公開し（R6年度）、そのFortran標準文法ならびにOpenACCによるGPU利用の検証を行う（R6～R8年度）。それによって実現したGPU演算バージョンを公開コードに反映する（R8～

R10年度）。ただし、それまでの開発で必要とされた元コードへの改変の必要性の度合いによって、公開コードにそのまま合流するか、あるいは独立なGPU専用バージョンとするかを判断する。

2. 数値シミュレーションの最新アルゴリズムの実装

差分法は地震学において最も古い数値計算法のひとつであるが、現在に至るも継続的に新たなアルゴリズムが開発され続けている。このような最新の数値計算技術にキャッチアップし、それらを積極的に実装していくことで、シミュレーションコードの計算精度および計算速度・省メモリ性能のさらなる高度化を図る。本項目はR6年度からR10年度まで継続的に実施し、都度OpenSWPCのバージョンアップを通じて公開する。

3. 数値シミュレーション利活用促進のための普及啓発活動

数値シミュレーションの利活用を促進するためには、ただツールを開発するだけでなく、それを使いこなせる人材の育成も必要である。OpenSWPCにはすでにその利用法を詳細に記したマニュアルが存在するが、それにとどまらず、より踏み込んだノウハウ集や原理を深く学びたい研究者・学生のための解説、逆に最初に使い始める際の敷居を下げるための教材開発と講習会を実施する。R6年度前半から準備をはじめ、R6年度後半から講習会の開催を始め、R10年度まで継続的に実施する。また、講習会参加者を中心としたオンラインコミュニティを形成（R7年度～）し、利用に関するFAQや活用事例などの収集・公開にあたる。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

(1) 最先端スーパーコンピュータに適合するGPUコードの開発

近年のGeneral Purpose computing on Graphics Processing Units (GPGPU) のハードおよびソフトウェアの進展状況のサーベイを行った結果，現状ではGPUにおいて高性能計算を実現するアプローチに複数の方法があることが判明した．われわれが開発してきた地震波動伝播コードOpenSWPCのGPU移植にあたり，移植コストならびにCPU版との並列可能性の観点から適切な方法について検討を実施していくこととした．

今年度はまずその方法のうちの一つ，標準Fortran文法を用いたGPU化についてその性能を検証した．この方法は計算コード中の多重doループをFortran2018の標準文法 do concurrentに置き換えることで，そのループ内の計算をGPUにオフロードするというものである．OpenSWPCの時間発展計算のカーネル部分を切り出したテストコードにおいてこの方法を実装して速度評価を行ったところ，ワークステーションにおけるCPU（Intel Core i9）に対するGPU（NVIDIA RTX4070 Ti）と，東京大学情報基盤センターのWisteria/BDEC-01シミュレーションノード群CPU（Fujitsu A64FX）に対する学習ノード群GPU（NVIDIA A100)で，それぞれCPU対GPU比で5倍から10倍の計算性能を達成した．このことはOpenSWPCがGPUを用いた高速計算に対する高い適合性をもつことを示唆するものである．

(2) 数値シミュレーションの最新アルゴリズムの実装

これまでに継続して2024年度にもOpenSWPCの機能強化を継続的に行い，Version 24.09および25.01の2つのメジャーバージョンリリースを行った．ここではそのうちの大きな改善点について述べる．

(2-a) データ出力時の通信隠蔽による性能向上

OpenSWPCでは，離散化された時間ステップ毎に全波動場の状態を差分法計算によりアップデートしていく．そのなかで一定の時間ステップ毎に波動場状態の空間スナップショットを出力する機能を有する．波動場の状態は複数のノード（演算器）に分散して計算が行われているため，スナップショット出力時にはMessage Passing Interface (MPI)のライブラリを通じてデータ出力用のノードにデータを集約してから出力がなされていた．大規模並列計算時にはこのデータ集約通信の負荷が比較的大きく，データ出力量によっては計算時間の約半分を占めるまでとなっていた．

まず通信のレイアウト自体を見直し，データが出力される2次元断面に関わりない計算ノードを排除し

た，スナップショット出力専用の通信コミュニケータを定義することによって通信量の最適化を行った．そのうえで，MPI-3.0の最新規格で実装された関数を用いて，スナップショット出力用のデータの集約通信を行っている最中に次の時間ステップの計算を始めてしまう，通信と計算のオーバーラップによる隠蔽を試みた．この方法はコードの煩雑化を伴うが，同時にFortran2008文法に基づくコード全体のモダン化を実施することで，コード可読性の低下を最小限にとどめた．これらの方策により，数百ステップに1度出力する標準的なユースケースにおいては，スナップショット出力にかかる時間的負荷を全体の1％以下にまで圧縮することに成功した．

(2-b) 入出力の機能強化

OpenSWPCでは複数の速度構造モデルからユーザーが選択することで柔軟性の高い構造モデル入力を実現している．そのなかで，これまでにも使われてきた階段型の成層構造モデルをもとに，構造が深さとともになめらかに変化する新しい速度構造モデルを実装した．これは開発側ではなく利用者コミュニティから実装の希望が寄せられていたものに対応したものである．その他，観測点における地震波形出力を，tar形式にまとめることで出力ファイル数を削減することや，計算途中でも波形を逐次出力することにより，長時間にわたる計算途中であっても計算結果の予備的なモニタリングができるようにするなどの機能改善を実施した．

(3) 数値シミュレーション利活用促進のための普及啓発活動

(3-a) 数値シミュレーション普及活動のための教材開発

本課題の中で，数値シミュレーションを専門としない研究者や学生のための講習会の実施を計画している．本年度はそのための準備として，講習会で活用することを前提としつつ，自習にも用いることのできるようなクラウド利用のハンズオン教材を開発した．この教材は文章による解説を読みながら，具体例について自らの手で計算を実行したり，そのパラメタを変更する実験を行うことで，数値シミュレーション原理の理解を深められるように工夫されている．この教材資料は https://github.com/tktmyd/ipynbs/fdm から公開されている．教材からはGoogle Colaboratoryにリンクできるようになっており，利用者はウェブブラウザさえあればGoogleのクラウド環境を用いて教材を実行することができる．

(3-b) 地震波動伝播計算コミュニティWebの構築

継続的に開発している教材コンテンツの集約・公開の場として，地震波動伝播計算コミュニティWebを整備し，https://seismic-wave-hpc.github.io/ として公開した．このWebには特に地震学者が共同利用等で利用する機会の多いスーパーコンピュータの利用を始めるにあたってのガイド記事を整備してあり，数値シミュレーション研究をはじめる際のハードルを下げる効果が期待される．将来的には本課題で実施を予定している数値シミュレーションの講習会資料等の集約の場としても活用される予定である．

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

6 観測基盤と研究推進体制の整備 (1) 観測研究基盤の開発・整備 イ. 観測・解析技術の開発 には「地球内部構造推定，震源過程解解析，強震動の事前・即時予測に共通の基盤として，可用性の高い大規模地震波動伝播シミュレーションコードの開発を継続的に実施し，先端的な数値計算技法の実装を継続するとともに，利用促進のための活動も行う。」ことが目標として掲げられており，まさにその目的通りの着実な進展があった．さらに，本課題で開発しているコミュニティコード用いた事例として，海中音波（T波）を用いた未知の震源課程の検討（Takemura et al., 2024）や海陸結合系を伝播するRayleigh波を用いたモーメントテンソル解析（Yamaya et al., 2024），アジョイント法の開発を通じた震源イメージングの研究（森田・他, 2024）など，さまざまな利活用実績も挙げることができた．今後は普及活動にさらに力点を置くことにより，開発者周辺だけでなく本研究計画全体に広くツールの周知を行うことで，災害の軽減に貢献する諸研究への貢献を目指す．

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Yamaya, L., Kubo, H., Shiomi, K., Takemura, S. (2024). Impact of offshore seismograph network and 3-D seismic velocity structure model on centroid moment tensor analysis for offshore earthquake: Application to the Japan Trench subduction zone. Journal of Geophysical Research, 129(11), e2024JB029944. https://doi.org/10.1029/2024JB029944,査読有,謝辞無

Takemura, S., Kubota, T., & Sandanbata, O. (2024). Successive tsunamigenic events near the Sofu Seamount inferred from high-frequency teleseismic P and regional T waves. Journal of Geophysical Research, 129(10), e2024JB029746, https://doi.org/10.1029/2024JB029746,査読有,謝辞無

Takemura, S., Emoto, K., & Yabe, S. (2024). Revisiting seismic energy of shallow tremors: Amplifications due to site and propagation path effects near the Nankai Trough. Journal of Geophysical Research. 129(6), e2024JB029168, https://doi.org/10.1029/2024JB029168,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

Yamaya, L., S. Takemura, H. Kubo, T. Saito, & K. Shiomi (2024). Advances in Centroid Moment Tensor Inversion for Shallow Offshore Earthquakes Using Ocean-Influenced Rayleigh Wave, AGU Fall Meeting 2024, S31A-04.

Takemura, S., T. Kubota, & O. Sandanbata, T-wave Characteristics of the Accompanying Sesimic Events during the Tsunamigenic Events near the Sofu Seamount. AGU Fall Meeting 2024, V01-13.

山谷里奈・久保久彦・齊藤竜彦・武村俊介・汐見勝彦 (2024). 海域で発生した地震のCMT解析の高精度化におけるocean-influenced Rayleigh waveの活用, 日本地震学会2024年度秋季大会, S01-12.

汐見勝彦・武村俊介・松原誠・木村武志・関口渉次 (2024). 三次元地震波速度構造に基づく地震情報の迅速な把握と活用, 日本地震学会2024年度秋季大会, S23P-18.

山谷里奈・武村俊介・久保久彦・汐見勝彦・齊藤竜彦 (2024). High-resolution CMT inversion for shallow offshore earthquake utilizing ocean-influenced Rayleigh wave thanks to thick seawater layer, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SSS03-04

森田寅靖・古村孝志・前田拓人 (2024). アジョイント方程式に基づく地震波動場のデータ同化と震源メカニズム推定, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SSS07-03.

森田寅靖・古村孝志・前田拓人 (2024). アジョイント法による地震波動場震源推定の試み: 2次元地震波動場への適用, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「震源インバージョンワークショップ ～多様なデータと解析手法で明らかにする「ほんとうの」震源像～」.

森田寅靖・古村孝志・前田拓人 (2024). アジョイント方程式に基づく地震波動場のデータ同化と震源メカニズム推定: MeSO-net観測データへの適用, 日本地震学会 2024年秋季大会, S01P-10.

Morita, T., Furumura, T. and Maeda, T. (2024). Data assimilation of seismic wavefields and estimation of source mechanism based on adjoint equations: Application to MeSO-net data, ERI-IPGP Workshop 2024, Paris

Takayama, A., Y. Sawaki, Y. Ruan, Y. Ito, T. Maeda, and T. Shibutani (2024). Relationship between shear-wave velocity anomalies and spatial variations in deep tectonic tremor activity around the plate interface in the Nankai trough subduction zone, AGU Fall Meeting 2024, S43D-3480.

平井隼人・前田拓人・平野史朗 (2024). 火星のインパクトイベント S1034a の観測記録に基づく火星内部不均質構造の検討,東京大学地震研究所共同利用研究集会『大気・海洋・固体地球の波形解剖学：新たな海陸高密度観測に基づく高分解能イメージングと震源過程解析』, S24-P02.

貝淵美紗・前田拓人・平野史朗 (2024). 深発地震に伴う sP 波の地域性, 東京大学地震研究所共同利用研究集会『大気・海洋・固体地球の波形解剖学：新たな海陸高密度観測に基づく高分解能イメージングと震源過程解析』, S24-P03

楠美紀公・前田拓人・平野史朗 (2024). 東北日本背弧側における地震波エンベロープ拡大, 東京大学地震研究所共同利用研究集会『大気・海洋・固体地球の波形解剖学：新たな海陸高密度観測に基づく高分解能イメージングと震源過程解析』, S24-P07

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：ソフトウエア開発（解析）
概要：地震波動伝播コード OpenSWPC Version 24.09.1
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：
調査・観測期間：
公開状況：公開中（データベース・データリポジトリ・Web）
https://doi.org/10.5281/zenodo.13772795

項目：ソフトウエア開発（解析）
概要：地震波動伝播コード OpenSWPC Version 25.01
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：
調査・観測期間：
公開状況：公開中（データベース・データリポジトリ・Web）
https://doi.org/10.5281/zenodo.14599185

（10）令和７年度実施計画の概要：

地震波動伝播計算コードのGPU化，OpenSWPCへの最新アルゴリズムの実装，ならびに地震波動伝播数値シミュレーション普及啓発活動の3点について，以下の通り継続的に研究開発を実施する．

計算コードのGPU化については，これまで検討してきたFortran標準規格にくわえOpenACCディレクティブの利用について検討し，プロトタイプコードの性能比較を通じて，演算カーネル部分や通信性能を含めた総合的な評価を行う．GPU化における検討結果をOpenSWPCの開発にフィードバックし，2026年度内のGPU環境で動作するコードの公開を目指して開発を加速させる．また，数値シミュレーション研究の普及啓発を目的とし2025年6月を目処に地震波動伝播数値シミュレーション講習会を実施する．講習会は初学者向けの入門編と，OpenSWPCを実用的に使ってみたい層に向けた実践編の2コースを作成する．

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

前田 拓人（弘前大学大学院理工学研究科）
他機関との共同研究の有無：有
古村 孝志（東京大学地震研究所）,武村 俊介（東京大学地震研究所）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：弘前大学大学院理工学研究科
電話：0172-39-3608
e-mail：tktmyd@hirosaki-u.ac.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：前田拓人

所属：弘前大学大学院理工学研究科

令和６年度年次報告

課題番号：HYG_01

（1）実施機関名：

兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地震観測研究の成果を活用した今後の土地利用計画手法の提案
（英文）Proposal for future land use planning methods utilizing the results of earthquake observation research

（3）関連の深い建議の項目：

４ 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

（4）その他関連する建議の項目：

３ 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
エ. 大地震に起因する災害リスクの事前評価手法
４ 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明

（5）本課題の５か年の到達目標：

近年、国内外で活断層の近傍における建築制限を含む土地利用規制が進められている。日本においては、現在中央構造線近傍における特定建築物の建築制限を徳島県が主体となって実施している。とはいえ、一部私権を制限することや、その断層が地表面に明確に現れていないことなどから、土地利用規制や建築制限をしても実態としての建物移転はなかなか進まない現状にある。観測技術の進展によって災害誘因の予測が精緻化されてきた現在、予測成果を土地利用規制、建築規制にきちんと展開することが可能な環境は整いつつあるものの、これまでの状況を踏まえると、社会実装時に十分活用できない可能性がある。

たとえば、河川氾濫等の水害リスクに関してはハザードマップで明示され、建物移転の必要性も指摘されているが、平時の都市計画でそれが全面的に反映されることは少なく、ソフトの対策のみが行われることも多い。そこで、ここでは国内外の地震観測成果の活用状況、および他の自然災害リスクの予測成果の土地利用計画への反映状況について、関係機関、当事者の認識等を細かく整理することで、将来に向けた防災・減災の視点を含めた情報共有、対策実施のあり方を検討する。加えて、すでに災害危険区域に組み込まれた地域における土地利用の動向についても把握する。

すでに土地利用が進んでいたり、利便性とのバランスで土地利用形態が適正になるまでには時間を要すること。時間経過を組み込んだ土地利用の緩やかな適正化を図るための方法論を検討することは、まさに次期観測研究計画における社会の共通理解醸成のためにも重要である。そこで、これまでの災害事例およびその後の復興事例を精査し、土地利用による被害拡大の影響を把握するとともに、その後の地域復興プロセスにおいて将来の災害誘因予測がどのように土地利用計画へと反映されたのかについても把握する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

令和6年度～7年度は、国内での土地利用規制の運用実態を把握し、災害誘因予測が精緻化された状況下での運用のあり方を検討する。また、東日本大震災被災地における土地利用規制（災害危険区域）の現状把握にもつとめ、時間経過に伴う実態変化を把握する。

令和8年度は海外での建築制限の運用実態を把握するための調査を進める。具体的にはニュージーランド、トルコ、台湾を想定している。規制を進める当局だけでなく、住民や事業者、不動産関連業者への調査を進める。

令和9年度以降は、他の課題の知見を実際の土地利用計画の変更にどのように反映させることができるのか、または該当する地域における反応に関しての調査を、行政や地域樹民を対象に実施するとともに、災害誘因予測の精緻化に基づく土地利用規制の可能性について、その支援策も含めて検討する。合わせて、防災リテラシー向上のための知見を整理し、研修プログラムの検討チームへと提供する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

地域住民の防災リテラシー向上についての現状把握

災害対策基本法の改正に伴い導入された地区防災計画制度も、施行から10年を迎え、各地で多様な取り組みが進められている。一方で、行政による策定支援を受けている場合などでは、内容の形骸化などの懸念も高まっている。

地区防災計画の策定と検討、そして実践を継続的に実施することによって、地域住民の防災リテラシーはどのように向上していくのかについて、神戸市中央区港島地区を対象とした参与観察を続けている。今年度は、2019年に実施した全世帯対象のアンケートを再度実施し、意識や防災対策の変化について整理した。

全世帯が集合住宅（マンション）に居住し、自然災害による建物被害リスクが相対的に少ないこと、全住民が地区内に指定された避難所に避難することは収容人員の点で不可能なことから、「被害がなければ自宅避難」を原則としてきたが、その定着が図られていることが明らかになった。さらには、自宅での避難時に欠かせない、トイレ機能の維持確保については、前回調査では懸念は高いものの、実際の対策はほとんど講じられていなかったが、今回に関しては、使い捨てトイレの準備の割合が大きく向上した。

リスクへの理解度もさることながら、その対応をどのように図るのかを継続的に議論し、対策へと活かしていくことが防災リテラシーの向上につながることが明らかとなった。

トルコにおける事前対策と復興計画の枠組みに関する整理

1999年に発生したトルコ・マルマラ地震では、被災者に提供される住宅に関して、地盤条件を重視した立地が選定、建設された。これは日本における災害復興計画等の検討時には考慮されることが少ない条件である。その選定プロセスを改めて把握した。

また、トルコでは事前防災のガイドラインとしてのTARAP「トルコ災害リスク軽減計画」を策定し、各自治体への実装を進めようとしているが、その内容について、概略を把握した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

被害誘因としての災害リスク情報の精緻化による土地利用計画や、防災リテラシーへの影響を国内外の事例調査や参与観察によって明らかにした。

トルコにおいて実施されている地盤調査に基づく復興土地利用計画への反映が、現在は事前防災対策にも活用されている状況を把握した。このアプローチがどのような体制で可能となっているのかについては追加の調査研究が必要となる。

また、被害状況をイメージすることができれば、地域住民の防災リテラシーはより有効性の高いものが選択されるようになることを把握した。リスク情報のなるべく精緻かつ正確な把握がどの程度影響を及ぼすのかについては、住民だけでなく、行政や自治会などの動向も明らかにしていく必要がある。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

澤田 雅浩,2025年1月,人口減少社会における復興事業のあり方を問う―特集 震災復興を問う：「創造的復興」とは,都市問題 ,116(1),pp. 99-107,査読無,謝辞無

澤田雅浩,2024年,大規模マンションにおける耐震補強工事の実現プロセス 神戸市中央区港島地区での

取り組みから,地区防災計画学会誌 ,(29),pp. 78-81,査読無,謝辞有

澤田 雅浩,2024年,視点 防災 能登半島地震、能登半島以外で起こっていること,東京消防 / 東京消防編集室 編 ,103(3),pp. 42-45,査読無,謝辞無

澤田 雅浩,,中越地震から20年を振り返る,自然災害科学 = Journal of Japan Society for Natural Disaster Science ,43(3),pp. 277-280,査読無,謝辞無

澤田雅浩,2024年,マルチハザードリスクがもたらす建築・都市の姿 災害復旧がもたらす「復興のジレンマ」,建築雑誌 ,139(1788),pp.,査読無,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

災害リスクの高い地域における土地利用の実態

特に水害リスクに関しては、具体的な土地利用へ反映させる動きが見られるようになっている。行政による実態をアンケート調査及び統計データと災害リスク情報の統合によって明らかにする。

海外における土地利用制限の実態とその運用に関する調査

特にトルコにおいて、カフラマンマラシュ地震の被災地における土地利用計画策定のプロセスを明らかにするとともに、事前対策としてのTARAPへのリスク情報の反映状況も明らかにする。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

澤田雅浩（兵庫県立大学大学院　減災復興政策研究科）,馬場美智子（兵庫県立大学大学院　減災復興政策研究科）

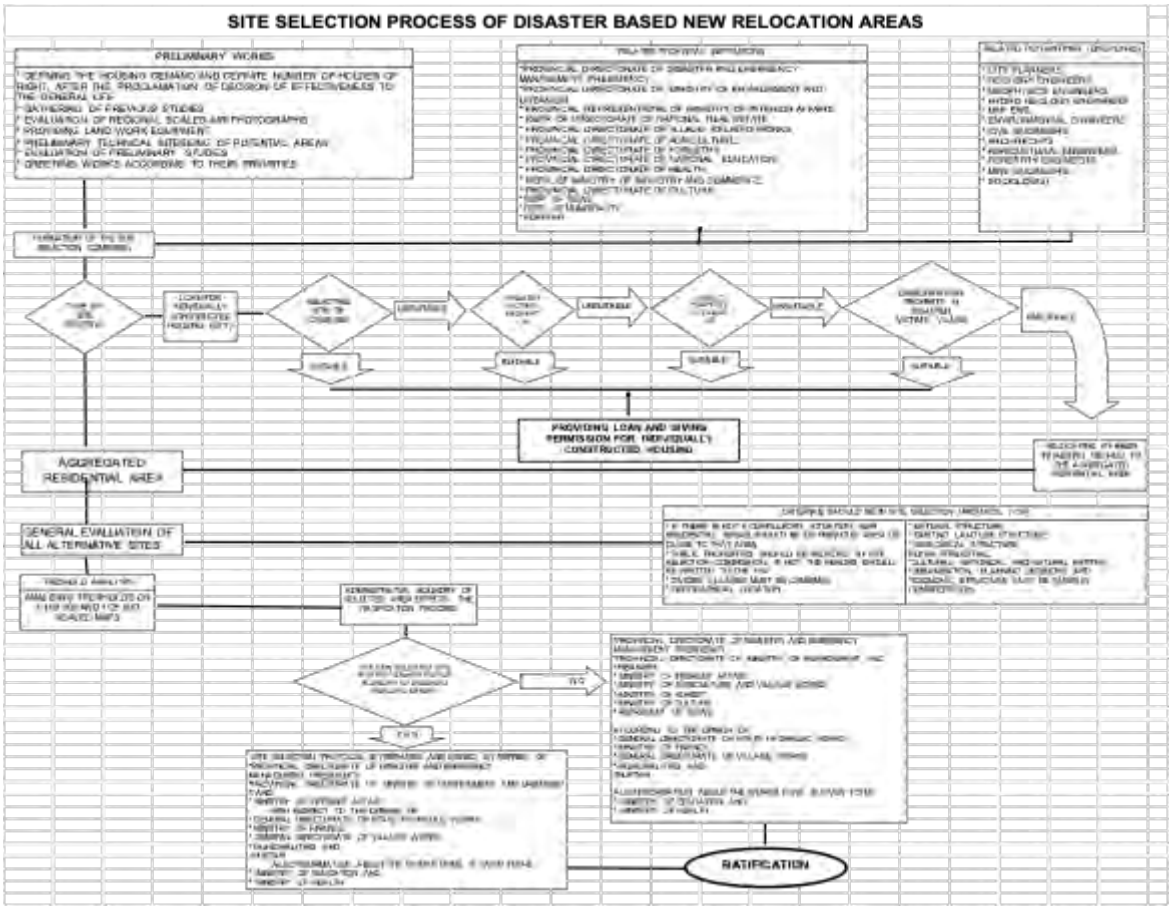
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：兵庫県立大学大学院　減災復興政策研究科
電話：078-891-7376
e-mail：gensai@ofc.u-hyogo.ac.jp
URL：https://drg-u-hyogo.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：澤田雅浩
所属：兵庫県立大学大学院　減災復興政策研究科



トルコ・マルマラ地震時の公共住宅等の敷地選定プロセス

令和６年度年次報告

課題番号：HYG_02

（1）実施機関名：

兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）大規模噴火に対応するための自治体間広域連携システム
（英文）Disaster Coordination System among Local Governments for Large-scale Eruptions

（3）関連の深い建議の項目：

５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(5) 大規模火山噴火

（4）その他関連する建議の項目：

３ 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(4) 地震・火山噴火の災害誘因予測・リスク評価を防災情報につなげる研究
火山
４ 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

（5）本課題の５か年の到達目標：

火山が大規模に噴火すると、そこに住む人々は長期に渡り地域外へ広域避難しなければならない。居住地に被害が及ぶ場合は、住まいを移転しなければならない。火山灰等は広域に拡散することから、広域なエリアに健康、環境、ライフライン、農業・漁業・地域産業被害がもたらされる可能性がある。長期化する噴火による身体的・精神的苦痛は災害関連死をもたらす可能性がある。災害関連死を含む人的被害を軽減するには、きめ細やかな被災者支援策を広域で展開する必要がある。そのためには、火山が位置する自治体と、拡散する噴出物により被害を受ける自治体や避難先となる自治体との間での噴火推移予測や観測情報の共有と、連携による被災者支援が不可欠である。とりわけ日本は災害対応における基礎自治体の役割が大きい反面、自治体間の相互連携の仕組みが脆弱でありその強化が求められる。

本研究では、大規模噴火において広域連携が求められる政策課題を明らかにし、それら政策課題に対応するための自治体間連携システムを検討することを目的とする。具体的には広域連携を促進するための法制度やリスクコミュニケーションの要件の把握、実践的な訓練を通した人材育成プログラムを提案する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

令和６年度は、大規模噴火において広域的な対応が求められる政策課題を噴火に関する資料調査から網羅的に抽出し体系化する。具体的には、櫻島大正噴火、有珠山噴火を事例として、歴史資料、研究論文、報道記事、行政文書の通読と分析を行う。また、有珠山については、災害対応の関係者へのヒアリングを通して、当時の災害対応の状況を把握する。国内での大規模噴火事例は限られることから、フィリピンのピナトゥボ火山噴火、コロンビアのルイス火山噴火等の海外の大規模噴火事例の分析をあわせて行う。

令和７年度は、各自治体が噴火に備えて実施している訓練プログラムに関する調査を行う。訓練プログラムの内容・対象者や訓練による効果を把握し、広域連携を促進するための訓練プログラムを検討するための基盤とする。

令和８年度は、自治体間広域連携体制を検討する。火山防災協議会等の地方自治体が主として設置す

る会議体に加え、全国知事会のような全国域の連携体、九州地方知事会のような地方広域の連携体、相互応援協定に基づく体制や、後方支援拠点等のロジスティック支援体制等の広域連携体制のメリット/デメリットについて自治体関係者と研究会を行い検討する。
令和９年度は、大規模噴火対応を想定した訓練プログラムを検討し、被害が想定される自治体にて実践し、その効果を検証するとともに改善策を検討する。
令和10年度は、研究成果を総括するとともに、大規模噴火における自治体間広域連携の社会実装に向けた法制度の整備や人材育成のあり方等の具体策を提示する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

大規模噴火が発生した時に、複数の自治体が連携して広域的な対応が求められる政策課題について、1912年桜島大正噴火を中心とした文献調査により検討した。桜島大正噴火では、1月12日の大噴火と、同日18時21分に起きた桜島南西を震源とする大地震（M7.1）、さらに毒ガス発生というデマ情報により鹿児島市でもパニックが起こり約2万人が広域避難し、直後は災害対応が困難な状況におかれた。その後、噴火による桜島の被害が深刻であったことから移住政策が主要な課題となった。移住対策としては、鹿児島県が中心となり国や近隣県等との調整により移住先の指定や移住者への土地譲渡・移住補助、教育補助等の支援が行われた。県の指定した移住地に移住した人は6425人に上り、大規模噴火が起きた時の移住政策を検討するうえでの先行事例となる。
日本では近年は大規模噴火は起きておらず対応事例も限られる。そこで、大規模噴火が頻繁なインドネシアに着目し、2024年11月7日に起きたLewotobi Laki-Laki(レウォトビ・ラキラキ）火山噴火を事例として、どのように関係省庁や自治体が連携して災害対応を行なっているのかを調査した。今回の噴火では死者9名、火口から半径7km、南西-北西9kmのエリアの立ち入りが規制され、1225世帯が移住対象となっている。被害は火山のある東ヌサテゥンガラ州のフローレス島にとどまらず、海を越えて南に位置するティモール島も降灰により被害を受けた。インドネシアでは、火山地質災害防災センター(CVGHM）が火山観測を行うとともに、噴火警報を発表し、災害対応は国家防災庁(BNPB)が行うこととになっている。今回の噴火では、CVGHM・BNPBの連携に加え、事前の防災計画に定められた機能別に省庁が連携して対応していることが明らかになった。災害対応に関する情報はダッシュボード（Dashboard Penanganan Darurat Erupsi Gunung Api Lewotobi Laki-Laki）を活用して共有されていた。ダッシュボードはレウォトビ火山のハザードマップ、噴火によるリスク、避難所、移住先、被災者支援に関する情報が自治体を超えて広域で集約されている。大規模噴火が起きると複数の自治体が被害を受けることが想定されるため、日本においても国レベルで火山ごとに噴火のリスク・被害、災害対応の情報を集約することができるプラットフォームは有効だと考えられる。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

大規模噴火対応に関する資料収集を行うとともに、連携が求められる課題抽出を行った。国内外の事例分析からは、大規模噴火対応においては特に避難や移住対策が優先的な政策課題となること、自治体間連携に加えて国・省庁間連携も必要であることが示された。災害対応を着実に進めるには、事前のハザード・マップの整備に加えて、噴火によるリアルタイムの被害情報、避難所や避難者（要配慮者）数、被災者支援等実施状況を自治体を超えて共有することができる情報プラットフォームが有効であることから、災害対応における情報共有のあり方をも視野に研究を進める。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和７年度は、大規模噴火に備えて各自治体が整備しているマニュアルや実施している研修・訓練プログラムに関する調査を行う。訓練プログラムの内容・対象者や訓練による効果を把握し、広域連携を促進するための訓練プログラムを検討するための基盤とする。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

阪本真由美（兵庫県立大学減災復興政策研究科）,平井敬（兵庫県立大学減災復興政策研究科）

他機関との共同研究の有無：有

中道治久（京都大学防災研究所）,秦康範（日本大学）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科
電話：078-891-7340
e-mail：sakamoto@drg.u-hyogo.ac.jp
URL：https://drg-u-hyogo.jp

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：阪本真由美
所属：兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科

令和６年度年次報告

課題番号：HYKN01

（1）実施機関名：

兵庫県立大学環境人間学部

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地震・火山噴火災害の被害軽減に資する防災リテラシー向上のための知識要素の体系化と教育・研修プログラム開発

（英文）Systematization of knowledge elements and development of education programs for improving disaster literacy that contributes to reducing damage from earthquakes and volcanic eruptions

（3）関連の深い建議の項目：

４ 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

（4）その他関連する建議の項目：

４ 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明

（5）本課題の５か年の到達目標：

地震・火山現象の理解・予測を災害の軽減につなげるためには、地震・火山現象に関する科学的な理解を深め、現象を予測するだけでは必ずしも十分ではない。地震・火山現象の理解・予測の研究成果を社会に適切に還元する必要があり、地震・火山現象の研究成果を理解する枠組みを国民１人１人が持ち、地震・火山現象の理解・予測を「防災リテラシー」（災害発生時に、自らの生命を守るための行動について、正しい判断を下し、適切に実行するための能力）として社会の共通理解醸成に発展させることが理想である。

しかし「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」（第1次）で本研究課題の実施者が文部科学省研究開発局地震・防災研究課と行った2016年熊本地震調査によると、回答者の約7割が「地域の活断層の存在を知らなかった」と答え、残りの3割についてもその内の過半数が「活断層があることは知っていたが、その活動層が地震を引き起こすとは考えなかった」と答えており、地震・火山災害についての知識が社会の共通理解情勢に至っていない。これは研究内容を理解するためにどのような知識体系のもとで防災リテラシーを醸成すべきか、これまで整理されてこなかったことが一因である。「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」（第2次）計画では、災害誘因である地震・火山現象の防災リテラシーの構築の取組が新たに導入され、萌芽的に、防災・災害対策にかかわる行政や関係機関の職員を対象に、必要な防災リテラシーの要素や枠組みの検討が行われた。

そこで本課題では、第2次計画で進めてきた試行的な防災リテラシーの研修プログラムを含め、様々な防災リテラシー向上のための教育体系・プログラムについて、対象者を学生や一般市民などにも拡大し、それぞれの対象者について実効性のある防災対策に必要な知識要素を特定しながら、教育・研修プログラムおよびユニットの開発と効果検証を発展させるとともに、地域の行政機関や学校機関などのステークホルダーと共同した研究も実施する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

本課題における研究は、心理学・教育学・教育工学分野における教育・研修プログラム開発で多用されるインストラクショナル・デザインにおけるADDIE（アディー）理論を基盤とする。ADDIE 理論とは、教育・研修プログラム開発を進めていくための基本となるプロセスモデルのことで、分析

（Analysis）→設計（Design）→開発（Development）→実施（Implementation）→評価（Evaluation）というプロセスを複数回繰り返すことで教育・研修プログラムを開発・改善していくものである。

令和6年度は、分析と設計を中心に実施する。地震・火山研究者の研究者が「地震・火山現象の理解・予測のために理解してほしいこと・伝えたいこと」と、対象者である一般市民が「地震・火山現象で現実に理解していること」「理解したいと思っていること」をwebによる量的社会調査および、自治体・教育機関等の質的社会調査等から明らかにし、学習すべき防災リテラシーの要素の洗い出しを行う。また明らかになった知識要素について、先行的に教育プログラムおよび教材を作成し、教育効果を測定する。

令和7年度は、分析・設計に加えて、開発も中心的に実施する。洗い出しをした要素に基づき、防災リテラシーの体系および枠組みを仮説化しながら、抽出された知識要素の中で特徴的なものについて先行的に教育・研修プログラムを開発する。開発にあたっては、インストラクショナル・デザイン理論に基づき、誰でも教育・研修プログラムが実施できるような「指導案」および「教材」「ワークシート」「確認テスト」を開発する。またモデル地域において、パイロット的に実施・評価をしながら開発時点での修正を行う。

令和8年度は、分析・設計・開発を続けるとともに、仮説化された枠組みをもとに、複数の教育・研修プログラムの開発・実施・評価を、複数のモデル地域で実施して一般性・標準化の検討を行う。また、知識体系のもとに複数の教育・研修プログラムを組み合わせたカリキュラム（単元構想）を仮説的に提案する。

令和9年度は、分析・設計・開発を続けるとともに、複数の教育・研修プログラムおよびカリキュラムを実装し、対象者を一般市民・学生など広げた上で実施・評価することで、プログラムやカリキュラムの効果検証を行う。また再度、知識体系の分析・設計を行い、教育・研修プログラムの過不足の検討をする。

令和10年度は、実装された教育・研修プログラムおよびカリキュラムを複数のモデル地域や対象者で実施・評価することで、教育・研修プログラムの展開を図る。また、指導案や教材などが例えばweb上で閲覧・ダウンロードできるような共有サイトへの掲載・構築を図る。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

令和6年度は、地震・火山噴火災害の被害軽減に資する防災リテラシー向上のための知識要素の体系化と教育・研修プログラム開発のため、特に分析・設計を中心に実施した。

具体的には、防災リテラシー向上のための知識要素の体系化について、日本における個人の自然災害への備えの実態と、自然災害への備えを促進させるための要因解明を行うことで、災害への備えを向上させるための方策について考察を行った。日本全国を対象にしたインターネットモニター調査を実施したところ、n=1,599の有効回答を得た。災害への備えを測定するための項目として、内閣府が実施する「防災に関する世論調査」 における項目を含む全31項目を用いた。調査の結果、「停電時に作動する足元灯や懐中電灯などを準備している」38.4%、「15.食料や飲料水、日用品などを準備している」35.0%、「近くの学校や公園など避難する場所を決めている」31.2%となり、災害時に自分がおかれる状況としてイメージしやすい物品の備えや、災害直後の避難行動についての備えを進めていることがわかった。

また本調査結果と内閣府世論調査結果とを比較し、内閣府の世論調査結果が高齢者による回答傾向が強く、また郵送法でのアンケート調査によって回答者バイアスが生じることから、日本人の実態よりも「備えをしている」回答者による回答結果となる可能性があり、本調査結果の方が日本人全体の傾向を表していることについて仮説を検証した。

また、重回帰分析を行い、災害への備えを促進する要因として、年齢、結婚の有無、被災経験の有無、ハザードマップの認知度、災害切迫度、地域交流度の6つの独立変数が統計的に有意であり、先行研究で提案された要因の多くが災害の備えの促進要因となっている仮説を検証した。特に、ハザードマップの認知度の標準化係数（β）が大きいことから、ハザードマップをただ漫然と眺めるのではなく、防災教育や防災訓練の機会などで地域や自宅の危険度までを理解することが、災害への備えを一層促進させるために最も有効な対策であることを提案した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に

対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

防災リテラシーの体系化のための現状把握について、日本における個人の自然災害への備えの実態および、自然災害への備えを促進させるための要因を解明し、災害への備えを向上させるための方策について、日本全国を対象にしたインターネットモニター調査によって考察を行ったことが貢献できる点である。

また災害への備えを測定するための項目として、内閣府が実施する「防災に関する世論調査」における項目を含む全31項目という、本課題担当者が開発し他研究でも使用されている尺度をもとに調査し、災害の軽減のための備えの現状について明らかにするとともに、本調査結果と内閣府の調査結果とを比較し、それぞれの結果の特長および結果の代表性・妥当性について検討をすることができた。災害への備えを促進する要因として、年齢、結婚の有無、被災経験の有無、ハザードマップの認知度、災害切迫度、地域交流度の6つの独立変数が統計的に有意であることがわかった。特に、ハザードマップの認知度の標準化係数（β）が大きいことから、ハザードマップをただ漫然と眺めるのではなく、防災教育や防災訓練の機会などで地域や自宅の危険度までを理解することが、災害への備えを一層促進させるために最も有効な対策であることを提案した点など、災害の軽減に貢献するための成果の発信内容についても踏み込んだ提案を行った。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

KIMURA, R., SATO, S., Yi, T., NAKAZAWA, K., MATSUKAWA, A., TSUJIOKA, A. and OHTSUKA, R., 2024, Elucidations of Present Situation of Preparedness for Natural Disasters at Home in Japan and its Effective Factors, Journal of Disaster Research, Vol.19, No.5, pp.818-828, https://doi.org/10.20965/jdr.2024.p0818,査読有,謝辞有

SATO, S., KIMURA, R., NAKAZAWA, K., Yi, T., MATSUKAWA, A., TSUJIOKA, A. and OHTSUKA, R., 2024, The National Trend of Data of the Scale of Attitude Toward Culture of Living with Disaster Risk (SAC-LDR), Journal of Disaster Research, Vol.19, No.5, pp.808-817, https://doi.org/10.20965/jdr.2024.p0808,査読有,謝辞無

NAGATA, T., Yi, T., KIMURA, R. and IKEDA, M., Development of the Volcanic Disaster Risk Reduction Education Program Using the ICT Tool “YOU@RISK Volcanic Disaster Edition” -Practical Verification at a Junior High School in the Mt. Nasu Area-, 2024, Journal of Disaster Research, Vol.19, No.5, pp.793-807, https://doi.org/10.20965/jdr.2024.p0793,査読有,謝辞無

中澤幸介・木村玲欧, 2024, 企業におけるリスクアドバイザー教育プログラムの開発, 地域安全学会論文集, No.45, pp.63-72,査読有,謝辞無

木村玲欧, 2024, 学校での防災教育, 朝倉書店, pp.136-137（地域安全学会（編）, 2024, 防災と福祉ガイドブック～誰一人取り残さない福祉防災の視点, 朝倉書店, 168pp.））,査読無,謝辞無

木村玲欧（監修）, 2025, 明日のキミを震災から守る10の質問～１巻 地震前にどう備える？, 学研, 48pp.,査読無,謝辞無

木村玲欧（監修）, 2025, 明日のキミを震災から守る10の質問～２巻 地震時にどう動く？, 学研, 48pp.,査読無,謝辞無

木村玲欧（監修）, 2025, 明日のキミを震災から守る10の質問～３巻 地震後をどう生きる？, 学研, 48pp.,査読無,謝辞無

木村玲欧, 2025, 80年前の災害をイメージし、未来の防災へつなげる～1945年三河地震, なゐふる（日本地震学会 広報誌）, No.140（2025年2月号）, pp.6-7,査読無,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

木村玲欧, 2024, 災害時の安全・安心を守る心理学, 日本実験動物技術者協会 関西支部 2023年度春季

大会（招待講演）

木村玲欧・山野智也, 2024, 火災対応マニュアルの分析による火災対応能力の導出と、市民の火災対応能力向上のための防災教育プログラムの開発, JpGU Meeting 2024（日本地球惑星科学連合2024年大会）

木村玲欧・中澤幸介・李泰榮・佐藤翔輔・松川杏寧・辻岡綾・大塚理加, 2024, 社会調査による災害への備えの現状～防災リテラシーへの提言, JpGU Meeting 2024（日本地球惑星科学連合2024年大会）

大友章司・木村玲欧・中澤幸介, 2024, リスク・リテラシーおよび地震への認識や心理属性が防災行動に及ぼす影響, JpGU Meeting 2024（日本地球惑星科学連合2024年大会）

OHTOMO, S. and KIMURA, R., 2024, Examination of intention-behavior gap of protective actions in the face of earthquake disaster, 33rd International Congress of Psychology

大友章司・木村玲欧, 2024, 災害時の警告の真偽確認に関連するリスク・グラフィック要因, 日本心理学会第88回大会

木村玲欧, 2024, 避難に関する備えを促進させるための防災教育のあり方, 日本科学教育学会第48回年会

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和7年度は、災害時に対する人間行動に関する実態解明を行うとともに、防災リテラシーを向上させるための教育プログラムを引き続き実施する。洗い出しをした要素に基づき、防災リテラシーの体系および枠組みを仮説化しながら、抽出された知識要素の中で特徴的なものについて先行的に教育・研修プログラムを開発する。開発にあたっては、インストラクショナル・デザイン理論に基づき、誰でも教育・研修プログラムが実施できるような「指導案」および「教材」「ワークシート」「確認テスト」を開発する。またモデル地域において、パイロット的に実施・評価をしながら開発時点での修正を行う。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

木村 玲欧（兵庫県立大学環境人間学部）
他機関との共同研究の有無：有
田村 圭子（新潟大学 災害・復興科学研究所）,井ノ口 宗成（富山大学 都市デザイン学部）,大友 章司（関東学院大学 人間共生学部）,高橋 誠（名古屋大学大学院 環境学研究科）,室井 研二（名古屋大学大学院 環境学研究科）,加藤 尚之（東京大学 地震研究所）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：兵庫県立大学環境人間学部
電話：
e-mail：
URL：https://www.u-hyogo.ac.jp/shse/koho/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：木村玲欧
所属：兵庫県立大学環境人間学部

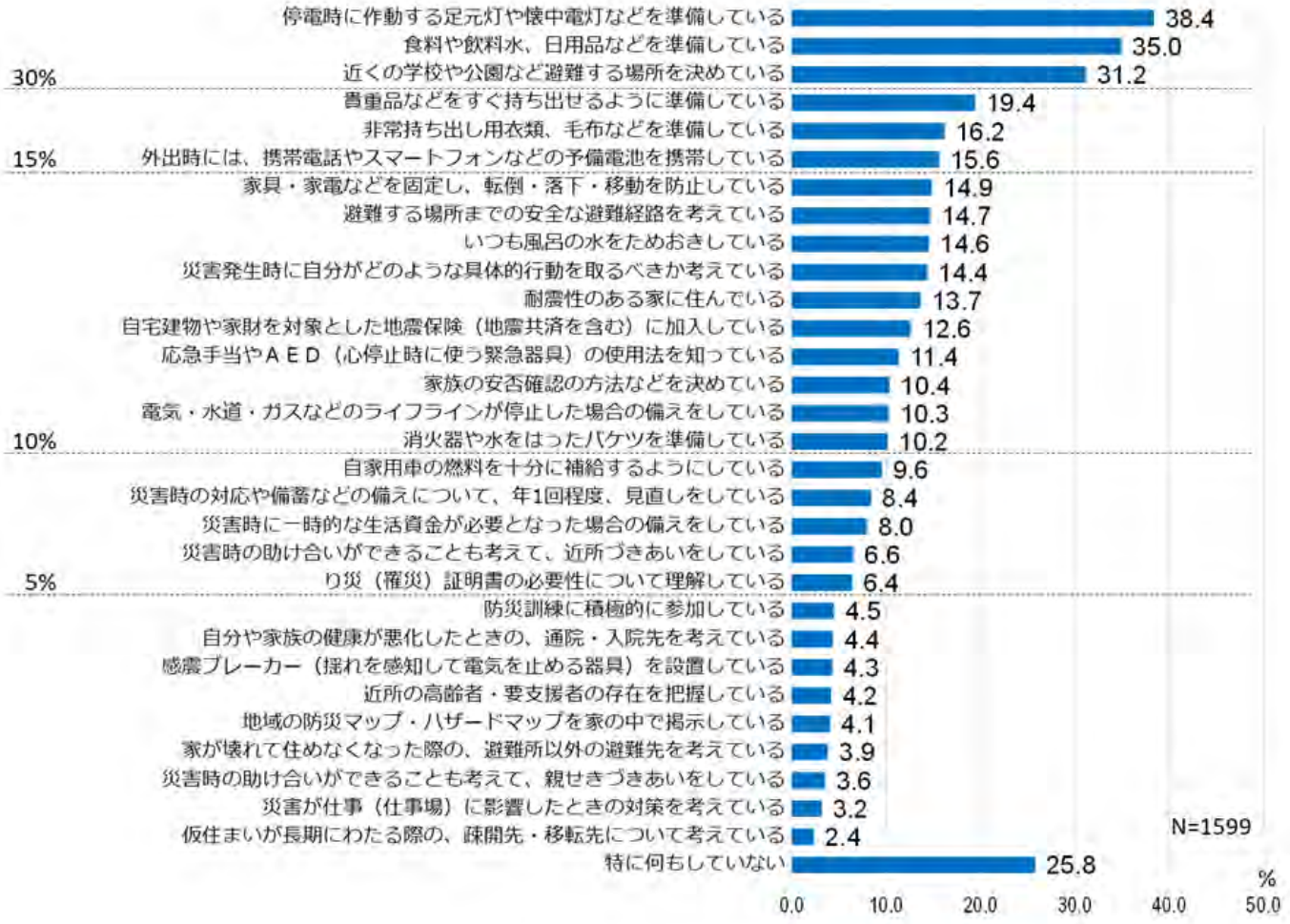


図1　個人の自然災害に対する備え

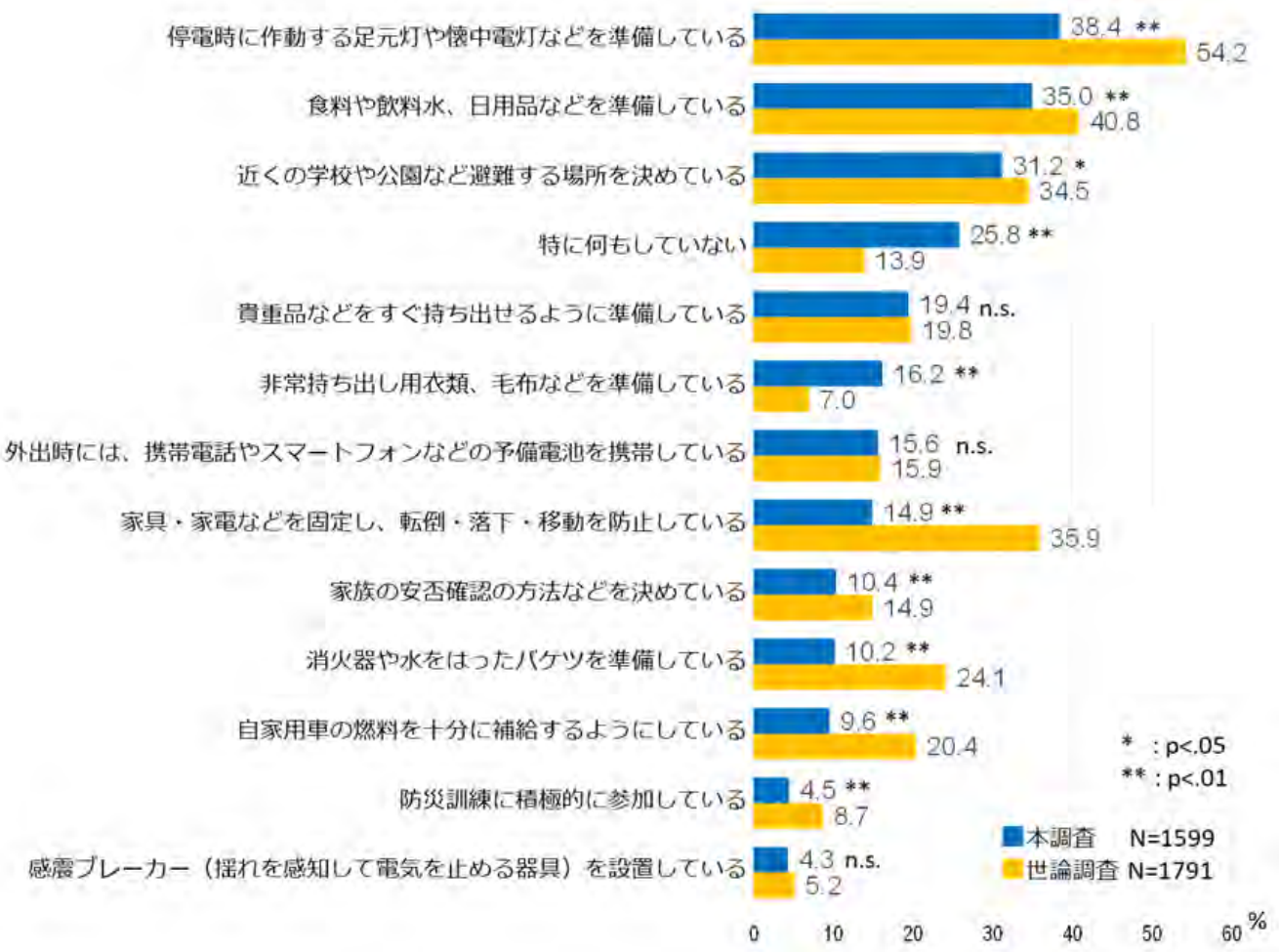


図2　本調査と内閣府世論調査との回答比較

	b	SE	β	95%LCI	95%HCI	VIF
(定数)	-1.241 **	.427		-2.077	-.404	
年齢	.022 **	.008	.086	.006	.037	1.951
性別	-.096	.200	-.011	-.489	.296	1.048
結婚	.674 *	.302	.076	.081	1.267	2.334
子ども	-.476	.302	-.052	-1.069	.116	2.223
収入	.369	.211	.041	-.045	.784	1.14
持ち家	.288	.223	.031	-.149	.726	1.161
地域居住年数	-.090	.237	-.010	-.554	.374	1.322
被災経験	1.340 **	.239	.127	.871	1.809	1.043
人的被害	.366	.313	.027	-.248	.979	1.05
ハザードマップ認知度	3.320 **	.243	.317	2.844	3.797	1.09
災害切迫度	.958 **	.201	.108	.563	1.353	1.055
地域交流度	1.327 **	.202	.150	.932	1.723	1.061
R^2	.213					
F(12, 1586)	37.01 **					

** : p<.01, * : p<.05

表1　備え行動を促進させる要因（重回帰分析表）

令和６年度年次報告

課題番号：III_01

（1）実施機関名：

東京大学情報学環

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）不確かさを含む地震・火山災害に関する災害誘因予測を、効果的な災害情報とするための表現技法に関する認知科学的アプローチ

（英文）Cognitive science approach on how to express disaster inducement forecasts for earthquake and volcanic hazards with uncertainty for effective disaster information

（3）関連の深い建議の項目：

３ 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(4) 地震・火山噴火の災害誘因予測・リスク評価を防災情報につなげる研究
地震
火山

（4）その他関連する建議の項目：

５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(2) 首都直下地震
６ 観測基盤と研究推進体制の整備
(5) 社会への研究成果の還元と防災教育
(6) 次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成

（5）本課題の５か年の到達目標：

地震学・火山学の知見を人々の接する災害情報にどのように落とし込むかによって、活用のされ方や理解のされ方、また対策そのものが変化する。我々の研究グループの知見から、災害に関する確率表現のあり方や、映像を用いた災害の表現方法の在り方での災害をどのように表現するかなど情報の特性に応じて、人の認知、記憶の残りやすさ、災害対策への行動意図などが大きく変化することが明らかになりつつある。本課題では、これを発展させ、住民に防災意識の向上や適切な防災対策を促す情報のありようを、言語表現、確率表現、地図表現、映像表現などの要素に分け分析していく。

従来のアンケート調査を用いた調査のみならず、縦断的調査や、認知神経科学的手法を用いた実験などから、どのような表現手法、活用条件が効果的かを明らかにする。最終的には、地震学・火山学の成果としての災害情報をより効果的に伝える手法の開発に資する基礎的な知見を析出することを目標とする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

認知科学、社会心理学をベースとして、不確かさを含む地震・火山災害に関する発生確率、地震動予測地図、被害想定などの災害誘因予測を、効果的な災害情報とするための表現技法の開発に資する基礎的な知見を析出する。具体的には、下記項目に関して、より防災意識を喚起する情報とはどのようなものか、より記憶として長く残りやすい情報とはどのようなものか、災害情報に絞って、認知、感情、記憶の関係性を解明する。

・言語表現（用語の認知度、程度の言語表現）
・確率表現（確率年、％表記と歩合表記）
・地図表現（地震動予測地図やハザードマップにおける色表現、解像度）
・映像表現（過去映像とシミュレーション映像、音声）

まず、これまでの知見を整理しつつ、従来のアンケート調査を用いた調査を基礎とし、縦断的調査、認知神経科学的手法などを用いた実験などから、どのような表現手法、活用条件が効果的かを明らかにしていく。最終的には、地震学・火山学の成果としての災害情報をより効果的に伝える手法の開発に資する知見を析出する。

スケジュールは以下の通り
R6年～R7年　言語表現、確率表現等に関する社会調査を用いた基本的調査、縦断的調査
R8年～R9年　映像表現等に関する認知神経科学的な実験調査
R10年　　とりまとめ

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本研究の目的は、地震学・火山学の成果としての災害情報をより効果的に伝える手法の開発に資する知見を析出することである。本年度は言語表現に着目をして、8月8日に発表された「南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）」を事例として調査を実施した。

まず、「南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）」の直後に気象庁が行った緊急記者会見中に、NHKがどのようなテキストを表示したのか、分析を行った。その結果、「日ごろからの地震への備え　再確認を　1週間続けてほしい」「と「1週間たてば安全というわけではない」という矛盾しているメッセージが交互に、繰り返し表示されていた。

次に、この情報に対してどのような対応をとったのか、情報が発表された翌日の夜22時から、全都道府県を対象としたインターネットを用いた調査を実施した。

その結果、約8割の人が臨時情報を見聞きしていた。だが、呼びかけられていた「備えの確認」はほとんど見られなかった。

これらの結果から、矛盾するメッセージを発した結果、「備えの確認をしてほしい」という住民に対するメッセージが伝わっていなかったと考えられる。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本研究は県議の項目「３．地震・火山噴火による災害誘因予測のための研究　(4)地震・火山噴火の災害誘因予測・リスク評価を防災情報につなげる研究」に合致するものである。本研究の推進は地震動予測地図や様々な確率評価などを含む防災情報の効果的な表現技法の開発に貢献する。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

安本真也，2024，令和6年能登半島地震とコミュニケーションの課題，Nextcom，vol.60，KDDI総合研究所，pp.24-33．,査読無,謝辞無

関谷直也，2024，災害情報はいのちを救えるか――南海トラフ地震臨時情報から考える，世界，2024年11月号，岩波書店，pp.155-162．,査読無,謝辞無

石橋真帆・安本真也・入江さやか・鍵慶和・関谷直也，2024，令和6年能登半島地震における津波避難の実態 －住民調査による検討－，自然災害科学vol.43(3)，pp. 689-708．,査読有,謝辞無

三宅真太郎・佐藤翔輔・吉本充宏・石峯康浩・秦康範・安本真也・関谷直也，2024，遠地津波発生時の津波情報の伝達と避難行動の喚起に関する課題-トンガ海底火山噴火に伴う潮位変化に対する住民対応の質問紙調査-，土木学会論文集（海岸工学），80巻17号（論文ID: 24-17101），https://doi.org/10.2208/jscejj.24-17101,査読有,謝辞無

安本真也・河井大介・齋藤さやか・関谷直也，2024，首都直下地震に関する防災啓発番組の説得的コミュニケーション：補強効果の検証，社会情報学，13巻1号pp.51-64，https://doi.org/10.14836/ssi.13.1_51,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

関谷直也，2024，南海トラフ地震臨時情報の課題――メッセージのあいまいさとエリートパニック――，日本災害情報学会第29回学会大会.

作間敦・安本真也・石橋真帆・荒木優弥・関谷直也，2024，南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）の確率論的な情報としての受け取られ方，日本災害情報学会第29回学会大会

安本真也・石橋真帆・作間敦・荒木優弥・関谷直也，2024，令和6年8月8日南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）発表直後の住民の反応，日本災害情報学会第29回学会大会.

鍵慶和・安本真也・石橋真帆・関谷直也，2024，令和6年能登半島地震における被災世帯の居住意向に関する研究―2024年6月時点仮設住宅居住者を対象に―，日本災害情報学会第29回学会大会.

石橋真帆・関谷直也，2024，関東大震災証言データにもとづく災害観の抽出，日本災害情報学会第29回学会大会

安本真也・石橋真帆・入江さやか・鍵慶和・関谷直也，2024，令和6年能登半島地震の被害状況と今後の生活に関する意向，第43 回日本自然災害学会学術講演会

石橋真帆・安本真也・入江さやか・鍵慶和・関谷直也，2024，令和6年能登半島地震における津波避難の実態，第43 回日本自然災害学会学術講演会

鍵慶和・安本真也・石橋真帆・入江さやか・関谷直也，2024，令和6年能登半島地震における避難生活での困難に関わる調査研究，第43 回日本自然災害学会学術講演会

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和7年度は確率表現等に関する社会調査を用いた基本的調査、縦断的調査を実施する計画である。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

関谷直也（東京大学大学院情報学環総合防災情報研究センター）,安本真也（東京大学大学院情報学環総合防災情報研究センター）,石橋真帆（東京大学大学院情報学環総合防災情報研究センター）,田中　淳（東京大学大学院情報学環総合防災情報研究センター）,片田敏孝（東京大学大学院情報学環総合防災情報研究センター）

他機関との共同研究の有無：有

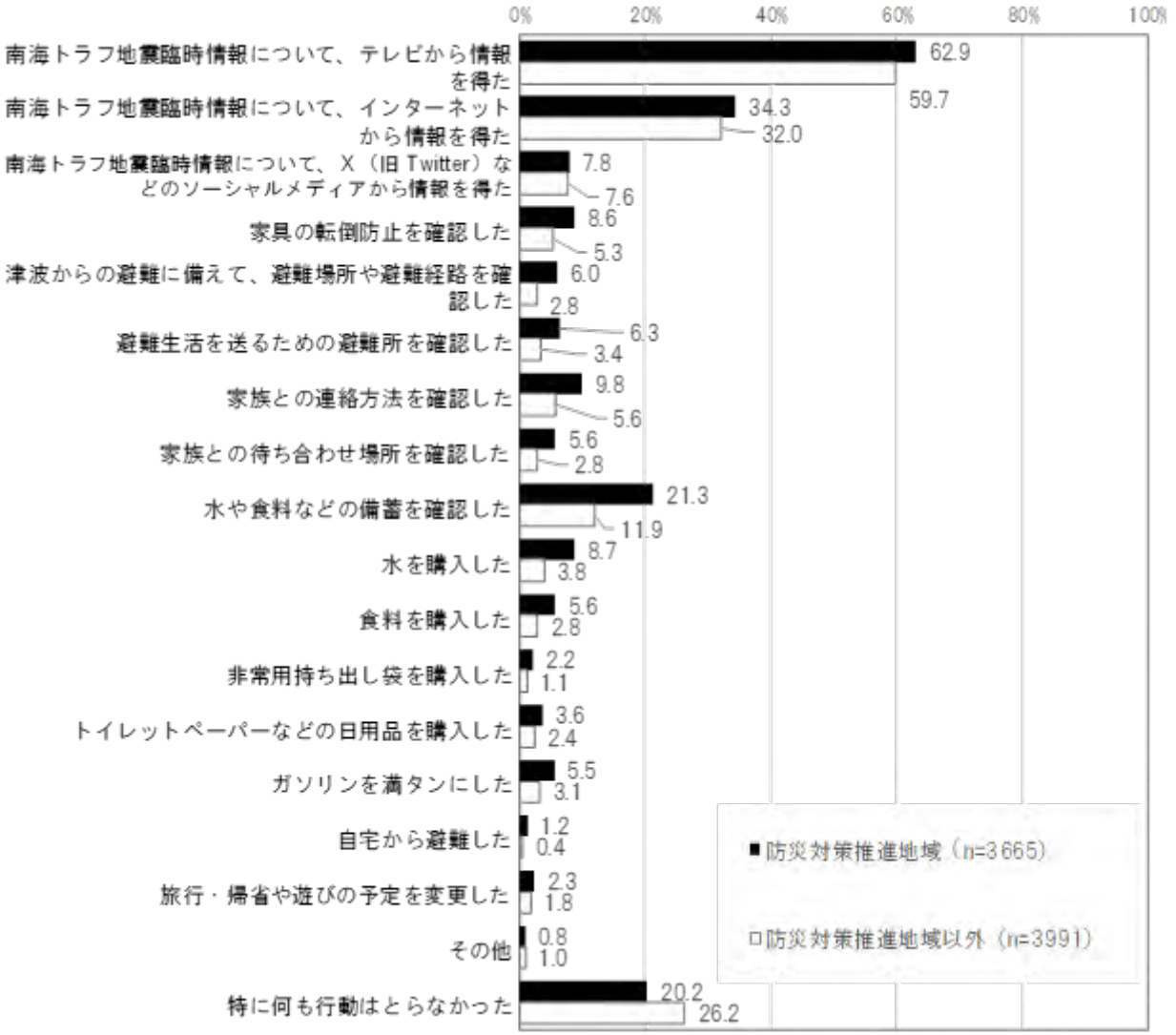
葛西優香（東日本大震災・原子力災害伝承館）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学大学院情報学環総合防災情報研究センター
電話：03-5841-5924
e-mail：cidir@iii.u-tokyo.ac.jp
URL：https://cidir.iii.u-tokyo.ac.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：関谷直也
所属：東京大学大学院情報学環総合防災情報研究センター


0%
20%
40%
60%
80%
100%
南海トラフ地震臨時情報について、テレビから情報を得た
62.9
59.7
南海トラフ地震臨時情報について、インターネットから情報を得た
34.3
32.0
南海トラフ地震臨時情報について、X（旧 Twitter）などのソーシャルメディアから情報を得た
7.8
7.6
家具の転倒防止を確認した
8.6
5.3
津波からの避難に備えて、避難場所や避難経路を確認した
6.0
2.8
避難生活を送るための避難所を確認した
6.3
3.4
家族との連絡方法を確認した
9.8
5.6
家族との待ち合わせ場所を確認した
5.6
2.8
水や食料などの備蓄を確認した
21.3
11.9
水を購入した
8.7
3.8
食料を購入した
5.6
2.8
非常用持ち出し袋を購入した
2.2
1.1
トイレットペーパーなどの日用品を購入した
3.6
2.4
ガソリンを満タンにした
5.5
3.1
自宅から避難した
1.2
0.4
旅行・帰省や遊びの予定を変更した
2.3
1.8
その他
0.8
1.0
特に何も行動はとらなかった
20.2
26.2
■防災対策推進地域（n=3665）
□防災対策推進地域以外（n=3991）

図．情報入手後の行動

令和６年度年次報告

課題番号：IRID01

（1）実施機関名：

東北大学災害科学国際研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）東北地方を中心とする歴史災害の文献・絵図史料収集および地形復原による分析
（英文）Analysis of historical disasters through topographic reconstructions from historical documents and pictorial maps in the Northeast region.

（3）関連の深い建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ア. 史料の収集・分析とデータベース化

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ウ. 地形・地質データの収集・集成と文理融合による解釈

（5）本課題の５か年の到達目標：

「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第３次）」では、東北地方全域をフィールドとして地震・津波・火山に関係する文献・絵図といった歴史資料について、博物館・図書館に収蔵される史料のほか、民間所在史料についても調査・整理を実施しながら調査・分析を進める。これにあたり、新出史料はもちろん、従来の研究で分析対象となった史料についても、史料の全体情報や該当する文書群全体の周辺情報を含めて史料情報を収集する。また歴史地形の復元については、旧版地形図をベースとしながら、各地に存在する大判の地籍図・村絵図なども調査対象として、超高精細スキャンなどを活用しながら情報を収集することにする。これらの方法で収集した情報を整理・分析し、千島海溝・日本海溝沿いにおける歴史地震・津波および日本海沿岸の歴史地震・津波に関する新たな視角からの分析を実施する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

本課題においては、東北地方各地で年次ごとにフィールドを設定し、対象地域の博物館・図書館の所蔵史料を手がかりとして現地調査を実施し、文献史料・絵図史料の情報を収集するとともに、各地の代表的な地震・津波・火山などの歴史災害について研究分析を実施する。
令和６年度は宮城県を中心に史料情報を収集し、1611年慶長奥州地震津波や1793年寛政地震津波などについての分析をおこなう。
令和７年度は岩手県を中心に史料情報を収集し、1677年延宝八戸沖地震や1896年明治三陸地震などの分析をおこなう。
令和８年度は福島県を中心に史料情報を収集し、1677年延宝房総沖地震などの分析をおこなう。
令和９年度は秋田県・山形県を中心に史料情報を収集し、1804年象潟地震などの分析をおこなう。
令和10年度は青森県を中心に史料情報を収集し、1793年寛政西津軽地震などを分析するとともに、五か年の研究成果を総括し、シンポジウムあるいは報告書等で成果の社会還元をおこなう。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

今年度は、東北地方太平洋沿岸の歴史地震として1611年慶長奥州地震津波に関する検討の深化と、昨年度まで実施した1616年元和仙台地震の分析結果の成果の公表をおこなった。
1611年慶長奥州地震津波をめぐって、評価が分かれている次の点について検討した。
①地震規模について、江戸で慶長奥州地震津波を体験した『言緒卿記』に「辰刻大地振」と記述されていることから、作者の山科言緒が「大地震」と記述する例を検討した。結果、『言緒卿記』で「大地震」と記される例は、慶長19年10月25日（1614年11月26日）の例であり、この地震では山科が徳川家康や天皇に地震見舞いに訪れていることから、山科言緒の「大地震」は、一定度の身の危険がともなう震度４以上とした。
②1611年慶長奥州地震津波の震源・波源を千島海溝とする論拠のひとつが、地震発生と津波到達時刻に４時間の差があるという指摘である。しかし、そもそも同地震の地震発生時刻と津波到達時刻については史料によって異なっており、４時間の時間差も先行研究において史料の記述を恣意的に選択した結果に他ならない。そもそも、地震発生と津波の到達時刻に時間差があったことを明記した史料は存在しておらず、気仙町の『古新手鑑』などは地震まもなく津波が到達したという記述をしている。ゆえに、地震発生と津波到達時刻の不自然な時間差を設定する必要は無い。
1616年元和仙台地震については、同地震で津波が発生したという意見について、1611年慶長奥州地震津波について記した史料の中で、年号を誤った史料の記述が発端となり、後年の歴史地震研究の中で史料的根拠がない津波が形成され、『大日本地震史料』や『理科年表』に採用されていった経緯を明らかとした、第２次期間における成果を論文として公表した。
あわせて、災害時における文化遺産防災として、各地の文化遺産の位置情報と災害情報を重ねた文化遺産防災マップについて、2024年１月能登半島地震の際にこれを活用した文化遺産の被災推定を実施し、その内容についてJpGU Meeting 2024防災リテラシーセッションにてポスター報告をおこなった。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
1611年慶長奥州地震津波については、2011年の東日本大震災の発生をうけて史料の再検討や新たな津波堆積物の発見などがある一方で、同地震の震源・波源を千島海溝沖とする意見が述べられている。今回の成果は、同地震の千島海溝震源説に対し、その根拠となっている地震と津波到達の時間差の存在を否定し、日本海溝を震源とする方が史料的には親和性のあることを明らかとして、同地震の実相解明に貢献した。
文化遺産防災マップの活用については、迅速な文化遺産の被害推定を実施する方法論は確立しつつあるものの、これを実際の被災文化遺産の救済で効果的に活用する段階には至っていないという課題が残った。今後は、事前防災におけるマップの活用などを通して、災害時におけつ文化遺産への被害軽減の手法を考案する。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
・論文・報告書等

蝦名裕一、2024、元和二年（1616）仙台地震における津波被害はあったのか？、歴史地震39、187-202,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

蝦名裕一、2024、文化遺産防災マップによる文化遺産の災害リスク評価について、JpGU Meeting 2024　防災地球科学(DS)、HDS10-P05

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：
令和７年度は、令和６年度までに実施した慶長奥州地震津波の事例を含め、その被災地となった岩手県を中心に史料の分析・収集を進める。あわせて、1677年延宝八戸沖地震津波をめぐる近世史料

や、1896年明治三陸地震津波に関する山奈宗真資料を再度検証し、それぞれの歴史災害の実相解明を試みる。
文化遺産防災マップについては、2024年の活動実績をもとにマップの性能を向上させたうえで、自治体と連携した具体的な防災訓練を検討・実施する予定である。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

蝦名裕一（東北大学災害科学国際研究所）
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東北大学災害科学国際研究所
電話：
e-mail：
URL：https://irides.tohoku.ac.jp/organization/ebina_yuichi.html

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：蝦名裕一
所属：東北大学災害科学国際研究所

令和６年度年次報告

課題番号：IRID02

（1）実施機関名：

東北大学災害科学国際研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）津波履歴情報の拡充と震波源の評価

（英文）Expansion of paleotsunami data and assessment of tsunami and seismic sources

（3）関連の深い建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究

(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合

ウ. 地形・地質データの収集・集成と文理融合による解釈

（4）その他関連する建議の項目：

５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究

(3) 千島海溝沿いの巨大地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

本課題の到達目標は、（１）津波堆積物および侵食地形の現地調査、（２）津波イベントの認定と高精度年代推定、（３）地殻変動履歴の構築、（４）地質・地形データの統合的解釈、（５）数値シミュレーションによる震波源の評価の５つについて、それぞれ手法の高度化を実現し、さらにこれらを結びつけて実践することで信頼性の高い地質情報を得ることにある。この情報をもとに海溝型巨大地震の発生履歴を明らかにし、地震発生の確率論的評価と決定論的評価の高度化に寄与することを目指す。具体的には、上記の５つの手法を千島～日本海溝北部と日本海東縁の各地に展開して地質・地形データの収集・解析を着実に進め、これらの地域における古地震・古津波の履歴情報を拡充し、震波源の時空間分布と多様性を明らかにする。特に、巨大地震の連動あるいは誘発といった観点においては、千島海溝の17世紀の巨大地震と日本海溝北部の1611年慶長奥州地震、両海溝における12～13世紀の地震、日本海溝北部における869年貞観地震と同時代の千島海溝の地震は重要であり、主な対象として調査研究を推進する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

（１）津波堆積物および侵食地形の現地調査

津波氾濫・土砂移動解析で津波堆積物および侵食地形の形成ポテンシャルが高い地域・地点を特定する。既知の津波堆積物の分布も踏まえつつ地下レーダー（GPR）および掘削調査（トレンチ掘削も含む）で古地形および地層を精密に探査し、分析試料を採取する。令和6年度から8年度は北海道の胆振地方および青森県の下北・上北地方、令和9年度と10年度は北海道の日高～根室地方を対象とする。

（２）津波イベントの認定と高精度年代推定

採取試料を対象に、コアスキャンによる堆積構造と元素組成データの取得と、粒度分析・元素（CNS）分析による古環境の推定を行い、津波堆積物の認定を行う。また、放射性炭素（14C）年代測定と火山灰の同定を行い、津波イベントの高精度な編年と広域対比を行う。

（３）地殻変動履歴の検出

採取試料の珪藻分析を行い、珪藻群集の変遷から地震時および地震間の環境変化を検出して、プレート境界地震に関わる長期の地殻変動履歴を明らかにする。これを基に、波源推定や浸水域評価の基礎資料として、地殻変動量データを整備する。

（４）地質・地形データの統合的解釈

実施項目（１）～（３）で得たデータと史料や考古に関する既存資料を収集・統合して古地形・古環境を解釈し、震波源の評価に用いる復元地形の数値標高モデルを整備する。
（５）数値シミュレーションによる震波源の評価
実施項目（４）で整備した復元地形を用いて津波土砂移動数値解析を実施し、津波堆積物を説明できる波源域と滑り量の分布を推定する。解析対象範囲は広域にわたるため、逐次近似最適化手法を適用して現実的な計算量で波源断層パラメータを制約する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本年度は実施計画（１）（２）に関連して，北海道胆振地方および青森県むつ市で調査を行った。

胆振地方（厚真町・白老町）では，地下レーダー（GPR）による地層構造探査と，ジオスライサーによる地層掘削で沿岸湿地の津波堆積物および古地形を高精度に追跡する調査を行った．厚真町では，既存トレンチとその周辺で800MHzのアンテナを用いたGPR探査を実施し，Ta-bおよびUs-bテフラと1611年慶長奥州地震によると推定される津波堆積物の下面に対応する反射面を掘削結果と照合した上で特定・追跡した（図1）．GPRによる反射面の間隔の変化は地層掘削による津波堆積物の層厚変化（5cm～20cm）にほぼ対応していた．Ta-bテフラの層内では，軽石の粒度の変化に対応する反射面が認められた．また，津波堆積物下面からの反射面はトレンチ壁面で観察されるものと同様に起伏に富む形状を示していた．白老町では，古い砂丘列と考えられる反射面の上に津波堆積物やテフラ層に相当する反射面が確認されたことから，津波堆積物が砂丘の起伏に沿って分布していると考えられる．以上の結果から，本研究の調査手法の有効性を確認し，津波堆積物の堆積量の評価や古地形の復元に資するデータを得ることができた．

むつ市では，津軽海峡に面する関根浜の沿岸低地でジオスライサーおよび打撃式コアラ―による津波堆積物の掘削調査を行った．最大で深度約2mまでの掘削の結果，地表からの深度約0.5mの位置でシルト層と泥炭層に挟まれるイベント性の砂層を１または２層検出した（図2）．砂層の約0.5-1.0m下位にはB-Tmテフラが認められたことから，イベント砂層は比較的最近形成されたものであると考えられる．テフラよりも下位にはイベント性の砂層は確認されなかった．今後，14C年代測定を実施し，イベント砂層の年代およびその形成イベントの発生頻度に関する検討を行う．また，各種分析を進め，津波堆積物としての同定も行う．

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

胆振地方で実施した地層構造の高精度な追跡の成果は，津波堆積物の分布解明と古地形復元を通じて長い時間スケールでの地震発生場の理解・モデル化に資するものである．また，むつ市で実施した津波堆積物調査の成果も，胆振地方で得られた知見を補完し日高トラフ沿岸域の地震発生場の理解向上に貢献するものと考えられる．

本研究が明らかにする数百年～数千年スケールでの津波履歴は，地震の長期予測とリスク評価に対する直接の貢献であるとともに，調査研究手法の高度化を通じて災害の軽減に貢献するものである．今後も対象地域における履歴情報の収集と古地形復元を継続し，数値シミュレーションで震・波源像を明らかにするための研究を推進する．

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

高橋慶伍・菅原大助・石澤尭史・西村裕一・高清水康博，2024，地下レーダーによる沿岸低地の地層の追跡：北海道胆振地方を例に，津波堆積物研究会，発表番号10

猪瀬大輝・菅原大助・石澤尭史・増田英敏，2024，青森県むつ市出戸川低地における古津波堆積物調査，津波堆積物研究会，発表番号11

高清水康博・西村裕一・岩城昴平，2024，むかわ町西部の１７世紀津波堆積物の空間分布の特徴．JpGU2024，MIS20-P01

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

引き続き，（１）津波堆積物および侵食地形の現地調査と（２）津波イベントの認定と高精度年代推定を進め，胆振地方および下北半島での震波源の評価に資する津波堆積物分布と古地形データの拡充を図る．特に下北半島については既往の知見が不足しているため，津波堆積物の同定と年代推定を着実に進める．（３）地殻変動履歴の検出については，隆起・沈降イベントの検出に適した調査地点を検討する．（４）地質・地形データの統合的解釈については，これまでに得られたGPRデータを元に古地形標高モデルの作成に着手する．

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

菅原　大助（災害科学国際研究所）,石澤　尭史（災害科学国際研究所）
他機関との共同研究の有無：有
西村　裕一（北海道大学大学院理学研究院付属地震火山研究観測センター）,髙清水　康博（新潟大学教育研究院）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東北大学災害科学国際研究所
電話：022-752-2049
e-mail：irides-pr@grp.tohoku.ac.jp
URL：https://irides.tohoku.ac.jp/index.html

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：菅原大助
所属：東北大学災害科学国際研究所

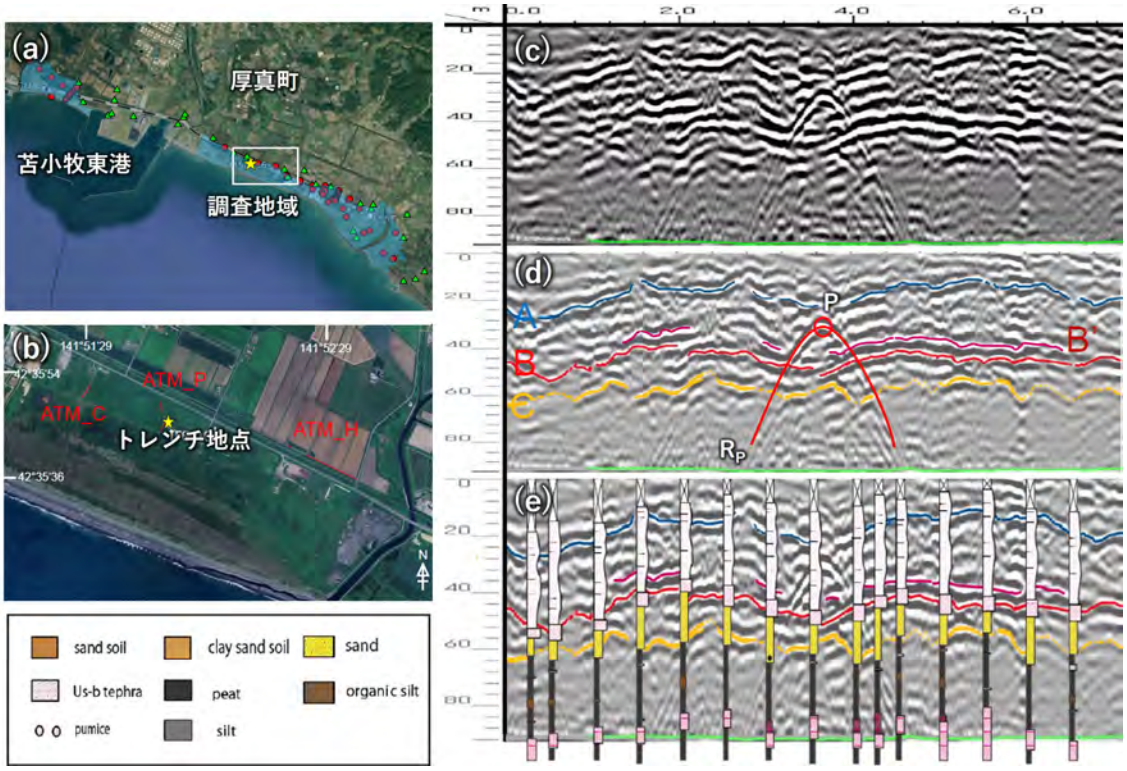


図1　厚真町のトレンチ地点における調査結果
(a) 調査地域（☆）．○および△は既往の津波堆積物調査地点（高清水，2007など）．(b) トレンチ地点（☆）．(c) GPRによる反射面の画像．アンテナ周波数は800MHz．(d) 解釈線A,B, B', Cを入れた反射面の画像．掘削結果との比較から，AはTa-bテフラ上面，B'およびBはTa-b下面およびUs-b下面，Cは砂層下面に対応すると考えられる．Rpはトレンチ壁面からTa-b内に貫入した杭（P）からの反射面．(e) GPR測定ライン上の地層掘削結果．

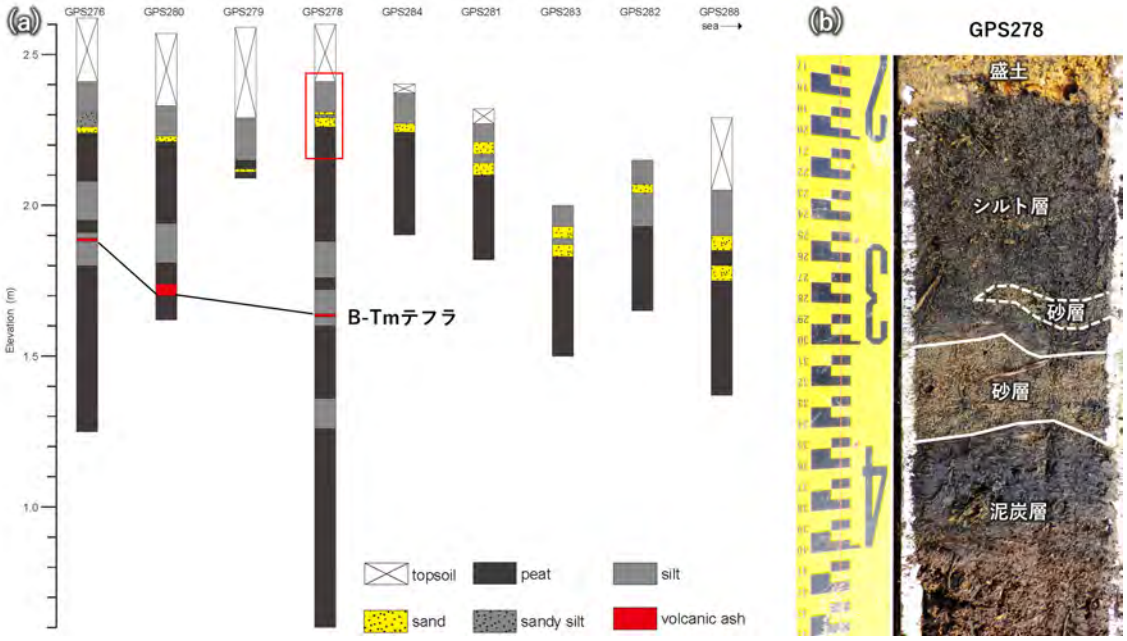


図2　むつ市での地層掘削結果．
(a) 掘削地点の地質柱状図．(b) GPS278地点で検出された砂層の写真．シルト層と泥炭層の間に，厚さ約5cmの砂層，その上位にパッチ状の砂層が認められた．

令和６年度年次報告

課題番号：IRID03

（1）実施機関名：

東北大学災害科学国際研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）ゆっくりすべりによる大地震発生確率の計算

（英文）Probability calculation of the occurrence of large earthquakes using slow slip events

（3）関連の深い建議の項目：

2 地震・火山噴火の予測のための研究
(2) 地震発生確率の時間更新予測
イ. 観測データに基づく経験的な予測と検証

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(4) 地震・火山噴火の災害誘因予測・リスク評価を防災情報につなげる研究
地震
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

高精度な測地データ（GNSS, 海底地殻変動）の変位時系列や地震活動からゆっくりすべりイベント（SSE）シグナルを半自動的かつ高精度に検出する手法を開発し、SSEが地震に先行して発生する事例と発生しない事例を多数収集する。それらの事例から、SSEの発生後に大地震が発生する確率を統計的経験則として明らかにする。また、SSEが大地震を誘発するメカニズムの検討や、大地震発生予測を念頭においたSSEの即時解析手法の構築も実施する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

本研究では、まず、測地データとCNNを用いた深層学習手法と、自動的・即時的に地震活動検出を行う解析システムを構築し、両者の組み合わせからSSEを高精度で推定・判定する解析手法を開発する。その手法は、複数の測位技術（陸域観測のGNSS、InSAR、海底観測のGNSS-A、海底圧力計）によって得られるデータすべてに対応し、また、プレート境界と陸域活断層のすべりの両方に適用できる汎用性のあるものを目指す。

解析手法構築後に、事例抽出、抽出事例の解析によるSSEが大地震を誘発するメカニズムの検討、短期的地震発生予測の社会実装を念頭に置いたSSEの即時解析手法の構築を行う。研究対象領域は、プレート境界については複数のSSE-大地震の事例が知られている東北日本の日本海溝沈み込み帯、陸域活断層についてはGNSSによる深部すべりが検出されている中央構造線（四国）などとする。

令和６年度においては、測地データと深層学習を用いたSSE検出手法の開発を行う。地震データについては、自動的・即時的に高精度の微小地震や微動の震源決定を行う解析システムを構築する。令和７年度においては、手法開発を継続するとともに、測地データによる解析と地震データによる解析の統合によるSSE検出の信頼度向上を検討する。また、実データへの試用を通した検出精度のチェックをおこなう。令和８年度においては、検出手法について、即時的・逐次的なものに改良する。また、事例抽出に着手する。令和９年度においては、事例抽出を継続する。また、SSE事例のうち後発の地

震の有無ごとに事例を整理し、SSEが発生した後の地震発生確率についての試算を行う。さらに、抽出された事例をもとに、SSEによる大地震の誘発機構について検討する。令和１０年度においては、これまでの結果を総合し、SSEが大地震を誘発する確率評価を行う。また、SSEによる大地震の誘発機構についても成果をまとめる。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

今年度は、1) 測地データと深層学習を用いたSSE検出手法についての検討と、2) ゆっくりすべり（SSE）検出における各種データの現状能力と今後の潜在力（利用可能なデータの期間・量・質、今後の見込み等）の整理を行った。SSE検出手法については、別プロジェクトと連携で開発中のCNN（畳み込みニューラルネットワーク）を用いた手法を検討した結果、検知能力、安定性、複数のデータ種類や解析領域に対する応用性などの観点でこの手法が適していることがわかった。各種データの現状能力と潜在力について検討した結果、当面はGNSS変位データを柱としてSSE検出手法を開発し、その後に他種データを組み込むように拡張するのが妥当であるという結論を得た。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

今後、開発するSSE検出手法を実データに適用し、SSEと地震発生の相関性をしらべることにより、観測SSEに基づいた地震予測に資する知見を得ることに貢献できると期待される。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Matsumoto, R. and K. Yoshida, 2024, Quasi-real-time earthquake relocation and monitoring in the northeastern Noto Peninsula. Earth, Planets, and Space: EPS, 76, 1–14, https://doi.org/10.1186/s40623-024-02079-4,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

中川亮・福島洋・加納将行・矢野恵佑・平原和朗・田中優介・岡田悠太郎, 2024, 深層学習を利用したGNSS変位空間補間器の実装と非地震性断層すべり推定, 日本測地学会第142回講演会.

Nakagawa, R., Y. Fukushima, M. Kano, K. Yano, K. Hirahara, Y. Tanaka, and Y. Okada, 2024, Aseismic fault slip estimation from GNSS displacements using model-supervised deep neural interpolator, AGU Fall Meeting, S13B-3475.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

南海トラフ沈み込み帯をテスト地域と設定し、GNSS変位データと深層学習を用いたSSE検出を試行する。この試行を通じ、過去にSSEが検出されていた事例との検出精度等の比較による開発手法の性能評価および、解析対象領域を変更する場合のモデル学習手法について検討する。また、他種データの組み込み方法、時系列データの事前処理（ステップノイズ除去等）方法、地震の自動的震源再決定方法も検討する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

福島洋（東北大学災害科学国際研究所）,富田史章（東北大学災害科学国際研究所）

他機関との共同研究の有無：有

日野亮太（東北大学大学院理学研究科）,太田雄策（東北大学大学院理学研究科）,内田直希（東北大学大学院理学研究科）,吉田圭佑（東北大学大学院理学研究科）,加納将行（東北大学大学院理学研究科）,

矢野恵佑（統計数理研究所）,飯沼卓史（海洋研究開発機構）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東北大学災害科学国際研究所
電話：
e-mail：
URL：https://irides.tohoku.ac.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：福島洋
所属：東北大学災害科学国際研究所

令和６年度年次報告

課題番号：IRID04

（1）実施機関名：

東北大学災害科学国際研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）防災における非合理的な認知・意思決定と行動変容の心理・脳基盤理解
（英文）Understanding the Psychological and Brain Basis of Irrational Cognitive and Decision-Making Processes and Behavioral Change in Disaster Prevention

（3）関連の深い建議の項目：

４ 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

（4）その他関連する建議の項目：

４ 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明

（5）本課題の５か年の到達目標：

地震・火山現象に関する自然科学的理解を共有しても、必ずしも市民の防災行動に結びつかない。このギャップを説明する人間の自然・社会認識と行動意思決定・制御プロセスについて、本研究では以下２つの重要なトピックを扱い、災害事例分析に基づいた実験系開発によって、それぞれ認知・脳メカニズムのレベルで理解することを目指す。

(1) 防災行動変容の２経路モデルの脳実証

科学的理解と実際の行動実践のギャップに関する心理・認知脳科学的研究は、健康教育（禁煙や反薬物、生活習慣病対策）の分野で、特に米国で先行している。その近年の成果では、向健康行動（例：禁煙・反薬物）の実践動機は、その問題（喫煙・薬物の有害性）の自己関連性（自分事である）と向健康行動の自己効力感（自分で実践できる）の２つの主要因に依存すると考える「２経路モデル」が有力である。本研究では、防災における人間の行動変容に、この２経路モデルを援用する可能性を検討する。すなわち、防災教育動画の効果が、防災の問題の自己関連性（自分事である）とそれに対する対策の自己効力感（自分で実践できる）の統合によって行動変容を促す可能性について、行動・脳計測実験で検証する。

(2) 非合理的な認知・意思決定過程の概念モデル化

人が災害リスクを非合理的に低く見積もり、適切な対応行動を行わない傾向は、「正常性バイアス」の名で社会一般でも認識され、多くの災害事例で指摘される。一方で、適切な避難意思決定も、必ずしも合理的・熟慮的な思考プロセスに基づいたものとは限らず、「なんとなくヤバイと思った」と言った振り返りもよく耳にする。このような非合理・直感的な認知・意思決定過程について、学術的な概念化・理論化は実質的にほとんどなされていない。実際のところ、我々の生きる世界は災害のみならず多種多様なリスクに満ち溢れており、そのすべてに合理的・熟慮的に対応することは現実的でなく、日々の人生でリスクを取ることが適切な場面も少なくない。災害情報に対する一般市民の認知・意思決定過程の適切性を議論するためには、メンタルヘルスや個人の生活史を含めた全人的視野で、認知・意思決定過程を理解する必要がある。本研究では、特にバイアスや防衛機制といった無意識的過程を重視し、災害における「適切」な認知・意思決定について、実際の災害事例分析と実験系での行動・脳計測知見に基づき、５年間でその考え方の枠組みを提示する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

(1) 防災行動変容の２経路モデルの脳実証

令和６年度においては、第２次の研究で得られた行動・脳実験計測データの追加分析により、防災教育動画の効果が行動変容をもたらす脳過程を解明する。令和７年度においては、防災の自己関連性と自己効力感を独立に操作する防災動画教育介入課題を開発し、各介入の効果について脳過程を解明する。令和８～９年度においては、防災行動変容の２経路モデルの妥当性を数理モデルで実証し、防災教育デザインへの活用方法を提案する。

(2) 非合理的な認知・意思決定過程の概念モデル化

令和６～７年度にわたり、災害における「適切」な認知・意思決定について、実際の災害事例分析により、バイアスや防衛機制といった無意識的過程との関係を検討する。その中から防災教育の対象となりうる認知過程を絞り、令和８年度に行動・脳計測実験をデザインする。令和９年度に当該実験を実施し、データ解析を行う。令和１０年度にデータ解析結果を(1)と統合し、防災における非合理的な認知・意思決定過程の概念モデルを提示する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

令和６年度は、計画通り「(1) 防災行動変容の２経路モデルの脳実証」の目的で、第２次の研究で得られた行動・脳実験計測データの追加分析を行った。これをもとに「(2) 非合理的な認知・意思決定過程の概念モデル化」のために、災害における「適切」な認知・意思決定について、実際の災害事例分析結果と合わせ、バイアスや防衛機制といった無意識的過程との関係を検討した。

(1) 第２次の研究で得られた行動・脳実験計測データの追加分析

当該実験は代表的な脳計測実験系である機能的MRIを用いて、地震発生時の津波避難意思決定過程、特に避難促進的な性格特性「感情制御」（下記(2)で詳述）の影響の脳基盤可視化を目指し、第２次の研究で実施済みのものである。多様な主観的津波発生リスクの地震シナリオ(図１：揺れや光景・音などの情報を中心とした感覚シナリオと、震度や震源などの情報を中心とした数値シナリオの２種を含む；Takubo et al., 2024)を用いた避難意思決定課題と統制課題（単純な視覚判断課題）を、58名の20代成人(男性31名・女性27名；21.51±1.30(SD)歳)にMRIスキャナー内で行わせ、脳活動を計測した。今年度、解析の精緻化として行動データの丁寧なクオリティーチェックと、解析モデルの検討・高度化を行なった。統制課題の正答率が70%以下の被験者等を不誠実回答者として除外し、53サンプルを解析対象とした。被験者ごとに感覚シナリオ・数値シナリオを区別して課題脳反応時系列モデルを作成し、画素毎重回帰分析で脳反応推定値マップを作成した。さらにこれを用いた画素毎被験者間回帰分析として、感覚課題、数値課題、両者平均、の脳反応推定値をそれぞれ従属変数に、「感情制御」得点を独立変数とした単回帰分析を行った。その結果、課題平均脳反応と「感情制御」得点の負相関が感情反応領域（左島皮質）及び意思決定のための価値統合領域（内側前頭前野；図２）で見られた。

(2) 実際の災害事例分析結果との比較を含めた無意識的過程との関係検討

(1)の解析で用いた「感情制御」は2011年の東日本大震災で抽出された、災害適応的心理行動特性「災害を生きる力」の８因子の一つであり、この得点が高い人は津波を懸念し地震発生後速やかに避難する傾向があったことが示されている（Sugiura et al., 2015）。一方で、この「感情制御」は意識的な津波リスク知覚にも、これを統制した上での主体的な避難行動傾向にも強い関与は見られず(Sugiura et al., 2019)、これらの心理過程とは別の過程として、迅速な津波避難行動に貢献していると考えられる。そもそも「感情制御」は「何かあったときに、慌てず冷静でいられるよう心掛ける」「辛い時に、これが将来自分のプラスになると思って前向きに取り組む」といった設問で計測される心理行動特性であり、迅速な津波避難をもたらすために「制御」されている「感情」が何なのか不明であった。一つ可能性として想定される仮説は、「避難行動の面倒臭さ」といった感情に対して「津波は来ないことにしたい」と自分に信じ込ませる「心理防衛機制」である（「正常性バイアス」の一般的説明ともなりうる無意識的過程）。上記(1)の解析で得られた、内側前頭前野活動と「感情制御得点」の負相関は、内側前頭前野が意思決定のための価値統合の一側面として防衛機制に関わるという先行知見(Yoon et al., 2018)と併せると、この仮説を支持するものと言える。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本研究は、地震・火山現象に関する自然科学的理解と、市民の防災行動を媒介、あるいはそれを阻

害する、人間の自然・社会認識と行動意思決定・制御プロセスを明らかにすることで、「4 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究–(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究」への貢献も含め「災害の軽減」への貢献を目指す。すでに今年度までに得た、迅速な津波避難への「防衛機制」の阻害的関与の解明は、今後の防災教育や災害情報の伝え方の改善において、重要な知見となることは間違いなく、今後その衆知・広報が課題となる。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

田久保将人・杉浦元亮・石橋 遼・三浦直樹・田邊亜澄, 2024, 感情制御特性はどのような神経基盤で津波避難意思決定を促進するか；fMRI研究, 日本地球惑星科学連合2024

田久保将人・杉浦元亮・石橋 遼・三浦直樹・田邊亜澄, 2024, 津波避難行動のリスク感受性とリスク精査態度に関連する脳領域の探索 ;シミュレーション課題を用いたfMRI研究, 日本地球惑星科学連合2024

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

「(1) 防災行動変容の２経路モデルの脳実証」のために、防災の自己関連性と自己効力感を独立に操作する防災動画教育介入課題を開発し、各介入の効果について脳過程を解明する。また「(2) 非合理的な認知・意思決定過程の概念モデル化」のために、今年度に引き続き、災害における「適切」な認知・意思決定について、実際の災害事例分析により、バイアスや防衛機制といった無意識的過程との関係を検討する。その中から防災教育の対象となりうる認知過程を絞り込む。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

杉浦 元亮（災害人文社会研究部門）
他機関との共同研究の有無：有
三浦 直樹（東北工業大学）,田邊 亜澄（東北大学 応用認知神経科学センター）,岡本 悠子（東北大学 応用認知神経科学センター）,榊 浩平（東北大学 応用認知神経科学センター）,竹本 あゆみ（東北大学 加齢医学研究所）,鄭 嫣婷（東北大学 国際文化研究科）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：災害人文社会研究部門
電話：
e-mail：zisin-yoti@irides.tohoku.ac.jp
URL：https://hubs.idac.tohoku.ac.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：杉浦元亮
所属：災害科学国際研究所 認知科学研究分野

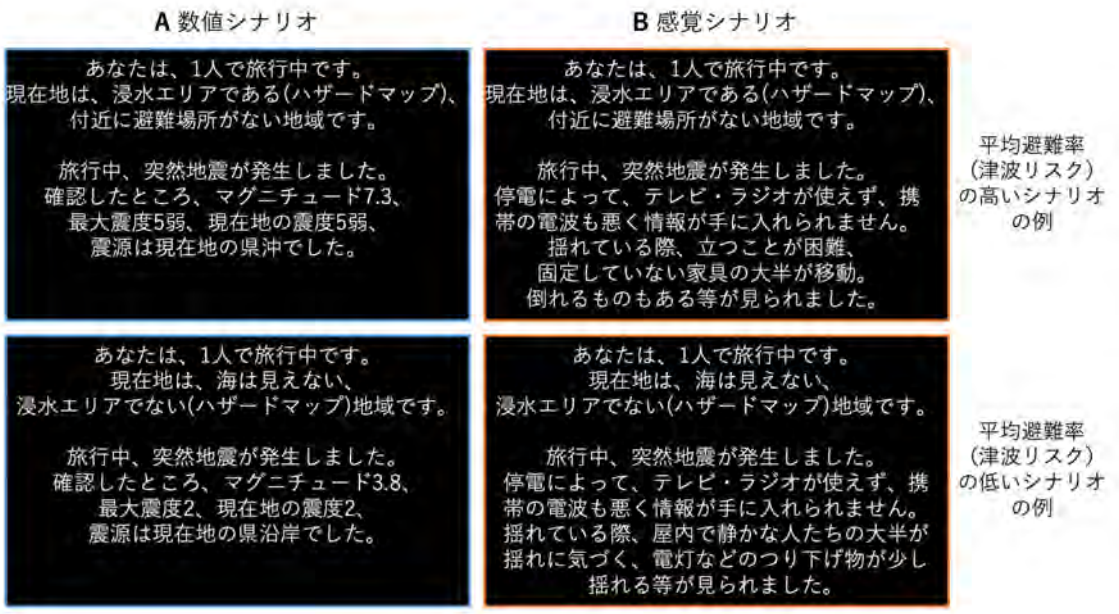


図 1 避難意思決定課題の 2 種類のシナリオ
実験参加者は、主観的な津波発生リスクの程度が異なる40の架空の地震遭遇シナリオについて、実験的に避難意思決定（避難する／しない）を行った。40のシナリオのうち、20は震度や震源域といったメディアから取得する数値的情報（A）から、20は自身の体験で五感から得られる感覚的情報（B）から構成されている

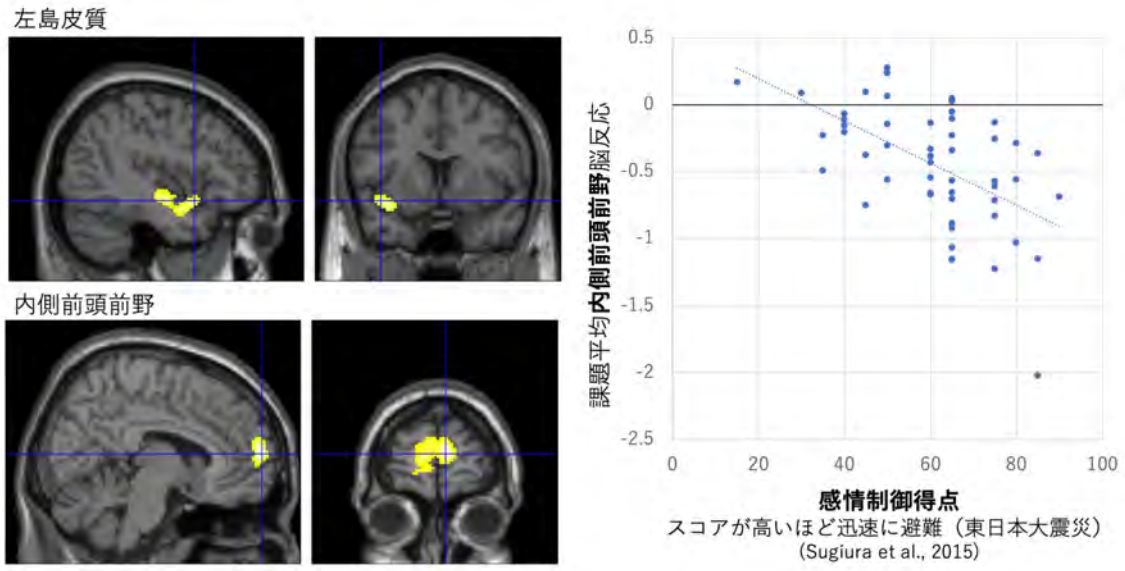


図 2 脳活動計測実験データの分析結果
課題平均脳反応と「感情制御」得点の負相関が有意な領域

令和６年度年次報告

課題番号：IRID05

（1）実施機関名：

東北大学災害科学国際研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）南海トラフ地震のリスクに対する住民の行動変容促進のための方法論の研究
（英文）Methodological development on promoting behavioral changes of citizens against the risks of the Nankai Trough earthquakes

（3）関連の深い建議の項目：

５分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震

（4）その他関連する建議の項目：

３地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(4) 地震・火山噴火の災害誘因予測・リスク評価を防災情報につなげる研究
地震
４地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

（5）本課題の５か年の到達目標：

本研究課題では、「行動変容」と「介入」いうキーワードに着目し、行動変容のための理論や実践・実績の積み重ねがあるヘルスコミュニケーション学と対比させ、これまでの防災コミュニケーションの取り組みを体系的に整理したうえで、これまでなかなか減らすことができなかった地震津波リスクを抜本的に減らすための方法論の確立を目的とする。ここで、本研究課題においては、地震による揺れと津波に関し「被災を防ぐ・減らすための方法を理解」したうえで、「実際に対策行動を取った」（耐震化や家具転倒対策等）または「実際に対策行動を取る能力を獲得し、揺れや津波襲来時に適切な対策行動を取る可能性が高い」状態を行動変容が達成された状態と定義する。南海トラフ地震を主対象とするが、国内他地域との比較を通じてより実効的な方法論の検討を行う。また、計画の全体趣旨を考慮し、科学的知識（ハザードマップ、地震の発生確率等の情報）が行動変容に寄与する度合いについても明らかにする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

５か年において、１）研究設計・行動変容のための介入方法の探索、２）介入の試行、３）介入の有効性の評価を実施する。研究対象地域は、静岡県と高知県を中心とする。介入試行の方法としては、人口規模や地理的条件等が類似する近隣にあるふたつの自治体を選定し、それぞれに異なる種類の介入を順番を入れ替えて行うことにより、介入群と対照群のデータを収集しその統計的差異等を比較する。各年度の実施計画は以下の通りである。

令和６年度においては、行動変動を阻害する要因の調査（既存の研究成果のリサーチと、住民への半構造化インタビュー調査）、防災と健康に関する既往の行動変容促進手法の整理と対比、保健師・防災士・民生委員等の「介入者」による地域コミュニティレベルあるいは個人レベルでの介入の可能性やその方法の探索を行う。

令和７年度においては、インタビュー調査と介入方法の探索を引き続き実施するとともに、行動変容の阻害要因と促進要因を洗い出し、行動変容に資する介入方法を決定する。令和７年度～８年度にかけて、建物の耐震化率や避難場所を知っている割合などの地震防災準備度指標を確定のうえ、これに関する調査を実施したあと、介入を実施する。その後再度、指標に関する調査を行う。なお、令和

７年度からは、メンバーを追加して研究を加速させる。
　令和９年度～１０年度においては、得られたデータの分析を行い、各指標の変化をもとに、介入による効果に関する知見をまとめる。また、追加での介入試行と指標調査も検討する。成果を論文としてまとめるとともに、協力自治体での報告会を行い、今後の展開についての示唆を得るとともに、研究成果の地域への還元と国内外の情報発信を行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

行動変動を阻害する要因やこれまでの行動変容を意図した介入方法の研究について、２回のワークショップを行うとともに、1996年以降に出版された査読付き論文の系統的調査を行い、該当論文および介入内容や効果測定方法を整理した。また、静岡県とのワークショップも実施し、今後の連携を前提に介入試行における課題や保健師等の介入者としての潜在的可能性などの意見交換を行った。今後、介入試行で使用するための家具類の地震安全対策に関するリーフレットの開発を行った。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

静岡県と連携体制を構築することができた。同県内の複数の基礎自治体とは協力の同意も得られており、次年度以降、静岡県内の自治体で介入試行を実施する目処がついた。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

福島　洋・栗山進一, 2025, 行動変容に着目した地震防災の取り組みの試行的体系整理と地震警戒・注意情報の有効活用へ向けた検討, 日本地震工学会論文集, 25(4), 189-195.,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

小杉素子, 2024, リスクコミュニケーションと防災, 日本リスク学会第37回年次大会, B5-1.

尾島俊之, 2024, ヘルスコミュニケーションと防災, 日本リスク学会第37回年次大会, B5-2.

福島　洋, 2024, 防災コミュニケーション学の創成, 日本リスク学会第37回年次大会, B5-3.

福島　洋・栗山進一・佐藤　健・ゲルスタ ユリア・佐藤翔輔・尾島俊之・小杉素子・岩本　萌・大類真嗣・北村美和子, 2024, 「防災コミュニケーション」による災害リスク大幅低減の方略, 第 43 回日本自然災害学会学術講演会, B-7-2.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

既往の防災行動変容を意図した方法論に関する論文の整理を進め、レビュー論文としてまとめる。静岡県と連携し、介入アプローチ方法の絞り込みや、介入試行および有効性評価方法の設計を行う。介入試行における連携を他県にも拡大させる。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

福島 洋（東北大学災害科学国際研究所）,栗山 進一（東北大学災害科学国際研究所）,佐藤 健（東北大学災害科学国際研究所）,ゲルスタ ユリア（東北大学災害科学国際研究所）,佐藤 翔輔（東北大学災害科学国際研究所）,大類 真嗣（東北大学災害科学国際研究所）,北村美和子（東北大学災害科学国際研究所）

他機関との共同研究の有無：有

岩本 萌（東北大学大学院医学系研究科）,尾島 俊之（浜松医科大学医学部）,小杉 素子（静岡大学学術

院工学領域）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東北大学災害科学国際研究所
電話：
e-mail：
URL：https://irides.tohoku.ac.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：福島洋
所属：東北大学災害科学国際研究所

令和６年度年次報告

課題番号：IRID06

（1）実施機関名：

東北大学災害科学国際研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）海洋物理モデルと連携したウェーブグライダーを用いたGNSS-A観測の高度化
（英文）Development of GNSS-A survey using a waveglider with oceanographic model

（3）関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

（4）その他関連する建議の項目：

2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
ア. 観測基盤の整備

（5）本課題の５か年の到達目標：

海洋研究開発機構と東北大学は、無人海上プラットフォームであるWGによる観測システムを開発・実用化して実観測に導入した。今後、より効果的な観測のため、海流による航行性能の低下や音響測距用の基準音速プロファイル計測ができないなどの、船舶観測に対するWGの短所を克服する必要がある。一方で、WGの長所を活かした長期連続観測や災害時の機動観測でのリアルタイムデータ取得などの、次世代観測が可能な技術開発も望まれる。本研究では、海洋物理モデルと連携し、海流の変動を予測した観測実施計画の動的最適化および海中音速構造の正確な推定による測位精度向上に加え、WG上での即時解析によるリアルタイムデータ取得を実現し、災害時にも役に立つシステムへと発展させることを目標とする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

本課題では、上記の目的を達成するため以下の(a)～(d)の研究を実施する。また、海洋モデルとの比較のための海中音速データの取得や、実証のためのWGおよび船舶によるGNSS-A観測は、北海道大学、東北大学理学研究科、東京海洋大学、東京大学地震研究所の課題とも連携し、観測で得られた成果を共有する。実証試験は千島海溝から日本海溝にかけて実施する。

(a)海洋研究開発機構が運用しているJCOPE2Mなどの海洋再解析モデルを利用し、基準音速プロファイルのほか海中音速場の空間不均質の先見情報を与えた解析方法を確立する。(b)WG上でのリアルタイム解析＆データ伝送を完成させるため、走時検出を行う音響波形処理を完全自動化する。(c)逐次更新のリアルタイム解析結果と海流予報を把握した上で、移動観測の長さや測線などを動的に最適化できるようにする。(d)理論と実証観測から、船舶とWGの同時観測などの新たな観測形態について、検討を続ける。

【令和6-7年度】：海洋再解析モデルについて、過去のGNSS-A観測データで推定した音速場と比較し、その分解能と、時間・空間位置の確度について特徴を把握する。また、観測航海の回航時を利用しXCTD等による側線に沿った音速プロファイルを得て、モデルとの乖離具合を把握する。過去の海流

の履歴をモデルから抽出し、WGによる観測が困難な状況の発生場所・頻度に関する基礎情報を得る。音響波形処理の完全自動化のアルゴリズムを開発し、後処理解析に取り入れて性能を評価する。観測精度を上げる観測形態を考案し、主に理論により実効性を検討する。

【令和8-9年度】：海洋再解析モデルを海中音速構造の先見情報として組み入れた測位解析アルゴリズムを開発し、精度の改善度合いを確認する。XCTD等による側線に沿った音速プロファイル取得を多くの海域で継続する。音響波形処理アルゴリズムをWGのCPUで処理可能なまでにカスタマイズし実装する。WGの観測時のPPP-RTKの利用も視野に入れ、リアルタイムの地殻変動データの取得を実証する。船舶との同時観測の機会を利用し、様々な観測形態を試しつつ多様な観測手法を実証していく。

【令和10年度】：先見情報を入れた解析を過去にまで遡って実施し、これまでの地殻変動の推定値をアップデートし、キャンペーン観測ごとのばらつきが低減するか確認する。その結果を反映し、プレート境界の挙動、特に時間変化現象の解明に役立てる。海流予報とリアルタイム観測値から動的に観測形態を変える運用を実施しノウハウをまとめる他、災害時の即時観測の実効性を評価する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

広域の海底地殻変動をモニターし続けるためには、無人機の安定した長期運用による観測の継続と、計測の高精度化が欠かせない。

2024年度のウェーブグライダー（WG）の運用では、ペイロードのデータ通信に利用していた衛星自体に回復不能な障害が運用初期の段階で生じたため、リアルタイムデータ取得に困難をきたした。しかし、観測進捗を確認できる最小限のデータをナビゲーション用の別系統の衛星通信で伝送できるよう確保したため、観測自体は成功した。最小限のデータ伝送で済ますため、オンボードでの即時データ解析・加工の度合いを高め、WGの動揺や気象・海象時系列データも統計量に加工するなど、将来の完全にリアルタイム観測に向けたソフトウェアの設計が進展した。さらに、低消費電力化のためヘッダ信号を返信せず、短い測距信号のみ返す海底局を開発し、運用を開始した。それに合わせ、リアルタイムの走時検出による測距の成立状況確認のためのソフトウェアの開発に着手した。

現場でのXBT等による基準音速プロファイルを取得できないWG観測において、実際の音速が過去のデータベースによるプロファイルと大きく異なっていた場合、測位結果に影響することを把握し、データ同化海洋モデルによるプロファイルを採用することで、統計的に改善することを示した。また現場実測がある場合でも、内部潮汐によりプロファイルの形状が時間変化することを示すとともに、日本周辺の内部潮汐の規模であれば測位への影響が小さいことを確認した。その際に実際のプロファイルと用いた基準プロファイルの乖離による走時計算への影響が、プロファイル形状に依らず単一のスカラー量で表現可能なことを見出し、このスカラー量自体を未知数として解き得る可能性を示した。

WGの長期安定運用のためには、転覆などの頻度や姿勢回復の把握が必須であるが、転覆時にGNSSアンテナが水没し位置データが途切れる問題を、加速度データを積分することで内挿し、転覆時の詳細なWGの挙動の再現に成功した。また、WGは波による推進速度が海流より小さくなければ、時間はかかっても指示した通りの航跡で進むことが可能であるが、海流が強い場合ヘディングは必ずしも進行方向を向かず、荒天時に転覆しづらいとされる波向に対して直交させるコース取りが有効に機能していないことを示した（図１）。さらに、過去の運用データから、転覆頻度と波向とヘディングの差および有義波高との関係について抽出した結果、ヘディング関連では明確な傾向が見られなかったが、有義波高が4mを超えると転覆が発生し始めることがわかった（図２）。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

GNSS-A観測による広域の海底地殻変動観測を定常的に将来にわたって継続させるため、観測の自動化・高精度化に資する進展があった。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Tomita, F., 2024, Enhanced GNSS-acoustic positioning method implementing with constraints on underwater sound speed structure, Earth Planets Space, 76, 178.

https://doi.org/10.1186/s40623-024-02120-6,査読有,謝辞無

Tomita, F., M. Kido, T. Iinuma, Y. Ohta, 2025, GNSS-Acoustic positioning error in the vertical component considering the uncertainty of a reference sound speed profile, Marine Geophysical Research, in press.,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

村井菜々海・木戸元之・飯沼卓史・中東和夫, 2024, GNSS-A観測中のウェーブグライダーの転覆頻度に対する波浪の向きとヘディングの関係について, 日本測地学会142回講演会 10月31日

Kido, M., 2024, Sound speed profile oscillation due to internal tide and its effect on traveltimes in GNSS-A measurement, AGU Fall Meeting, G23B-3583

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

GNSS-A観測時のオンボードでの波形の自動読み取りと、複数の返信波形が重合した場合の分離アルゴリズムの開発（WG用・船舶用）。
WGのリアルタイム伝送データの高度な統計加工の実装。
実測での内部重力波の継続観測と音響測距への影響のシミュレーション及び実測に基づく定量評価。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

木戸元之（東北大学災害科学国際研究所）,富田史章（東北大学災害科学国際研究所）,Chi-Hsien Tang（東北大学災害科学国際研究所）
他機関との共同研究の有無：有
太田雄策（東北大学大学院理学研究科）,飯沼卓史（海洋研究開発機構）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東北大学災害科学国際研究所
電話：
e-mail：zisin-yoti@irides.tohoku.ac.jp
URL：https://irides.tohoku.ac.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：木戸元之
所属：東北大学災害科学国際研究所

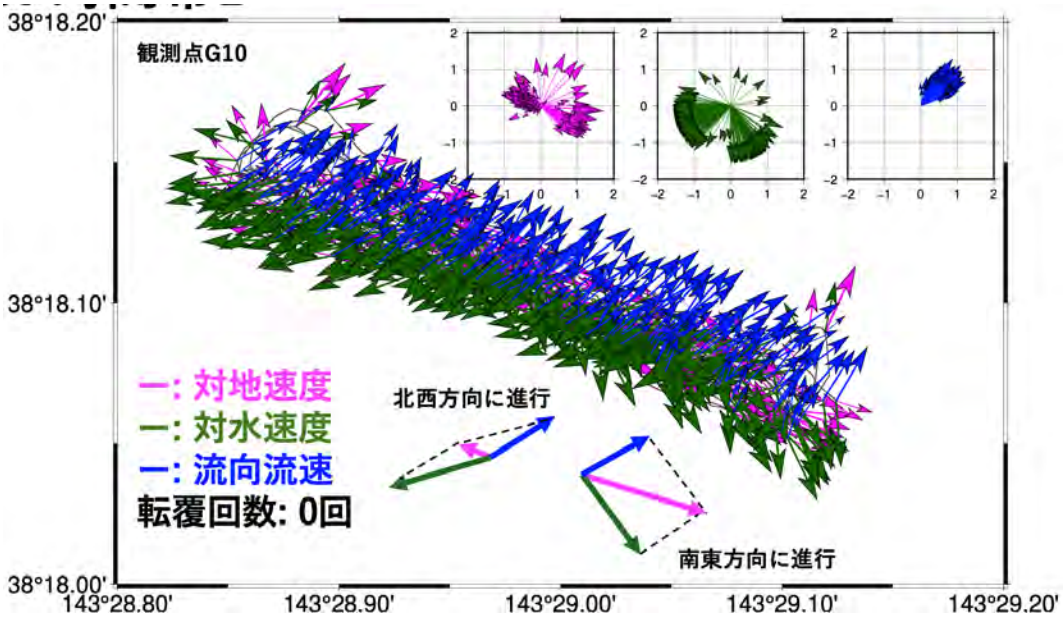


図１：WGの航跡・ヘディング・対水速度から推定した海流との関係

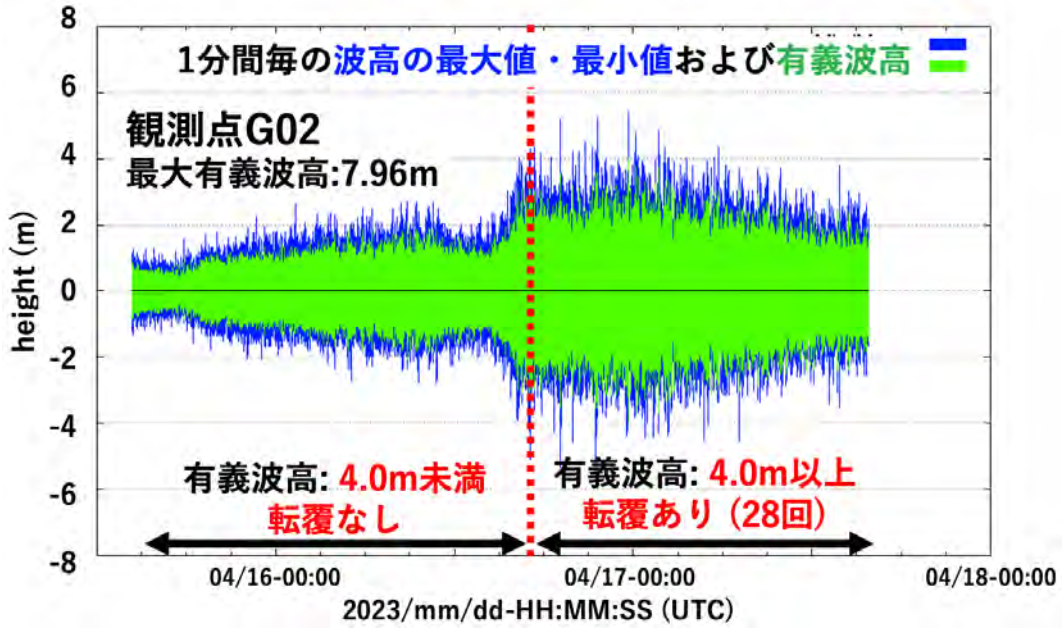


図２：WGの高度データから推定した有義波高の時系列と転覆頻度の関係

令和６年度年次報告

課題番号：JAMS01

（1）実施機関名：

海洋研究開発機構

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）海域火山観測研究
（英文）Research for submarine volcano

（3）関連の深い建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化

（4）その他関連する建議の項目：

３ 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(3) 火山噴火による災害誘因評価手法の高度化

（5）本課題の５か年の到達目標：

（国立研究開発法人海洋研究開発機構第4期中期目標より抜粋）
III　１．（３）海域で発生する地震及び火山活動に関する研究開発
我が国の周辺海域においては、南海トラフ地震や海底カルデラ等、大規模災害をもたらす地震・火山活動が活発であり、防災・減災対策の更なる強化が求められている。そのための具体的な検討を進めるには、海底下で進行する地震・火山活動の実態把握及び長期評価が欠かせないものの、現在は観測データも十分に揃っていない状況にあり、観測体制の構築と、データの取得・解析を通じたメカニズムの理解等の科学的知見の充実が課題となっている。このため、機構は、地震発生メカニズムの理解、プレート固着の現状把握と推移予測及び海域火山活動の予測研究に資するデータと知見を蓄積し、地震調査研究推進本部、気象庁、防災科学技術研究所、大学等の関係機関に情報提供することで、地震発生帯の現状把握・長期評価及び火山活動評価に貢献する。これを実現するために、大学や防災科学技術研究所等の関係機関と連携して、南海トラフ地震の想定震源域等を中心とした、広域かつ精緻なデータを連続的にリアルタイムで取得する海底地殻変動観測網の整備・高度化を進めるとともに、高精度の海底地下構造調査、海底堆積物・海底下岩石試料の採取・分析を実施する。これにより得られたデータと既存のデータの統合・解析を行うことで、地震発生帯モデル及びプレート固着状態に関する推移予測手法の高度化を行う。また、海域火山に係る先進的な観測手段を確立し、海域火山周辺において火山活動の現状把握を行うとともに、地球内部構造や熱・物質循環機構等の解析を進める。

（6）本課題の５か年計画の概要：

国立研究開発法人海洋研究開発機構第4期中期計画に基づき下記の事項について実施する。

海底火山の噴火は、突発的かつ大規模な災害をもたらし、また地球環境への影響が非常に大きい。これら火山災害の発生予測や地球環境への影響評価を行うためには、その原因となる熱、マグマ、流体の発生と輸送現象、噴火履歴や噴火推移､更にそれらの準備過程に当たる地球内部活動を理解することが重要である。そこで、本課題では、国際深海科学掘削計画（IODP）の下で地球深部探査船「ちきゅう」 等を用いた海洋掘削を推進し、海底火山活動の観測、調査、地質試料の採取分析によって活動履歴、過去の噴火様式等の現状を把握する。また、得られたデータや知 見を用いて地球内部構造や物質の収支等を推定し、火山活動を支配する地球内部 流体やエネルギーの循環機構、マグマ供給の仕組み等を、単体の火山からグローバルな規模まで解明する。

具体的には(1)無人自動観測システムと海底観測機器を組み合わせた海域火山観測システム の開発 (2)我が国大規模のカルデラ等を対象とした構造探査、火山体の海底調査、岩石試料の採取 (3)火山活動の現状把握とマグマや流体の生成から噴火に至る過程及び様式の理解に基づいて得られる海底火山活動の予測に資するデータ及び知見の国及び大学等研究機関への提供等をおこなう。
これらの進捗状況を踏まえ(1)伊豆・小笠原弧等の海底火山における海域火山観測システムを用いた火山活動の現状把握(2)継続的な各種調査・観測の実施、試料の採取及び分析により蓄積された知見を活用した、国内外の火山の中長期活動や噴火過程の比較検証 (3)「ちきゅう」等を用いた火山体深部や海洋地殻の実態と形成過程の解明を目指した海洋掘削を可能とするためのデータ及び研究成果の創出等に取り組む。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

鬼界カルデラは過去３回のカルデラ噴火を起こしているが、カルデラ噴火から次のカルデラ噴火へ向けたマグマ供給、蓄積、組成変化についてはよく分かっていない。これを明らかにするために、「ちきゅう」を用いた表層科学掘削プログラムにより鬼界カルデラの北東側の海域で得られた掘削コア試料を分析した。コアには9.5万年前（葛原噴火）と7,300年前（アカホヤ噴火）の２回のカルデラ噴火の噴出物に加え、その間に起きた噴火によると考えられる噴出物も含まれていた。コアに含まれていた生物試料に対する炭素14年代測定法により、9.5万年前の葛原噴火が起きた後、少なくとも4.3万年前には小・中規模の噴火活動が開始したことが分かった。これらの噴出物の化学組成を調べた結果、葛原噴火では流紋岩質の噴出物が卓越するが、一部に安山岩質の噴出物が含まれていることが分かった。陸上に残された噴出物には安山岩質の噴出物は見つかっていなかったが、流紋岩質のマグマにマフィックなマグマが注入することでカルデラ噴火を誘発した可能性が示唆される。葛原噴火の噴出物と同じ化学組成を持つものはそれ以降の噴出物には見られず、少なくとも4.3万年前には葛原噴火のマグマとは異なる新たなマグマの供給が開始していたことが分かった。また、噴出物は安山岩から流紋岩まで多様であるが、時間とともにその割合が変化し、特に後のアカホヤ噴火と同じ化学組成を持つ流紋岩は1.6万年前を境に割合が減少に転じることから、この時期から約9,000年間かけて本格的な流紋岩質マグマの蓄積が起こり、次のカルデラ噴火へ至ったことが示唆される。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

「火山活動・噴火機構の解明とモデル化」の項目に対して、鬼界カルデラ、福徳岡ノ場、西之島、孀婦海山等の海域火山を対象として、観測システム開発、構造探査、岩石・地質調査に基づく研究を進展させている。海底火山活動の過去の履歴と現状把握を通じて、マグマ発生から噴火に至る過程を明らかにし、火山活動の推移やハザードの予測に資する知見の提供を行っていく。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Hanyu, T. et al., 2024, Submarine cores record magma evolution toward a catastrophic eruption at Kikai Caldera, Communications Earth & Environment, 5, 428, doi:10.1038/s43247-024-01591-5,査読有,謝辞無

Hirai, Y. et al., 2024, Why are oceanic arc basalts Ca-rich and Ni-poor? Insights from olivine-hosted melt inclusions from Kibblewhite Volcano in the Kermadec arc, Chemical Geology, 662, 122218-122218,査読有,謝辞無

Tanaka, S.et al., 2025, Monitoring submarine volcanic activities in the Izu-Bonin-Mariana arc using the International Monitoring System hydrophone array signals, Seismological Research Letters (in press),査読有,謝辞無

Fujiwara, T., et al., 2024, The Sofu Seamount submarine volcano present in the source area of the October 2023 earthquakes and tsunamis in Japan, Geophysical Research Letters, 51, e2024GL109766, https://doi.org/10.1029/2024GL109766,査読有,謝辞無

Akamatsu, Y. et al., 2025, Variations in pore structure in subaerial lava flows at Nishinoshima, Japan, inferred from physical properties, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 458, 108262, https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2024.108262,査読有,謝辞無

Yanagisawa, T. et al, 2024, Quasi-steady transitions in confined convection, Journal of Fluid Mechanics, 1000, A44,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

伊豆小笠原弧や西南諸島の海域火山を対象とした地質試料の採取と化学分析を進め、マグマ発生から噴火に至る過程を理解するための研究を実施する。海域火山の現状把握をするための地震学、地球物理学的観測を実施するとともに、海域火山観測システムの開発を進める。データサイエンスを活用して火山岩化学組成や物性データからマグマプロセスを明らかにするための手法開発を進める。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

小野重明（海域地震火山部門 火山・地球内部研究センター）,田中聡（海域地震火山部門 火山・地球内部研究センター）,桑谷立（海域地震火山部門 火山・地球内部研究センター）,羽生毅（海域地震火山部門 火山・地球内部研究センター）,中野優（海域地震火山部門 火山・地球内部研究センター）
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：海域地震火山部門
電話：
e-mail：
URL：http://www.jamstec.go.jp/rimg/j/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：羽生毅
所属：国立研究開発法人海洋研究開発機構　海域地震火山部門

令和６年度年次報告

課題番号：JAMS02

（1）実施機関名：

海洋研究開発機構

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）海底広域変動観測研究
（英文）

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(3) 千島海溝沿いの巨大地震
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発
エ. 地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開
(4) 国際共同研究・国際協力

（5）本課題の５か年の到達目標：

引き続き国立研究開発法人海洋研究開発機構の中期計画に沿って研究開発を進める。
まず、最初の2年間(令和6年度および7年度)は、国立研究開発法人海洋研究開発機構第4期中期目標にかかげられている大目標の一つである「（３）海域で発生する地震及び火山活動に関する研究開発」の下で、以下の研究を進める。
我が国の周辺海域においては、南海トラフ地震や海底カルデラ等、大規模災害をもたらす地震・火山活動が活発であり、防災・減災対策の更なる強化が求められている。そのための具体的な検討を進めるには、海底下で進行する地震・火山活動の実態把握及び長期評価が欠かせないものの、現在は観測データも十分に揃っていない状況にあり、観測体制の構築と、データの取得・解析を通じたメカニズムの理解等の科学的知見の充実が課題となっている。このため、機構は、地震発生メカニズムの理解、プレート固着の現状把握と推移予測及び海域火山活動の予測研究に資するデータと知見を蓄積し、地震調査研究推進本部、気象庁、防災科学技術研究所、大学等の関係機関に情報提供することで、地震発生帯の現状把握・長期評価及び火山活動評価に貢献する。これを実現するために、大学や防災科学技術研究所等の関係機関と連携して、南海トラフ地震の想定震源域等を中心とした、広域かつ精緻なデータを連続的にリアルタイムで取得する海底地殻変動観測網の整備・高度化を進めるとともに、高精度の海底地下構造調査、海底堆積物・海底下岩石試料の採取・分析を実施する。これにより得られたデータと既存のデータの統合・解析を行うことで、地震発生帯モデル及びプレート固着状態に関する推移予測手法の高度化を行う。また、海域火山に係る先進的な観測手段を確立し、海域火山周辺に

おいて火山活動の現状把握を行うとともに、地球内部構造や熱・物質循環機構等の解析を進める。
令和8年度以降も、国立研究開発法人海洋研究開発機構の次期中期目標のもと、継続して本課題に取り組んでいく。

（6）本課題の５か年計画の概要：

南海トラフにといては、令和6年度と令和7年度には、東南海地震震源域付近においてプレート境界断層の詳細形状や物性分布を把握するための構造探査研究を実施する。日本海溝域においては、令和6年度と令和7年度には、宮城県沖から福島、茨城県沖付近におけるプレート沈み込みの様相を大局的に捉えるための反射法地震探査やプレート境界断層付近の詳細な物性不均質性を捉えるための屈折法探査を実施する。
令和8年度以降は、海洋研究開発機構の中長期計画の具体化を待つ必要があるが、これまでデータ取得が遅れている足摺岬から日向灘にかけての海域や伊豆小笠原沈み込み帯などの調査研究を視野に入れつつ、引き続き海底広域変動観測研究により地震発生場の実態把握研究を実施していく。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要
今年度は、巨大地震・津波の発生源として緊急性や重要性が高い海域として南海トラフや日本海溝域にて地殻構造や地震活動、断層物性、地震発生履歴等に係る調査を実施するとともに、既存データの解析も進めた。具体的には東南海および東海海域において集中的な二次元反射法探査を実施するとともに、日本海溝域宮城県沖では稠密にOBSを設置して屈折法観測を実施した。データ解析については南海トラフ日向灘から熊野灘までの反射法や屈折法データの解析を進め複数の論文を発表した他、千島海溝や日本海溝のデータ解析結果も論文として発表した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
プレート沈み込み帯における正確で詳細な地下構造情報は、プレート境界で発生する巨大地震からスロー地震まで、さまざまな断層すべりに関する研究の基盤的で不可欠な情報である。今年度も、南海トラフ沈み込み帯において実データに基づく三次元的に地下構造モデルの構築に向けた調査観測研究を計画に沿って進めており、来年度には南海トラフ全域の海洋地殻上面に関する高解像度モデルを公開できる見込みである。この成果は、南海トラフ地震発生帯の推移予測の高度化などにも資すると期待される。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

No T. , S. Kodaira, K. Imai, K. Obana, G. Fujie, Y. Nakamura, K. Shiraishi, R. Miura, and M. Nakanishi, Mapping normal faults on the outer slope of the western Kuril Trench based on recent seismic reflection and bathymetric data, 2024, 76, 143, Earth, Planets and Space, https://doi.org/10.1186/s40623-024-02076-7,査読有,謝辞無

Shiraishi K., , G. Fujie, R. Arai, Y. Nakamura, Potential fluid migration process inferred from integrated active-source seismic imaging in the Nankai Trough subduction zone off Cape Muroto, Japan, 2025, Marine and Petroleum Geology, 173, 107258, https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2024.107258,査読有,謝辞無

Arai R., K. Shiraishi, Y. Nakamura, G. Fujie, S. Miura, S. Kodaira, D. Bassett, T. Takahashi, Y. Kaiho, Y. Hamada, K. Mochizuki, R. Nakata, M. Kinoshita, Y. Hashimoto, K. Okino, Thick slab crust with rough basement weakens interplate coupling in the western Nankai Trough, 2024, Earth, Planets and Space, 76, 73, https://doi.org/10.1186/s40623-024-02025-4,査読有,謝辞無

Agata R., K. Shiraishi, G. Fujie, Physics-informed deep learning quantifies propagated uncertainty in seismic structure and hypocenter determination, 2025, Scientific Reports, 15,

1846, https://doi.org/10.1038/s41598-024-84995-9,査読有,謝辞無

Qin Y., J. Chen, S. Singh, N. Hananto, H. Carton, P. Tapponnier, Assessing the Risk of Potential Tsunamigenic Earthquakes in the Mentawai Region by Seismic Imaging, Central Sumatra, 2024, Geochem. Geophys. Geosyst., 25, e2023GC011149, https://doi.org/10.1029/2023GC011149,査読有,謝辞無

Kimura, G., Shiraishi, K., Nakamura, Y., Kodaira, S., Fujie, G., Arai, R., & Moore, G. F., Frontal thrust ramp-up and slow earthquakes due to underthrusting of basement high in the Nankai Trough, 2024, Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 25, e2024GC011468, https://doi.org/10.1029/2024GC011468,査読有,謝辞無

Tonegawa, T., Araki, E., High-frequency tsunamis excited near Torishima Island, Japan, observed by distributed acoustic sensing, 2024, Geophysical Research Letters, 51, e2024GL108714, https://doi.org/10.1029/2024GL108714,査読有,謝辞無

Tonegawa, T., Shiomi, K., Takagi, R., Anisotropic structure at shallow depths across the Japan Trench, 2024, Earth, Planets and Space, 76, 113, https://doi.org/10.1186/s40623-024-02059-8,査読有,謝辞無

Fujiwara, T., Imai, K., Obayashi, M., Yoshida, K., Tada, N., Obana, K., Fujie, G., Ono, S., Kodaira, S., The Sofu Seamount submarine volcano present in the source area of the October 2023 earthquakes and tsunamis in Japan, 2024, Geophysical Research Letters, 51, e2024GL109766, https://doi.org/10.1029/2024GL109766,査読有,謝辞無

Kanamatsu, T., Ashi, J., Shiraishi, K., Controlling factors of a submarine landslide on the Kumano-nada continental slope, West Japan 2024, Tectonophysics, 883, 230370, https://doi.org/10.1016/j.tecto.2024.230370,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

(9) 令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

(10) 令和７年度実施計画の概要：

引き続き南海トラフ東部の三重県から静岡県沖付近において稠密な反射法地震探査観測を実施するほか、日本海溝域における沈み込み帯の概査研究も継続する。さらに、前年度までに取得した地震探査観測データを活用して、南海トラフおよび日本海溝、千島海溝域におけるプレート境界など地下構造に関する成果を論文として発表する計画である。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

海域地震火山部門地震発生帯研究センター
他機関との共同研究の有無：有
東京大学地震研究所,東京大学大気海洋研究所,東北大学,ほか

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：海域地震火山部門 地震発生帯研究センター
電話：
e-mail：
URL：

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：藤江剛
所属：海域地震火山部門 地震発生帯研究センター

令和６年度年次報告

課題番号：JAMS03

（1）実施機関名：

海洋研究開発機構

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地震・津波の発生過程の理解とその予測研究
（英文）

（3）関連の深い建議の項目：

2 地震・火山噴火の予測のための研究
(2) 地震発生確率の時間更新予測
ア. 地震発生の物理モデルに基づく予測と検証

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
イ. 津波の事前評価手法
(2) 地震の災害誘因の即時予測手法の高度化（重点研究）
イ. 津波の即時予測手法
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(3) 千島海溝沿いの巨大地震
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発
エ. 地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開
(3) 関連研究分野の連携強化

（5）本課題の５か年の到達目標：

引き続き国立研究開発法人海洋研究開発機構の中期計画に沿って研究開発を進める。
まず、最初の2年間(令和6年度および7年度)は、国立研究開発法人海洋研究開発機構第4期中期目標にかかげられている大目標の一つである「（３）海域で発生する地震及び火山活動に関する研究開発」の下で、以下の研究を進める。
我が国の周辺海域においては、南海トラフ地震や海底カルデラ等、大規模災害をもたらす地震・火山活動が活発であり、防災・減災対策の更なる強化が求められている。そのための具体的な検討を進めるには、海底下で進行する地震・火山活動の実態把握及び長期評価が欠かせないものの、現在は観測データも十分に揃っていない状況にあり、観測体制の構築と、データの取得・解析を通じたメカニズムの理解等の科学的知見の充実が課題となっている。このため、機構は、地震発生メカニズムの理解、プレート固着の現状把握と推移予測及び海域火山活動の予測研究に資するデータと知見を蓄積し、地震調査研究推進本部、気象庁、防災科学技術研究所、大学等の関係機関に情報提供することで、地震発生帯の現状把握・長期評価及び火山活動評価に貢献する。これを実現するために、大学や防災科学

技術研究所等の関係機関と連携して、南海トラフ地震の想定震源域等を中心とした、広域かつ精緻なデータを連続的にリアルタイムで取得する海底地殻変動観測網の整備・高度化を進めるとともに、高精度の海底地下構造調査、海底堆積物・海底下岩石試料の採取・分析を実施する。これにより得られたデータと既存のデータの統合・解析を行うことで、地震発生帯モデル及びプレート固着状態に関する推移予測手法の高度化を行う。また、海域火山に係る先進的な観測手段を確立し、海域火山周辺において火山活動の現状把握を行うとともに、地球内部構造や熱・物質循環機構等の解析を進める。
令和8年度以降も、国立研究開発法人海洋研究開発機構の次期中期目標のもと、継続して本課題に取り組んでいく。

（6）本課題の５か年計画の概要：

令和6年度と令和7年度には、既存データ、中長期計画前半で得られた構造データに基づき、地域ごとの詳細構造を取り込んだ三次元地震発生帯地下構造モデルの高度化を実施するとともに、高度化以前のモデルを用いた地震の発生、地震波の伝播、津波の発生等の各過程に関するシミュレーションや、地殻活動のデータ解析、海洋変動の影響評価を実施する。また、データ同化手法等を用いたプレート固着状態の推移予測の試行を実施する。さらに、関係機関との協力により高度化した即時津波被害予測システムの社会実装を進める。令和8年度以降は、海洋研究開発機構の中長期計画の具体化を待つ必要があるが、高度化した地震発生帯地下構造モデルを用いて、海域を中心に新たに得られるデータを解析することで、現状把握と推移予測の高度化を実施していく。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

（１）南海トラフにおける滑り欠損率推定（Plata-Martinez et al., 2024）

本研究は、海陸の測地データを用いて南海トラフ沈み込み帯における滑り欠損率を、３次元不均質構造を考慮して推定した。その結果、滑り欠損率の高い領域は、過去の大地震の破壊領域と調和的であり、中間的な値の領域はSSEの分布と調和的であった。

（２）地震後の地殻変動からの低粘性領域の検出可能性（Murakami et al., 2024）

南海トラフは、将来の巨大地震後に低粘性LABを検出する可能性のある場所の1つである。そこでLAB の低粘性が、将来予想される南海トラフ地震後の余効変動にどのような影響を与えると予想されるかを定量的にモデル化した。隆起・沈降のパターンが粘度構造に大きく依存するとともに、特に地震後１年間は、低粘度 LABの有無によって変形量の差が大きく、現在の海底観測システムの観測誤差レベルよりも高いことが示された。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

「地震発生の物理モデルに基づく予測と検証」を進める上で、弾性ならびに粘弾性の３次元不均質構造を考慮した地殻変動データ解析を行うことは不可欠であり、そのための手法開発や実データへの適用を着実に進めることができた。今後は、粘弾性を考慮した南海トラフ地震の半割れ後の推移予測や次に起こりうる地震発生シナリオの検討にこれらの成果を活用していくことで、災害の軽減に貢献にていく計画である。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Murakami, S., A. Hashima, T. Iinuma, K. Fujita, T. Ichimura, and T. Hori, 2024, Detectability of low-viscosity zone along lithosphere–asthenosphere boundary beneath the Nankai Trough, Japan, based on high-fidelity viscoelastic simulation, Earth, Planets and Space, 76:89 https://doi.org/10.1186/s40623-024-02008-5.,査読有,謝辞有

Plata-Martinez, R., T. Iinuma, F. Tomita, Y. Nakamura, T. Nishimura,and T. Hori, 2024, Revisiting slip deficit rates and its insights into large and slow earthquakes at the Nankai subduction zone. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 129, e2023JB027942.

https://doi.org/10.1029/ 2023JB027942,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

引き続き、３次元不均質構造を考慮したモデル化を進めるとともに、南海トラフ地震の半割れ後の推移予測実験の試行や次に起こりうる南海トラフ地震発生シナリオの検討を行う。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

地震津波予測研究開発センター
他機関との共同研究の有無：有
防災科学技術研究所,東京大学地震研究所,東北大学,静岡県立大学

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：海域地震火山部門　地震津波予測研究開発センター
電話：
e-mail：
URL：https://www.jamstec.go.jp/feat/j/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：堀高峰
所属：地震津波予測研究開発センター

令和６年度年次報告

課題番号：JCG_01

（1）実施機関名：

海上保安庁

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）海洋測地の推進
（英文）Promotion of marine geodesy

（3）関連の深い建議の項目：

６観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
ア. 観測基盤の整備

（4）その他関連する建議の項目：

６観測基盤と研究推進体制の整備
(4) 国際共同研究・国際協力

（5）本課題の５か年の到達目標：

SLRの国際共同観測を継続し、日本周辺を含めた広域のプレート相対運動を把握するためのデータを提供し精度向上に貢献する。
コロケーション測量を継続し、GNSSアンテナとSLR望遠鏡不動点の相対位置関係を精度良く決定する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

下里水路観測所において SLRの国際共同観測を継続し、日本周辺を含めた広域のプレート相対運動決定に資するデータを取得する。
GNSSアンテナとSLR望遠鏡不動点との相対位置関係を求めるためのコロケーション測量を継続的に実施する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

下里水路観測所において SLRの国際共同観測を継続し、日本周辺を含めた広域のプレート相対運動決定に資するデータを取得した。5月には、GNSSアンテナとSLR望遠鏡不動点との相対位置関係を求めるためのコロケーション測量についての報告を実施した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

中村優斗・永江航也・中村至貴・杉山智哉・鈴木充広・横田裕輔,2024,2023年度下里水路観測所SLR/GNSSコロケーション測量,日本地球惑星科学連合2024年大会,SGD01-11

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

下里水路観測所において SLRの国際共同観測を継続し、日本周辺を含めた広域のプレート相対運動決定に資するデータを取得する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

海上保安庁海洋情報部沿岸調査課海洋防災調査室
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：海上保安庁海洋情報部沿岸調査課海洋防災調査室
電話：03-3595-3632
e-mail：下記URL内にある問い合わせフォームから「人工衛星レーザー測距観測（SLR）」を選択して問い合わせください。
URL：https://www1.kaiho.mlit.go.jp/joint/form_mail/form_mail.cgi

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：永江航也
所属：海上保安庁海洋情報部沿岸調査課海洋防災調査室

令和６年度年次報告

課題番号：JCG_02

（1）実施機関名：

海上保安庁

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）験潮
（英文）Tidal Observation

（3）関連の深い建議の項目：

６観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
ア. 観測基盤の整備

（4）その他関連する建議の項目：

（5）本課題の５か年の到達目標：

海上保安庁が所管する常設験潮所において、継続的に験潮データを収集し、地殻変動把握のための基礎データとする。
各験潮所設備を健全に維持すると共に、定期的な測定や測量により観測基準面の維持を行い、データの連続性を保つ。

（6）本課題の５か年計画の概要：

継続して全国20カ所の常設験潮所において潮汐観測を実施し、国土交通省水管理・国土保全局および港湾局、国土地理院、気象庁と連携し、験潮データをリアルタイムでインターネットにより公開する。
海上保安庁所管の験潮所：竜飛、釜石、横浜、横須賀、千葉、三宅島、神津島、八丈島、徳山、広島、呉、大分、博多、佐世保、厳原、粟島、大泊、西之表、中之島、名瀬。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

全国20カ所の常設験潮所において潮汐観測を実施し、国土交通省水管理・国土保全局および港湾局、国土地理院、気象庁と連携し、験潮データをリアルタイムでインターネットにより公開した。
海上保安庁所管の験潮所：竜飛、釜石、横浜、横須賀、千葉、三宅島、神津島、八丈島、徳山、広島、呉、大分、博多、佐世保、厳原、粟島、大泊、西之表、中之島、名瀬。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

平時及び災害時に、状況を把握するための基礎資料として活用されており、今後も必要な観測である。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

全国20カ所の常設験潮所において潮汐観測を実施し、国土交通省水管理・国土保全局および港湾局、国土地理院、気象庁と連携し、験潮データをリアルタイムでインターネットにより公開する。
海上保安庁所管の験潮所：竜飛、釜石、横浜、横須賀、千葉、三宅島、神津島、八丈島、徳山、広島、呉、大分、博多、佐世保、厳原、粟島、大泊、西之表、中之島、名瀬。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

南部 正裕（海上保安庁 海洋情報部 沿岸調査課）,林王 弘道（海上保安庁 海洋情報部 沿岸調査課）
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：海上保安庁 海洋情報部 沿岸調査課
電話：03-3595-3636
e-mail：
URL：https://www1.kaiho.mlit.go.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：南部 正裕
所属：海上保安庁 海洋情報部 沿岸調査課

令和６年度年次報告

課題番号：JCG_03

（1）実施機関名：

海上保安庁

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）海底地殻変動観測
（英文）Seafloor geodetic observation

（3）関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
ア. 観測基盤の整備

（5）本課題の５か年の到達目標：

プレート境界の固着状態の把握のため、GNSS－音響測距結合方式による海底地殻変動観測を継続する。測位精度および時間分解能の向上を目指した技術開発を行い、固着状態の時間変化の把握に努める。

（6）本課題の５か年計画の概要：

日本海溝沿い、南海トラフ沿いなど、日本近海の海溝型巨大地震の震源域となる海域において、海底地殻変動観測を継続するとともに、観測の高度化のための技術開発を行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

海溝型地震震源域海底において、GNSS-音響測距結合方式（GNSS-A）による地殻変動観測を継続して実施した。日本海溝沿いにおける観測から、2011年東北地方太平洋沖地震の余効変動が続いていること（図1）、南海トラフ沿いにおける観測から、プレート境界固着の影響による地殻変動を観測している（図2）。

音速擾乱場モデルを統計的に選択するための指標を導入したGNSS-A解析手法の開発（Watanabe et al., in press）や数値シミュレーションによる誤差要因の解析等、さらなる精度向上を目指した解析技術の研究を進めている。

また、音響機器の機種依存誤差を経験的に補正するAcoustic Ambiguity Reduction（AAR）法の開発及び水槽実験による機器特性把握等の研究を進めている（e.g., 永江・他、2024 電子情報通信学会技術研究報告）。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

海域における地殻変動観測を安定的・継続的に実施し、成果を政府関連会議に定期的に報告することで国の地震防災対策に貢献している。また、観測データや解析ソフトウェアを公開することで、海底測地分野の研究の推進に貢献している。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

永江航也, 横田裕輔, 石川直史, 渡邉俊一, 中村優斗, 吉住優憧, 井上智裕, 河野賢司,飯沼卓史, 2024, 水槽実験から見るSGO-A観測の音響測距波形の特徴, 電子情報通信学会技術研究報告, 124, 27-31,査読無,謝辞無

渡邉俊一, 2025, 海底地殻変動観測における現場音速プロファイルの影響, 海洋情報部研究報告, 63, 印刷中,査読有,謝辞無

Watanabe, S., Ishikawa, T., Nakamura, Y., Yokota, Y., 2025, Model selection for the sound speed perturbation of GNSS-A using the widely applicable Bayesian Information Criterion (WBIC), Earth Planets Space, in press,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

Nagae, K., Ishikawa, T., Watanabe, S., Nakamura, Y., Yokota, Y., 2024, Device and angle dependent waveform and a new representation of ocean sound speed structure in GNSS-A, EGU General Assembly 2024

Nakamura, Y., Ishikawa, T., Watanabe, S., Nagae, K., Yokota, Y., 2024, Overview of Japan Coast Guard’s GNSS-A seafloor geodetic observation and data management, EGU General Assembly 2024

石川直史, 中村優斗, 渡邉俊一, 永江航也, 横田裕輔, 2024, 数値計算シミュレーションによるGNSS-Aベイズモデリングの性能検証, JpGU 2024, SGD02-01

永江航也, 横田裕輔, 石川直史, 渡邉俊一, 中村優斗, 吉住優憧, 井上智裕, 河野賢司,飯沼卓史, 2024, 水槽実験によるGNSS-A観測音響機器の角度特性調査とSGO-A観測点, JpGU 2024, SGD01-12

中村優斗, 石川直史, 横田裕輔, 渡邉俊一, 永江航也, 2024, MCMCを用いた数値シミュレーションによるGNSS-A海底地殻変動観測の音響測距誤差のモデリング評価, JpGU 2025, SCG48-P05

Nagae, K., Yokota, Y., Watanabe, S., Ishikawa, T., Nakamura, Y., 2024, Waveform characteristics of acoustic signals and the Acoustic Ambiguity Reduction (AAR) method, Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes 2024

Watanabe, S., Nagae, K., Yokota, Y., Ishikawa, T., Nakamura, Y., 2024, Time series of the GNSS-A seafloor positioning at SGO-A sites applying the acoustic ambiguity reduction (AAR) method, Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes 2024

Nagae, K., Watanabe, S., 2024, GNSS-Acoustic seafloor geodetic observation by Japan Coast Guard, 14th Joint Meeting of UJNR Panel on Earthquake Research

永江航也, 横田裕輔, 渡邉俊一, 石川直史, 中村 優斗, 2024, SGO-A観測点での音響測距における波形乱れの要因, 日本地震学会2024年度秋季大会, S03P-02

渡邉俊一, 永江航也, 横田 裕輔, 石川直史, 中村優斗, 2024, SGO-Aでの長期的なGNSS-A観測におけるトランスポンダアレイ引継ぎ, 日本地震学会2024年度秋季大会, S03-P01

永江航也, 横田裕輔, 渡邉俊一, 石川直史, 中村 優斗, 2024, AAR法を適用したSGO-A測位解, 日本測地

学会第142回講演会, P16

中村優斗, 石川直史, 渡邉俊一, 横田裕輔, 永江航也, 2024, PyMCを用いた数値シミュレーションによるGNSS-Aの海中音速場モデリング評価, 日本測地学会第142回講演会, P01

渡邉俊一, 永江航也, 横田裕輔,石川直史, 中村 優斗, 2024, k-Shape法によるGNSS-A音響波形のクラスタリング, 日本測地学会第142回講演会, P17

Nagae, K., Yokota, Y., Watanabe, S., Ishikawa, T., Nakamura, Y., 2024, GNSS-A observation instruments of Japan Coast Guard and the new acoustic signal reading method; Acoustic Ambiguity Reduction Method, AGU24, G14A-03

Watanabe, S., Nagae, K., Yokota, Y., Ishikawa, T., Nakamura, Y., 2024, Improved GNSS-A time series with the Acoustic Ambiguity Reduction method applied to the Japan Coast Guard’s SGO-A sites using GARPOS-MCMC, AGU24, G23B-3582

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

引き続き、日本海溝沿い、南海トラフ沿いなど、日本近海の海溝型巨大地震の震源域となる海域において、海底地殻変動観測を継続するとともに、観測の高度化のための技術開発を行う。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

海上保安庁海洋情報部沿岸調査課海洋防災調査室
他機関との共同研究の有無：有
東北大学災害科学国際研究所,名古屋大学大学院環境学研究科地震火山研究センター,東京大学生産技術研究所,海洋研究開発機構

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：海上保安庁海洋情報部沿岸調査課海洋防災調査室
電話：03-3595-3632
e-mail：下記URLの問い合わせフォームから問い合わせください。
URL：https://www1.kaiho.mlit.go.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：渡邉俊一
所属：海上保安庁海洋情報部技術・国際課海洋研究室

Site name	Lat. (°N)	Lon. (°E)	Velocity (cm/yr)	(deg)	Period	Data	Update
(1) KAMN	38.89	143.36	5.2	308.9	11/04/2020 - 10/22/2024	11	
(2) KAMS	38.64	143.26	7.1	303.0	11/04/2020 - 10/22/2024	11	
(3) MYGI	38.08	142.92	7.8	291.1	10/15/2020 - 10/21/2024	14	
(4) MYGW	38.15	142.43	1.1	291.6	10/16/2020 - 10/24/2024	14	
(5) FUKU	37.17	142.08	1.9	183.9	10/14/2020 - 10/21/2024	14	
(6) CHOS	35.50	141.67	1.3	338.1	06/08/2021 - 10/24/2024	12	
(7) BOSN	34.75	140.50	2.5	301.6	06/09/2021 - 10/25/2024	11	
(8) SAGA	34.96	139.26	2.2	327.7	09/16/2020 - 10/20/2024	14	
GEONET					10/25/2020 - 10/25/2024		

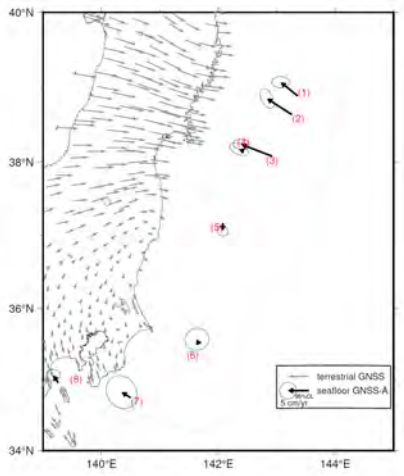


図１　日本海溝沿いの直近約4年間の水平移動速度（北米プレート固定）

Site name	Lat. (°N)	Lon. (°E)	Velocity (cm/yr)	(deg)	Period	Data	Update
(9) TOK1	34.08	138.13	6.3	286.3	11/10/2020 - 10/27/2024	19	
(10) TOK2	33.88	137.60	5.0	294.6	11/16/2020 - 12/05/2024	17	
(11) TOK3	34.18	137.39	3.2	301.4	11/09/2020 - 12/13/2024	17	
(12) ZENW	33.09	137.55	4.8	303.2	08/03/2020 - 09/06/2024	12	
(13) KUM1	33.67	137.00	2.7	304.5	11/09/2020 - 12/06/2024	18	
(14) KUM2	33.43	136.67	3.0	294.5	11/09/2020 - 12/06/2024	19	
(15) KUM3	33.33	136.36	3.1	296.9	11/08/2020 - 12/06/2024	18	
(16) KUM4	33.08	136.64	4.7	289.2	11/17/2020 - 12/12/2024	16	
(17) SIOW	33.16	135.57	5.0	295.9	11/22/2020 - 12/07/2024	18	
(18) SIO2	32.98	135.99	3.4	311.9	11/18/2020 - 12/12/2024	17	
(19) MRT1	33.35	134.94	3.4	299.6	01/20/2021 - 12/11/2024	14	
(20) MRT2	32.87	134.81	3.3	287.5	11/21/2020 - 12/08/2024	18	
(21) MRT3	32.80	135.35	3.7	311.5	11/18/2020 - 12/07/2024	14	
(22) TOS1	32.82	133.67	5.6	301.8	11/21/2020 - 12/11/2024	16	
(23) TOS2	32.43	134.03	2.7	301.7	11/19/2020 - 12/09/2024	18	
(24) ASZ1	32.37	133.22	5.3	304.4	01/15/2021 - 12/10/2024	18	
(25) ASZ2	31.93	133.58	5.1	289.9	01/15/2021 - 12/09/2024	16	
(26) HYG1	32.38	132.42	3.9	291.1	05/10/2021 - 01/13/2025	18	
(27) HYG2	31.97	132.49	3.5	275.0	01/16/2021 - 01/14/2025	20	
GEONET					01/14/2021 - 01/14/2025		

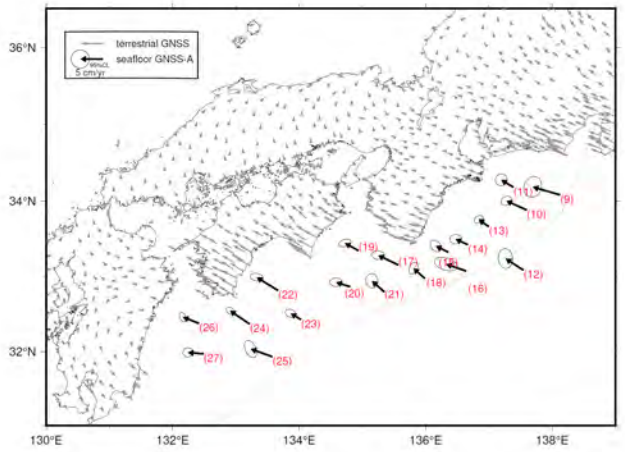


図２　南海トラフ沿いの直近約4年間の水平移動速度（アムールプレート固定）

令和６年度年次報告

課題番号：JCG_04

（1）実施機関名：

海上保安庁

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）海域火山観測

（英文）monitoring and observation of the activities of submarine volcanoes and volcanic island

（3）関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備

(1) 観測研究基盤の開発・整備

エ. 地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開

（4）その他関連する建議の項目：

（5）本課題の５か年の到達目標：

海域火山の定期巡回監視及び海域火山基礎情報整備を継続して実施する。
海域火山データベースの整備及び公表を継続して行う。

（6）本課題の５か年計画の概要：

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

航空機による南方諸島及び南西諸島の海域火山の定期観測を実施している。
なお、西之島や須美寿島等の南方諸島の火山について、監視体制を強化し、毎月１回程度の監視観測を継続して実施している。
また、測量船により日光海山及び西表島北北東海底火山の海域火山基礎情報調査を実施した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

これらの調査結果は火山噴火予知連絡会及び火山調査研究推進本部に報告するとともに、海域火山データベースに掲載し公表した。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Minami, H. and K. Tani, 2024, Morphological evidence of an explosive eruption event in October 2023 at Sofu Seamount in the Izu-Bonin Arc, Marine Geology (Elsevier), 477, 107405, DOI:10.1016/j.margeo.2024.107405,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

伊藤弘志・南宏樹・青木智・谷健一郎, 2024, 西表島北北東海底火山はイリーズニか？, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SCG54-07

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

海域火山の定期巡回監視監視及び海域火山基礎情報整備を引き続き実施する。
海域火山データベースの整備及び公表を引き続きおこなう。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：海上保安庁海洋情報部沿岸調査課海洋防災調査室
電話：03-3595-3607
e-mail：下記URL内にある問い合わせフォームから「海域火山調査」を選択して問い合わせください。
URL：https://www1.kaiho.mlit.go.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：高梨泰宏
所属：海上保安庁海洋情報部沿岸調査課海洋防災調査室

令和６年度年次報告

課題番号：JMA_01

（1）実施機関名：

気象庁

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）火山活動の監視・評価及び予測技術に関する研究

（英文）Research for monitoring, evaluation and prediction methods of volcanic activity

（3）関連の深い建議の項目：

2 地震・火山噴火の予測のための研究

(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化

(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化

ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(3) 火山噴火による災害誘因評価手法の高度化

（5）本課題の５か年の到達目標：

地球物理学的手法及び地球化学的手法を用いた研究により、火山活動の監視及び評価技術を高度化する。また、大規模噴火にも適用できる噴火現象の即時的解析・予測技術の開発・改良を行う。

（6）本課題の５か年計画の概要：

1-1 多項目データの整理・解析に基づく監視・評価技術の高度化

気象庁の現業監視データをはじめとする気象庁が蓄積してきた観測データや活動評価資料、気象研究所による伊豆大島観測データやSAR解析データ、各研究機関による学術的知見等の多項目の観測・解析データを整理し、データベースを構築する。このデータベースを基に、過去事例・検索閲覧システムを開発することで監視・評価業務への利活用を可能とする仕組みを作る。また、データベースに集約された大規模データを基に、数理統計学的にパラメータ毎の頻度分布及びパラメータ間の定量的な相互関係を調査するとともに、監視業務や噴火警戒レベルの判定基準等の活動評価・予測の高度化へ寄与する確率的評価手法を開発する。

1-2 監視データ解析処理技術の開発

地殻変動の迅速な検知と変動源把握のために伊豆大島等のデータを用いてGNSSキネマティック解析システムの構築及び地殻変動源推定システムの開発を行う。また、現業監視データを用いてPF法等の震源・震動源自動推定法を火山業務へ実装するための技術開発を行う。その他、監視・評価に資する、観測データに関する解析処理技術の改良を進める。

2-1 熱水系卓越型火山の活動評価技術の高度化

主に水蒸気噴火卓越型火山の活動の消長の評価監視技術の高度化を進めるため、噴気孔や火口等から直接採取した火山ガスや熱水の化学組成や安定同位体比、あるいは水蒸気噴火によって放出された火山灰の内容物や水溶性成分等の分析や装置による観測を実施し、熱水系の構造や火山性異常、水蒸気噴火の発生場･発生機構について地球化学的視点で理解を深化させる。

また、一部の火山については熱水系に含まれるマグマ成分の相対的な多寡を迅速に推定するための手法（選択的迅速分析法）を検討･開発し、火山ガスの化学的観測の簡便化･効率化を進め、監視評価技術

を高度化する。
2-2 マグマ噴火卓越型火山のマグマ活動監視技術の高度化
マグマ活動の監視技術の高度化を目差し、噴煙中に含まれるマグマ揮発性成分の一つであり、火山活動の重要な指標となっている二酸化硫黄の放出率について、地上での連続観測や機動的な繰り返し観測に加え、衛星による観測データを用いることで測定の時間分解能を向上させる。
観測の複合化により必要となる定量技術の複合化では、観測手法間の精度評価を進めるとともに、気象場を用いた定量法を各観測データの定量解析に適用することによって、二酸化硫黄放出率の解析精度の向上を図る。
測定及び解析技術の開発を進めることで、これまで観測が難しかった火山における二酸化硫黄放出率の解析データをマグマ活動の基礎的情報として蓄積し、地殻変動等の連続的な地球物理学的観測データとの統合解釈を進め、時間変化するマグマの移動と揮発性成分の挙動の関係を定量的に評価する手法を検討することによって、マグマ活動推移の可視化を進める。
3-1　気象衛星・レーダー等による噴火現象の解析
国内外の火山噴火事例を対象として、気象衛星ひまわり8号で観測された衛星データ等を用いて安定的に現業利用できる火山灰プロダクトのアルゴリズムを導入し、ひまわり9号による噴火検知、噴火規模の即時的推定、火山灰雲の実況解析、濃度予測に必要な解析値作成及び予測結果の相互検証に必要な解析技術を開発・改良する。
二重偏波気象レーダーと二次元ビデオディスドロメーター（2DVD）による観測データを用いて、特に水物質の関与の大きい場合（曇天時等）の噴煙の解析を行う。また、噴煙の解析結果について、衛星による解析結果との比較検証も適宜行う。
3-2　火山灰濃度予測及び確率予測のモデル開発
衛星解析による火山灰プロダクトを気象庁移流拡散モデルの初期値に用いて、浮遊火山灰の濃度予測技術を開発する。また、気象庁数値予報モデルによるアンサンブル予報を移流拡散モデルの入力値に用いて、浮遊火山灰の確率予測技術を開発する。さらに噴火の規模によらず、大規模噴火に対しても浮遊火山灰及び降灰予測が可能なように、風の影響や傘型噴煙を考慮した新しい噴煙モデル及び移流拡散モデルの開発・改良を行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要
1-1 多項目データの整理・解析に基づく監視・評価技術の高度化
多項目の観測・解析データを整理しデータベースを構築するための設計及び環境整備を行った。データベース構築の基礎としてVOISのデータベースファイルを準備しデータベースへ登録した。また、近年、活動に変化のあった一部の火山について、追加データを収集しデータベースへ登録した。これにより、次年度から進める過去事例検索・閲覧システム及び確率的評価手法の開発準備が完了した。
伊豆大島のGNSS連続観測データの特徴を説明する圧力源モデルを、地形を考慮した地殻変動計算手法を適用して求めた。フォワード計算により三原山やカルデラ内の地殻変動データの特徴をシル状圧力源で説明できることがわかった。また、1986年割れ目噴火に伴う岩脈貫入の時間発展と傾斜データの対応を検証した。先行研究の貫入モデルに基づく時間発展（上昇・水平方向伸展）で特徴的な傾斜変化が説明可能であると示し、割れ目噴火の監視視点構築に貢献する知見を得た。
1-2 監視データ解析処理技術の開発
GNSSキネマティック解析システムにおいて、マルチGNSS化及びultra-rapid精密暦導入の効果について調査した。その結果、マルチGNSS化により精度が大きく向上することが判明したため、解析システムに導入した。震動データ自動処理手法の開発として、PF法等の開発環境を構築した。伊豆大島での群発地震時のデータにPF法の試行を行い、地震が多発する時間帯では、イベントの検知率が下がることなどの課題を抽出した。アトサヌプリ火山及び霧島硫黄山において干渉SAR時系列解析を実施し、GNSS観測と調和的な地殻変動時系列を得た。
2-1　熱水系卓越型火山の活動評価技術の高度化
熱水系が発達する火山において火山ガスや熱水を採取・分析した。草津白根山（白根山）では火山ガスを分析し、5月から7月にかけHe/CO2比が増加したことなどから浅部熱水系に対するマグマ起源成分の流量がこの期間一時的に増加したことを捉えた。霧島山では硫黄山周辺の熱水を分析し、4月以降に熱水系に対するマグマ成分の比率の増加を示唆する化学組成（Cl/SO4比）の顕著な増減を捉えた。
採取した火山ガスのCO2分析を効率化するため、従来よりも簡便･迅速に扱うことができる分析器材

および手順を開発し、国際誌で公表した。
2-2　マグマ噴火卓越型火山のマグマ活動監視技術の高度化
　二酸化硫黄放出率モニタリング手法の構築へ向け、二酸化硫黄カラム濃度計測装置（以下、装置と呼ぶ）のオーバーホール等、テレメータ仕様への改装準備を進めた。また、軽量・小型化の現地収録型測器の開発に着手した。この装置を用いた令和７年度以降に実施する観測準備のため、阿蘇山において地点選定を行った。
阿蘇中岳近傍における現地収録型での試験観測のデータを用いた、準定常ガス拡散モデル（30分大気解析GPVを使用）による二酸化硫黄放出率値と機動観測で得られるそれとの差異に関して、精度評価の手法を検討し、風速による階級区分が信頼度指標として有用であることを示した。
　準リアルタイムで取得した阿蘇山の二酸化硫黄放出率は、機動観測より高頻度でデータを得ることに成功している。そこで、阿蘇山の火山活動の推移と二酸化硫黄放出率の関係について精査するため、マグマ活動の盛衰を示唆するSO2/H2S比及び地震・地殻変動などの多項目の物理・化学観測との比較検討を進めた。
　極軌道衛星が取得した二酸化硫黄分布データを用い、わが国の火山地域の二酸化硫黄放出分布の定常的な場を明らかにした。気象モデルから得られる３次元風速場を利用した火口を起点とする前方流跡線解析と、極軌道衛星が取得した二酸化硫黄分布データを組み合わせて二酸化硫黄放出率を推定する方法を試み、先行して開発された後方流跡線解析による方法で推定された時間変化と整合的な結果を得た。
3-1 気象衛星・レーダー等による噴火現象の解析
　ひまわり8号の観測でこれまで水・氷雲と区別できずに火山灰判定で見逃されてきた、バンド13とバンド14の輝度温度差が正になる火山灰雲の領域について原因を調査した。その特性を火山灰雲の衛星解析（OVAA）に組み込むことで、水・氷雲とは区別される火山灰領域として判定し解析できるようになった。
　2024年に桜島で発生した噴火のうち、雲のため噴煙高度が確定しなかった7事例について、二重偏波気象レーダー（種子島）による解析を行った。噴煙エコーを検出できたのは8月6日21時37分の爆発的噴火の1事例のみで、監視カメラでは火口上800mで雲に入った噴煙の高さは，種子島レーダーでは2800mと推測された。
3-2 火山灰濃度予測及び確率予測のモデル開発
　気象庁全球アンサンブル予報値を移流拡散モデル（JMA-ATM）に入力する浮遊火山灰の確率予測の開発に着手した。スプレッドを考慮するとアンサンブル予測の方が見逃しは少なくなるが、メンバー数が増えるほど過大バイアスが大きくなること、確率予測の精度はメンバー数を半分に減らしても大きく変わらないが、さらに1/3にすると低下することを確認した。
　噴煙モデル（NIKS-1D）に、密度中立高度における周囲の風と噴煙内部の圧力の競合を考慮することで傘型噴煙の判別を行う仕組みを導入した。日本を含む中緯度帯では、噴煙形状は季節依存が顕著で、夏季は傘型噴煙になりやすいことを明らかにした。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Yaguchi, M., and T. Ohba, 2024: Development of a new device for CO2 microdiffusion analysis of fluid samples from volcanic areas without using a fixative. Earth, Planets and Space, 76, 144.,査読有

Numanami, N, T. Ohba, and M. Yaguchi, 2024: Principal component analysis for the elemental composition of sedimentary sands in the Hayakawa River of Hakone Caldera, Japan. Geochemical Journal, 58, 155-168.,査読有

沼波望, 大場武, 谷口無我, 2025: 箱根火山の河川水と温泉水の統計的手法による 火山活動評価. 東海大学理学部紀要, 60. (in press),査読無

安部祐希, 板寺一洋, 高木朗充, 長岡優, 難波あゆみ, 二宮良太, 外山浩太郎, 栗原亮, 2024: 箱根火山大涌谷における二酸化硫黄放出率 ~2024年6月までの推移~. 神奈川県温泉地学研究所報告, 56. (submitted),査読無

高木朗充, 2024: 衛星から見積もられた日本の火山周辺の二酸化硫黄分布. 月刊地球, 46, 483-490.,査読無

Ishii, K. and Y. Iriyama, 2024, Do seasonality and latitude dictate the formation of strong or weak volcanic eruption plumes? Geophys. Res. Lett., 51, e2023GL106674, doi:10.1029/2023GL106674.,査読有

・学会・シンポジウム等での発表

高木朗充, 為栗健 ,井口正人 ,森俊哉 ,宗包浩志 ,下司信夫 ,橋本武志 ,碓井勇二 ,相澤幸治, 火山活動評価研究の現状と今後の展望, 令和6年度 京都大学防災研究所 研究発表講演会, 2025年2月, 宇治市

高木朗充, 火山活動評価研究のレビュー, 令和6年度京都大学防災研究所共同利用一般研究集会2024WS-06「火山活動評価研究の現状と今後の展望」, 2024年11月, 鹿児島県鹿児島市

奥山哲, 安藤忍, 新堀敏基, 鬼澤真也, 気象庁数値気象モデルを用いたGNSS対流圏遅延補正の精度評価, 日本測地学会第142回講演会, 2024年10月, 呉市

岡田純, 丹原裕, 田中裕隆, 近内雪乃, 山村卓也, 宮川祐司, 大石雅之, 山本希, 出町知嗣, 三浦哲, 26年ぶりに再開した岩手山の2024年マグマ活動, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市

奥山哲, 安藤忍, 新堀敏基, 鬼澤真也, 気象庁数値気象モデルを用いたGNSS対流圏遅延補正の精度評価, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市

鬼澤真也, 長山泰淳, 青山　裕, 北海道駒ヶ岳の3次元速度構造に対する震源分布と地震活動, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市

成田冴理, 鬼澤真也, 川口亮平, 1986年伊豆大島山腹割れ目噴火前後の傾斜変動の再解析, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市

鬼澤真也, 伊豆大島の火山活動評価に向けた概念モデルの構築, 日本地球惑星科学連合2024年大会, 2024年5月, 千葉県千葉市&オンライン

奥山哲, ALOS-2/PALSAR-2から得られたアトサヌプリ周辺の地殻変動, 日本地球惑星科学連合2024年大会, 2024年5月, 千葉県千葉市&オンライン

川口亮平, 鬼澤真也, 成田冴理, 安藤忍, 火山の地形を考慮した地殻変動計算手法による伊豆大島の地殻変動源解析, 日本地球惑星科学連合2024年大会, 2024年5月, 千葉県千葉市&オンライン

安藤忍, 鬼澤真也, 成田冴理, 伊豆大島におけるUAVを用いた熱赤外観測3, JpGU meeting 2024, 2024年5月, 千葉県千葉市&オンライン

Sumino, H., M. Nagai, and M. Yaguchi, Helium and carbon isotope ratios of fumarolic gases from Iwojima volcano, Izu-Ogasawara arc, Japan revisited: Significant contribution of subducted volatiles?, JpGU meeting 2024, 2024年5月, 千葉県千葉市

高木朗充, 噴気ガス成分比から見た吾妻山の火山活動, 災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第3次）「熱水系が発達した火山における火山活動活発化事象のモデル化と活動度評価」研究集会（令和6年度）, 2025年1月, 札幌市

関香織, 丸岡照幸, 篠原宏志, 谷口無我, 大場武, 田町勇気, えびの高原硫黄山の火山ガス・温泉水の硫黄同位体比, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市

森健彦, 入山宙, 関香織, 河波俊和, 岩本征大, 井上秀穂, 西正儀, 阿蘇火山における二酸化硫黄放出率の

準連続観測　～その3～, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市

藤原季路, 寺田暁彦, 谷口無我, 草津白根山における浅部熱水系の時間変化 －数値モデルによる湯釜火口湖の解析と示唆－, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市

谷口無我, 大場武, 火山ガスCO2の微量拡散分析器具の改良, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市

高木朗充, 阿部優大, 作野魁, 菅野舜, 谷口無我, 岡田純, マルチガス観測解析技術による吾妻山の火山活動, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市

大場武, 谷口無我, 沼波望, 豊島誠也, 寺田暁彦, 草津白根山における火山ガス組成と地震頻度の相関, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市

福島菜奈絵, 角野浩史, 大場武, 谷口無我, 松島健, 安田裕紀, 小長谷智哉, 外山浩太郎, 霧島火山群におけるヘリウム同位体比の時空間分布, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市

橋本明弘, 高木朗充, 新堀敏基, 衛星観測と前方流跡線解析による二酸化硫黄放出率推定 その２, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市

Ishimoto, H., M. Hayashi, and K. Ishii, 2024, Volcanic ash monitoring and analysis system using multiple satellite observation data, International Radiation Symposium, 16305.

石元裕史・新堀敏基・石井憲介・林　昌宏,　2024, SPLIT輝度温度差が正になる火山灰雲, 日本気象学会, C462.

新堀敏基・石井憲介・古川大誠・林　洋介, 2024, アンサンブル予報値を入力した移流拡散モデルによる火山灰輸送の確率予測, 日本地球惑星科学連合大会, AAS08-P09.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

1-1 多項目データの整理・解析に基づく監視・評価技術の高度化

近年、活動に変化のあった一部の火山を対象として、多項目の観測・解析データを整理し、データベースの構築を継続するとともに、過去事例検索・閲覧システムの開発を進める。また、データベースの大規模データを基に、数理統計学的な解析による確率的評価手法の開発に着手する。

1-2 監視データ解析処理技術の開発

地殻変動データ、振動データの自動・迅速処理手法の開発のため、GNSSキネマティック解析システムや、地殻変動源推定手法、PF法等の開発に取り組む。干渉SAR解析について精度向上のための技術開発を実施するとともに、時系列解析について調査する。また、自動・迅速処理手法の開発や監視・評価の高度化に資するために、伊豆大島にて地殻変動等の観測を実施する。

2-1　熱水系卓越型火山の活動評価技術の高度化

熱水系卓越型火山における火山性異常や水蒸気噴火発生機構を検討するために、吾妻山・箱根山・草津白根山・御嶽山等において火山ガスや熱水の化学組成や安定同位体比を分析・観測し、熱水系の構造推定や活動推移を把握する。

熱水系に含まれるマグマ成分の相対的な多寡を迅速に推定するために着目すべき化学種や観測項目の調査･選定を進め、それらを選択的に分析する機器や分析条件等を検討する。

2-2　マグマ噴火卓越型火山のマグマ活動監視技術の高度化

令和6年度にオーバーホールを実施した二酸化硫黄カラム濃度計測装置に対して、テレメータ化への改装を実施するとともに、これまでの観測による機器劣化に対応するため、一部で測器の交換作業を実施する。また、テレメータの試験観測へ向け、通信及びサーバ環境の構築を進めるとともに、テレメータ観測に適した二酸化硫黄放出率の定量技術の改良を進めていく。

オーバーホールで交換した装置の一部を再利用した、軽量・小型化された現地収録型測器を用いた試験観測を行う。この試験観測は、また、令和8年度から実施するテレメータの試験観測に先立つ観測点調査もかねて、阿蘇山において実施する。

極軌道衛星が取得した二酸化硫黄分布データに対して、気象庁局地解析値を用いた後方追跡計算により、日々の二酸化硫黄放出率を算出する手法開発を進める。

3-1　気象衛星・レーダー等による噴火現象の解析

気象衛星ひまわりで観測された衛星データによる火山灰雲解析を継続し、また解析手法の見直しと改良を行う。その結果をもとに火山灰濃度予測に有効な初期値を作成する。

二重偏波気象レーダーを用いて、特に水物質の関与の大きい曇天時等の噴火検知状況の調査を引き続き行う。

3-2　火山灰濃度予測及び確率予測のモデル開発

気象庁メソモデルのアンサンブル予報を用いて、降灰の確率予測の開発を行う。

新しい噴煙モデル（NIKS-1D）の開発・改良を進め、パラメータの調整を行い、実事例を用いてその再現性について評価・確認を行う。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

中村浩二（気象研究所火山研究部）,鬼澤真也（気象研究所火山研究部第一研究室）,新堀敏基（気象研究所火山研究部第二研究室）,坂井孝行（気象研究所火山研究部第三研究室）

他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：気象研究所企画室
電話：
e-mail：ngmn11ts@mri-jma.go.jp
URL：http://www.mri-jma.go.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：中村浩二
所属：気象研究所火山研究部

令和６年度年次報告

課題番号：JMA_02

（1）実施機関名：

気象庁

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）電磁気による火山活動評価の高度化に向けた調査
（英文）

（3）関連の深い建議の項目：

２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）

（4）その他関連する建議の項目：

（5）本課題の５か年の到達目標：

火山体浅部熱水系の状態変化に起因する熱磁気効果を背景として、地磁気観測は主に水蒸気噴火の発生予測に貢献することが期待されている。気象庁では、平成26年御嶽山噴火災害を契機に翌年から水蒸気噴火の前兆を早期に捉えるための新たな観測手法のひとつとして地磁気観測に着目するとともに、その他の多項目観測データの統合解析による火山活動評価手法の高度化に取り組んでいる。電磁気観測に基づく火山活動の監視および評価手法の高度化に係る技術開発に取り組むことにより、火山防災へ寄与することを目的とする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

全磁力を用いた火山の熱源位置推定について、観測値を説明する最適な熱源位置の解を得るために、先験的情報を統合した逆推定を取り入れた熱源位置推定手法を開発する。伊豆大島の全磁力連続観測点について、火山活動監視に効果的な観測点配置の検討を本格的に進め、R8年度計画で機器更新あるいは新設の準備を進める。吾妻山における地磁気３成分繰返し観測の本格運用に向け、絶対観測・GNSS真方位観測の測定精度評価を継続するとともに、高湯参照点３成分変化観測の温度ドリフト低減を実現するための調査を継続する。全磁力観測に現れるDI効果による見掛け変化を補正するために、観測点及び参照点における偏角・伏角を現地で簡便に測定可能な偏角・伏角計の開発を引き続き推進する。リアルタイム火山活動監視へ寄与するために、気象庁地震火山部火山監視情報システムへリアルタイムDI補正した火山全磁力データ（雌阿寒岳・草津白根山・伊豆大島・本庁整備６火山）を地磁気観測所地磁気観測総合処理装置から自動伝送する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

観測値を説明する最適な熱源位置の解を得るために、先験的情報を統合した逆推定を取り入れた熱源位置推定手法の開発を行い、実際の観測データに適用して推定熱源の確率密度を算出した。草津白根山において火山性の全磁力変化をより高精度に検出するために、山麓に全磁力計と温度および傾斜変化を抑えた3成分変化計で構成された参照点を設置した。伊豆大島の全磁力観測点について、火山活動監視に効果的な観測点配置の検討を進め、観測点候補地における観測環境の調査を行った。吾妻山における地磁気３成分繰返し観測の本格運用に向け、絶対観測・GNSS真方位観測の測定精度評価を実施するとともに、高湯参照点３成分変化計収録装置の温度変化を低減させ温度ドリフト低減の効果を調査した。全磁力観測に現れるDI効果による見掛け変化を補正するため、観測点及び参照点における偏角・伏角を現地で簡便に測定可能な偏角・伏角計の開発を進め試作器を作成した。リアルタイム火山活動監視へ寄与するために、リアルタイムDI補正した火山全磁力データ（雌阿寒岳・草津白根山・伊

豆大島・本庁整備６火山）を地磁気観測所地磁気観測総合処理装置から気象庁地震火山部火山監視情報システムへの自動伝送を開始した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

観測データをより高精度に解析するための手法の開発、より高精度な観測データを得るための観測設備、観測手法の調査や観測機器の開発、ノイズ除去を行った観測データの共有等を通じて、火山活動の評価における地磁気観測の有効性向上を図った。引き続き、火山活動監視の高度化に向けた開発を実施する。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

Seiki Asari, Shin Arita, Ryotaro Akimoto, 2024, Continuous observation of the total magnetic intensity for volcanic activity monitoring: a case of the 2022 thermal evolution of Azumayama Volcano, Japan, XXth IAGA Workshop

浅利晴紀, 2025, 雌阿寒岳における全磁力連続観測を用いた熱消磁源の時間発展の評価, 2024年度 Conductivity Anomaly 研究会

笹岡雅宏・浅利晴紀, 2025, 伊豆大島における全磁力観測に係る調査, 2024年度 Conductivity Anomaly 研究会

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

全磁力を用いた火山の熱源位置推定について、観測値を説明する最適な熱源位置の解を得るために、先験的情報を統合した逆推定を取り入れた熱源位置推定手法を発展させる。吾妻山における地磁気３成分繰返し観測の本格運用に向け、絶対観測・GNSS真方位観測の測定精度評価を継続するとともに、高湯参照点３成分変化観測の温度ドリフト低減を実現するための調査を継続する。全磁力観測に現れるDI効果による見掛け変化を補正するために、観測点及び参照点における偏角・伏角を現地で簡便に測定可能な偏角・伏角計の開発を引き続き推進する。リアルタイム火山活動監視へ寄与するために、気象庁地震火山部火山監視情報システムへ共有している火山全磁力データの評価の高度化を図る。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

地磁気観測所技術課,観測課

他機関との共同研究の有無：有

市來雅啓（東北大学大学院理学研究科　地震・噴火予知研究観測センター）,小山崇夫（東京大学 地震研究所 地震火山研究連携センター）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：地磁気観測所総務課
電話：0299-43-1151
e-mail：kakioka@met.kishou.go.jp
URL：http://www.kakioka-jma.go.jp/index.html

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：増子徳道
所属：地磁気観測所技術課

令和６年度年次報告

課題番号：JMA_03

（1）実施機関名：

気象庁

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地震動・津波即時予測の高度化に関する研究

（英文）Research on advancement of early warnings of ground motion and tsunami

（3）関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(2) 地震の災害誘因の即時予測手法の高度化（重点研究）

ア. 地震動の即時予測手法

イ. 津波の即時予測手法

（4）その他関連する建議の項目：

（5）本課題の５か年の到達目標：

地震動即時予測について、震源位置やマグニチュードによらずに行う震度予測手法の改善を進め、精度向上、迅速性・堅牢性を向上させる。そのため、新たな観測データを含めた揺れの分布（波動場）のリアルタイムモニタリング手法の検討を進め、さらに、震度だけでなく、より長周期の揺れを含めた広帯域の揺れの予測に対応する。

地震発生に伴う津波波源からの距離に応じて、波源近傍、波源からやや離れた地域、波源から遠い地域のそれぞれの予測対象について、津波即時予測の手法を効果的に改良する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

地震動(1)　揺れの分布（波動場）の予測手法の高度化

地震のリアルタイムの揺れの分布（波動場）を初期値とした波動伝播計算と地盤増幅特性の補正によって、震度のみならず広帯域の地震動の分布を正確かつ即時的に予測する手法を開発する。より猶予時間が長く、精度の高い地震動即時予測が可能となるよう、不均質な地震波減衰特性を波動伝播計算に取り込む技術開発を行う。

地震動(2)　揺れの分布（波動場）のリアルタイムモニタリング手法の高度化

地震動(1)を達成するため、周波数依存性を持つ地盤増幅特性の推定とそのリアルタイム補正、観測点での地震波形の時系列の特徴に基づいた地震波伝播の推定等により、幅広い帯域における地震動の分布とその伝播の様子を即時的に把握する技術開発を行う。

津波(1)　波源近傍の津波予測

地震発生に伴う津波発生場の性質の把握を通じて事前津波予測データベースの改善点を見出し、発生直後で津波の観測値がほとんど得られない段階で予測する必要がある波源近傍の即時予測手法を改良する。

津波(2)　波源からやや離れた地域の津波予測

地震発生から津波到達までの間に沖合で観測されるデータの活用技術を高め、津波波源からやや離れていて発生から到達までの時間がやや長い地域での津波の即時予測手法を改良する。

津波(3)　波源から遠い地域の津波予測

津波伝播計算において、非線形性を表現する計算手法の改良を進めるとともに、計算結果の品質を診断する手法の開発を行い、地震発生に伴う津波波源から遠い地域の津波の予測手法を改良する。

また、津波伝播計算手法の改良成果によって、津波予測データベース及び沖合で観測されるデータを活用した即時予測手法における波源近傍等の簡便な沿岸波高の予測手法と、津波の時間的推移の予測手法の改良も図る。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

令和6年度について計画通り実施した。

S波より早く到達するP波を利用する仕組みをPLUM法に組み込んでPLUM法の迅速性を向上させる研究について、従来はP波検知をした後でP波相当の上下動リアルタイム震度からS波相当の震度の予測を行っていたが、P波検出処理を経ずにS波相当の震度を常時予測する手法を開発した。P波検出処理のスキップは実用化を図るうえで有利であり、手法の精緻化や予測精度の検証を進めた。

緊急地震速報に用いられているリアルタイム震度は、加速度型地震計の波形をフィルタ処理してから得るところ、速度型地震計による波形からリアルタイム震度が得られるフィルタを開発した。

観測点の品質管理の自動化を目的として、事前にデータベースを用意しなくとも地震や特徴的ノイズなどを自動で分類・抽出する教師なし機械学習の手法開発を進めた。それを応用することで、複数観測点の結果を組合わせて連続波形からテクトニック微動等を自動的に識別する試みにつながった。

地震動エネルギー分布の伝播シミュレーションに基づいた地震動即時予測の応用として、観測値から算出した地震動エンベロープを同化しつつ時間を逆転させた伝播を行うことにより、平成28年熊本地震を例に、震央周辺の面的な地震動分布を一定程度再現できることを論文に著した。

2016年の福島県沖の地震は、津波データベースが想定とは断層タイプ・走向等が異なり、感度調査からこのうち走向の違いが宮城県での津波の高さを過小評価した主な原因だと判定できる。このため、想定地震断層を追加して津波伝播計算し、その結果を津波データベースに追加収録を行ったが、その技術的背景を整理した。

2016年の福島県沖の地震津波について、沖合水圧計観測網の観測データを用いて、津波波源の推定をし、それを用いた沿岸の観測点における津波と比較した。その結果、「津波伝播過程における非線形効果は，沿岸津波波形の第一波部分では無視できる」という従来の仮定が大きく破綻する場合があることを明らかにした

2024年1月1日の能登半島地震について、日本海沿岸で観測された津波の到達時刻から逆算した津波波源域の推定結果から、能登半島を含む波源域は長さ約100 kmにわたって能登半島の東北東方向の沖合まで及ぶこと、富山検潮所の早い津波到達時刻を説明するためには富山湾内にも波源が存在した可能性を考える必要があることがわかった。

2024年1月1日の能登半島地震について、富山湾沿岸に注目して実施した津波現地調査結果の概要を整理した。気象庁機動調査班が実施した現地調査成果と同じ方法で整理し、結果をあわせて公表した。

2024年1月1日の能登半島地震について、富山湾沿岸にある放送局所有のライブカメラの映像を解析し、検潮所以外の海岸での水位時系列データの抽出に成功した。ライブカメラがリアルタイム津波観測のための機器として活用できうることを示した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

2024年1月1日の能登半島地震に関する研究成果について、令和6年1月～2月の地震調査研究推進本部地震調査委員会における能登半島地震の評価に活用された他、富山県高岡市伏木沖にも津波波源がある可能性を指摘したことについては、それを踏まえ海上保安庁による海底地形調査が実施され伏木沖の海底で海底谷の斜面崩壊が確認された。

今期は、観測データの新たな利用の仕方や不確実性をもたらし得る要因を示す等に貢献する成果を得た。気象庁の緊急地震速報や津波警報等の情報の予測精度や迅速性の向上に資する成果に進展があり、これら情報の高度化を通じて災害の軽減に貢献していく。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

青木元・南雅晃・対馬弘晃・中田健嗣・桑山辰夫・山田安之・笹部忠司・大嶋健嗣, 2024, カメラ映像を用いた令和６年能登半島地震の輪島港における津波波形の推定, 地震 2, 77, 23-29, doi: 10.4294/zisin.2024-3,査読有

Hayashi, Y., M. Kiyomoto, G. Tange, K. Noguchi, S. Harada and Y. Nishimae, 2024, Modification of the Precomputed Tsunami Database for Real-time Tsunami Forecasting by JMA: Response to the 2016 off Fukushima Earthquake by the Unexpected Mechanism, Journal of JSCE, 12(2), 24-17054, doi: 10.2208/journalofjsce.24-17054,査読有

南雅晃・対馬弘晃・林豊,2024,ライブカメラ映像から抽出した2024年能登半島地震の津波時系列データ, 土木学会論文集B2（海岸工学）, 80, 17, doi: 10.2208/jscejj.24-17075,査読有

小木曽仁, 2024, 地震動エネルギーの逆伝播を用いた面的震度分布の事後推定, 日本地震工学会論文集, 24, 108-118, doi: 10.5610/jaee.24.5_108,査読有

・学会・シンポジウム等での発表

馬場俊孝・佐竹健治・P. Cummins・S. Allgeyer・齊藤竜彦・対馬弘晃・今井健太郎・山下啓・近貞直孝・南雅晃・水谷歩・加藤季広, 2024, 高性能・多機能津波計算コードJAGURSの開発, 日本地震学会2024年度秋季大会, S20-09

林豊・南雅晃・対馬弘晃・中田健嗣, 2024, 富山湾沿岸で測定した2024年能登半島地震による津波, 日本地球惑星科学連合2024年大会, U15-P74

Hayashi, Y., M. Kiyomoto, G. Tange, K. Noguchi, S. Harada and Y. Nishimae, 2024, Modification of the Precomputed Tsunami Database for JMA's Real-time Tsunami Forecast in Response to the 2016 off Fukushima Earthquake, 14th United States-Japan Natural Resources (UJNR) Panel for Earthquake Research, O-25

Hayashi, Y., M. Kiyomoto, G. Tange, K. Noguchi, S. Harada and Y. Nishimae, 2024, Modification of the pre-computed tsunami database for real-time tsunami forecasting by the JMA: Response to the 2016 off-Fukushima earthquake by the unexpected mechanism, 第71回海岸工学講演会, 54

干場充之, 2024, 速度計波形から震度をリアルタイム演算するフィルターの設計について, 日本地震学会2024年度秋季大会, S15P-17

干場充之, 2025, 速度計波形から計測震度をリアルタイム演算するフィルタの設計について, 次世代のリアルタイム監視予測システムの探求：固体地球科学における即時解析・即時予測・情報利活用, 15

Kodera, Y., 2024, A machine learning-based classification for tectonic tremors, International Joint Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes 2024, P148

小寺祐貴, 2024, 地震動伝播に基づく実践的な地震動即時手法の開発とその実装, 日本地震学会2024年度秋季大会, S20-07

小寺祐貴, 2024, 上下動リアルタイム震度の常時モニタリング：波動伝播に基づく地震動即時予測の迅速化に向けて, 日本地震学会2024年度秋季大会, S15P-13

小寺祐貴, 2024, P波検出処理をせずにP波を地震動即時予測に活用する：P波PLUM法の検討, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SCG53-P02

小寺祐貴, 2025, よりロバストなP波PLUM法の検討：上下動リアルタイム震度の常時モニタリング, 次世代のリアルタイム監視予測システムの探求：固体地球科学における即時解析・即時予測・情報利活用, 18

Kodera, Y., 2024, P-wave-based earthquake early warning without P-wave detection: Investigation of a P-wave-based PLUM algorithm, 14th United States-Japan Natural Resources

(UJNR) Panel for Earthquake Research, O-31

南雅晃・青木元・対馬弘晃・林豊・中田健嗣・桑山辰夫・山田安之・笹部忠司・大嶋健嗣, 2024, ライブカメラ映像から抽出した2024年能登半島地震の津波時系列データ ～輪島港と富山湾沿岸, 日本地震学会2024年度秋季大会, S22P-18

南雅晃・林豊・対馬弘晃, 2024, ライブカメラ映像から抽出した2024年能登半島地震の高岡市雨晴海岸における津波時系列データ, 日本地球惑星科学連合2024年大会, HDS11-11

南雅晃・対馬弘晃・林豊,2024,ライブカメラ映像から抽出した2024年能登半島地震の津波時系列データ, 第71回海岸工学講演会, 75

小木曽仁・対馬弘晃, 2024, Feasibility study of wave gradiometry for real-time monitoring of tsunamis, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SCG53-P06

対馬弘晃・林豊・山本剛靖, 2024, 沖合津波波形で拘束した津波波源を用いた沿岸津波波形逆解析の評価, 日本地震学会2024年度秋季大会, S17P-09

対馬弘晃・久保田達矢・齊藤竜彦, 2025, 海底水圧波形の逆解析に基づく津波即時予測手法の改良, 次世代のリアルタイム監視予測システムの探求：固体地球科学における即時解析・即時予測・情報利活用, 19

対馬弘晃・久保田達矢・齊藤竜彦, 2024, 震源域の海底水圧記録の津波・海底永久変位・長周期地震波を活用したリアルタイム津波波源推定, 日本地震学会2024年度秋季大会, S17-12

対馬弘晃・久保田達矢・齊藤竜彦, 2024, 震源域の海底水圧記録の津波・海底永久変位・長周期地震波を活用したリアルタイム津波波源推定手法の開発, 第14回巨大津波災害に関する合同研究集会, 1

対馬弘晃・久保田達矢・齊藤竜彦, 2024, 震源域の海底水圧記録の津波・海底永久変位・長周期地震波を活用したリアルタイム津波波源推定手法の構築, 大気・海洋・固体地球の波形解剖学：新たな海陸高密度観測に基づく高分解能イメージングと震源過程解析, S24-04

対馬弘晃・南雅晃・林豊, 2024, 沿岸津波観測記録から推定した2024年1月1日の能登半島の地震における津波の波源域, 日本地球惑星科学連合2024年大会, HDS11-12

(9) 令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

(10) 令和７年度実施計画の概要：

即時予測のための機械学習やアレイ解析手法の適用による揺れの特徴をとらえたリアルタイムモニタリング手法、不均質な地下構造の推定とそれらの即時予測への反映方法、合わせてそれらが広帯域な揺れに適用可能かの調査等を通じてPLUM法的な長周期地震動予測の実現可能性、について引き続き検討を進める。
発生状況について得られる情報がごく限られる発生直後で段階において、津波波源分布の推定の不確定性が沿岸での津波の予測に及ぼす影響について検討する。
沖合の観測データを逐次的に活用して津波波源分布や波動場を推定する手法の課題について検討する。

津波数値計算における非線形性の表現を向上させるための計算手法の課題を、日本海で発生する津波を重点的に検討する。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

気象研究所地震津波研究部
他機関との共同研究の有無：無

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：気象研究所企画室

電話：
e-mail：ngmn11ts@mri-jma.go.jp
URL：https://www.mri-jma.go.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：西宮隆仁
所属：気象研究所地震津波研究部

令和６年度年次報告

課題番号：JMA_04

（1）実施機関名：

気象庁

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地震活動・地殻変動監視の高度化に関する研究
（英文）Studies on advancing the monitoring seismic activities and crustal movements

（3）関連の深い建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(3) 千島海溝沿いの巨大地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

発生した地震の地震像を即時把握するデータ処理技術を改良する。
南海トラフ沿いをはじめとするプレート境界における固着状況変化の把握精度を向上し、地震発生シナリオを構築する。
地殻内のひずみ速度と地震活動との関係性を明らかにする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

地震の震源決定について、機械学習を利用した地震波形の識別能力向上等により自動震源の震源精度を向上させる。南海トラフ域の超低周波地震の検出手法の開発を進めるとともに、浅部低周波微動の検出精度を高める。さらに他の海域を監視対象とするための技術開発を進める。近地地震波形を用いた即時震源過程解析手法の改良を進める。

南海トラフ沿いのプレート境界でのすべり分布の時間変化をモニタリングする手法を開発する。測地データに基づく地殻内のひずみ速度の推定などにより、地殻変動と地震活動との関係などを考察する。統計モデルによる地震活動の異常度の評価手法を改良する。地震発生モデルでより小規模なスロースリップの再現に向けモデルの改善を図る。応力蓄積に基づくプレート境界地震の地震シナリオを構築する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

研究背景としての「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第２次）」における本課題の研究成果

・地震活動・地殻変動監視手法に関する技術開発（スロースリップの客観的検知手法の改良、大地震発生後の余効変動除去手法開発、ひずみ・傾斜・GNSSの統合インバージョン手法開発、DONETを用いた浅部低周波地震（微動）検出プログラムの開発や、機械学習を併用した自動震源決定など）の進展
・DAS（分布型音響センシング）の振幅再現性について、加振器を使った調査の進展

・地殻活動に関する統合的指標構築に向けた調査（複数の地震活動に関する指標を統合して統計的に異常度を評価・地震活動状態の変化を定量的に監視する手法、GNSSデータから格子化ひずみ速度場を計算し、大きなひずみ速度を示した地域や時期を抽出するなどの調査）が進展。
・地震発生シミュレーションについて、短期的スロースリップの再現に向け、メッシュの細分化、計算の高速化に着手。
・エネルギー収支を考慮した地震発生シナリオ構築の手法を提案し、南海トラフ沿いで発生するプレート境界地震に適用。
・地震活動に関し、前兆的群発地震活動に基づく地震予測手法によって明らかにされた前震活動の特徴、能登半島における群発地震活動と潮汐との関係、豊後水道の深部微動と潮汐との関係などの研究が進展。

今年度の成果の概要

・深層学習を用いた地震波形の初動極性分類の試行を行った。評価指標はいずれも9割程度の良好な結果を示した。
・地震波形から位相分類、到達時刻、震央距離、震源の深さ・Mの推定を行う深層学習モデルを構築した
・近地地震波形を用いた震源過程解析の自動化のため、現行解析では手動で設定している複数のパラメータについて、速報解析値から自動的に設定できるよう現行解析に基づいた経験式を求めた。
・M7以上の地震前後の地震計速度連続波形にPhaseNet（Naoi et al. 2024）を適用し、局所的な地震を1点検知し、大地震直後の地震波通過に伴う一時的な応力変化によって発生する動的誘発地震の検知を行った。これにより、有意な地震の活性化が繰り返し見られる観測点を抽出することができた。
・2016年熊本地震の表面波到達前後の波形をPhaseNetにより検測し、有意な地震活動の活性化が見られる観測点を、目視での結果(Enescu et al., 2016)と比較した結果、先行研究で目視で動的誘発地震が観測された観測点の分布と、自動検知によるβ値が高まった観測点の分布がよく似ていることが分かった。
・2023年1月1日から2024年能登半島地震（M7.6）発生時までの地震データについて地震活動と潮汐との関係を調査した結果、2023年5月5日の地震（M6.5）前、2024年1月1日の地震（M7.6）前の地震活動に潮汐相関は認められなかった。解析した主な地震活動域である北部クラスタの浅部の断層強度は、2022年以前と同様に潮汐応力が断層に影響を及ぼせるほどは低下していなかったと考えられる。
・豊後水道の深部低周波微動と潮汐との関係を調査し、特に浅部側の領域の深部微動は、潮汐せん断応力やΔCFF(0.1)が大きいほど発生しやすいことが分かった。また、潮汐感度は長期的ゆっくりすべり発生期の方が大きいことが分かった。これは断層弱化を反映しているものと考えられる。
・大地震発生後の余効変動の逐次推定・除去処理（小林 2023）について、2024年8月8日に発生した日向灘の地震に適用し、その有効性を検証した。地震発生から1か月程度の時点で、余効変動がGNSS日値を用いた非定常変位の検知に与える影響は小さかった。また、同様の手法をGNSSの迅速解に適用していくことも検討し、地震発生直後の解析を行う上での問題点についても検証を行った。
・地震発生シミュレーションにおいて、速度・状態依存摩擦構成則の発展則にカットオフ時間を導入した平面モデル及び３次元モデルについて、観測結果と整合的な短期的SSEを発生させるためのパラメータを検討した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Naoi, M., Tamaribuchi, K., Shimojo, K., Katoh, S., and S. Ohyanagi , 2024: Neural phase picker trained on the Japan meteorological agency unified earthquake catalog. Earth, Planets and Space, 76, 150, https://doi.org/10.1186/s40623-024-02091-8,査読有

気象研究所, 2024: 全国 GNSS 観測点のプレート沈み込み方向の位置変化. 地震予知連絡会会報, 112, 19-23,査読無

気象研究所, 2024: 南海トラフ沿いの長期的スロースリップの客観検知. 地震予知連絡会会報, 112,

354-356,査読無

気象研究所, 2024: 内陸部の地震空白域における地殻変動連続観測. 地震予知連絡会会報, 112, 374-377,査読無

田中昌之, 2024: 中規模繰り返し相似地震の発生状況と発生確率（2024). 地震予知連絡会会報, 112, 504-509,査読無

・学会・シンポジウム等での発表

弘瀬冬樹, 溜渕功史, 小林昭夫, 2024, 石川県能登地方の群発地震と潮汐との関係：2023年～2024年1月1日M7.6, JpGU meeting 2024, 2024年5月

勝間田明男, 宮岡一樹, 露木貴裕, 板場 智史, 田中 昌之, 伊藤 武男, 高森 昭光, 新谷 昌人, Temporal slip slip increases during short-term SSE, JpGU meeting

勝間田明男, 宮岡一樹, 露木貴裕, 板場 智史, 田中 昌之, 伊藤 武男, 高森 昭光, 新谷 昌人, 短期的スロースリップにおけるひずみ変化と微動活動の相関, 日本地震学会2024年度秋季大会

中村雅基, 深層学習モデルによる震源直上に観測網がない場合の震源深さ推定, 次世代のリアルタイム監視予測システムの探求：固体地球科学における即時解析・即時予測・情報利活用

西宮隆仁, 様々な断層面モデルを仮定した令和６年能登半島地震の震源過程解析, 日本地球惑星科学連合2024年大会

西宮隆仁, 複数の断層モデルを設定して行った令和6年能登半島地震の近地震源過程解析, 震源インバージョンワークショップ ～多様なデータと解析手法で明らかにする「ほんとうの」震源像～, 2024年7月, 東京都文京区

小木曽仁, 地震波振幅を用いた相対震源決定法による地震活動の早期把握, 日本地震学会2024年度秋季大会

Panayotopoulos, Y., H. Baba, and T. Nishimiya, Evidence of a shear zone inside the Philippine Sea plate slab in Suruga Bay, provided by long term OBS observations., 日本地球惑星科学連合2024年大会, 2024年5月

Shimojo, K., Detection of dynamically-triggered earthquakes using CNN for seismic phase discrimination, 14th United States-Japan Natural Resources (UJNR) Panel for Earthquake Research, 2024年9月, 小田原市

下條賢梧, 位相検知用CNNモデルを用いた動的誘発地震の検知, 日本地震学会2024年度秋季大会, 2024年10月

田中昌之, 分布型音響センシング（DAS）を用いた東南海沖ケーブルでの振動観測（２）, 日本地球惑星科学連合2024年大会

田中昌之, 吉田康宏, 東南海沖ケーブルでのDAS観測で見られる特徴, 日本地震学会2024年度秋季大会

露木貴裕, 小林昭夫, 大地震発生後に地殻変動監視を継続するための余効変動除去手法について の検証: 2024年8月8日日向灘の地震発生後の事例, 日本地震学会2024年度秋季大会, 2024年10月

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：地震：地殻変動：ひずみ計観測
概要：石井式三成分ひずみ計の常時観測を行った
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：福井敦賀市山泉 35.6178 136.0700
調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定
公開状況：公開中（データベース・データリポジトリ・Web）

https://crust-db.sci.hokudai.ac.jp/db/login.php

（10）令和７年度実施計画の概要：

機械学習等を活用して観測データから地震を識別・検出する技術の改良を進める。近地地震波形を用いた震源過程解析の迅速化手法の開発を継続する。

南海トラフ沿いのプレート境界の固着状況変化の把握精度を向上させるための手法開発を進める。また、地殻活動を評価する指標を開発することを念頭に、地殻内のひずみ速度、非弾性変形場と地震活動との関係性の研究を進める。地震発生の数値モデルを改善する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

気象研究所地震津波研究部
他機関との共同研究の有無：有
東京大学,東海大学,防災科学技術研究所

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：気象研究所企画室
電話：
e-mail：ngmn11ts@mri-jma.go.jp
URL：http://www.mri-jma.go.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：露木貴裕
所属：気象研究所地震津波研究部

令和６年度年次報告

課題番号：JMA_05

（1）実施機関名：

気象庁

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地震観測、地殻変動観測
（英文）Earthquake observation, Crustal deformation observation

（3）関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
ア. 観測基盤の整備

（4）その他関連する建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(2) 首都直下地震
(3) 千島海溝沿いの巨大地震
(4) 内陸で発生する被害地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

地震観測網や地殻変動観測網などの観測基盤の維持、関係機関の地震観測データの一元的処理結果の関係機関への提供を継続する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

津波警報や地震情報等を適切に発表するため全国に展開している地震計及び震度計、東海地域を中心に展開しているひずみ計などの観測を継続するとともに、文部科学省と協力して、大学、防災科学技術研究所、海洋研究開発機構など関係機関の地震観測データを合わせて一元的に処理し、その結果を大学、関係機関に提供することにより、研究の推進に資する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

地震観測網や地殻変動観測網などの観測基盤を維持し、関係機関の地震観測データの一元的処理結果の関係機関への提供を行った。

顕著な地震活動や地殻変動観測結果について、定期・臨時に情報発表・記者会見等を行うとともに、南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会や地震調査委員会において報告を行った。

震源データを日々、更新するとともに、2023年3月までの精査後の震源データ（確定値）を公開した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

地震観測網や地殻変動観測網などの観測基盤の維持、関係機関の地震観測データの一元的処理結果の関係機関への提供を継続して実施するとともに、顕著な地震活動や地殻変動観測結果について、定期・臨時に情報発表・記者会見等を行い、発生した顕著な地震活動に対する初動防災対応に貢献した。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

気象庁, 地震・火山月報（防災編）

気象庁, 地震月報（カタログ編）

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

地震観測網や地殻変動観測網などの観測基盤の維持、関係機関の地震観測データの一元的処理結果の関係機関への提供を継続する。

顕著な地震活動や地殻変動観測結果について、定期・臨時に情報発表・記者会見等を行うとともに、南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会や地震調査委員会において報告を行う。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

気象庁地震火山部,気象庁大阪管区気象台地震火山課

他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：気象庁地震調査連絡係長
電話：03-6758-3900 ex.5114
e-mail：jmajishin_kanrika@met.kishou.go.jp
URL：https://www.jma.go.jp/jma/index.html

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：青木重樹
所属：気象庁地震火山部管理課

令和６年度年次報告

課題番号：JMA_06

（1）実施機関名：

気象庁

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）潮位観測
（英文）

（3）関連の深い建議の項目：

６観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
ア. 観測基盤の整備

（4）その他関連する建議の項目：

（5）本課題の５か年の到達目標：

潮位の連続観測を継続して実施する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

潮位データの伝送を高度化して、障害による欠測を減少させる。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

潮位の連続観測を継続して実施した。
約1/3の地点の観測装置を更新し、経年劣化による欠測のリスクを減らした。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

平時及び災害時に、状況を把握するための資料として活用されており、今後も必要な観測である。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

潮位の連続観測を継続して実施する。
約1/3の地点の観測装置を更新し、経年劣化による欠測のリスクを減少させる。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

気象庁大気海洋部環境・海洋気象課,地震火山部

他機関との共同研究の有無：有
国土交通省（水管理・国土保全局、港湾局）,国土地理院,海上保安庁と連携した潮位データの一元化

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：地震火山部管理課　地震調査連絡係長
電話：03-6758-3900
e-mail：johokan@eqvol2.kishou.go.jp
URL：https://www.jma.go.jp

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：吉田 隆
所属：気象庁大気海洋部環境・海洋気象課

令和６年度年次報告

課題番号：JMA_07

（1）実施機関名：

気象庁

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地磁気精密観測
（英文）

（3）関連の深い建議の項目：

６観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
ア. 観測基盤の整備

（4）その他関連する建議の項目：

６観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
エ. 地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開

（5）本課題の５か年の到達目標：

地球電磁気学的観測による地殻活動及び火山活動の研究に資するため、精密な地磁気データを継続して提供する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

気象庁地磁気観測所では、日本中央部、北日本、南西日本、日本南方の地磁気基準点である柿岡、女満別、鹿屋、父島の４観測点において、数十年～100年スケールにわたり安定した地磁気観測を実施している。引き続き、高精度で安定した磁場データをリアルタイムで提供するとともに、精査・較正した地磁気観測成果を地磁気観測所データベースで公開し、定常観測点のデータを国際的なデータセンターに提供する。

また、印画紙に記録された柿岡、女満別、鹿屋の地磁気アナログデータの高時間分解能デジタルデータへの変換を継続して実施し、過去に遡ってのデータ解析を可能とする。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

柿岡、女満別、鹿屋及び父島での地磁気４成分観測を実施し、陸域、海域での磁気測量をはじめ、大学等による電磁気的観測研究あるいは幾つか提案されている日本域における標準的な全磁力磁場モデルの算出方法の検証・改良を進めるために、高精度の地磁気基準値を提供した。

火山活動起源のシグナルを抽出するために用いられる「参照データとの差を求めて局所的な磁場変動だけを取り出す」という手法に加え、地域によって変化の大きさ、傾向が異なることに対処する上で必要となる地域毎の基準値の観測精度を維持するため、地磁気観測点への車両や建築物等による人工的な磁気擾乱の監視観測を維持し、異常値の検出・補正処理を施した。

地磁気活動の月別概況、Ｋ指数、地磁気現象、及び確定値等の観測資料を地磁気観測所ホームページ上で毎月公表している。これらのデータの引用・追跡を容易にするため、DOI（Digital Object Identifier）を付与しており、以下の地磁気観測所ホームページで確認することができる。

[URL] https://www.kakioka-jma.go.jp/info/kmo_datadoi.html

また、計画に基づき、定常観測点の４地点（柿岡、女満別、鹿屋、父島）に、調査観測点の祓川を加えた５観測点における地磁気４成分連続観測データを、月毎に地磁気観測所データベースに登録、公開するとともに、定常観測点のデータを国際的なデータセンターに提供した。

今年度の地磁気アナログ記録のデジタルデータ化は、女満別（1960～61年）、鹿屋（1961年）の地磁気アナログ記録をデジタル画像化したほか、女満別・鹿屋（1966年）のデジタル画像を高時間分解能のデジタルデータへ変換した。これらのデータについて、年度内にデータベースに登録・公開予定である。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

長期的に安定した高精度の地磁気観測を継続することで、火山活動に伴う地磁気変化を解析するための基準データを提供することができた。また、近年、本研究課題のデータは津波に伴う地磁気変動の研究にも使われており、地球科学・防災の研究基盤データとしての重要性は高まっている。今後も安定性と精度を維持した観測を継続する。

また、地磁気観測データのデータベースへの登録、公開、国際的なデータセンターへの提供、および地磁気アナログデータの高時間分解能デジタルデータへの変換を継続した。地殻活動・火山活動を的確に検出するため、今後も継続する。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

飯塚ふうな, 2024, 地磁気現象概況報告　-2024年2月～8月-, 令和6年度第1回STE（太陽地球環境）現象報告会

Norimichi Mashiko, Shingo Nagamachi, Kenji Morinaga, Takayuki Yamazaki, Seiki Asari, Junpei Ogi, Tohru Araki*, Masahito Nose, 2024, Digitization project of historical analogue magnetograms in Japan, 2024, Space Climate 9 Symposium

山崎貴之, 増子徳道, 森永健司, 長町信吾, 能勢正仁, 早川尚志, 三好由純, 2024, アナログ時代に遡る高時間分解能地磁気デジタルデータベース, 2024年度ISEE共同利用・共同研究コミュニティ・ミーティング

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

引き続き、柿岡、女満別、鹿屋、父島の４観測点において、高精度で安定した磁場データをリアルタイムで提供するとともに、精査・較正した地磁気観測成果を地磁気観測所データベースで公開し、定常観測点のデータを国際的なデータセンターに提供する。

また、印画紙に記録された柿岡、女満別、鹿屋の地磁気アナログデータの高時間分解能デジタルデータへの変換を継続して実施し、過去に遡ってのデータ解析を可能とする。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

北山拓（気象庁地磁気観測所観測課）,山際龍太郎（気象庁地磁気観測所観測課）

他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：気象庁地磁気観測所総務課
電話：0299-43-1151

e-mail：kakioka@met.kishou.go.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：北山拓
所属：気象庁地磁気観測所観測課

令和６年度年次報告

課題番号：JMA_08

（1）実施機関名：

気象庁

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）火山観測の強化とデータ収集・蓄積・共有の推進
（英文）Enhancement of the volcano observation and promotion of data collection, accumulation and sharing.

（3）関連の深い建議の項目：

６観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
ア. 観測基盤の整備

（4）その他関連する建議の項目：

５分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(5) 大規模火山噴火
(6) 高リスク小規模火山噴火
６観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
エ. 地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開

（5）本課題の５か年の到達目標：

関係機関の協力の下、常時観測火山（50火山）の連続的な監視観測を継続する。それ以外の活火山も含め、連続観測及び機動観測で可能な限りデータを蓄積し、これらの成果は、噴火警報等の火山防災情報発表や火山活動解説資料等の作成に活用するとともに、火山月報（カタログ編）やJVDN等で公表する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

常時観測火山（50火山）について、全国４か所の火山監視・警報センターにおいて、地震計、空振計、GNSS、監視カメラ等により、連続的な監視観測を行うほか、火山観測施設の計画的な更新を継続する。それ以外の活火山も含め、全国４か所の火山監視・警報センターの火山機動観測班が、計画的に実施する地震観測、GNSS繰り返し観測、熱観測、火山ガス観測等の機動観測により得られたデータを解析し、蓄積する。また、火山活動に異常が認められた場合には、火山機動観測班が緊急的に実施する機動観測によりデータを収集・解析し、蓄積する。

各種観測で得られた成果は、噴火警報等の火山防災情報や火山活動解説資料等の防災資料のほか、気象庁HPの火山月報（カタログ編）、防災科学技術研究所のJVDN等を通じて広く公表する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

１）連続的な観測

全国４か所の火山監視・警報センター（以下、各センターという）において、常時観測火山（50火山）に対して、地震計、空振計、GNSS、監視カメラ等により、連続的な監視観測を継続しており、11月に火山監視・情報センターシステム（VOIS※）を更新し、火山監視等の機能強化を図った。また、火山観測施設の計画的な更新を行ったほか、中之島に対して、常時観測体制構築のため、火山観測施設

整備計画の策定を進めた。
※VOIS：Volcanic Observations and Information center System

２）現地調査、機動観測等

各センターにおいて、常時観測火山以外の活火山も含め、GNSS繰り返し観測、熱赤外観測等の他、関係機関の協力を得て航空機により上空から熱赤外観測等の観測を計画的に実施したほか、二酸化硫黄ガスの放出が継続している火山については、小型紫外線スペクトロメータによる火山ガス放出量の観測を随時実施した。更に、無人航空機（ドローン）を用いた上空からの可視・熱赤外観測を、十勝岳、岩手山、焼岳、口永良部島で実施した。

３）観測成果の収集・蓄積・共有

各センターによる連続観測及び機動観測により得られた各観測データの収集、蓄積を進め、解析により得られた成果は、噴火警報等の火山防災情報の発表、火山活動解説資料等の防災資料の公表に活用したほか、気象庁ホームページ上でのほぼリアルタイムな掲載、火山月報（カタログ編）、及び防災科学技術研究所のJVDN等を通じて広く公表した。また、火山調査研究推進本部火山調査委員会における火山活動評価に資するための提供を行った。

前計画「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第２次）」における成果

課題名「全国における火山観測の強化」

計画期間を通じて、大学や防災科学技術研究所等関係機関の協力の下、火山噴火予知連絡会で中長期的な火山監視体制の強化が必要とされた50火山の連続的な監視観測を継続した。これらの観測成果は、噴火警報等の防災情報の発表や火山解説資料の作成に利用するとともに、地震火山月報（カタログ編）や火山年報に取りまとめて公表した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

気象庁地震火山部,2024,地震火山月報（防災編）2024年３月号～11月号

気象庁地震火山部,2025,地震火山月報（防災編）2024年12月号～2025年２月号（予定）

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

１）連続的な観測の継続

常時観測火山（50火山）について、全国４か所の火山監視・警報センター（以下、各センターという）において、地震計、空振計、GNSS、監視カメラ等により、連続的な監視観測を継続する。また、火山観測施設の計画的な更新を進めるほか、中之島の常時観測体制構築のための火山観測施設の整備を進める。

２）現地調査、機動観測の実施

GNSS繰り返し観測、熱観測、火山ガス観測等のほか、無人航空機（ドローン）及び関係機関の協力による航空機を使用した上空からの可視・熱赤外観測の機動観測を計画的に実施する。また、火山活動に異常が認められた場合には、緊急に機動観測を実施して火山活動の状況を確認、把握する。

３）観測成果の蓄積・共有の推進

各センターによる連続観測及び機動観測により得られたデータの収集、蓄積を進め、得られた成果を、噴火警報等の火山防災情報の発表、火山活動解説資料等の防災資料公表に活用するほか、気象庁ホームページでの掲載、火山月報（カタログ編）、及び防災科学技術研究所のJVDN等を通じて広く公表する。更に火山調査研究推進本部火山調査委員会における火山活動評価に資するための提供を継続する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

気象庁地震火山部火山監視・警報センター,札幌管区気象台火山監視・警報センター,仙台管区気象台火山監視・警報センター,福岡管区気象台火山監視・警報センター

他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：気象庁地震火山部管理課　地震調査連絡係長
電話：03-6758-3900(内線：5114)
e-mail：jmajishin_kanrika@met.kishou.go.jp
URL：http://www.jma.go.jp

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：北川 賢哉
所属：気象庁地震火山部火山監視課

令和６年度年次報告

課題番号：JMA_09

（1）実施機関名：

気象庁

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）全国地震カタログの作成
（英文）

（3）関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
エ. 地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開

（4）その他関連する建議の項目：

（5）本課題の５か年の到達目標：

○気象庁、大学、関係機関のデータにより震源決定等の解析を行い全国地震カタログを作成する。定常的な発震機構解析（初動発震機構解、CMT解）及び大地震時の震源過程解析を実施し、それら成果の関係機関等への提供及び一般への公開を実施する。
○新たな海域観測網の地震波形データを一元化処理へ取り込み、地震波形の分析や震源決定等の改善を進める。
○大学等の検測値を取り込んで過去にさかのぼった震源決定を行い、地震カタログの過去震源の改訂作業を実施する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

○各年度において、地震カタログ（震源、発震機構）の作成及び震源過程解析を実施し、関係機関等への提供及び一般への公開を実施する。
○新たに整備された海域観測網の地震波形データの一元化処理への活用をすすめる。
○過去震源の改訂については、1976年7月から1982年12月の期間について大学等の検測値を取り込んだ震源再計算を行い、適宜地震カタログに反映する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

地震カタログ（震源、発震機構解）を令和4年10月から令和5年3月まで作成し、地震月報（カタログ編）として気象庁ホームページに公開した。南海トラフ沿いの深部低周波地震カタログの作成では、Matched filter法を用いているが、テンプレートの追加および閾値の調整を行った（令和7年2月運用開始）。
震源過程解析については、令和6年8月8日に日向灘で発生したM7.1の地震を含む国内外の地震を対象に解析を行い、断層滑り分布等の解析結果を気象庁ホームページに公開した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

地震カタログの作成、公開を継続するとともに、深部低周波地震カタログの更なる充実を進めた。地震活動を適時的確に把握するため、今後も継続する。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

地震月報（カタログ編）,査読無,謝辞無

国内で発生した顕著な地震の震源過程解析結果,査読無,謝辞無

海外で発生した顕著な地震の解析結果,査読無,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

岩切一宏・青木重樹・菅沼一成・宮岡一樹・山内崇彦・廣田 伸之, 2024, M7.6の地震を含む2020年12月からの令和６年能登半島地震の地震活動, JpGU2024, U15-P02

武田清史・束田進也・岩切一宏・吉田昌弘・宮岡一樹・長谷川安秀・平原拓実・清水淳平・菅沼一成・野田朱美・山本麦・藤田健一・溜渕功史・廣田伸之・青木重樹, 2024, 2024年8月8日の日向灘の地震の概要とその発生に伴い発表した南海トラフ地震臨時情報について, 日本地震学会2024年度秋季大会, S23-01

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

引き続き、地震カタログ（震源、発震機構）の作成及び震源過程解析を実施し、関係機関等への提供及び一般への公開を実施する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

気象庁地震火山部地震火山技術・調査課
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：気象庁地震火山部管理課地震調査連絡係長
電話：03-6758-3900（内線：5114）
e-mail：johokan@eqvol2.kishou.go.jp
URL：https://www.jma.go.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：溜渕功史
所属：気象庁地震火山部地震火山技術・調査課

令和６年度年次報告

課題番号：JMA_10

（1）実施機関名：

気象庁

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）噴火警報に資する火山活動の評価
（英文）

（3）関連の深い建議の項目：

６ 観測基盤と研究推進体制の整備
(2) 推進体制の整備

（4）その他関連する建議の項目：

５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(5) 大規模火山噴火
(6) 高リスク小規模火山噴火
６ 観測基盤と研究推進体制の整備
(5) 社会への研究成果の還元と防災教育

（5）本課題の５か年の到達目標：

防災関係機関の防災活動に資するため、火山活動を評価し、適時適切な噴火警報を発表する。また、より的確な噴火警戒レベルの運用を行うため、新たな知見等を踏まえたレベル判定基準の見直しを進める。

（6）本課題の５か年計画の概要：

防災関係機関の防災活動に資するため、火山活動に高まりがみられた場合には、適切に噴火警報を発表する。また、火山活動の状況について、気象庁の火山情報で発表する等により社会に分かりやすく発信するとともに、各地の火山防災協議会にも提供して防災・減災活動を支援する。

また、より的確な噴火警戒レベルを運用するため、最新の観測研究成果等に基づき、レベル判定基準の見直しを進める。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

三宅島の噴火警戒レベル判定基準について、最近の火山活動の状況を踏まえた基準に見直すとともに、住民の避難等が必要になる山腹噴火について、警戒が必要な範囲の考え方を整理した。

令和６年１１月から、火山活動に関する科学的助言を得るための火山情報アドバイザリー会議の運営を開始した。本会議の定例会において、噴火警報発表について事後検証を行った（予定）。

以下のとおり噴火警報・噴火予報を発表したほか、適宜、火山の状況に関する解説情報で火山活動の状況を発信した。

岩手山、令和6年10月2日、火口周辺警報（レベル2に引上げ）
御嶽山、令和7年1月17日、火口周辺警報（レベル2に引上げ）
須美寿島、令和6年9月19日、噴火警報（周辺海域警戒）
阿蘇山、令和6年4月26日、噴火予報（レベル１に引下げ）
令和6年5月15日、火口周辺警報（レベル2に引上げ）
令和6年7月19日、噴火予報（レベル１に引下げ）

霧島山（新燃岳）、令和6年12月12日、火口周辺警報（レベル2に引上げ）
口永良部島、令和6年4月13日、火口周辺警報（レベル3に引上げ）
令和6年10月18日、火口周辺警報（レベル2に引下げ）
令和6年11月20日、噴火予報（レベル１に引下げ）
令和6年12月6日、火口周辺警報（レベル2に引上げ）

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

雌阿寒岳、吾妻山、霧島山（新燃岳）等のレベル判定基準の見直しを行う。
また、引き続き災関係機関の防災活動に資するため、適時適切な噴火警報発表等を発表する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

気象庁地震火山部火山監視課
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：気象庁地震火山部管理課　地震調査連絡係長
電話：03-6758-3900(内線：5114)
e-mail：jmajishin_kanrika@met.kishou.go.jp
URL：http://www.jma.go.jp

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：碓井勇二
所属：気象庁地震火山部火山監視課

令和６年度年次報告

課題番号：JMA_11

（1）実施機関名：

気象庁

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地震・津波・火山防災情報の改善に係る知見・成果の共有
（英文）

（3）関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備
(5) 社会への研究成果の還元と防災教育

（4）その他関連する建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(2) 首都直下地震
(3) 千島海溝沿いの巨大地震
(4) 内陸で発生する被害地震
(5) 大規模火山噴火

（5）本課題の５か年の到達目標：

津波警報、緊急地震速報、長周期地震動に関する情報、南海トラフ地震に関連する情報、北海道・三陸沖後発地震注意情報、噴火警報、降灰予報などの防災情報の改善のための検討で得られた知見や成果を共有する。これにより、関連の研究の推進に資する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

気象庁の発表する防災情報の改善や高度化に係る知見・成果を、地震・津波・火山防災情報として発表するほか、各種情報の検討会や火山噴火予知連絡会等を通じて公表する。また、これらの情報や検討内容については、大学等関係機関や防災関係機関に広く共有する。
アンケートを実施するなどして、社会の受けとめかたを調査し、その結果を基にして情報内容の改善を図る。また、火山防災協議会などを通じ情報の普及・啓発を図る。
国際共同研究・国際協力については国際地震センター、米国地質調査所、包括的核実験禁止条約機構、米国大学間地震学研究連合（IRIS）及び近隣国との地震観測データの交換などの組織的な連携・協力を通じて、また、航空路火山灰情報センター及び北西太平洋津波情報センターの国際協力業務や開発途上国における地震・火山の観測や津波警報の発表などの体制整備に必要な技術的な支援を通じて、国際的な研究活動の進展に寄与する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要
関係機関と連携し、気象庁の発表する防災情報の改善や高度化に係る知見・成果を共有した。

今年度新たに実施した主な内容や情報内容の改善は以下のとおり。
・防災科学技術研究所が高知県沖から日向灘に整備した「南海トラフ海底地震津波観測網（N-net）」沖合システムの津波観測データの活用を開始し、津波警報等の更新、津波情報の発表の迅速化や精度向上を実施

・長時間継続する津波に関する情報提供のあり方を踏まえた解説の充実を実施
・広域降灰対策に資する降灰予測情報に関する検討会の開催

また、昨年度に引き続き以下の内容を実施した。
・防災科学技術研究所のDONETやS-net等、関係機関の海底地震・津波観測データ等を活用した地震・津波情報発表
・国際地震センター、米国地質調査所、包括的核実験禁止条約機構、米国大学間地震学研究連合（IRIS）及び近隣国との地震観測データの交換
・東京航空路火山灰情報センター及び北西太平洋津波情報センターとして国際的な情報提供等の国際協力業務を実施
・津波警報等の視覚的伝達手段として「津波フラッグ」を定め導入推進。
・火山噴火応急支援サイトを活用した、最新の観測データを用いた火山活動状況解説、自治体との情報交換

（前計画の成果の概要）
計画期間を通じて、関係機関と連携し、津波警報、緊急地震速報、長周期地震動に関する情報、南海トラフ地震に関連する情報、北海道・三陸沖後発地震注意情報、噴火警報、降灰予報などの気象庁の発表する防災情報の改善や高度化に係る知見・成果を共有した。

・緊急地震速報評価・改善検討会、同利活用検討作業部会
・長周期地震動に関する情報検討会
・津波予測技術に関する勉強会
・火山噴火等による潮位変化に関する情報のあり方検討会
・津波警報等の視覚による伝達のあり方検討会等を開催して、気象庁から発表する地震・津波及び火山に関する防災情報の高度化を図った。

また、定例的に開催している南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会や噴火予知連絡会において定期的な知見・成果の情報共有を行った。

さらに、
・防災科学技術研究所のDONETやS-net等、関係機関の海底地震・津波観測データ等を活用した地震・津波情報発表
・国際地震センター、米国地質調査所、包括的核実験禁止条約機構、米国大学間地震学研究連合（IRIS）及び近隣国との地震観測データの交換、また、航空路火山灰情報センター及び北西太平洋津波情報センターの国際協力業務や開発途上国における地震・火山の観測や津波警報の発表などの体制整備に必要な技術的な支援を通じて、国際的な研究活動の進展に寄与した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

気象庁,2024,長時間継続する津波に関する情報提供のあり方（報告書）

気象庁, 緊急地震速報の利活用の予備調査（2024年1月1日16時10分頃の石川県能登地方の地震（最大震度７））（速報版）

・学会・シンポジウム等での発表

境 優佳・町頭 大輔・久利 美和, 2024, 2023年5月に石川県能登地方で発生した地震の緊急地震速報利

活用アンケート調査について, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SCG53-02.

佐藤 壮・栢野 一正・川合 亜紀夫・阿部 正雄・岡 岳宏・近藤 さや・清本 真司・鎌谷 紀子, 2024, 鳥島近海の地震活動にて生成されたＴ相による震度とその特徴, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SSS10-P06.

荒木 陽輔・菅井 明・井上 美幸・山田 基史・藤松 淳・山里 平・高橋 幸祐・柳澤 宏彰・関 晋・手操佳子, 2024, 2023年の硫黄島の翁浜沖の噴火について, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SVC29-P03.

古川 大誠・上山 哲幸・林 洋介・西條 祥, 2024, 定量的火山灰情報の開発状況, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SVC31-P08.

青木 重樹・岡 岳宏・清水 淳平・川合 亜紀夫・森脇 健・桑山 辰夫・山田 安之・百合本 岳, 2024, 令和６年能登半島地震について, 日本地球惑星科学連合2024年大会, U15-P01.

岩切 一宏・青木 重樹・菅沼 一成・宮岡 一樹・山内 崇彦・廣田 伸之, 2024, M7.6の地震を含む2020年12月からの令和６年能登半島地震の地震活動, 日本地球惑星科学連合2024年大会, U15-P02.

栢野 一正・佐藤 壮・川合 亜紀夫・岡 岳宏・近藤 さや・清本 真司・鎌谷 紀子, 2024, 令和６年能登半島地震の震度分布の特徴, 日本地球惑星科学連合2024年大会, U15-P43.

境 優佳・町頭 大輔・久利 美和, 2024, 2024年１月１日16時10分頃に石川県能登地方で発生した地震（最大震度７）の緊急地震速報利活用アンケート調査の速報について, 日本地球惑星科学連合2024年大会, U15-P44.

武田 清史・束田 進也・岩切 一宏・吉田 昌弘・宮岡 一樹・長谷川 安秀・平原 拓実・清水 淳平・菅沼 一成・野田 朱美・山本 麦・藤田 健一・溜渕 功史・廣田 伸之・青木 重樹, 2024, 2024年8月8日の日向灘の地震の概要とその発生に伴い発表した南海トラフ地震臨時情報について, 日本地震学会2024年度秋季大会, S23-01.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

これまでの取り組みの成果や経験を活かし、引き続き継続的或いは発展的に取り組む。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

気象庁及び全国気象官署職員
他機関との共同研究の有無：有
様々な関係機関、専門家等と連携

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：地震調査連絡係長
電話：03-6758-3900 ex.5114
e-mail：jmajishin_kanrika@met.kishou.go.jp
URL：https://www.jma.go.jp/jma/index.html

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：青柳雄也
所属：気象庁地震火山部地震津波監視課地震津波防災推進室

令和６年度年次報告

課題番号：JMA_12

（1）実施機関名：

気象庁

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）防災・減災に関する知識の普及啓発
（英文）

（3）関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備
(5) 社会への研究成果の還元と防災教育

（4）その他関連する建議の項目：

4 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(2) 首都直下地震
(3) 千島海溝沿いの巨大地震
(4) 内陸で発生する被害地震
(5) 大規模火山噴火

（5）本課題の５か年の到達目標：

一般の防災リテラシー向上のため地震・津波及び火山に関する現象や警報をはじめとする防災気象情報に関する、知識、防災・減災等に対する住民の意識の向上に戦略的に取り組む。

（6）本課題の５か年計画の概要：

気象庁では、引き続き国や地方自治体等の防災関係機関、教育機関、大学等研究機関と連携しながら、地震・津波及び火山に関する現象や警報をはじめとする防災気象情報（津波警報、緊急地震速報、長周期地震動に関する情報、南海トラフ地震に関連する情報、北海道・三陸沖後発地震注意情報、噴火警報、降灰予報など）に関する、知識、防災・減災等に対する住民の意識の向上に、全庁を挙げて戦略的に取り組む。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

関係機関と連携し、地域の状況にあった様々な手段を用いて地震・津波及び火山に関する知識や防災行動についての普及啓発に継続的に取り組んだ。

今年度新たに実施した主な内容は以下のとおり。
・「火山防災の日」を契機とした普及啓発
・各地の郵便局と連携した広報の実施

また、昨年度に引き続き以下の内容を実施した。
・阪神・淡路大震災から30年等、過去の災害からの節目の年をきっかけとした地震・津波及び火山噴火の備えへの普及啓発

・一般の方々を対象とした巨大地震対策オンライン講演会の開催、アーカイブ配信
・地方自治体等と連携した防災訓練への助言・協力、HP等での相互協力
・教育機関と連携した学校防災教育へ助言・協力
・防災関係機関、民間団体等と連携した出前講座・防災講演会等の実施
・地震調査研究推進本部及び火山調査研究推進本部と連携した地域講演会等の普及啓発の取組
・報道機関と連携した防災番組への協力
・報道機関向け勉強会の実施
・HPにおける解説の充実
・わかりやすい防災行動を説明した動画作成・SNSでの普及啓発
・南海トラフ地震や南海トラフ地震臨時情報に関する普及啓発（内閣府・消防庁と協力）
・日本海溝・千島海溝で想定されている巨大地震や北海道・三陸沖後発地震注意情報の普及啓発（内閣府・消防庁と協力）
・火山との位置関係や地域性を踏まえた火山防災情報の普及啓発
・火山灰に関する情報の普及啓発

（前計画の成果の概要）

計画期間を通じて、国や地方自治体等の防災関係機関、報道機関、教育機関、大学等研究機関と連携しながら、地震・津波及び火山に関する現象や警報をはじめとする防災気象情報（津波警報、緊急地震速報、長周期地震動に関する情報、南海トラフ地震に関連する情報、北海道・三陸沖後発地震注意情報、噴火警報、降灰予報など）に関する、知識、防災・減災等に対する住民の意識の向上に取り組んだ。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

これまでの取り組みの成果や経験を活かし、全国の気象官署において引き続き継続的或いは発展的に取り組む。特に、過去の災害からの節目の年をきっかけとした地震・津波及び火山噴火の備えへの普及啓発について、関係機関と連携して取り組む。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

気象庁及び全国気象官署職員
他機関との共同研究の有無：有
様々な関係機関、専門家等と連携

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：地震調査連絡係長
電話：03-6758-3900 ex.5114
e-mail：jmajishin_kanrika@met.kishou.go.jp
URL：https://www.jma.go.jp/jma/index.html

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：青柳雄也
所属：気象庁地震火山部地震津波監視課地震津波防災推進室

令和６年度年次報告

課題番
号：KGSM01

（1）実施機関名：

鹿児島大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）南西諸島北部域における小スパン海底地震観測に基づくプレート間すべり特性の研究
（英文）Study on Interplate Slip Behavior in the Northern Part of the Nansei　Islands Based on Small-Span Ocean-Bottom Seismic Observation

（3）関連の深い建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
地震
５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
６ 観測基盤と研究推進体制の整備
(6) 次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成

（5）本課題の５か年の到達目標：

本課題は、南西諸島北部域のうち浅部微動と通常の微小地震の双方が活動的な種子島南東沖を対象領域とし、長期収録型海底地震計を年次的に投入する小スパン海底地震観測を主体とした観測研究を実施する。使用可能な長期収録型海底地震計の台数が限られることから、一定の広がりをもつ当該領域の活動を把握するには観測点間隔を保ちながら観測網を移動させる機動的観測が不可欠であるため、５か年のうち延べ４年間の機動観測を行う。並行して、陸域観測点の中長期データを用いた日向灘南部から奄美大島沖にかけての領域の準静的すべり速度の時空間変化の解析を継続する。以上により取得される観測データに基づき、当該領域のプレート間すべり特性について精度を向上させて解明する。５か年の到達目標は、以上の観測に基づき、地震発生場の理解が進展した日向灘と奄美大島北東沖の間に位置する種子島南東沖のプレート間すべりの特性に関する知見を得て、日向灘と奄美大島北東沖での稠密観測研究の成果と比較することにより、南西諸島北部域におけるプレート間すべり特性の海溝軸方向の連続性、地域性を明らかにすることである。

（6）本課題の５か年計画の概要：

１．長期収録型海底地震計を用いた機動的観測

南西諸島北部域の種子島南東沖において、８台の長期型海底地震計を用いた小スパン観測網（観測点間隔：約20 km）により、概ね１年単位・４期間で海底地震観測を実施する。本計画期間中においては、令和６年度初頭の投入から令和10年度初頭の回収までを行う。観測領域を一部重ねながら南から北へ年次的かつ機動的に観測網を展開していくことで、検知・震源決定能力を保ちながら、過去に大まかに推定された浅部微動の発生領域をできるだけ広くカバーできるように計画する。同時に、令和５年度までの対象領域と接続するように観測網を展開していくことにより、令和５年度までの計画から本計画を通じた、南西諸島海溝に沿った稠密観測を実現する。なお、海底地震計の投入と回収のた

めの航海は、大学の練習船の教育関係共同利用により実施し、大学院生・学部生の海域観測実習の場としても活用する（令和６～10年度）

２．浅部微動活動の解析

１の海底地震観測データを用い、各観測期間それぞれについて浅部微動を検出してカタログを作成するとともに、個々の微動について震源、放射エネルギーを推定する。まとまった活動（エピソード）毎の微動緒の高速マイグレーションの様式の把握、微動の震源の不均質性について考察する（令和７～10年度）。

３．通常の微小地震の解析と浅部微動活動との比較

１の海底地震観測データを用い、小スパン観測網内とその周辺で発生した微小地震の検測と震源決定を行う。この際、広域の稍深発地震等の検測データを利用して堆積層補正等の顕著な走時遅れ補正を施し、深さの精度を向上させた震源分布を求める（令和７～10年度）。得られた震源情報と２の結果を比較し、浅部微動と通常の微小地震との時空間的関係を抽出する（令和７～10年度）。さらに得られた通常の微小地震の震源の分布状況や地震数に基づき、速度トモグラフィの解析が可能と判断された場合は、3次元速度構造の推定も行い、震源分布と比較する（令和10年度）。

４．陸域の長期地震観測データによる広域の準静的すべり速度分布の時間変化の解析

令和５年度までに実施してきた、日向灘南部から奄美大島にかけての領域についての小繰り返し地震を用いた準静的すべり速度の解析を継続する（令和６～10年度）。

５．総括

２～４の解析結果に基づき、当該領域のプレート間すべりを理解することに重点的に取り組み、モデルを構築することを目指す。さらに、観測研究が進展している日向灘南部や現行計画で取り組んでいる奄美大島北東沖で得られた知見を総合して、プレート間すべり特性の海溝軸方向の連続性、地域性を明らかにする（令和10年度）。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

[1] 長期収録型海底地震計を用いた機動的観測

令和６年度は、南西諸島北部域の種子島南東沖において海底地震観測を実施し、予定通りに５か年の観測計画を開始した（図１の黄×：2024-2025）。併せて、令和５年度に設置した海底地震計８台を回収した（図1の赤▽：2023-2024）。海底地震計の回収・投入・測量作業は、長崎大学水産学部附属練習船・長崎丸の教育関係共同利用に基づき実施され、海域観測実習の場として大学院生４名が乗船した。観測内容については、以下のとおりである。

長崎丸第131次航海（2024年４月15日～19日）により、種子島南東沖において８台の海底地震計で構成される小スパン海底地震観測網を設置した。第６期で用いる８台のうち、７台が固有周波数１Hzの自己浮上式長期収録型海底地震計（LOBS：Long-term Ocean Bottom Seismometer）、１台が固有周期20秒の自己浮上式小型広帯域海底地震計（CBBOBS：Compact Broadband OBS）である。投入直前の時刻較正は正常に完了した。同様に、令和５年度に設置したOBSの回収後の時刻較正も成功した。音響通信を用いたOBSの着底位置測量は、シップタイムの制約から４観測点のみで完了した。残る４観測点の着底位置は、2025年４月に実施するOBS回収時の音響通信記録を利用して推定する。図１に、第３次計画（本計画）、第２次計画及び第１次計画の観測点配置を合わせて示す。第６期OBS（図１：黄×）は、設置から約１年後の2025年４月中旬に回収し、同航海で新規位置への入れ替え（第７期、図１：黄緑＋）を予定している。

展開した小スパン観測網の観測点間隔は、第２次計画の第１期観測から継続して約20 kmであり、沈み込むフィリピン海プレートと陸側プレートの境界面上で発生する浅部低周波微動（浅部微動）や、島嶼地震観測点のみでは捉えることのできない微小地震の検出および震源決定精度の向上に貢献する。本計画では、喜界島東方海域から開始した第２次計画（第１期～第５期）の観測領域と接続して、かつ、南から北へ年次的に機動観測していくことで、通常地震とスロー地震の時空間的関係を南西諸島海溝に沿って広く明らかにしていく（図１）。

[2] 浅部微動（浅部低周波微動）の活動

令和６年度は令和５年度に設置した約20 kmスパンの海底地震観測網データを用いて、期間中に発生した浅部低周波微動（浅部テクトニック微動ともいう。以降、浅部微動）の暫定的な解析を実施した。第２次計画時と同様にエンベロープ相関法による震源決定を実施した結果、小規模な活動を含めると

複数のエピソードを確認できた（図２）。このうち最も顕著なエピソードは2023年12月～2024年１月にかけて発生した。12月中旬に南側から始まった活動が北方向へマイグレーションした後、12月下旬に再び南側から北側へのマイグレーションがあった。その後、１月には主に北側で活動が認められた。浅部微動の発生領域はこれまでと同様に、プレート上面深度分布における深さ約10～15 kmの領域に対応しており，令和５年度報告（第４期観測：2022－2023観測）で得られた震央分布の一部と今年度の解析で確認された観測網西側から南西側の活動はほぼ一致している。ただし、１月の活動は北から北東側に広がっており、12月の２回のマイグレーションがあった領域とは場所がやや異なるように見える。
これまでの一連の観測（第１～４期）の期間中に検知されたイベントの波形の特徴としては大きな差はないものの数としては最少の272個であり、１エピソードの活動度もこれまでのものに比べるとやや低い。約１年の観測期間中にたまたま活発なエピソードが発生しなかった可能性もあるが、観測領域のdown-dip側はトカラ列島東方沖の中でも地震活動が非常に活発な領域であり、昨年度の観測でも明瞭に北緯29度より北と南で浅部微動の活動に差があることが示されていた．ここが喜界島東方沖から続く一連の活動領域の北限であり，セグメント境界のような場所であることが示唆される。

[3] 日向灘中部―南西諸島北部域の準静的すべり速度の時空間変化
上記[1]の機動的海底地震観測は、稠密な観測網を展開可能である一方で、使用可能な台数の制約から、広域かつ中長期の時間変化を捉えることは困難である。このため本課題では、バースト的な活動を除いたプレート境界域での小繰り返し地震（相似地震）を用い、日向灘から奄美大島にかけての小領域ごとに小繰り返し地震が発生する度に準静的すべり速度を求め、時間変化についてモニタリングを継続する。
図３に1993年４月～2024年９月の30.5年間における各領域の準静的すべり速度の時間変化を示す。各領域の速度は、領域K（トカラ列島南東沖）を除き、2000年代前半頃（2000～2005年）から2015年前後にかけての数年から10年程度は最小である。この時期の速度は、領域E（種子島南東沖）を除き1.0～1.5 cm/yr. である。ただし領域Kについては、他の領域とは異なる時間推移を呈し、2000年頃から2010年頃にかけては約2.0 km/yr. でこれ以降は速度がより低下している。この領域Kを除けば、準静的すべり速度は2015年前後から増加に転じ、2020年頃以降はさらに増加する領域が多い。すなわち、概ね2015年前後以降は日向灘や奄美大島付近までの南西諸島北部は全般的に準静的すべり速度が増加した状態が継続している。ただし、領域A（日向灘中部）、B（日向灘南部）、C（都井岬南東沖）、D（種子島東方沖）、G（トカラ列島東北東沖）、H（トカラ列島北東沖）、M（奄美大島付近）は特に2023年頃以降は速度の頭打ち、もしくは減少傾向である。2024年8月8日に日向灘で発生したM7.1の震央は領域Cに位置するが、この前後の時間変化については、この地震後のデータ期間が短いためデータの蓄積を待つ必要がある。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
本課題は、南西諸島北部域のうち1911年喜界島近海地震（M8.0）の推定震央域（奄美大島東方海域）を端緒とし、ここから概ね海溝軸方向に北上する形で年次的に実施する機動的海域地震観測を積み重ねることで、奄美大島東方沖から種子島南東沖までのプレート境界域において浅部微動と通常地震との時間空間的関係を明らかにすることを目的として実施する。併せて陸上地震観測による中長期の準静的すべり速度の時間変化で補完することにより、当該領域の地震発生場の理解の深化を図る。これまでの観測研究の結果、喜界島近海地震の推定震央領域の現状を把握することができ、さらに喜界島近海地震の断層のタイプや発生場に制約を与える知見も得られた。これらを通じ、地震発生場が未解明である南西諸島域の地震発生予測に貢献できると考えられる。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
・論文・報告書等

Ching-Yu Hu, Masanao Shinohara, Yusuke Yamashita, Takashi Tonegawa, Tomoaki Yamada, Takeshi Akuhara, Kimihiro Mochizuki. Seismic activity around shallow plate boundary near westernmost Nankai Trough revealed by ocean bottom seismometer observation. Earth, Planets and Space. 168 (2024), doi:https://doi.org/10.1186/s40623-024-02122-4,査読有,謝辞

有

・学会・シンポジウム等での発表

山下裕亮・篠原雅尚・山田知朗・仲谷幸浩・平野舟一郎・八木原寛・中東和夫・松島健・伊藤喜宏, 2024, 日向灘における2023年4月～7月の浅部微動活動, 日本地震学会2024年度秋季大会, S09P-10.

平田一聖・山下裕亮・松島健・仲谷幸浩・平野舟一郎・八木原寛・中東和夫・江本賢太郎・松本聡・大柳修慧・伊藤喜宏・胡靚妤・山田知朗・篠原雅尚, 2024, 日向灘の通常の地震と浅部スロー地震の発生領域境界部における地震活動, 日本地震学会2024年度秋季大会, S09-07.

Issei Hirata, Yusuke Yamashita, Takeshi Matsushima, Yukihiro Nakatani, Shuichiro Hirano, HiroshiYakiwara, Kazuo Nakahigashi, Kentaro Emoto, Satoshi Matsumoto, Shukei Oyanagi, Yoshihiro Ito, Chin Yu Hu, Tomoaki Yamada, and Masanao Shinohara, 2024, Seismic activity in the transition zone between the ordinary earthquake and shallow slow earthquake in Hyuga-nada, southwest Japan, International Joint Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes 2024, P126.

平田一聖・山下裕亮・松島健・仲谷幸浩・平野舟一郎・八木原寛・中東和夫・江本賢太郎・松本聡・大柳修慧・伊藤喜宏・山田知朗・篠原雅尚, 2024, 日向灘の通常の地震と浅部スロー地震の発生領域境界部における地震活動, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SSS08-P15

Ching-Yu Hu, Masanao Shinohara, Yusuke Yamashita, Takashi Tonegawa, Tomoaki Yamada, Takeshi Akuhara, Kimihiro Mochizuki. Earthquake distribution by OBS observation in Hyuga-nada region and comparison with slow earthquake activities, AGU fall meeting 2024, S41C-03

Ching-Yu Hu, Masanao Shinohara, Yusuke Yamashita, Takashi Tonegawa, Tomoaki Yamada, Takeshi Akuhara, Kimihiro Mochizuki. Seismicity in shallow part of Hyuga-nada subduction zone by ocean bottom seismometer from 2015 to 2022, 日本地震学会2024年秋季大会，S09-14

Ching-Yu Hu, Masanao Shinohara, Yusuke Yamashita, Takashi Tonegawa, Tomoaki Yamada, Takeshi Akuhara, Kimihiro Mochizuki. Seismic activity around plate boundary near westernmost Nankai trough revealed by ocean bottom seismometer observation, JpGU2024, SCG40-P20

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：地震：地震：短周期地震観測
概要：種子島南東沖における海域オフライン地震観測
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：鹿児島県種子島南東沖 29.15 130.91
調査・観測期間：2023/4/-2024/4/
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

（10）令和７年度実施計画の概要：

種子島南東沖に投入中の第６期LOBS+CBBOBSを2025年４月中旬に全８台回収する。同時期に第7期LOBSを投入する。回収データを用いて，期間中に発生した浅部微動の震源決定を実施する。また、第１期～第５期観測データを用いて、これまでの観測結果の精査を進め、浅部微動分布のマッピングを行う。さらに、通常地震の震源再決定等を通じ、浅部微動と通常地震の時空間関係について考察する。また、日向灘中部－南西諸島北部域の中長期の陸上地震観測データを用いた準静的すべり速度の解析を継続する。以上により、当該領域のプレート間すべり特性等について議論する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

八木原　寛（鹿児島大学大学院理工学研究科）,中尾　茂（鹿児島大学大学院理工学研究科）

他機関との共同研究の有無：有
山下　裕亮（京都大学防災研究所）,中東　和夫（東京海洋大学海洋資源エネルギー学部門）,山田　知朗（東京大学地震研究所）,篠原　雅尚（東京大学地震研究所）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：鹿児島大学大学院理工学研究科附属南西島弧地震火山観測所
電話：099-244-7411
e-mail：yakiwara@sci.kagoshima-u.ac.jp
URL：https://grad.eng.kagoshima-u.ac.jp/about/associated-facilities/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：八木原　寛
所属：鹿児島大学大学院理工学研究科附属南西島弧地震火山観測所

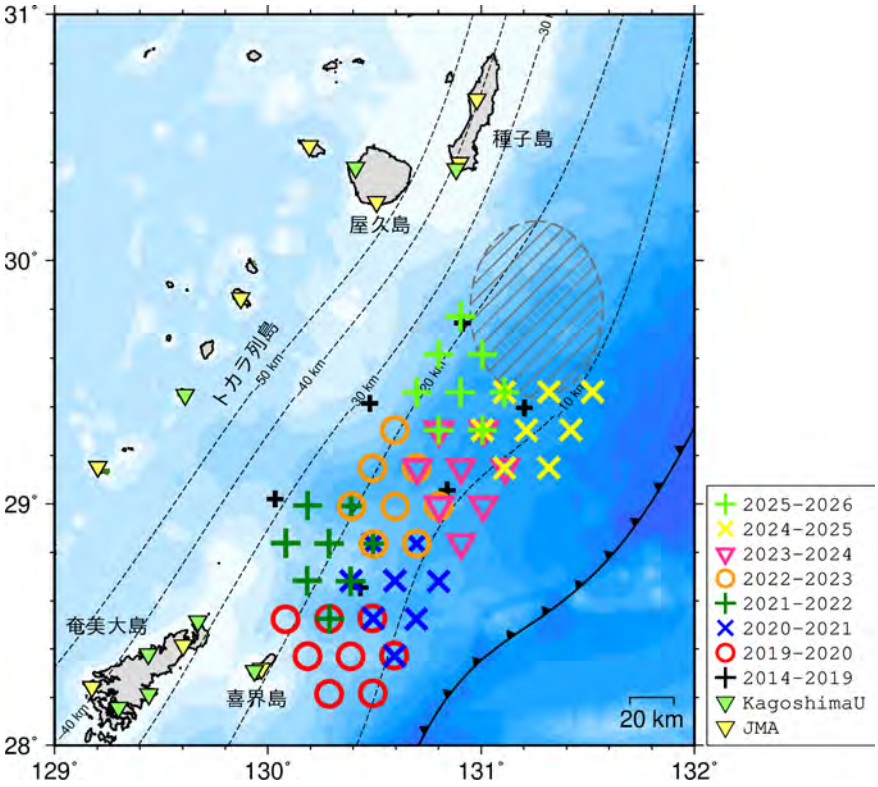


図１：南西諸島北部域における海底および島嶼域の地震観測点配置
黄×は令和６年度に新規投入した第６期観測点を示す。黄緑＋は令和７年度に観測開始予定の第７期、赤○、青×、緑＋、橙○及びピンク▽は第２次計画（第１～５期）、黒＋は第１次計画の観測点である。その他▽は南西諸島北部域における定常地震観測点である。網掛け領域は令和８年度以降の観測予定領域を表す。Iwasaki et al. (2015) によるフィリピン海プレート上面深度の等深線及び南西諸島海溝軸をそれぞれ破線と実線で示す。海底地形はETOPO 2022 (NOAA, 2022) を使用した。

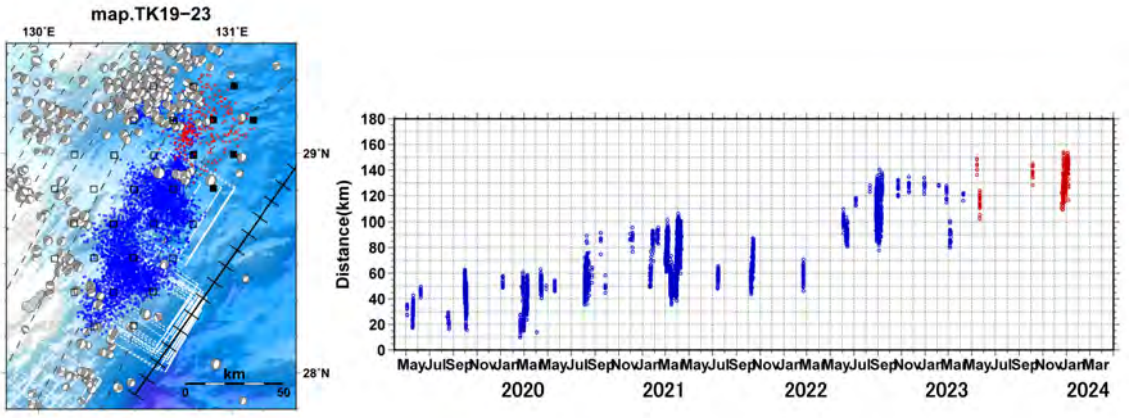


図２：浅部微動の活動（第１～５期観測）
（左）浅部微動の震央分布。青色は第１期～第４期の震央で、赤色は今期（第５期）の観測で得られた震央である。

（右）along-strike方向（A’–B’）に沿った時空間分布。

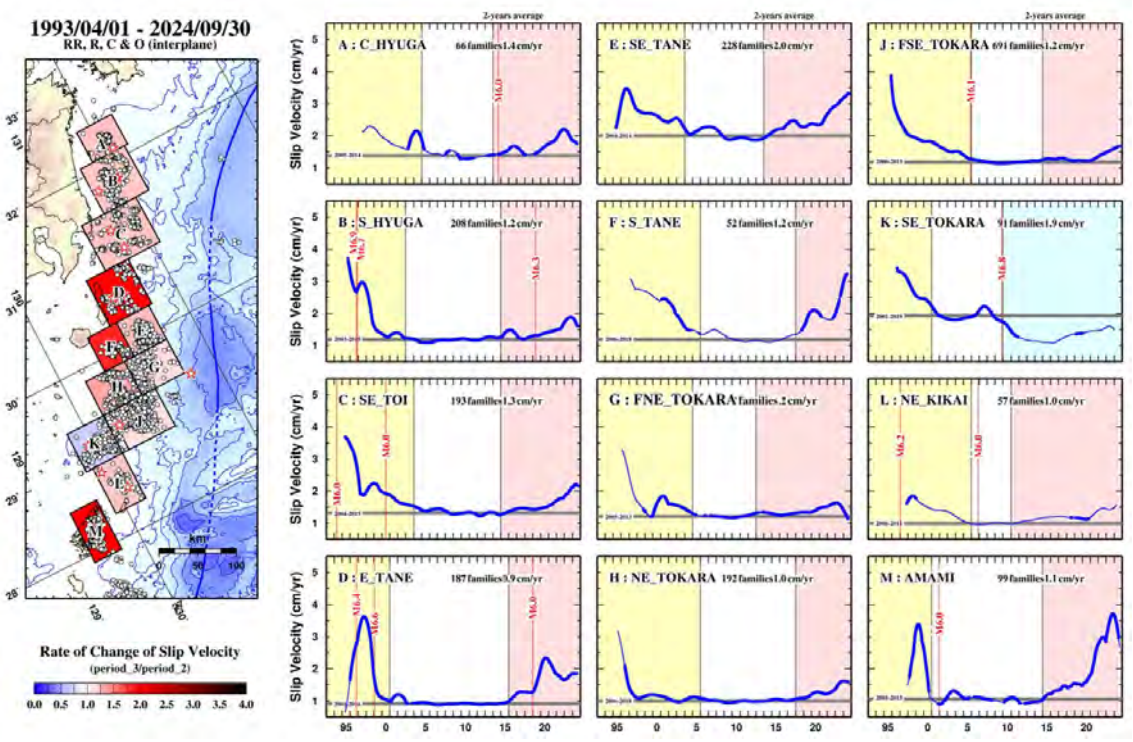


図３：日向灘中部ー奄美大島にかけての各小領域における準静的すべり速度の時間変化
陸域地震観測データを用い1993年４月～2024年９月の期間における小領域（A～M）の位置と範囲（左）と領域毎の準静的すべり速度の時間変化（右）である。各領域に示された白色の期間は、速度が最小と判定した期間（Period2）を示し、それ以前と以降をそれぞれ、Period1, Period３とした。左図の各領域の色は、Period ２とPeriod ３ の速度比を表す。

令和６年度年次報告

課題番号：KGU_01

（1）実施機関名：

関東学院大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）一般市民の防災リテラシーの社会基盤醸成のための行動経済学モデルの応用
（英文）Application of behavioral economics model to develop the citizens’ disaster prevention literacy

（3）関連の深い建議の項目：

４地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明

（4）その他関連する建議の項目：

４地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

（5）本課題の５か年の到達目標：

本研究課題では、新規研究として、既存計画における「地震・火山現象の防災リテラシーの構築」の取組を広く普及させるため、長期的な防災リテラシー向上およびそのリテラシーを持続させるための社会基盤醸成に着手する。

阪神・淡路大震災(平成7年兵庫県南部地震)や東日本大震災(東北地方太平洋沖地震)などの巨大災害を経験した直後は、家庭の防災対策など人々の防災リテラシーが高まるものの、時間経過とともに一定水準まで収束してしまう。人々の災害に対する認識や備えを定着させるためには、長期的な防災リテラシーを向上、持続させるための社会が求められる。本研究課題では、人々の判断・行動現象とそのプロセスを検討する社会科学分野の行動経済学の手法を応用し、人々が持つ心理バイアスなどの反応特性から意思決定のモデル設計を行い、防災リテラシーを形成する社会的基盤が、災害現象と人々の行動特性の相互作用により変動することを明らかにする。災害に対する人々の日常場面の生態的な行動パターンの個人レベルの変動と5年間の経時的な変化の社会レベルの変動とのマルチレベルの観測研究を行うことで、個別および社会的な意思決定の課題を解明し、具体的な行動に結びつけるための防災リテラシーとして発展させることを目的とする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

本研究課題では、行動経済学の意思決定基盤の設計を災害場面に応用した「行動リスクアセスメント」のアプローチを用いて、防災リテラシー向上のための行動モデルを設計する。行動リスクアセスメントとは、災害に備える・備えない人々の行動特性や、災害に対する反応に焦点を当てることで、人々の行動原理や心理プロセスに基づいた行動モデルを設計する枠組のことである。この行動リスクアセスメントを応用することで、人々の意思決定のバイアスを解消するのではなく、バイアスを生じさせる心理的メカニズムに沿ったかたちで、そこからよりよい選択に導くためのリテラシーの向上を目指す。そこで、社会経済的属性に加え、災害に対する心理バイアス、直近の地震発生イベントなどの社会素因が、災害時の反応や防災・減災行動に及ぼす中・長期的な影響を検討することを課題とした。本研究課題では、一般市民の防災リテラシーの5年間の経時的変化を計測する縦断的調査の観測研究及び、災害に対する判断や反応を促進・抑制する社会素因を監査する心理バイアスの解明研究を計画した。各年度の計画は以下である。

2024年度は、5年間の縦断的調査のための共通の調査フレームの設計および導入サンプルの抽出をし、1年目の調査を実施する。また、心理バイアスの解明研究として、一般市民を対象に日常場面にお

ける災害へのバイアスを検討するため、リアルタイムの生活場面の時間サンプリングを用いたシミュレーション調査を実施する。

2025年度は、前年度からの縦断的調査の調査フレームに、心理バイアスの解明研究の成果を反映させた2年目の調査を実施する。当該年度の新たな心理バイアスの解明研究として、地震発生のイベンドベースの反応計測を目的として、一般市民の直近の地震経験が防災リテラシーに及ぼす影響を検討するため発生エリアサンプリング調査を実施する。

2026年度は、縦断的調査の調査フレームに、前年度までの成果を反映させた3年目の調査を実施する。また、心理バイアスの解明研究として、防災リテラシーの阻害要因となる将来的な損失回避の価値が割り引かれる近視眼的思考バイアスの問題を、双曲割引モデルによる場面想定法を用いた一般市民への調査により検討する。

2027年度は、縦断的調査の共通の調査フレームに心理バイアスの解明研究の成果を組み込み4年目の調査を実施する。心理バイアスの解明研究としては、被災経験が時間経過ともに防災リテラシーに影響を及ぼさなくなる楽観バイアス、忘却傾向について一般市民を対象にした実験心理学的な測定手法により検討する質問紙実験を実施する。

2028年度は、5年間の縦断的調査の最終年度として、共通フレームと前年度までの心理バイアスの解明研究を反映させた調査デザインにより、災害に対する反応特性や社会的インパクトなどの意思決定基盤が防災リテラシーに及ぼす影響を検証するための実査を行う。とくに、5年間に発生した災害などイベントベースの要因を組み込んだ時系列分析のモデルによるシミュレーションを行い、防災リテラシーに対する社会素因の中・長期的な影響を検討する。これらの縦断的調査と心理バイアスの解明研究の最終的な成果に基づき、防災リテラシーを形成している社会基盤の解明による行動モデルの提言を行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

地震を経験すると、一時的に防災意識や行動が高まるが、しばらくすると元の状態に収束する。本計画では、このような人間社会の変動の性質を捉え、長期的な変容を生じさせるために、防災リテラシーの向上およびその持続を支える社会基盤の醸成を目的とする。

この目的の実現のために、本年度は以下の2つの観測研究を実施した（図1）。1つは、人々の様々な生活場面における状態を観測し、安全確保行動の選択への影響を測定するリアルタイムのサンプリング観測研究である。具体的には、時間、場面、状況といった多様な生活場面をランダムに抽出し、地震災害に遭遇することを想定した調査を実施し、安全確保行動の選択における個人内の変動を観測した。調査は8月と12月の2つの期間に実施され、地震情報の確認行動は近くに人がいるかどうかに左右され（図2）、周囲の状況確認は時間帯および近くに人がいるかどうかの両方に影響を受けることが示された（図3）。また、具体的な安全確保行動は時間帯よりも周囲の人の有無に左右されることが示唆された（図4）。このように、地震災害に遭遇した状況によって個人の行動選択が影響を受けるため、状況要因を考慮した安全確保行動のモデル構築の重要性が指摘された。

2つは、社会的な変動による人々の災害への脆弱性を評価するため、日本全国を対象とした社会調査による観測研究である（図1）。この社会調査は、5年間の縦断的調査の初年度として、調査フレームの構築に重点を置いて実施した。その結果、地震災害については70％以上の人が「30年以内に発生する」と認識していた（図5）。その一方で、防災行動の実行数は33項目中平均4.77項目にとどまっていた（図6）。このことから、地震災害への認識は高くても、具体的な対応行動への結びつきが弱いことが示唆された。また、2024年度に発生した能登半島地震や南海トラフ地震臨時情報を受け、防災行動があらたに、もしくはあらためて実行される傾向が見られた。その実行度の影響には地域差があることも示唆されている（図7）。このように、能登半島地震や南海トラフ地震臨時情報といった社会的要因によって防災行動の実行度が左右されるだけでなく、地域ごとの行動の差異という課題も浮かび上がった。

以上のように、地震災害に対する個人および社会の変動を観測する研究を実施し、それらの諸要因を解明するための基礎的なデータを得ることができた。その結果、当初の計画通りの成果を得ることができ、次年度以降の研究へと発展させる基盤が整った。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本計画は、「4. 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究」の (1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明の建議と深く関連している。

本年度の研究の1つである「生活場面の違いによる安全確保行動の選択への影響を測定するリアルタイムのサンプリング観測研究」では、 時間、場面、状況といった要因の組み合わせによって、地震災害時の安全確保行動の選択に差異が生じることが示唆された。 同じ人においてさまざまな場面の違いを比較する経験サンプリング法による観測を行うことで、従来の固定された条件間の比較ではなく、個人内での行動選択の変動という動的な影響を検討することが可能となった。 その結果、安全確保行動が人々の生活場面の動的セグメントに左右される新たな知見が示唆された。

もう1つの研究である「社会的な変動による人々の災害への脆弱性を評価するための日本全国を対象にした社会調査による観測研究」では、47都道府県から性別および年代の層から均等に回答者を集めることで、日本全体の脆弱性の評価を行うとともに、地域差についても分析し社会レベルの変動を検討した。 その結果、地震災害の認識があっても防災行動に結びつきにくいという、認知と行動の差異の問題が生じていることが指摘された。さらに、2024年度に発生した能登半島地震や南海トラフ地震臨時情報といった社会現象が人々の防災行動に影響を及ぼしているだけでなく、地域ごとの影響が加わることで、行動の差異がさらに拡大する可能性が示唆された。

以上のように、安全確保行動や防災行動の個人および社会の変動を捉えることで、長期的な行動変容へと導く防災リテラシーの発展に寄与する社会基盤の醸成について、より詳細に検討することが可能となった。この成果は、当該建議の課題を発展させる貢献となるだけでなく、「(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究」とも関連づけられる。また、人々の地震災害への脆弱性を、生態学的に精緻な研究手法と社会状況の影響を加味したデータによって示すことで、社会の防災力を高めるための課題解明に貢献できる。これにより、人間社会に存在する災害への脆弱性の問題にアプローチし、「災害の軽減に貢献する」という計画全体の目標に寄与することができた。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

大友章司・木村玲欧・中澤幸介, (印刷中) リスク・リテラシーおよび地震への認識や心理属性が防災行動に及ぼす影響 月刊地球特集「防災リテラシー」,査読無,謝辞無

Ohtomo, S., Kimura, R., Nakazawa, K. 2024, Applying NPS Assessment to Residents' Evaluation of Earthquake-Resistant City in Japan. 18th World Conference on Earthquake Engineering Conference Proceedings, TNM7,／9pp.／2024.06,査読有,謝辞無

Nakazawa, K. Ohtomo, S., Kimura, R. 2024, Study on the Implementation Status of Business Continuity Plan (BCP) Training and Exercises in Companies. 18th World Conference on Earthquake Engineering Conference Proceedings, TNM7,／9pp.／2024.06,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

大友章司・木村玲欧, 2024, 災害時の警告の真偽確認に関連するリスク・グラフィック要因 日本心理学会第88回大会, 熊本城ホール

大友章司・木村玲欧・中澤幸介, 2024, リスク・リテラシーおよび地震への認識や心理属性が防災行動に及ぼす影響, 日本地球惑星科学連合 2024年大会, 幕張メッセ

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和7年度の計画では、前年度からの縦断的調査を継続する。その際、年次比較のための調査フレームに加え、前年度の調査で指摘された防災行動の実行度の低さや地域差の問題を分析するため、新たな観測項目について検討する。とくに、一部の行動を取ることで満足してしまう「単純化癖」によるバイアスの問題や、地域差を生じさせる地理的特性と人々の生活行動の違いといった社会特性の2つの

観点を中心に、これまでの課題を検証する。また、2024年度に発生した能登半島地震や南海トラフ地震臨時情報が人々の防災行動の実行に影響を与えていたことを踏まえ、地震に関連した現象への反応を測定することを目的としたエリアサンプリング調査を実施する。 これにより、リスク認知や行動に及ぼす影響、およびそれらにバイアスを生じさせる要因について検討を深める。

以上の計画により、長期的な防災リテラシー向上のためのアプローチを発展させる。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

大友章司（関東学院大学 防災・減災・復興学研究所）

他機関との共同研究の有無：有

木村玲欧（兵庫県立大学 環境人間学部）,高橋誠（名古屋大学大学院 環境学研究科）,加藤尚之（東京大学 地震研究所）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：関東学院大学 防災・減災・復興学研究所
電話：045-786-2924
e-mail：kenkyu@kanto-gakuin.ac.jp
URL：https://univ.kanto-gakuin.ac.jp/dmi/dmi.html

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：大友章司
所属：関東学院大学

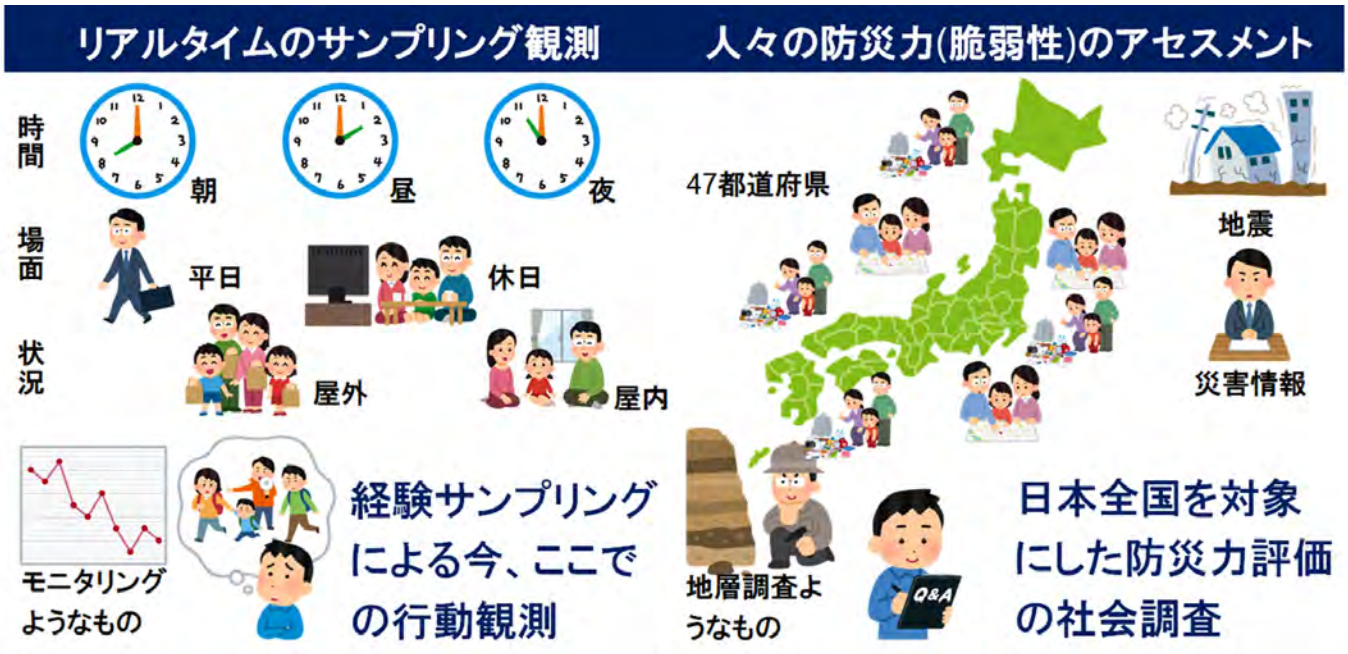


図1 2つの観測研究

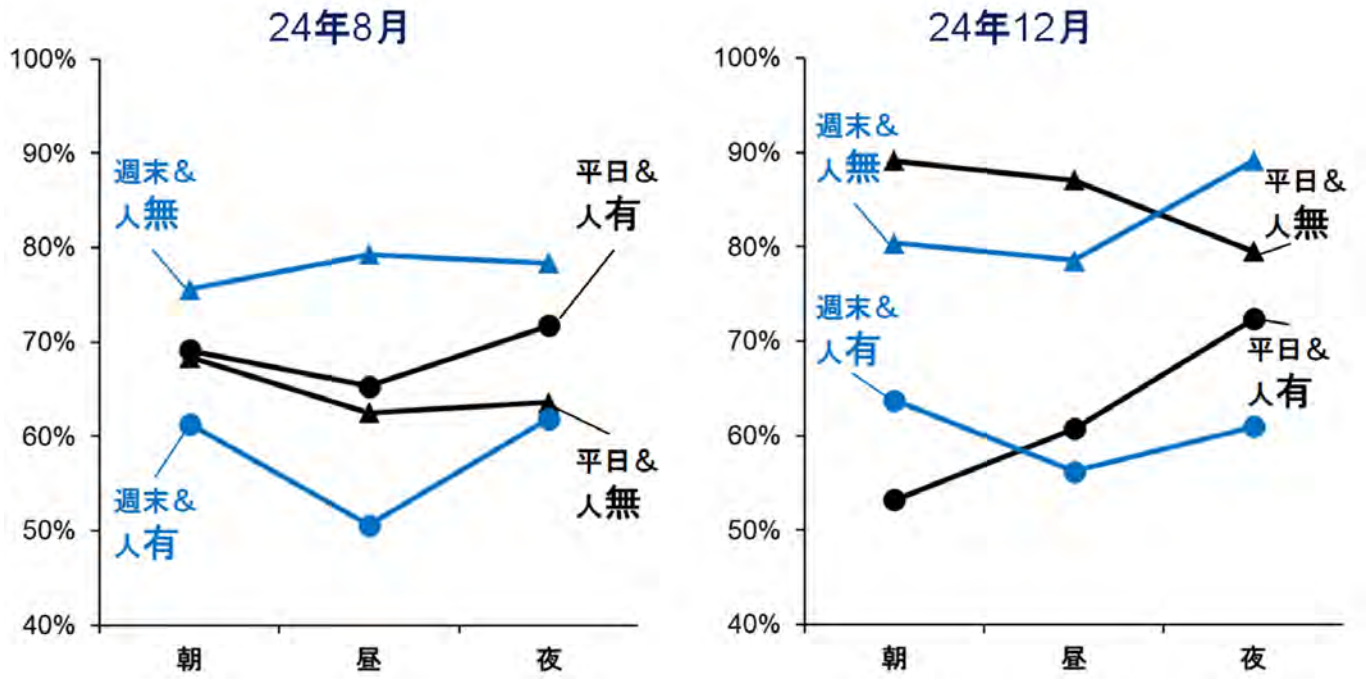


図2 リアルタイムのサンプリング観測研究(8月と12月調査)の地震発生直後の情報確認行動の結果

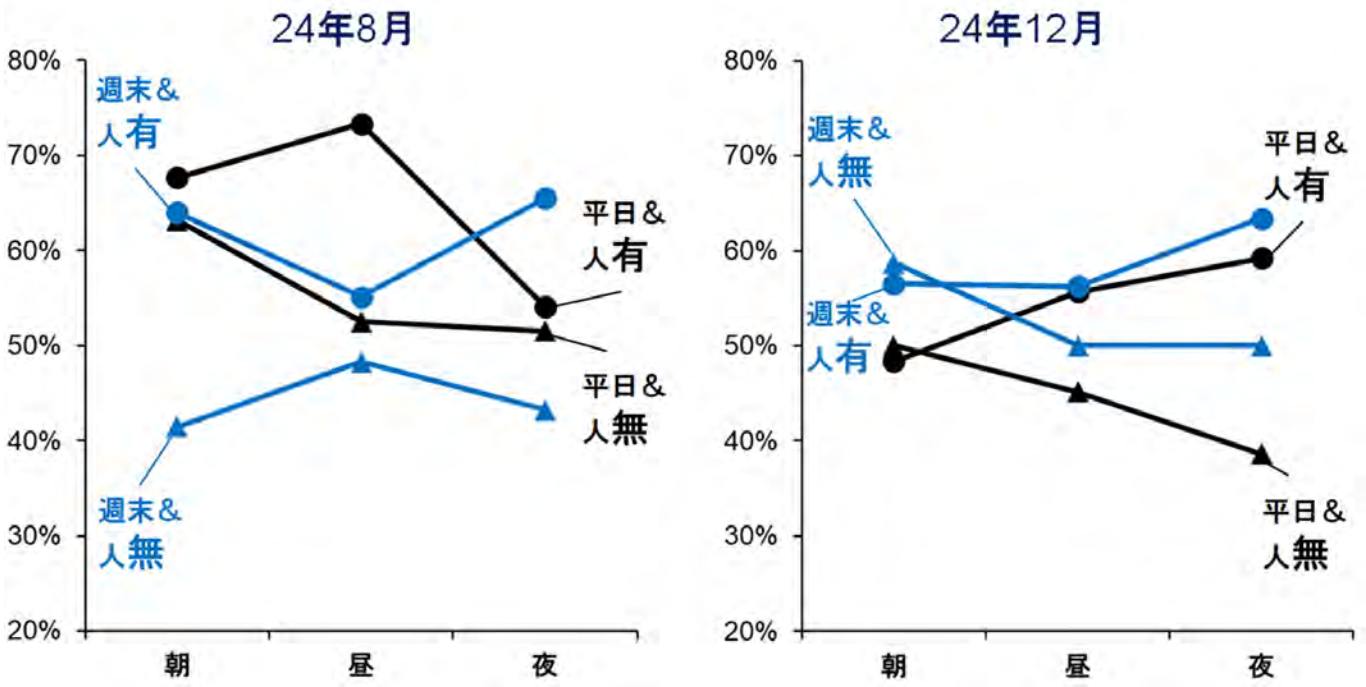


図3 リアルタイムのサンプリング観測研究(8月と12月調査)の地震発生直後の周囲の状況確認行動の結果

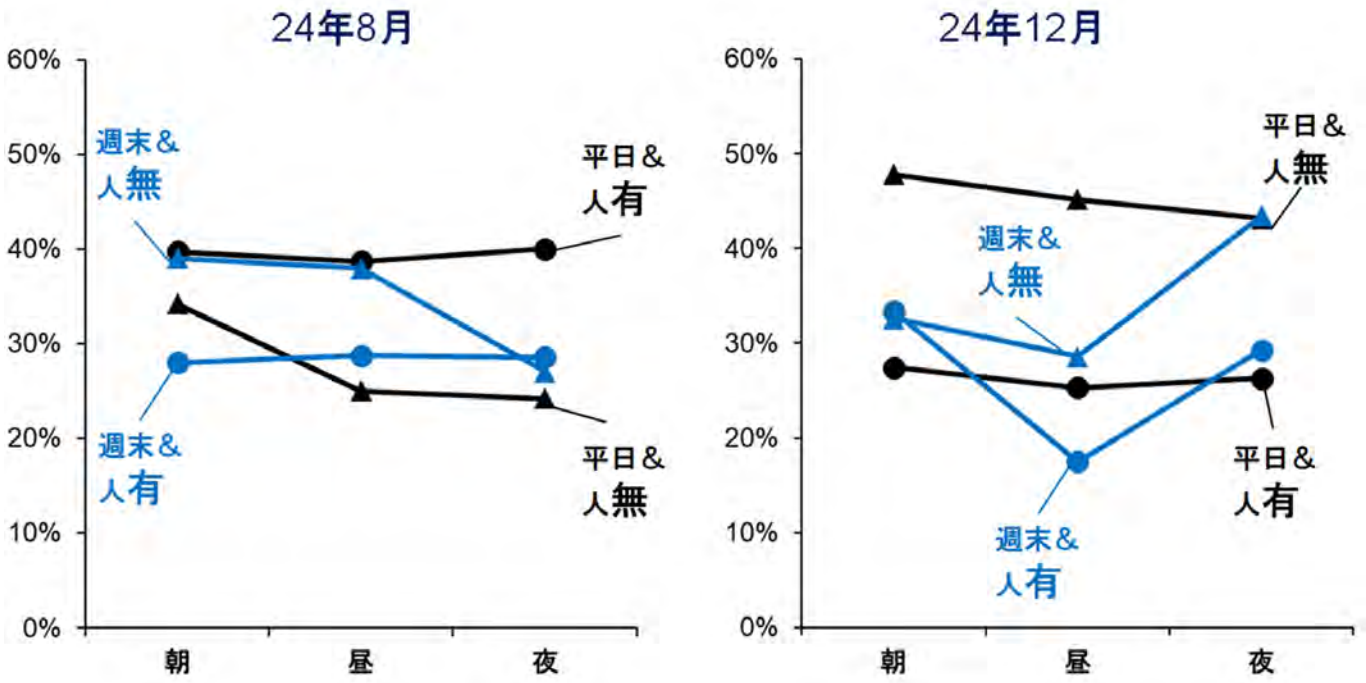


図4 リアルタイムのサンプリング観測研究(8月と12月調査)の地震発生直後の安全確保行動の結果

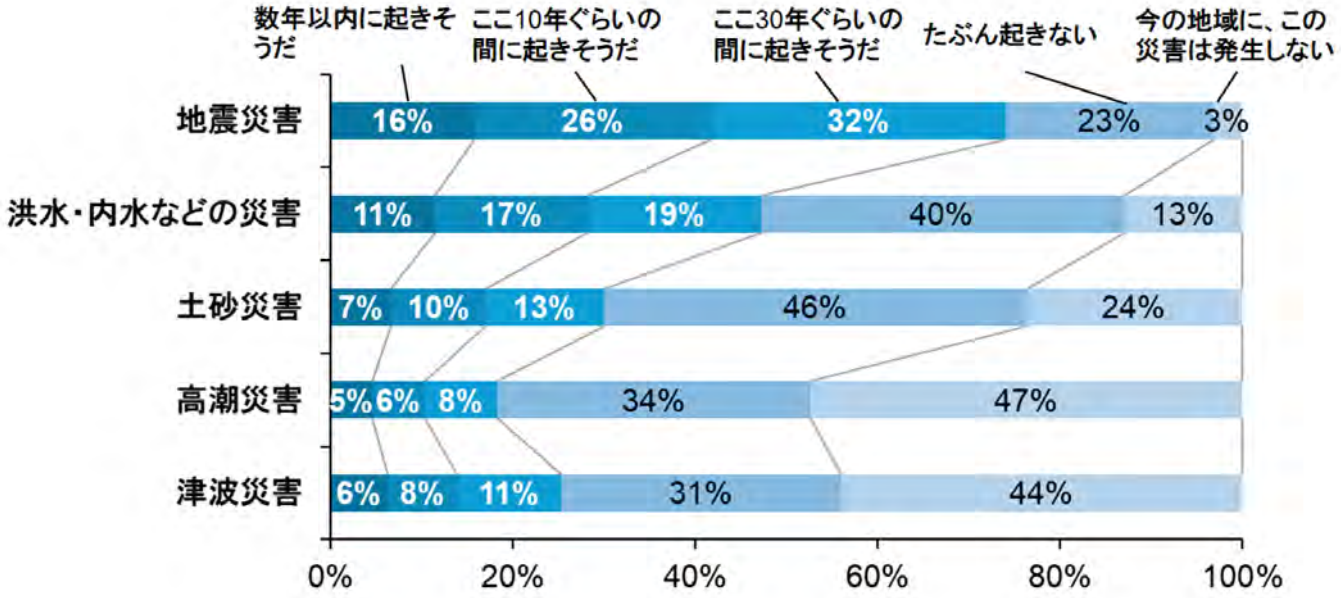


図5 日本全国を対象とした社会調査の人々の災害予期の結果

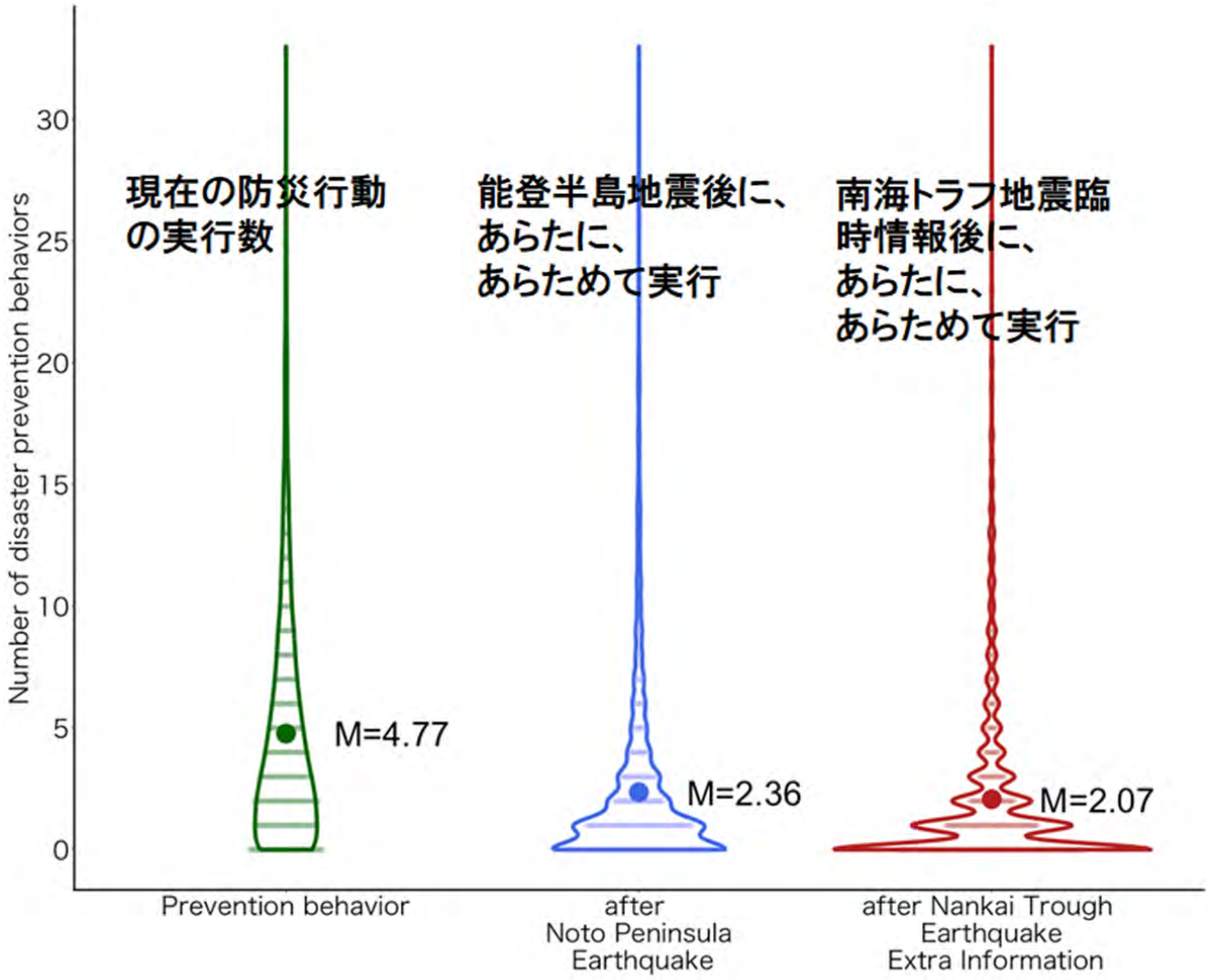


図6 日本全国を対象とした社会調査の防災行動の実行数の結果

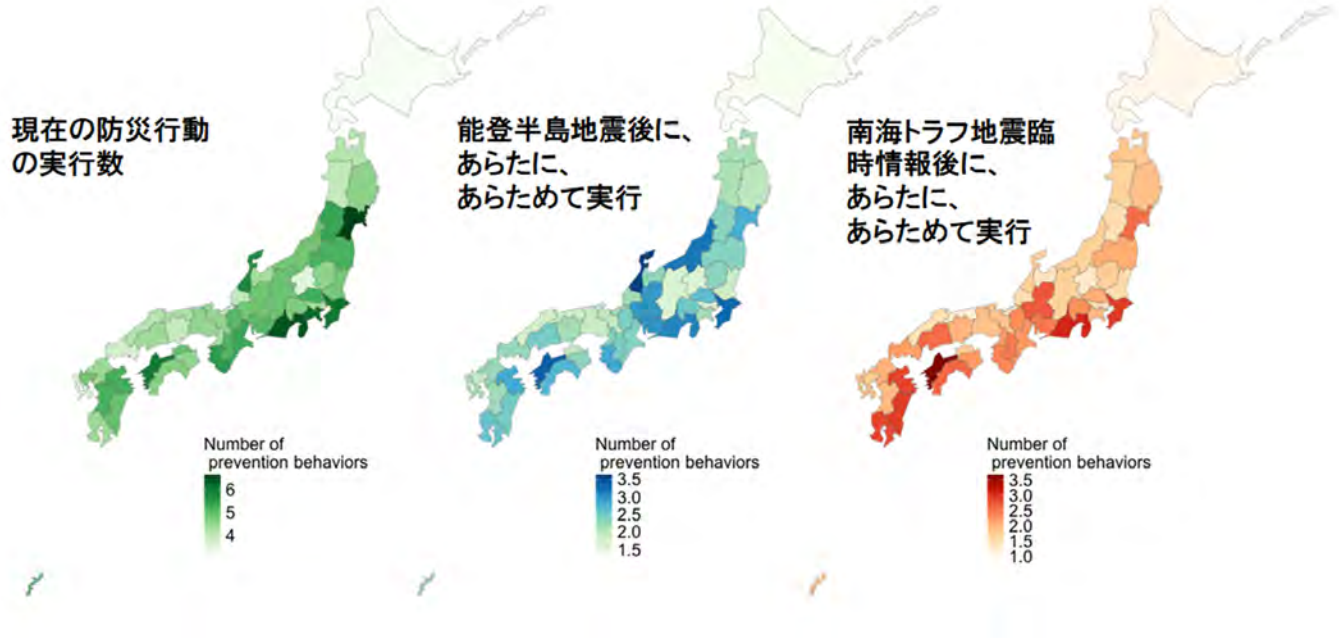


図7 日本全国を対象とした社会調査の防災行動の実行数の都道府県の比較

令和６年度年次報告

課題番号：KOBE01

（1）実施機関名：

神戸大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）九州における多様な活火山を対象としたマグマ供給系解明のための総合的研究
（英文）Comprehensive study for elucidation of magma plumbing systems of diverse active volcanoes in Kyushu

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
火山
(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化

（5）本課題の５か年の到達目標：

本研究の目的は，九州の多様な活火山を対象に，マグマ供給系の解析を行い，マグマ供給系をイメージングし，また長時間スケールにおける進化を明らかにすることである．九州は，小規模から大規模な火山まで，陸域から海域の火山まで多様な活火山を擁している．神戸大学海洋底探査センターでは，令和5年度までの間に，海域の鬼界カルデラ火山に関する研究を中心として，九州の火山を中心にした研究を展開してきた．本研究ではこれまでの研究を継続発展させ，以下の点を5年間で明らかにすることを計画している：

テーマA： 様々な規模の九州の活火山における噴出物の物質科学的研究による火山地下のマグマ供給系の多様性の解明：異なる活動度（マグマ噴出率）の火山のマグマ供給系の比較研究を中心とする．マグマ噴出率において，高噴出率（>1km3/ky；阿蘇，姶良など），中噴出率（1~0.1km3/ky；九重など），低噴出率（<0.1 km3/ky；由布など）の火山を対象に，数万年の時間スケールのマグマの岩石学的および地球化学的変遷を，先研究のデータのコンパイルとともに，火山噴出物の微小領域分析を手法の中心として，マグマの発生，分化，集積などのマグマ供給過程の火山の活動規模による共通点，相違点を明らかにし，火山規模を支配するメカニズムの解明を目指す．

テーマB：九州の活火山における熱水・噴気の地球化学的研究によるマグマ＝熱水系における物質循環の解明：現在も活動をする火山周辺の熱水域において，熱水試料・噴気試料の継続的な採取を行い，マグマ性流体の指標物質（Clなど）の濃度と同位体比（Sなど）の経時変動をモニタリングする．マグマ性流体が地下水系に取り込まれる量，取り込みが起こる際の物理化学環境（温度,pH,酸化還元電位）に関する情報を取得し，マグマ＝熱水系内部で進行する化学反応進行を考察する．

テーマC：海域カルデラ火山（主として鬼界カルデラ火山）の総合研究：地球物理学的手法によるマグマ供給系イメージングおよび岩石試料の物質科学的解析により推定されたマグマ供給系の進化モデル（テーマAとBと関連）との比較・検討を行うことで，7,300年前に起こった大規模噴火（鬼界アカホヤ噴火）から現在にいたるマグマ供給系変遷と噴火過程の理解を進める．より詳細には以下のC1～C3を行う．

(C1) 地球物理学的な手法による探査・観測で得られたデータ解析によるスラブ直上の上部マントルから地殻までのマグマ供給系のイメージング：これまでに実施してきた海底長期観測のデータの解析を

さらに進めることで，鬼界カルデラ火山下におけるスラブ直上の上部マントルから地殻までの地震波速度構造，比抵抗構造を推定し，現時点におけるマグマ供給系のイメージングを行う．

(C2) DASなどによる新たな地球物理学的データ取得によるマグマ供給系モニタリングの高精度化：鬼界カルデラ縁辺の三島（竹島・薩摩硫黄島・黒島）と枕崎市とを結ぶ海底光ケーブルを利用した地震歪計測により，カルデラ周辺域の地震活動度の常時モニタリングを行う．ここでは光ファイバ分布型計測手法（DAS）を適用することにより，海底ケーブル沿いに10ｍオーダーの高密度地震観測網を実現し，従来認知されていない微小地震活動の検出を狙う．また，過去のオフライン臨時海底観測からカルデラ直下での地震活動度の高さは確認済みであり，これらを長期間常時モニタリングすることにより，活動予測に資する観測基盤の構築を図るものである．

(C3) 海域の火砕流の流動堆積過程の解明：鬼界アカホヤ噴火で発生し海上と海底を流れた大規模火砕流を対象に，これまで陸上と海域調査で得られた，堆積物の分布，構成物分析，粒度組成，化学組成などの情報から海域の火砕流の流動堆積過程を明らかにする．また異なる条件で海域を渡った火砕流との比較研究を行い海域火砕流の流動堆積に関する本質的過程を明らかにする．

（6）本課題の５か年計画の概要：

テーマAについて： 5か年で，データの取得と解析を並行して進めていく．最初2年，令和６，7年度では，中低活動度の火山のこれまでの研究のコンパイルを進め，かつ，高活動度火山の姶良火山に関する噴出物分析を進める．その後2年，令和8，9年度では，高～低活動度の火山の噴出物分析を完了する．最後の1年で結果のまとめと発表を中心とする．

テーマB：火山活動周辺の熱水域において，2か月に１回程度の熱水試料・噴気試料の継続的な採取を行う．対象熱水域として，活発なマグマ活動を示している霧島火山（えびの高原硫黄山の熱水と噴気）・九重火山（硫黄山噴気と八丁原地熱域噴気）を予定している．時間変遷を調べることを目的としており，5年間を通じて試料採取と分析を行う．経験的に数年のスパンで活動の段階が大きく推移することが分かっており，そのタイミングで成果の取りまとめと発表を行う．

テーマC：

(C1) マグマ供給系イメージングのため，地震波速度構造と比抵抗構造の推定を行う．速度構造については，広帯域海底地震計データ解析を行い，屈折法地震探査データ解析結果および浅部ローカルトモグラフィ結果を統合し，浅部からスラブ直上の深部までの速度構造の推定を行う．比抵抗構造については，海底電位差磁力計，小型海底磁力計のデータを解析し，火山周辺の詳細な3次元比抵抗構造と広域背景場の2次元比抵抗構造を推定する．その上で，地震波速度構造と比抵抗構造を統合解釈し，マグマ供給系，および，その背景にある沈み込み帯の構造を明らかにする．令和6-8年度で地震，電磁気それぞれのデータの解析を進める．令和7-9年度で地震波速度構造，比抵抗構造と物質科学的データの解析結果との統合を行う．最終年度の令和10年度で，得られたマグマ供給系の知見をまとめ発表する．

(C2) 令和6年度はDASの広帯域化ならびに長距離化を目指した技術開発と試験評価を行い，令和7年度以降リアルタイムでの連続観測を行う．並行してデータの解析を進め，微小地震活動の性質からリアルタイムでの迅速な火山活動評価を行う手法の構築を目指す．

(C3) これまで得られた幸屋火砕流の調査・分析結果と，海及び陸域の流走距離が異なる阿蘇火山および規模が異なるSantorini火山の火砕流の海底および陸域堆積物との比較研究を行い海域火砕流噴火噴出物に関する本質的過程を明らかにする．令和6-7年度は阿蘇火山火砕流の陸上および海底堆積物調査および粒度組成，構成物量比，化学組成の分析を行う．令和8-9年度はSantorini火山で海底掘削されたカルデラ噴出物についてサンプルリクエストを出し，海底堆積物の記載および同様の分析を行う．令和10年度に3火山の結果をまとめ考察を行う．

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本研究では，九州の多様な活火山を対象に，マグマ供給系の解析とイメージングし，噴火時の噴出物挙動を明らかすることを目的としている．本年度の研究により，以下の成果を得た．

テーマA： 中噴出率火山である九重山の活動に関する検討を行うため，九重火山の珪長質火山噴出物の化学分析を行った．その結果，九重火山の珪長質マグマに関し，噴出量が最大1km^3，メルトSiO_2組成が78wt%，結晶含有率が30-40%，マグマ温度が約800℃，水量が5wt%，マグマ溜まり圧力130MPaであるという結論を得た．九重火山の結果は，近傍（30km南に位置する）にある大噴出率

火山であり大規模噴火のマグマ噴出量100 km^3以上である阿蘇火山と比較すると，高濃度のメルトSiO2組成，高い結晶含有率，低いマグマ温度，低い含水量，浅いマグマ溜まりであり，規模の違う二つの火山のマグマ供給系の違いが明確になった．また，大噴出率火山の鬼界火山の7.3kaのカルデラ形成噴火からその後の相対的に小規模な噴火へのマグマの変遷を，噴出物斑晶中に含まれるメルト包有物分析結果を中心とした解析を行った結果，カルデラ形成噴火後にマグマが変化したという先研究の知見に加え，このマグマの変化はカルデラ形成噴火時の残存マグマに新たなマグマが貫入して混合した，というより詳しい知見が得られた．

テーマB： 霧島えびの高原硫黄山の火口湯だまりから熱水試料の採取を行い、主要陽イオン、陰イオン組成などの化学分析を行った。この熱水活動の化学モニタリングは、2018年4月に同火山が水蒸気噴火した後、ほぼ２か月に１回の間隔で継続的に実施しているものである。令和6年度の観測期間中は熱水の化学的特徴が pH<0.5, Cl/SO4>1の範囲を維持していたことから、湯だまり熱水がマグマ性流体を含む噴気の化学的特性に強く支配されている状態であったことが示唆される。この傾向は2022年秋以降に一貫して続いているもので、若干の経時変動は主に降水量の季節変化を反映したものであると解釈できる。

テーマC1： これまでに実施してきた海底長期観測のデータの解析をさらに進めた。具体的には、まず海底電位差磁力計で得られた電磁気観測データの3次元解析に、新たなインバージョン手法を導入した。この結果、カルデラ直下に低比抵抗領域の存在を示し、その低比抵抗領域が20km以深では海溝の反対側に広がるような描像を示唆している。現時点では、これらの低比抵抗領域の広がりがどこまで観測データから拘束できているのかの検証を進めている。また、地磁気観測データに含まれる海洋潮汐成分を使って海底下の比抵抗構造を推定する新たなデータ解析手法の開発を始めている。一方、海底地震計データによる地震波トモグラフィー解析では、カルデラ直下の25km以浅と、沈み込むスラブ直上付近に低速度領域の存在を示している。

テーマC2： 海底光ファイバ通信網を利用した海底火山の地震活動モニタリングのための観測網展開計画の実現に向け、包括連携協定関係にある海洋研究開発機構との間で、今年度新たに共同研究契約「離島間分布型音響センシング（DAS）観測網構築に向けた技術開発と観測手法の確立」を締結した。本共同研究では、鬼界海底カルデラの外輪火山である竹島および薩摩硫黄島沿いに設置された海底光ファイバ通信網（鹿児島県三島村所有）を利用した連続DAS計測を実施し、NTT専用回線によるリアルタイムでの活動モニタリングを実施しているところである。ここでは商用のDAS計測装置（AP sensing社製）に、安定化レーザー装置（Stable Laser Systems社製）を接続することにより、従来より広帯域の地震観測を目指している。これまでに、2024年8月8日に発生した日向灘地震（南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）発表）に伴う複数の長周期津波の検出に成功し、広帯域化の実効性を評価した。

テーマC3： 幸屋火砕流は、噴出源で噴煙柱が崩壊して火砕流となったが、海水より重い部分は海底を重力流として流れ、軽い部分が海面上を流走した。反射法地震探査の結果から海底下に71km3以上の幸屋火砕流堆積物が重力流として堆積したことが推定され、陸上部分の体積が5km3と見積もられている。海を渡って大隅半島に上陸した幸屋火砕流は流走距離とともに細粒粒子の割合が増加する。この特徴は火砕流（乱流場）からの終端速度に基づく粒子堆積で説明できる。さらに54km流走した後の堆積物には、淘汰の悪い火砕流堆積物の上位にサージ堆積物が確認されたことから、海上を渡った流れは徐々に希薄になり、最後はサージ状の希薄な流れとなったことが推定された。この変化は大隅半島にのみ観察された。岩石磁気分析により定置温度の推定を行った結果、海上60km離れた種子島での定置温度は200～350℃程度で、大隅半島の定置温度（350～450℃程度）で、サージ構造は高温定置の場合に限られることが明らかになった。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

地震・火山現象の解明のための研究として，テーマAでは火山活動の多様性を支配するマグマ供給系過程の解明，テーマBでは，マグマの地下活動を検出するための熱水系構造とその変遷の解明，テーマC1では高精度のマグマ供給系イメージングによる現在の地下マグマ状況の把握，テーマC2ではDASによるリアルタイム火山活動評価手法の構築，テーマC3では火山噴火噴出物の運搬拡大過程の理解，という点で貢献を行い，着実に研究を進展させている．災害軽減への貢献については，テーマBとテーマCが火山噴火予測に直接かかわる．テーマC2は，火山噴火の危険度を評価するために重要なデータを提供する．テーマC3は噴火時の噴出物の空間的影響の面でハザード評価 に貢献する．テーマAは，

長期的火山活動評価の基礎研究である．今後においても，以上の研究を進めることにより，短時間から長時間のタイムスケールにおける火山活動予測の原理とその手法の理解発展を目指し，噴火予測のために効果的なモニタリング手法の提言などを目指したい

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Takeshi Hanyu, Nobukazu Seama, Katsuya Kaneko, Qing Chang, Reina Nakaoka, Koji Kiyosugi, Yuzuru Yamamoto, Tetsuo Matsuno, Keiko Suzuki-Kamata, Yoshiyuki Tatsumi, 2024, Submarine cores rec-ord magma evolution toward a catastrophic eruption at Kikai Caldera, Communications Earth & Environment, 5, 428-, 10.1038/s43247-024-01591-5.,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

Yoshimoto, T., Yamamoto, Y., IODP Exp. 398 scientists, 2024.Consolidation characteristics of sed-iments in the Christiana, Anafi and Anydros basins, Greece (IODP Expedition 398). European Geosciences Union (EGU) Meeting, EGU24-6392,10.5194/egusphere-egu24-6392

村上 聡, 大林 政行, 杉岡 裕子, ジョエル シモン, ヨン ユー, 吉光 淳子, 近藤 優子，2024, MERMAIDで検出された2022年トンガ火山噴火に伴うTphase解析, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SCG54-15

小畑 拓実, 荒木 将允, 廣瀬 時, 松野 哲男, 南 拓人, 臼井 嘉哉, 大塚 宏徳, 市原 寛, 巽 好幸, 杉岡 裕子, 島 伸和, 2024，3-D resistivity structure under the Kikai submarine caldera volcano, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SVC26-16

島 伸和, 長屋 暁大, 藤江 剛, 清水 賢, 中岡 礼奈, 田中 聡, 山本 揚二朗, 宮町 宏樹, 杉岡 裕子, 小平 秀一, 2024，Magma re-injection after the 7.3 ka Kikai-Akahoya eruption of the Kikai submarine caldera volcano, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SVC26-15

Maria Luisa Tejada, Takeshi Hanyu, Takashi Miyazaki, Morihisa Hamada, Qing Chang, Tomoki Sato, Iona McIntosh, Kenta Ueki, Bogdan Vaglarov, Nobukazu Seama, Katsuya Kaneko, Reina Nakaoka, Koji Kiyosugi, Keiko Suzuki-Kamata, Yoshi Tatsumi, Osamu Ishizuka, 2024，Tracing the Kikai volcano evolution from geochemical surveys of subaerial and submarine deposits, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SVC25-P06

浜田 盛久, 羽生 毅, マッキントシュ アイオナ, テハダ マリアルイザ, 常 青, 金子 克哉, 木村 純一, 清杉 孝司, 宮崎 隆, 中岡 礼奈, 西村 公宏, 佐藤 智紀, 島 伸和, 鈴木 桂子, 田中 聡, 巽 好幸, 上木 賢太, ヴァグラロフ ボグダン, 吉田 健太, 2024，7300年前の鬼界アカホヤ噴火以降の海底溶岩ドーム直下のマグマ供給系の進化（続編）, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SCG55-06

山本 揚二朗, 伊藤 亜妃, 石原 靖, 大林 政行, 田中 聡, 中道 治久, 八木原 寛, 仲谷 幸浩, 杉岡 裕子, 大塚 宏徳, 松野 哲男, 島 伸和, 2024，海陸自然地震観測による鬼界カルデラの地震波速度構造, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SCG54-08

菊池瞭平，金子克哉，Bachmann Olivier，2024，メルト包有物と石基の組成分析に基づく阿蘇火山の珪長質マグマと苦鉄質マグマの岩石学的成因，日本地球惑星科学連合2024年大会, SVC30-09

羽生毅，金子克哉，清水健二，牛久保孝行，山本順司，浜田盛久，常青，2024，Evolution of magma toward caldera-forming eruption in Kikai Caldera; melt inclusion study of the submarine core，日本地球惑星科学連合2024年大会, SGC32-P08

西来邦章，佐藤勇輝，羽生毅，宮崎隆，Tejada Maria Luisa，上木賢太，臼井洋一，金子克哉，清杉孝司，鈴木桂子，中岡礼奈，長谷川健，岡田誠，2024，鬼界カルデラの海底カルデラ壁で掘削したボーリングコアの岩相と岩石磁気学的特徴，日本地球惑星科学連合2024年大会, SGC54-P02

吉本剛瑠，山本由弦，IODP Exp. 398 scientists，2024， Consolidation characteristics of offshore sediments in the Christiana, Santorini, and Kolumbo volcanic field, Greece (IODP Expedition 398)， 日本地球惑星科学連合2024年大会，MGI31-02（固体地球科学セクション学生優秀発表賞受賞）

中岡礼奈，小野妃美香，豊田峻大，鈴木桂子，2024，古地磁気測定による鬼界カルデラ幸屋火砕流堆積物の定置温度，日本地球惑星科学連合2024年大会，SVC30-P16

藤本和希，金子克哉，菊池瞭平，2024，Generation processes of three silicic pyroclas-tic flows' magmas at Kuju volcano and difference of magmatic features be-tween Kuju and Aso volcanoes，日本地球惑星科学連合2024年大会, SVG30-08

Obata, T., Araki, M., Hirose, T., Matsuno, T., Minami, T., Usui, Y., Otsuka, H., Ichihara, H.,Tatsumi, Y., Sugioka, H., Seama, N., 2024， Estimation of 3-D resistivity structure under the Kikai submarine caldera volcano, The 26th Electromagnetic Induction Work-shop, 6O02

中野優, 中島倫也, 荒木英一郎, 杉岡裕子, 伊藤亜妃，松本浩幸，横引貴史，利根川貴志，小野重明，2024，鬼界カルデラDAS観測のセンブランス解析による震源決定, 日本火山学会2024年度秋季大会，P118

石橋 純一郎, 宮本 知治, 松島 健, 山中 寿朗, 田島 靖久, 2024，霧島硫黄山噴火後の熱水化学組成の経時変動（V）, 日本火山学会2024年度秋季大会，P93

田島 靖久, 松島 健, 石橋 純一郎, 鈴木 桂子, 村松 弾, 及川 純, 村上 千晶, 村田 健史, 2024，霧島火山, 硫黄山南火口及び噴火孔における2022～2023年の小噴出イベント, 日本火山学会2024年度秋季大会, B1-15

福島 菜奈絵, 角野 浩史, 大場 武, 谷口 無我, 安田 裕紀, 小長谷 智哉, 外山 浩太郎, 石橋 純一郎, 2024，霧島火山群におけるヘリウム同位体比の時空間分布, 日本火山学会2024年度秋季大会，P92

大林 政行, 吉光 淳子, 山本 揚二朗, 伊藤 亜妃, 石原 靖, 田中 聡, 中道 治久, 八木原 寛, 仲谷 幸浩, 杉岡 裕子, 大塚 宏徳, 松野 哲男, 島 伸和, 2024，グローバルトモグラフィーによる鬼界カルデラ周辺のP波速度構造, 日本火山学会2024年度秋季大会, P117

山本 揚二朗, 伊藤 亜妃, 石原 靖, 大林 政行・田中聡, 中道 治久, 八木 原寛, 仲谷 幸浩, 杉岡 裕子, 大塚 宏徳, 松野 哲男, 島 伸和, 2024，地震波トモグラフィによる鬼界カルデラのマグマ供給系イメージング, 日本火山学会2024年度秋季大会, B1-01

中岡礼奈，鈴木桂子，金子克哉，島伸和，清杉孝司，山本由弦，松野哲男，羽生毅，清水賢，巽好幸，2024，海底堆積物コアから見た鬼界アカホヤ噴火と鬼界葛原噴火堆積物の特徴，日本火山学会2024年度秋季大会，P116

朝田葵，金子克哉，羽生毅，浜田盛久，清水健二，牛久保孝行，常青，2024，鬼界カルデラにおける溶岩ドームマグマの特徴とアカホヤ噴火マグマとの関係，日本火山学会2024年度秋季大会，P115

柴田 悠, 野々山 達也, 島 伸和, 南 拓人, 小畑 拓実, 松野 哲男, 杉岡 裕子, 大塚 宏徳, 羽人 朋子, 山本 揚二朗, 中道 治久, 2024，鬼界カルデラ海域における潮汐起因の電磁場応答の研究, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2024年秋季年会, R003-P03

Frederik J Simons, Guust Nolet, Carlos Becerril, Sebastien Bonnieux, Bá Hoàng Nguy☒ n, Yuko Kondo, Fanchao Kong, Masayuki Obayashi, Karin Sigloch, Sirawich Pipatprathanporn, Jo-el D. Simon, Hiroko Sugioka, Junko Yoshimitsu, Qiunling Zhang，2024，Six Years in the Pacific: Seismic Waveforms and Traveltimes for Mantle Tomography from MERMAID，AGU Fall Meeting 2024, S43E-01

Yoshimoto, T., Yamamoto, Y., 2024, IODP Exp. 398 scientists, 2024, Consolidation characteristics of sediments in the Christiana, Anafi and Anydros basins, Greece (IODP Expedition 398). IODP Exp. 398 Post-Expedition meeting,

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

テーマA：　小噴出率火山である由布山のマグマの岩石学的および地球化学的性質の検討をおこない，これまで得られた中～大噴出率火山のマグマ供給系との比較検討を行う．また，それらの共通性質および相違点を明確にし，それらを生じるメカニズムに関する検討を行う．

テーマB：　熱水活動の化学モニタリングを継続するとともに，2022年秋以降の現在までに至る期間と噴火直後期の期間との間で見られる湯だまり熱水の化学的特徴の相違について詳細に検討し、マグマ性流体が地下水系に取り込まれる過程に関する情報を抽出することを目的として、微量成分組成、硫黄同位体比、酸性度などの項目について、現在から過去に採取した試料に遡って分析を進める。

テーマC1：　鬼界カルデラ地域での海底電磁気データと地磁気データを用いた比抵抗構造の推定と検証、海底地震計データによる地震波トモグラフィー結果の速度異常の確からしさの検討など，海底長期観測のデータの解析をさらに進める．

テーマC2：　鬼界カルデラ地域における広帯域DASのリアルタイムでの連続観測を継続する．また、計測の長距離化を目指した技術開発を行う。これらと並行してデータの解析を進め，迅速な火山活動評価を行う手法の構築を検討する．

テーマC3：　鬼界カルデラ火山のカルデラ形成噴火である7.3kaおよび95ka噴火の海底火砕流堆積物の解析を進め，陸上堆積物との比較検討の上，それぞれの流動堆積過程理解に向けた考察をするめる．

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

金子克哉（神戸大学海洋底探査センター火山学部門）,石橋純一郎（神戸大学海洋底探査センター金属鉱床評価部門）,島伸和（神戸大学海洋底探査センター構造探査部門）,松野哲男（神戸大学海洋底探査センター構造探査部門）,南拓人（神戸大学理学研究科惑星学専攻）,杉岡裕子（神戸大学海洋底探査センター構造探査部門）,清杉孝司（神戸大学海洋底探査センター火山学部門）,中岡礼奈（神戸大学海洋底探査センター火山学部門）,山本由弦（神戸大学海洋底探査センター海底活構造部門）,鈴木桂子（神戸大学海洋底探査センター火山学部門）

他機関との共同研究の有無：有

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：神戸大学海洋底探査センター
電話：
e-mail：
URL：http://www.k-obec.kobe-u.ac.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：金子克哉
所属：神戸大学海洋底探査センター

令和６年度年次報告

課題番号：KOBO01

（1）実施機関名：

公募研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）能登半島地震と地質（漸新世-中新世の火山岩）の関係
（英文）The relationship between the 2024 Noto Peninsula earthquake and its geology (Oligocene-Miocene volcanic rocks)

（3）関連の深い建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
エ. 地震発生と火山活動の相互作用の理解とモデル化

（4）その他関連する建議の項目：

（5）令和６年度の計画の概要：

これまで金沢大学の卒論や修論などで能登半島の地質・岩石調査をおこなわれてきた。古い卒論試料などはデータ化されていないので、まず金沢大学においてこれまでの研究のレビューをおこない、調査、岩石採取地域を選別する。
1）従来の研究を基にして、日本海形成時(漸新世から中新世、28Maから15Ma)の穴水累層の分布域を抑え、能登半島の各所において地質調査と岩石試料の採取をおこなう。目的とするのは穴水累層の火山岩類、とくに安山岩類の成因である。そのためより未分化な高マグネシウム安山岩マグマの採取をおこなうが、洪水安山岩とよばれた、大量の安山岩マグマなど、代表的な岩石を系統的に採取していく。
2）採取された試料に関しては、岩石を薄片にして記載していく。斑晶などの組織から、初生安山岩マグマから分化した安山岩であるのか、それとも日本の多くの火山に見られるように、再融解（リモービライズ）した安山岩であるのか、マグマ混合の証拠はあるのか、という検討をおこなう。また電子線プローブマイクロアナライザで鉱物の組成や構造を分析・解析する。とくに高マグネシウム安山岩にかんらん石斑晶が存在する場合、その組成を分析して、初生マグマ推定の傍証を固める。

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要
令和6年能登半島地震は逆断層によって引き起こされたが、能登半島周辺におこっていた群発地震も含めて、その逆断層の活動に地下の流体が関与した、と言われている。その流体の起源を明らかにするためには、能登半島を形成する漸新世から中新世の火山岩の起源が重要であると考えている。これらの火山岩は日本海形成時に噴出したものであり、そのときの海水が、地殻やマントル上部まで到達してマントルの部分融解を促し、マグマを生成し、さらに化石海水として地殻やマントル中に現在も残っている可能性がある、という作業仮説をたてた。
今年度は、これまでの能登半島における地質調査をレビューし、調査ターゲットを明確にした後、12月に現地の漸新世-中新世火山岩である穴水層群の地質調査と岩石採取をおこなった。穴水層群は日本海形成時に生成した火山岩類を主体としているが、主に安山岩で形成されている。なぜ穴水層群が安山岩でできているのか、という深い議論は、これまで特にされていない。日本海形成時には多くの正断層が形成された。これらの正断層に沿って、大量の海水が下部地殻や、おそらくマントルにまで到達したはずである。上昇してきた高温のマントルと海水が接して、融点の低下によりマントルの融解がおこり、マグマが生成したと考えられる。特に低圧（<1GPa）においてはマントルの含水融解によっ

て高マグネシウム安山岩が生成する(Tamura et al., 2022)。能登の火山岩類のは高マグネシウム安山岩マグマに由来する可能性がある。親マグマが、高マグネシウム安山岩マグマであるかどうか、マントルと海水の反応があったのかどうか、を検証するための地質調査と岩石採取である。
能登半島北東部の穴水層群には玄武岩から高マグネシウム安山岩が露出している (Lopez & Ishiwatari, 2002)。これらの記載をもとに鳳至郡能登町周辺の地質調査と岩石採取をおこなった。さらに能登半島西部の輪島市から羽咋郡志賀町の海岸沿いの地質調査をおこない、海岸沿いに20㎞続く、「洪水安山岩」と呼ばれる地域の地質調査と岩石採取を行った。洪水安山岩の産状は、いわゆる島弧火山の溶岩の産状とは大きく異なり、いくつもの岩脈が同じ方向に貫入している、いわゆる拡大境界の火山岩の産状に近い。今後は岩石記載、全岩分析、同位体分析と進めて行き、マグマの組成と日本海の形成との関係、日本海の海水がマグマ生成のもとになっているかどうかを検証していく。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

(7) 令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

田村芳彦、森下知晃、長谷川美咲、山内大樹、2025、能登半島地震と地質（漸新世―中新世の火山岩）の関係、海と地球のシンポジウム2024（予定）

田村芳彦、森下知晃、長谷川美咲、山内大樹、2025、能登半島地震と地質（漸新世―中新世の火山岩）の関係、JpGU2025（予定）

(8) 令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

田村芳彦（海洋研究開発機構）
他機関との共同研究の有無：有
森下知晃（金沢大学理工研究域）,長谷部（田村）明弘（金沢大学理工研究域）,山内太樹（金沢大学理工研究域）,海野進（金沢大学理工研究域）,長谷川実咲（金沢大学大学院地球社会基盤学専攻）

(10) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：海洋研究開発機構海域地震火山部門
電話：046-867-9761
e-mail：tamuray@jamstec.go.jp
URL：

(11) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：田村芳彦
所属：海洋研究開発機構海域地震火山部門

安山岩の露頭
輪島市門前町（わじましもんぜんまち）の安山岩溶岩。地震で崩壊した柱状節理

洪水安山岩の露頭
羽咋郡志賀町（はくいぐんしかまち）の海岸沿いに20㎞続く洪水安山岩。

令和６年度年次報告

課題番号：KOBO02

（1）実施機関名：

公募研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）リソスフェアの流動を考慮した日本列島下の非弾性ひずみ蓄積の解明

（英文）Incorporating lithosphere rheology to elucidate inelastic strain buildup beneath Japan

（3）関連の深い建議の項目：

２ 地震・火山噴火の予測のための研究

(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）

イ. 内陸地震の長期予測

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究

(3) 地震発生過程の解明とモデル化

（5）令和６年度の計画の概要：

Strain accumulation beneath fault zones controls seismicity and slip potential in the brittle crust. Previous studies often invoke block models to characterize relative motion across fault zones in Japan. However, fault slip struggles to accurately describe the broadened strain distribution belo w the brittle-
ductile transition, necessitating a new modeling scheme to reassess the kinematics of the Japan archipelago. This proposal seeks to explore contemporary plastic strain-
rate distribution across Japan using a model aligned with lithosphere rheology. The model will h elp clarify the three-
dimensional secular velocity field of Japan, aiding in estimating the stress buildup rate on brittle faults to enhance long-term forecasts of inland earthquakes.

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

This project aims to incorporate the “finite volume strain model” to study the secular plastic st rain rate in the lithosphere beneath Japan using inversion. This year, I evaluated the new modeli ng approach on the reproducibility of the features of several localized shear zones in Japan inclu ding the Niigata-
Kobe tectonic zone. Specifically, we discretized the lower crust and upper mantle beneath Japan into a series of volume elements with horizontal dimensions of 30 km by 30 km, and obtained th e distribution of horizontal strain tensors by inverting the GNSS horizontal velocity field from 20 05 to 2011 before the Tohoku-oki earthquake (Figure 1).

Although our preliminary model sufficiently explains the GNSS horizontal velocity field in Japan (Figure 1a), the model does not consider localized creep on faults and subduction interfaces. Thi s suggests that the modeling results around subduction zones, such as the Nankai trough and th e Japan trench, may be biased (Figure 1b to d). Nevertheless, the model captures the feature of t he localized deformation along the Niigata-
Kobe tectonic zone (Figure 1b and c). This gives us confidence that the new modeling approach

can, at least in principle, be used to image plastic strain rate distribution beneath Japan.

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

Inelastic strain accumulation in the lower crust and upper mantle can be used to evaluate the seismic potential in the crust. It is therefore important to separate the elastic and inelastic deformation. To estimate the inelastic deformation from geodetic data, it is necessary to adopt a new modeling scheme. In this project, our preliminary results confirm that the new model can capture the main deformation feature of the Niigata-
Kobe tectonic zone. In the future, we will incorporate more data into the model, such as vertical velocity field and seafloor geodetic observations, and consider localized faults and lateral variations in Moho depth to obtain a more realistic model. We hope the final model will shed light on a comprehensive understanding of the plastic strain rate pattern underneath the Japanese archipelago, and ultimately contribute to seismic hazard and risk mitigation.

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

唐啓賢（東北大学災害科学国際研究所）,木戸元之（東北大学災害科学国際研究所）,福島洋（東北大学災害科学国際研究所）

他機関との共同研究の有無：有

Sylvain BARBOT（南カリフォルニア大学　（米国））

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東北大学災害科学国際研究所
電話：
e-mail：
URL：

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：唐啓賢（TANG, Chi-Hsien）
所属：東北大学災害科学国際研究所

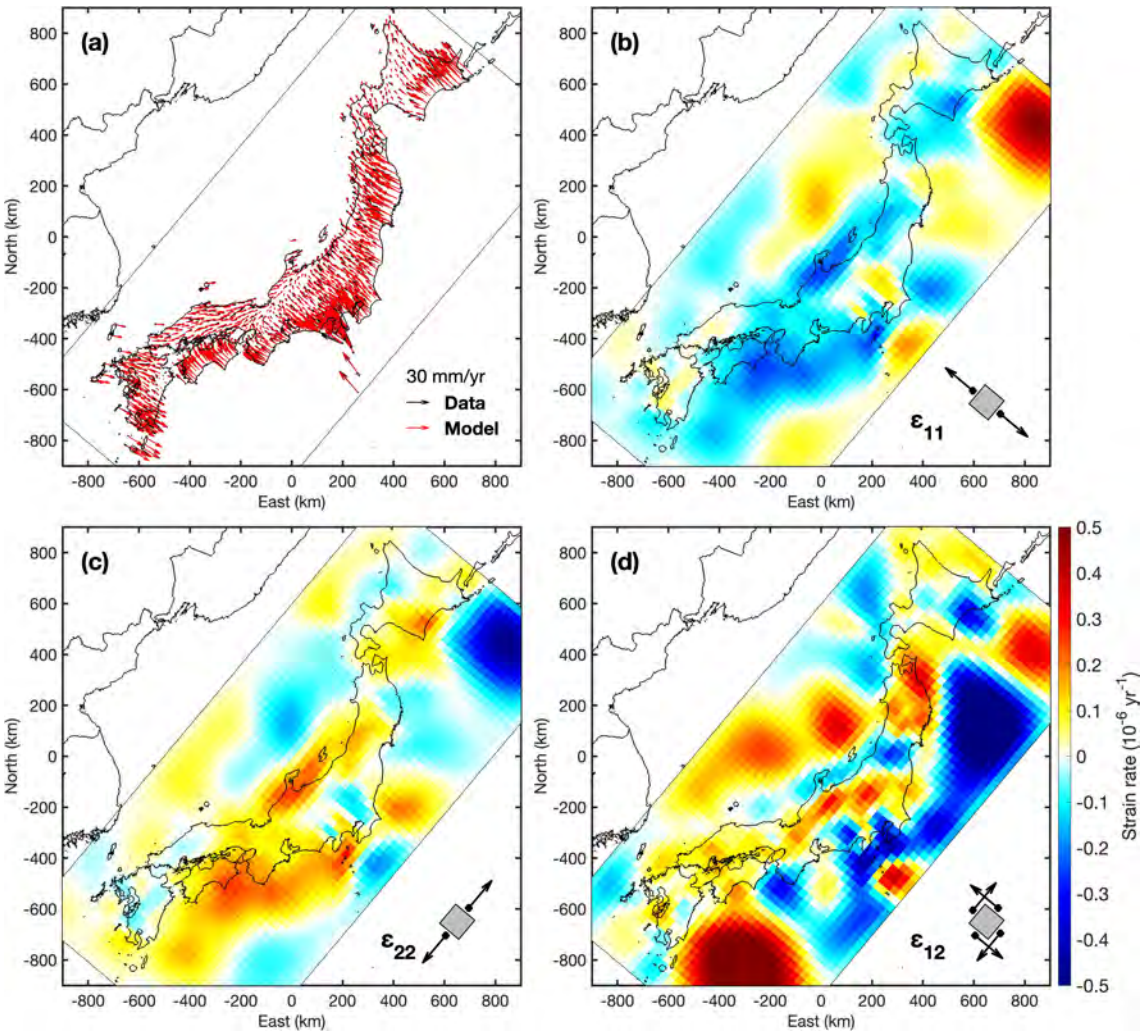


Figure 1 GNSS data and model.
(a) GNSS horizontal velocity field from 2005 to 2011 before the Tohoku-oki earthquake (Kosugi and Mitsui, 2022) and model prediction. The other three diagrams show the (b) ε_{11}, (c) ε_{22}, and (d) ε_{12} components of the modeled plastic strain rate field beneath the lower crust.

令和６年度年次報告

課題番号：KOBO03

（1）実施機関名：

公募研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）宏観異常現象のデータ化と地震との関係

（英文）Digitalization of macroscopic anomalies and their relationship to earthquakes

（3）関連の深い建議の項目：

２ 地震・火山噴火の予測のための研究

(2) 地震発生確率の時間更新予測

イ. 観測データに基づく経験的な予測と検証

（4）その他関連する建議の項目：

（5）令和６年度の計画の概要：

宏観異常現象を災害軽減に役立てることはできるのか？この問いに一定の答えを見出すためには、利用できる様々な種類のデータを収集し、時空間的に地震との関係を検証する必要がある。本研究では多岐にわたる宏観異常のうち、どの現象が地震災害軽減に役立つ可能性があるのかを調査する。

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

1. イワシの大量死および大量漂着と大地震との関連性について

令和6年能登半島地震で前兆ではないかと一部で言われたイワシの大量死・大量漂着について、過去の同様な事例を調べ、大地震との対応を検証した。

イワシの大量死・大量漂着は、過去の新聞記事やインターネット情報および学術文献から見つけてきた。2011年以前の報告は各イベントの間隔が空き過ぎているため対象外とし、2012年6月4日から日向灘の地震があった2024年8月8日までの4449日間を対象期間とした。この期間に記録された異常は31回である。そして、同期間に日本周辺で発生したマグニチュード: M6.5以上、深さ100km以浅の地震32個（気象庁一元化地震カタログ）との対応を調べた。

Figure 1 は、イワシの大量死・ 大量漂着31回(赤色の星印)と、M6.5以上の地震32個(青色の丸印)の場所をプロットした地図である。そして、Fig.2 は Molchan error diagram を示している。横軸は異常 (Anomaly) による地震検出可能な時空間で警報 (Alarm) が出ている時空間の割合 τ (Alarm Fraction) = P(A)、縦軸は地震 (Earthquake) が発生した時にその地震の前に異常 (Anomaly) がある確率 P(A|E) = 1-ν を表している。先行時間を変えることにより横軸の値 P(A) を変化させ、それに対応する P(A|E) を求めグラフにプロットした。なお、斜線はランダムに予知した場合 (random guessing) を示しており、この線より上側はランダム予知(偶然)よりも起こりにくい場合を示す。

Fig. 1

Fig. 2

Figure 2 を見ると、P(A) が概ね0.7より小さい範囲ではランダム予知と同等だが、P(A) が概ね0.7から0.9の範囲ではランダム予知よりも好成績を示している。ただし、P(A) が0.7から0.9は、対象期間全体の7割から9割に警報 (Alarm) が出ている状態であり、先行時間も193日から289日と長い。この

結果を「実際の防災・減災に役立つ情報になり得るか」といった視点で見た場合、ほぼ毎日のように警報 (Alarm) が発令されている状況は、「地震はいつ来てもおかしくないから，常に備えておくように」といった一般的な教訓と何ら変わりがないといえる。

Figure 3 は、横軸に先行時間 (Lead Time)、縦軸に震央距離 (Epicenter Distance) をある間隔ごとに区切り、当てはまるマスに異常と地震との組み合わせの数を示したものである。これを見ると、先行時間が80日以内かつ震央距離が350km以下の組み合わせが1つもないことがわかる。

Fig. 3

地震前兆は「震源付近を中心に地震発生直前に顕著に現れる」と仮定すると、先行時間が80日以内かつ震央距離350km以下の組み合わせが1つもないイワシ大量死・大量漂着は、大地震の前兆とは考えにくい、といえる。

2. 令和6年能登半島地震と地震雲

Yahoo!のリアルタイム検索を用いた「地震雲」に関するX(旧Twitter) の投稿から、令和6年能登半島地震を予知していた投稿がなかったことは、既にわかっている。

本研究では、地震後に「能登半島地震の地震雲だったのでは？」という投稿を調べ、能登半島地震に関連していそうな雲がなかったかを調べた。その結果、震源付近を中心に地震発生直前に現れていた特徴のある雲があった。

この雲は、能登半島では雲と青空の境界が直線上に伸びているよう見え、遠方からは地平線に沿った直線上の雲である（https://x.com/998rf2/status/1741816747269955606?utm_source=yjrealtime&utm_medium=search; https://x.com/You_Keito/status/1741784106697142309?utm_source=yjrealtime&utm_medium=search）。

同様の雲が別の日にも見られたかを調べたところ、2022年9月21日の東北地方（https://weathernews.jp/s/topics/202209/210045/）や、同年12月9日の九州北部（https://weathernews.jp/s/topics/202212/090135/）などで確認できた。なお、これらの日に大地震は発生していない。そして、これらの日の気圧配置と、2024年1月1日の気圧配置を比較した結果、雲と青空の境界が直線上に伸びる現象は、気圧の境目で等圧線に沿って現れる傾向があると考えられた（https://tenki.jp/past/2024/01/01/chart/; https://tenki.jp/past/2022/09/21/chart/; https://tenki.jp/past/2022/12/09/chart/）。

以上により、能登半島地震の直前に見られた雲と青空の境界が直線上に伸びている現象は、気象現象として説明できると考えられる。

次に、2024年1月1日の地震発生前後の雲の様子を気象衛星の図（https://tenki.jp/past/2024/01/01/satellite/japan-east/）で確認した。この能登半島を横切る雲と晴れの境界が明瞭な気象現象は、9～10時から16～17時ぐらいまでの約6～8時間継続していた。過去に同様の現象はなかったのかを調べたところ、能登半島を横切る雲と晴れの境界が明瞭でその状態がある程度継続する現象は、2022年1月24日に確認できた。ただし、その継続時間は7時から8時ごろの1時間程度と短い。一方、能登半島より南側の石川県の海岸線では、雲と晴れの境界が明瞭な状況が8時から13～14時までの約5～6時間確認できた（https://tenki.jp/past/2022/01/24/satellite/japan-east/）。以上より、雲と晴れの境界が明瞭な状態が数時間継続することも、気象現象として説明できそうである。

3. 地方自治体が所有する行政資料の調査

新潟県庁内にある行政情報センターで、過去に発生した顕著な地震に関する先行異常についての資料調査を行った。

中越大震災（新潟中越地震）と新潟中越沖地震に関する記録誌の他、新潟地震（1964年6月16日マグニチュード7.5）や長岡地震（1961年2月2日マグニチュード5.2）の記録誌があった。

長岡地震では、新潟気象台の発表として、1月31日夕刻の新潟上空の天空色異常についてのコメントが記載されていた。これは、「降水中にもかかわらず、日没までの約12分間空が一面薄い桃色に染まっ

た」というものである。「異状なる夕焼現象が上空の雲に反映か」とのことだったが、地震との関係は不明である。

新潟地震の記録誌には、事前の兆候のひとつとして「新潟から山形にかけてタイやイワシが意外に多く取れた」とあった。

そこで、『新潟県水産試験場事業報告』を調べたところ、佐渡島の粟島漁場と江積漁場では、1964年5月（地震の前月）にタイの定置網漁獲量が他と比べて多いとあった。『新潟県水産試験場事業報告』は1959年から1969年まであったものの、1964年以外の漁獲量の記録は粟島漁場が1960年、江積漁場は1963年しかなかった。粟島漁場の1964年5月の漁獲量は1960年5月の2倍ほどあったが、江積漁場は1963年5月のほうが1964年5月よりも多かった。新潟地震の記録誌にあった「タイが多く取れた」という情報を、明確にデータで裏付けることはできなかった。

イワシについては、他の資料も調べたが漁獲量のデータを見つけることができなかった。しかし、大羽イワシの漁況海況調査が昭和39年3月～6月に実施されており、水温や塩分濃度などが記録されていた。そして、何らかの異常があった場合のために、「魚群、汐目、海光、変色体、急潮、海鳴、其他の異状」を記載する備考欄があった。しかし、ここに何らかの異常があったという記録はなかった。残念ながら、イワシについてもデータで明確に事前兆候の情報を裏付けることはできなかった。

4. その他

本年度は予算不足により、神奈川県温泉地学研究所ナマズの会による井戸水異常の過去データを再検証論文の英文査読誌への投稿は断念した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本研究では地震の先行現象として、主に宏観異常現象を扱っている。本報告では、令和6年能登半島地震の前兆ではないか、とネット上で話題になったイワシの大量死・大量漂着について、過去に遡って同現象を拾い上げて地震との関連性を検証した。現時点で、このような「地震前兆ではないか？」とネット上で言われている異常現象が「災害の軽減に貢献する」情報になり得る、と考えられるものは見出されていない。しかし、データをもとに見出せないことを明確にすることも重要である。

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

織原義明, 2024, イワシの大量死および大量漂着と大地震との関連性の調査, 東海大学海洋研究所研究報告, 46, 1-11.,査読有,謝辞有

織原義明, 2024, イワシの大量死・大量漂着は地震の前兆なのか?, 日本地震学会2024年度秋季大会予稿集, S14-06.,査読無,謝辞有

織原義明, 2024, 能登半島地震を示唆する地震雲はあったのか？, 日本地震予知学会第11回学術講演会アブストラクト集, 24-06.,査読無,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

織原義明, 2024, イワシの大量死・大量漂着は地震の前兆なのか?, 日本地震学会2024年度秋季大会, S14-06.

織原義明, 2024, 能登半島地震を示唆する地震雲はあったのか？, 日本地震予知学会第11回学術講演会, 24-06.

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

織原義明（東京学芸大学）

他機関との共同研究の有無：無

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京学芸大学教育学部
電話：
e-mail：orihara@u-gakugei.ac.jp
URL：

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：織原義明
所属：東京学芸大学教育学部

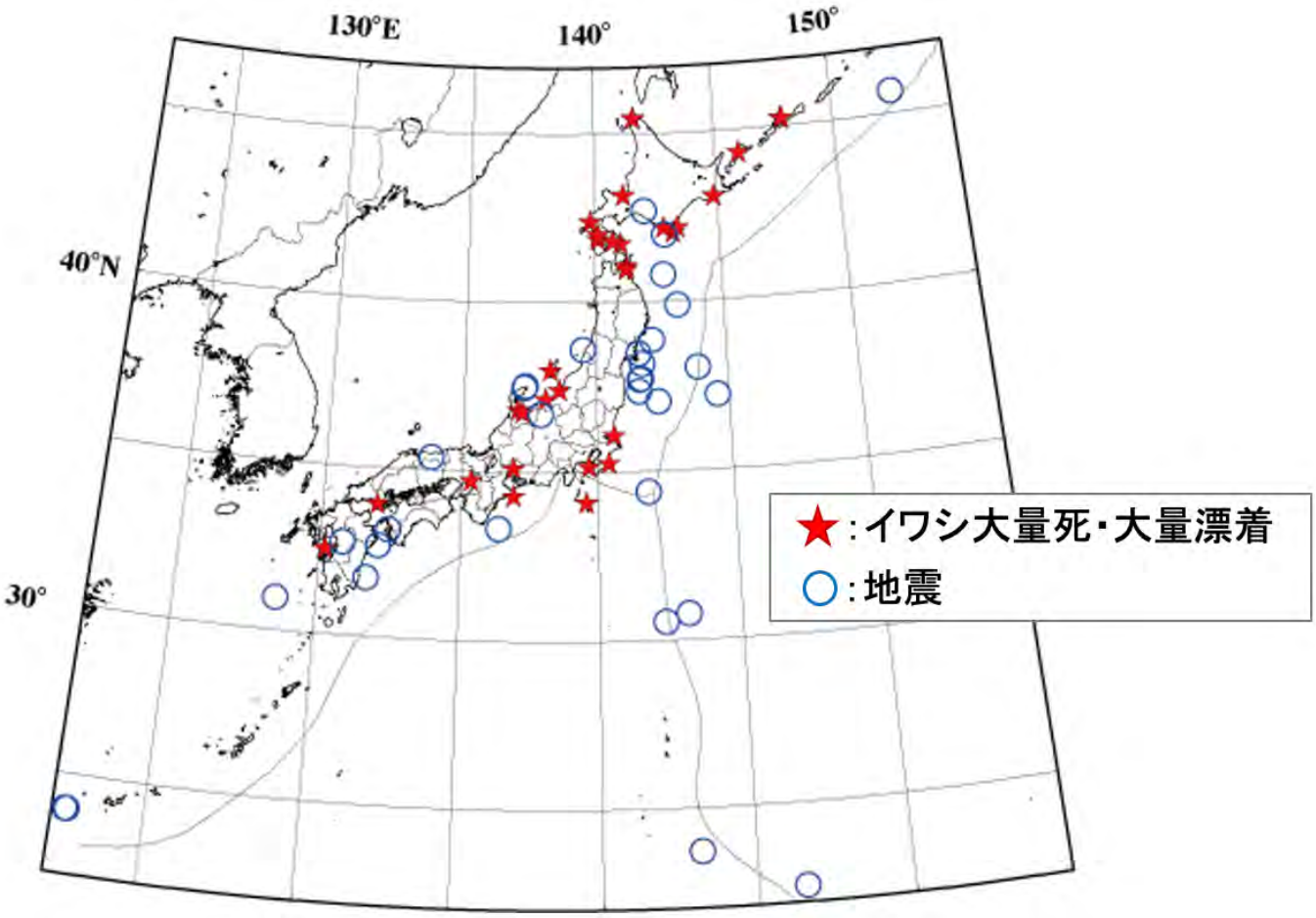


Fig. 1: Massive sardine die-offs/strandings and earthquakes with M ≧ 6.5 (focal depth less than 100 km), based on the Japan Meteorological Agency (JMA) seismic catalogue from June 2012 to August 2024.

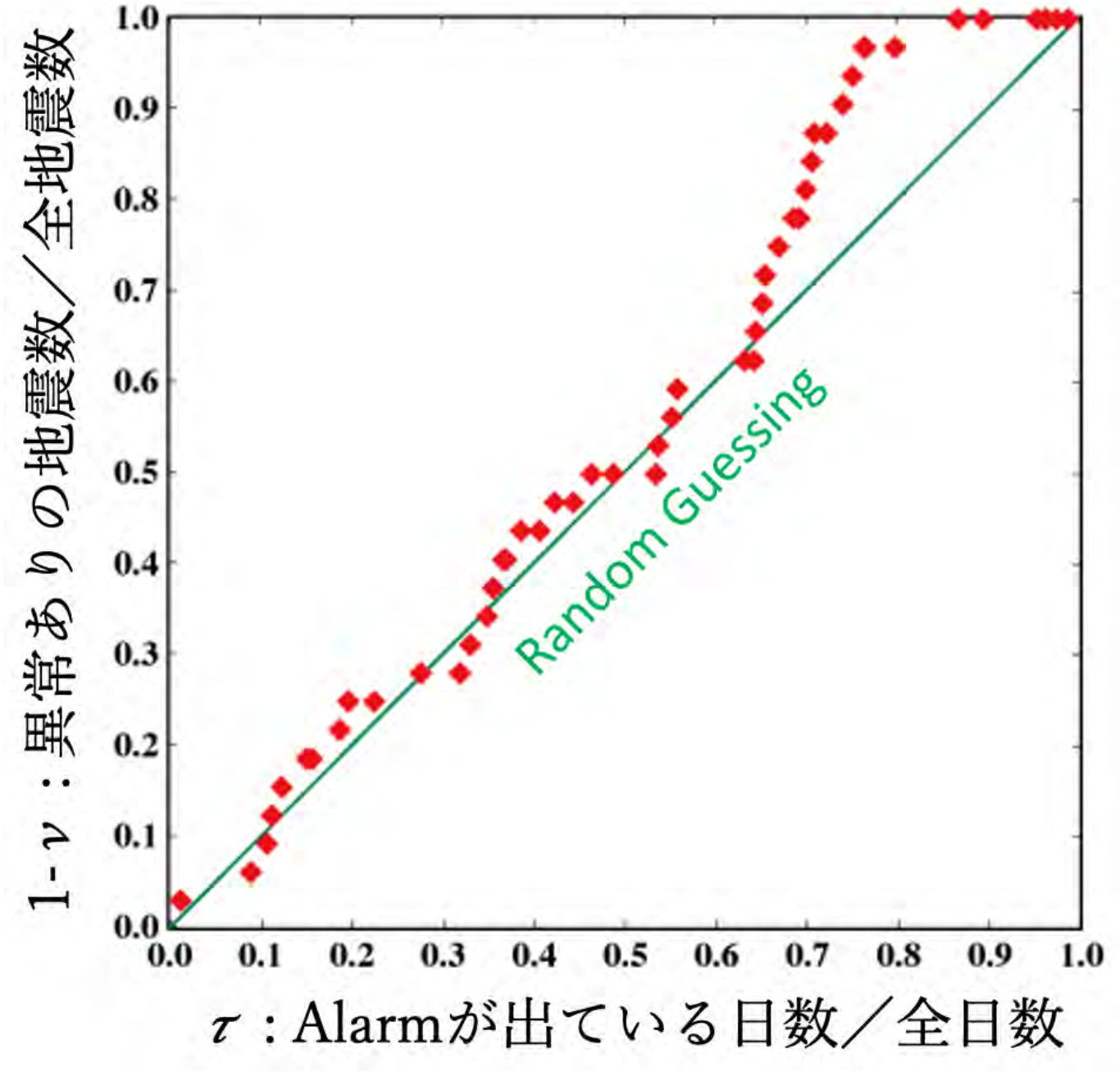


Fig. 2: A diagram based on the Molchan error diagram.

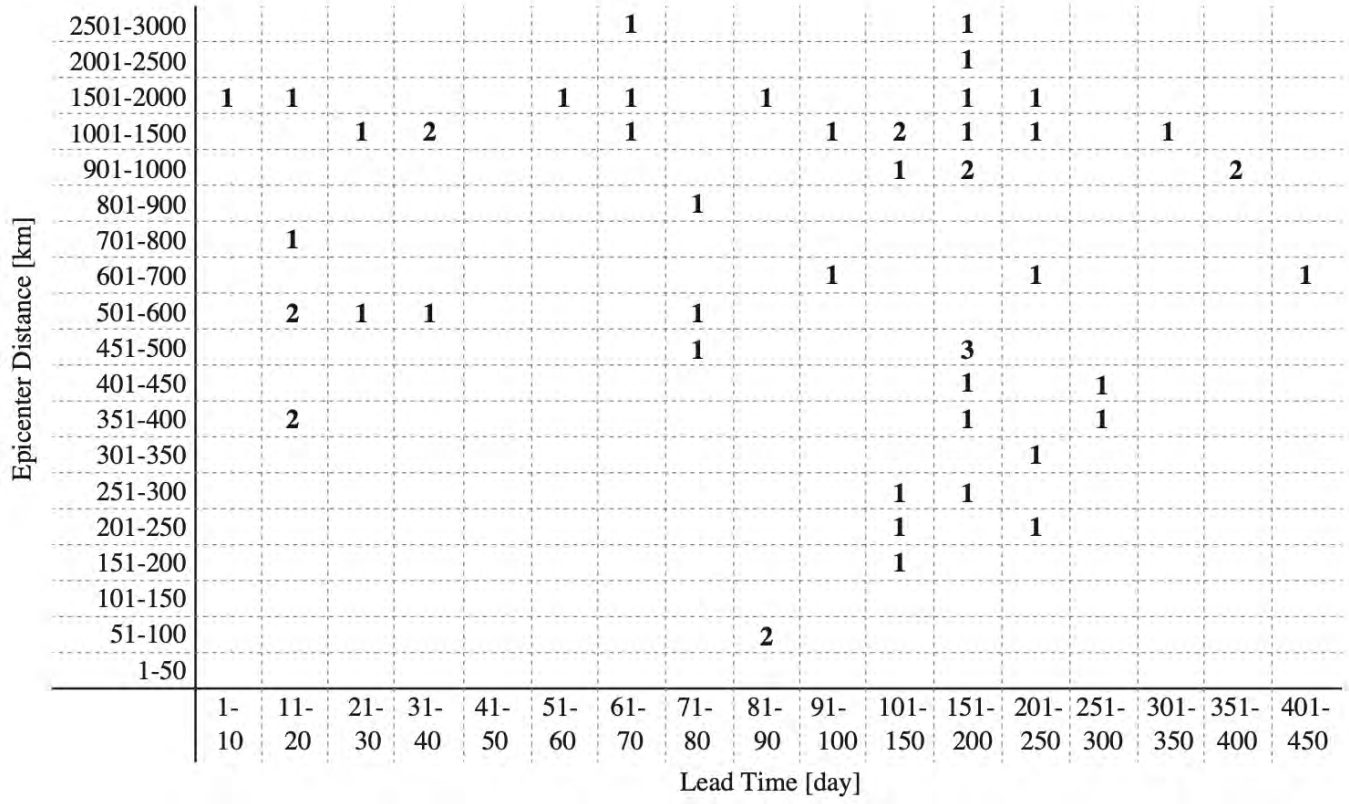


Fig. 3: A matrix of lead time (horizontal axis) and epicenter distance (vertical axis).

令和６年度年次報告

課題番号：KOBO04

（1）実施機関名：

公募研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地震先行VLF帯電磁波強度減少研究のための超小型衛星：PRELUDEのフライトモデル開発と検証

（英文）

（3）関連の深い建議の項目：

２地震・火山噴火の予測のための研究

(2) 地震発生確率の時間更新予測

イ. 観測データに基づく経験的な予測と検証

（4）その他関連する建議の項目：

（5）令和６年度の計画の概要：

地震先行現象観測研究を低コストで実現するための超小型衛星の宇宙実証を目的とした地震先行現象検証超小型衛星PRELUDE (Precursory electric field observation CubeSat demonstrator)の打ち上げモデル開発を実施する.

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本研究では、地震先行現象検証超小型衛星 PRELUDE（Precursory Electric field observation CubeSat demonstrator）の打ち上げモデル（フライトモデル）開発を主眼として、以下の成果を得た。

１．衛星バス部分の設計・評価の進捗

データ処理系・電源系・通信系・姿勢制御系・熱系・構造系を含むバス技術のフライトモデル設計を実施し、一部コンポーネントにおいては製造を完了した。

エンジニアリングモデル統合で得られた改良点を反映させるために、各サブシステム間のインターフェースを見直し、振動試験や熱真空試験などの環境試験に向けた設計評価を行った。

２．電場・プラズマハイブリッドセンサユニットの設計・製造・評価

地震先行電離圏変動現象を観測するための電場・プラズマハイブリッドセンサユニットに関して、伸展部（ブームなど）の展開メカニズム・耐久性評価を実施した。

センサ部の性能評価を進め、ノイズ特性や感度の測定を通じて、フライトモデルとしての改良点を明確化した。

３．運用準備の具体化

打ち上げ後の運用体制構築を進めるため、国際周波数調整の手続きを継続するとともに、クラウド型地上局運用会社との運用計画の詳細化を行った。

宇宙航空研究開発機構（JAXA）の革新的衛星技術実証プログラム４号機に搭載が決定していることから、2024年度の衛星引き渡し（納品）スケジュールに合わせた進捗管理を継続している。

これらの取り組みにより、衛星全体の設計の完成度が向上し、フライトモデルの製造や環境試験に着

手するための基盤を整備できた。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

１．建議の目的達成への貢献状況

本研究は「地震・火山噴火の予測のための研究」とりわけ「観測データに基づく経験的な予測と検証」に資する取り組みとして位置づけられている。超小型衛星による地震先行電離圏変動の観測データを蓄積し、その有無・強度・発生タイミングなどを統計的・経験的に評価することで、従来の地上観測や各種観測網から得られる情報との突き合わせが可能となる。

本年度の成果として、衛星バスとセンサユニットのフライトモデル開発を進めたことで、当該観測手法の実現可能性が一層高まり、将来的な衛星運用を通じて地震先行現象検証のためのデータ取得が可能になる見通しを得た。

２．災害の軽減に貢献する研究成果の位置づけ

地震発生直前・直後に電離圏や大気圏で発生するとされる先行現象を宇宙から観測する取り組みは、地上観測とは異なる視点・範囲・時間連続性でのデータ取得に優位性がある。

実際に宇宙からの観測データが地震活動の発生確率や時間予測の高度化に寄与すれば、災害リスクの早期把握や、被害軽減のための事前対策強化に向けた科学的基盤となる可能性がある。

３．今後の展望

来年度は、フライトモデルの統合・環境試験・長期運用試験を完了させたうえで、2024年度中のJAXAへの衛星納品、及びロケット搭載を目指す。

打ち上げ後は、最長2年間を想定した実証運用を行い、電離圏変動の継続的な取得を通して地震先行現象の有用性を検証する。得られた成果は、将来的な衛星コンステレーションによる複数視点観測や、複合センサを搭載した衛星による多角的な先行現象監視システム開発につなげる計画である。

本研究の成果がさらに蓄積されれば、地震発生の時間更新予測へのフィードバックを促し、災害軽減に貢献する可能性を大きく高めると期待される。

本研究は、超小型衛星を活用した低コストかつグローバルな観測網の整備を通じて、地震予測精度の向上に寄与し、最終的には地震災害の軽減に寄与することを目指している。今後もフライトモデルの開発・検証を着実に進め、打ち上げ・運用に至るまでの成果を基に、衛星観測による経験的予測モデルの精緻化と評価を行っていく。

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

曽根凪紗，山崎政彦，鴨川仁，2024年，地震先行現象検知を主目的とした地球電磁気観測衛星PRELUDEの設計・開発，第103回 大気電気学会

Nagisa Sone, Masahiko Yamazaki, Masashi Kamogawa, 2024, DESIGN OF THE PRELUDE CUBESAT FOR OBSERVING ELECTROMAGNETIC PERTURBATIONS ASSOCIATED WITH SEISMIC ACTIVITY, 2024 International Astronautical Congress, Minan IAC-24,B4,4,10,x86372

曽根凪紗，山崎政彦，鴨川仁，PRELUDE開発チーム，2024年，電離圏地震先行現象発生機構解明のためのキューブサットPRELUDE衛星の開発，日本地震予知学会 第11回学術講演会

Nagisa Sone, Masahiko Yamazaki, Masashi Kamogawa, 2024, CUBESAT FOR THE STUDY OF SEISMO-ELECTROMAGNETIC EARTHQUAKE PRECURSOR: PRELUDE, 13th Nano-satellite Symposium, 2024, Stellenbosch, South Africa

本庄悠成，三浦諒馬，山﨑政彦，鴨川仁，2024年，地震先行電離圏変動現象検知衛星PRELUDEの電場・プラズマハイブリッド観測ユニットの模擬観測実験による性能評価及び検証，日本機械学会第33回スペース・エンジニアリング・カンファレンス

三浦諒馬，山﨑政彦，鴨川仁，Jean-Jacques Bethelier, Leblanc Francois, Valentin Steichen，大谷響心, 鈴木拓巳, 本庄悠成，第69回宇宙科学技術連合講演会地震先行電離圏変動現象検知検証衛星PRELUDEの電場・プラズマハイブリットセンサ開発,

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

山崎政彦（日本大学）,中泉健太朗（日本大学）,大谷響心（日本大学）,曽根凪紗（日本大学）
他機関との共同研究の有無：有
鴨川仁（静岡県立大学）,児玉哲哉（宇宙航空研究開発機構）

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：日本大学理工学部航空宇宙工学科
電話：
e-mail：
URL：

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：山崎政彦
所属：日本大学理工学部航空宇宙工学科

令和６年度年次報告

課題番号：KOBO05

（1）実施機関名：

公募研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）超巨大カルデラ噴火の噴火シークエンスの再構築：阿蘇4噴火の例

（英文）Reconstruction of the eruption sequence of super-eruptions: an example from the Aso-4 eruption

（3）関連の深い建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究

(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明

地震

火山

（4）その他関連する建議の項目：

２ 地震・火山噴火の予測のための研究

(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）

（5）令和６年度の計画の概要：

本研究は阿蘇4噴火を対象に、超巨大カルデラ噴火の噴火様式の変遷と噴火タイムスケールを明らかにすることを目指している。阿蘇4噴火で噴出した阿蘇4火砕流堆積物は九州島の西・北・東の海岸まで広く分布しているが、主な分布地域であるカルデラ西側と東側のユニット区分の対比が不十分である。本年度は地質学的・岩石学的・古地磁気学的に両者を対比し、阿蘇4噴火の噴火シークエンスを確立することを目的とする。

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

今年度の野外調査は2月～3月にまとめて行う。そこで、これまでの調査で得られている地質データと古地磁気データの分析と整理を進めた。カルデラ東側では阿蘇4火砕流堆積物の主体であるユニット4Aが広く分布している。これまで、4Aは短時間で一気に堆積したと考えられてきたが、調査した1地点では溶結相の上端が侵食間隙を挟んで非溶結相に直接覆われており、ユニット4Aの堆積が休止する時間があったことを見出した。溶結相と非溶結相の古地磁気方位はよい一致を示しているため、その休止時間は地磁気の永年変化に比べて短いと考えられる。既存データのほとんどないカルデラ西側の複数のユニットから古地磁気方位を測定した結果、その方位はカルデラ東側のユニット4Aの方位と区別できず、カルデラ両側の阿蘇4火砕流堆積物が古地磁気学的にも対比されることが明らかになった。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

超巨大カルデラ噴火は最も低頻度な火山噴火現象であるが、一度発生すればカルデラから100 km以上の範囲が火砕流によって焼き尽くされる。そのため、超巨大カルデラ噴火の災害予測には、噴火推移や噴火タイムスケールを個々の事例について詳細に復元することが重要である。しかし、超巨大カルデラ噴火の噴出物について詳細な噴火推移が研究されている事例は世界的に乏しい。本研究において阿蘇4噴火の噴火層序を確立し、地質学的・古地磁気学的に噴火タイムスケールを制約することは、低頻度かつ大規模な超巨大カルデラ噴火の噴火プロセスの理解と、噴火による災害の軽減に貢献する。

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

安田裕紀（東京大学地震研究所）

他機関との共同研究の有無：無

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学地震研究所火山噴火予知研究センター
電話：
e-mail：yyasuda@eri.u-tokyo.ac.jp
URL：

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：安田裕紀
所属：東京大学地震研究所火山噴火予知研究センター

令和６年度年次報告

課題番号：KOBO06

（1）実施機関名：

公募研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）鳴子火山・潟沼における地下熱水系の動的変動に関する研究
（英文）A study on dynamic variations in a geothermal groundwater system of Katanuma Pond, Naruko Volcano

（3）関連の深い建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
火山
(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化
２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）

（5）令和６年度の計画の概要：

本計画では，現在，比較的安定状態にある鳴子火山の火口湖「潟沼」に対し，水・熱・化学物質収支を定量的・長期的に評価し，令和元年度以来観測を実施している蔵王・御釜での同収支評価と比較することで，地下熱水系の動的変動と火山活動変動との関係を検討した。令和6年度は公募研究助成の交付が7月と遅かったが，申請者らは独自に5月から潟沼と御釜の現地調査を開始した。両湖岸付近での気象観測には日射センサーを追加し，湖面熱収支と湖内熱環境との関係を明らかにした。また，水位センサーの設置により両湖の水位変動を長期的にとらえ，降水量に対する応答の違いから地下水流動系の規模を明らかにすることを考えた。また，船上観測と水温係留系設置を両湖で実施し，水質構造の時間変化から，気象と地下熱源に対する応答の違いをさぐることとした。

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

図1に，潟沼と御釜における観測点の位置を示す。潟沼では，令和5年度4月からL地点で水位，M地点で気象観測を通年で実施し，御釜では，令和元年6月から冬期を除いて同様の観測を行っている。これまでのデータを基に，令和5年5月～令和6年9月の期間について両湖における水位変動と地下水系との関係を比較検討した。また，最深点MD地点に係留系を用いて水温ロガーを数台，電導度ロガーを1台設置し，その時間変動から両湖における熱環境変動から地下熱源に対する応答を調べた。また，潟沼ではソナー観測を基に精密な湖盆図を作成し，特徴的な湖盆形状による地下熱水系に対する応答特性をロガーデータの比較から明らかにした。なお，御釜の地下水流入・流出量は，水収支式と化学物資収支式との連立で求めているが，潟沼では水収支式と熱収支式から求めることを考えている。

図2に，令和5年5月～令和6年9月における御釜と潟沼の日平均気温，日平均水位および日降水量の変動を示す。降雨に対する湖水位の応答として，潟沼の変動幅が0.6 m程度であるのに対し，御釜では5ｍに近い大きな変動を示す。このことは，御釜での水位に対する地下水調節機能が十分でないことを意味し，逆に潟沼では年間を通しその機能が大きいことを示す。両湖とも流出河川の持たない閉塞湖

なので，その水収支は地下水流出量に大きく支配される。つまり，潟沼は，**図1**の気温変化にみられるように，湖面標高が306mとかなり低く，冬季も融雪により地下水流入が盛んで，地下水流出もその貯留量に応じて盛んであることがわかる。
図3に，令和5年に京大・山崎氏のソナー観測によって得られた潟沼の湖盆図を示す。なお，この水深分布は，**図1**に示す湖水位が2.4mの時のもので，この水位は湖の北北西にある遊水池へ流出しない上限水位に相当する。この湖盆図から，潟沼は北と南に水深の極大点があり二分されていることがわかる。この南北の境界には水深8.6mを頂点とする鞍部があり，これより以深では，南北で水温分布が異なることが示唆される。
図4に，北の最深点（**図1**の白丸）と南の水深極大点（同白三角）に設置したロガー係留系から得た日平均水温のカラー変動図と北の最深点の湖底上7mに設置した電導度ロガーの記録（水温・25℃電導度）を示す。なお，期間は令和5年6月2日～令和6年5月21日である。この図から，先述の鞍部頂点より以深で，水温分布が南北で異なることがわかる。つまり，南側では8.6m以深で鉛直方向に等温状態が継続するが，北側ではより低温の水温躍層が形成されていることがわかる。こうして，北と南で異なる地下熱水の貫入があり，南側に貫入した熱水は9月頃には鞍部を越流して北側に進入し，南側と同様の水温になると判断される。この間，北側最深点に設置した電導度ロガーの記録によると，9月からの湖面冷却と風による混合で水温は等温状態になり，この状態は翌年3月まで継続する。この間，水温は冬に向かって低下するが25℃電導度はむしろ増加する。これは，地下熱水が継続して潟沼に流入していることを表す。なお，潟沼における地下水流入・流出量の分離はまだ完全に済んでおらず，今後の課題といえる。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

今回の研究は，現在比較的静穏な状態にある2つの活火山において，その活動の中心的役割を持つ火口湖に対して，地下熱水系の構造と変動を明らかにすることを目的としている。これによって，今後の活動変動を支配する場を解明し，それをモデル化することに対して，本研究が一翼を担うものと考える。特に，鳴子・潟沼については，令和5年度から観測を開始したばかりで，同湖に対し・化学物質の収支評価を行うには，さらなるデータの蓄積が必要である。蔵王と鳴子は，ともに周辺に温泉街・スキー場等のリゾート地があり，観光客の足が向けられる頻度が高い。このことから，本研究の目的である地下熱水系の構造と変動の解明は，今後の災害軽減にも資するものと考える。

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Chikita, K.A., Oyagi, H. and Amita, K., 2024, A thermal regime and a water circulation in a very deep lake: Lake Tazawa, Japan, Hydrology, 11, 40, DOI: https://doi.org/10.3390/hydrology11030040,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

知北和久・網田和宏・大八木英夫，2024, 大深湖の循環と温暖化の影響：秋田県・田沢湖, 2024年度陸水物理学会第45回大会要旨集，12,

花石竜治・知北和久, 2024, Mieの散乱理論に基づく北海道・白金青い池の呈色機構に関する研究（序報）, 2024年度陸水物理学会第45回大会要旨集，11.

知北和久, 2024, 火山性湖沼の分水界漏出：レビューと解釈, 第26回陸水学会北海道支部大会, HL24-5.

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

知北和久（北海道大学北極域研究センター）

他機関との共同研究の有無：無

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：北海道大学北極域研究センター
電話：011-706-9074
e-mail：chikita@sci.hokudai.ac.jp
URL：

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：知北和久
所属：北海道大学北極域研究センター

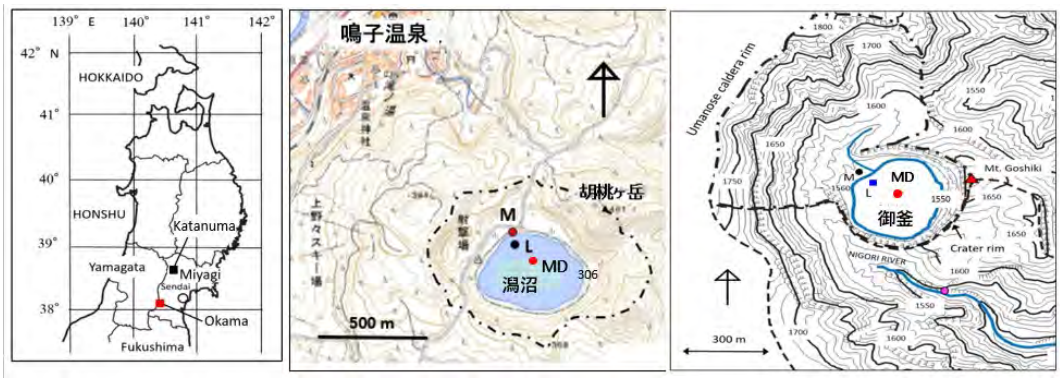


図1.
鳴子・潟沼と蔵王・御釜の位置図(左)，潟沼での観測点の位置(中央)，御釜での観測点の位置(右)．一点鎖線は分水界．

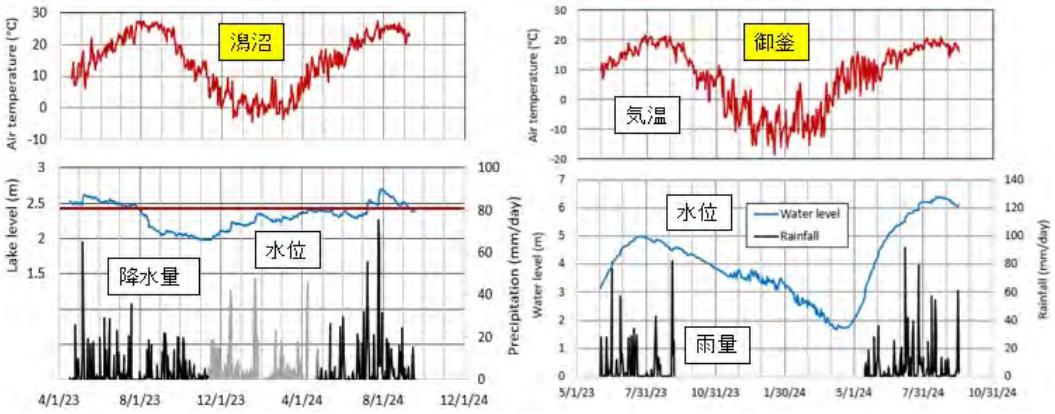


図2.
潟沼（左）と御釜（右）で得られた日平均気温，日平均水位，および日雨量（または）降水量．潟沼では冬期の降雪量を考慮している．

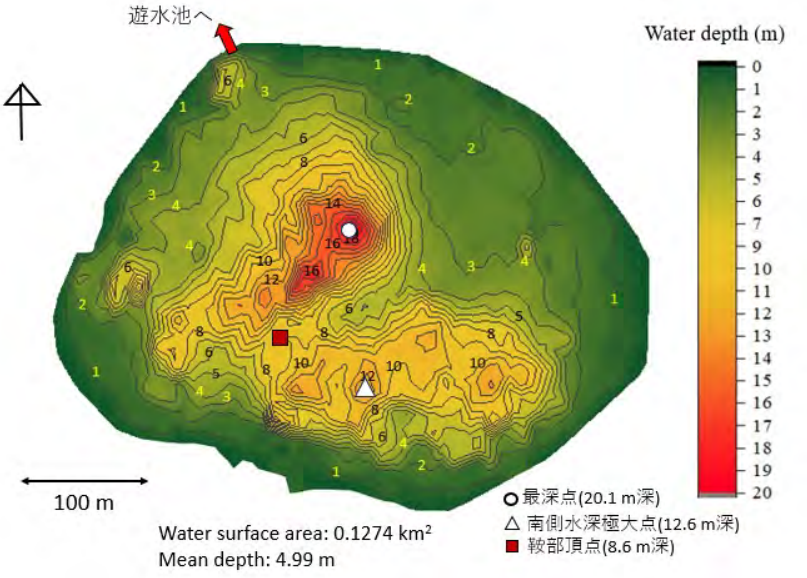


図3.
潟沼の湖盆図．北側最深点(白丸)，南側水深極大点(白三角)，湖底鞍部頂点(赤四角)．

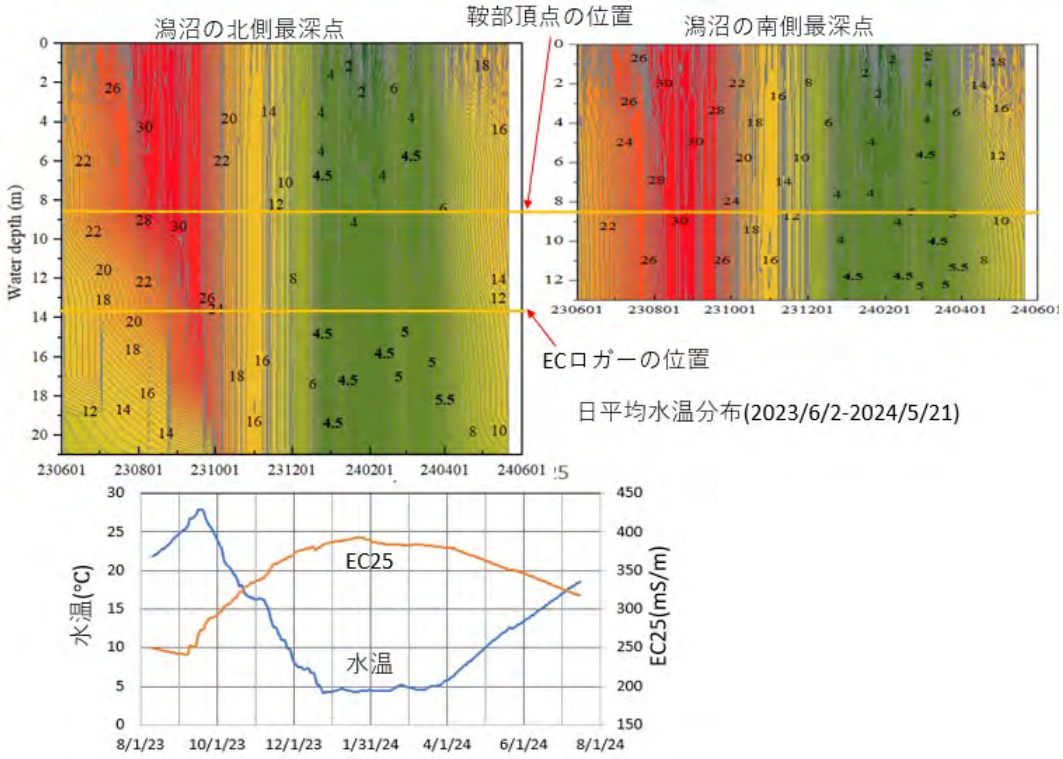


図4.
潟沼における北側最深点(左)と南側水深極大点(右)での日平均水温分布．水温分布の左下は，北側最深点の湖底上7mで記録された水温と25℃電導度

令和６年度年次報告

課題番号：KOBO07

（1）実施機関名：

公募研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）北海道雌阿寒岳火山を対象にした軽石の放射光分析に基づく火砕流発生過程の解明
（英文）

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化

（4）その他関連する建議の項目：

（5）令和６年度の計画の概要：

令和6年度は地質調査と放射光分析を実施する．地質調査は雌阿寒岳火山噴出物のうち，14000年前からはじまった中マチネシリ火砕噴火期1の噴出物（和田ほか2019）を対象とする．このうちステージⅡの中マチネシリ火砕噴火期は火砕流と降下火砕物を繰り返し噴出していることから，火砕流発生に至るまでの軽石の気泡組織，Fe^{3+}/Fe_{tot}比の変化追えるように，火砕流堆積物とその直前の降下軽石に焦点を当て，噴出物の記載と試料採取を実施する．採取した試料を湿式分析およびニュースバル放射光施設にて分析し，軽石のFe^{3+}/Fe_{tot}比を分析する．

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

2024年10月に雌阿寒岳火山周辺で地質調査を実施した．中マチネシリ火砕噴火期のうち火砕流堆積物（M9），降下火砕物（M10），その上部の火砕流堆積物（M11），降下火砕物（M12）を確認できる露頭にて噴出物の記載と試料採取を行った．採取した試料は超音波洗浄機で洗浄後に恒温器で乾燥し，ふるいにかけて分析用の試料とした．採取した試料に対して湿式分析を実施し，Fe^{2+}およびFe^{3+}既知の標準試料とした．これらの試料を用いてニュースバル放射光施設ビームライン(BL-10)にて690 [eV]から750 [eV]の領域を対象に放射光分析を実施し，これまでに作成した検量線に基づきFe^{3+}/Fe_{tot}比を推定した．また，検量線の採取した一部を放射光にて分析し，Fe^{3+}/Fe_{tot}比を推定した．

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

目の前で噴火している火山が今後どのような活動に移行するのかを推定し，そこから適切な防災・減災対策につなげていくためには，噴火推移と火山噴出物の変化に関するデータを蓄積することが重要である.本研究では火砕流を複数回発生した雌阿寒岳中マチネシリ火砕噴火期1に対してFe^{3+}/Fe_{tot}比の変化を明らかにし，噴火推移に対する軽石のFe^{3+}/Fe_{tot}比の変化や気泡組織の変化に関するデータの蓄積を進めている. 今後より詳細に噴火推移とFe^{3+}/Fe_{tot}比の関係を調べることで，Fe^{3+}/Fe_{tot}比が噴煙の温度変化を読み取る手段として利用できること，火砕流発生を予測するデータとしてFe^{3+}/Fe_{tot}比が有用である可能性を提案できる.

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

佐野恭平，原田哲男，山川進二，2025，噴火現象の解明に向けた火山噴出物の放射光分析，ニュースバルシンポジウム 2025

佐野恭平，北海道雌阿寒岳火山を対象にした軽石の放射光分析に基づく火砕流発生過程の解明，2025，災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第３次）令和６年度成果報告シンポジウム

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

佐野恭平（兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科）
他機関との共同研究の有無：有
和田恵治（北海道教育大学旭川校）

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科
電話：
e-mail：
URL：

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：佐野恭平
所属：兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科

令和６年度年次報告

課題番号：KOBO08

（1）実施機関名：

公募研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）カルデラ大深湖の熱源構造に関する比較研究：青森県・十和田湖と秋田県・田沢湖
（英文）

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明

（4）その他関連する建議の項目：

（5）令和６年度の計画の概要：

本計画では、カルデラ大深湖である十和田湖の熱的構造を観測によって明らかにし、湖内における水と物質の循環機構を理解することで火山活動に伴う地下熱水系の動的変動を表面水質の変遷として捉えるための最適なモニタリング手法の構築を目指すものである。深い湖における湖水循環と熱的構造の関係を考えるために、申請者らが2020年以来観測を実施しているもう一つのカルデラ大深湖である田沢湖における観測結果を傍証として用いることでデータ解析精度の向上を目指している.
令和6年度は公募研究助成の交付が7月と遅かったこともあり十分な観測が行えなかったが、十和田湖と田沢湖において各1回の船上観測を実施することができた。それぞれの湖の最深点の直上水面まで移動し、田沢湖では水温・水質プロファイラーによる水温・電導度・DO・濁度・クロロフィル濃度の鉛直測定を、十和田湖では水温の鉛直測定を行った。また物質循環を解析するためのデータを取得するために、深度別の採水を行い主要化学組成の分析も実施した。

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

図1に十和田湖の最深点付近における温度の鉛直測定の結果を示す。測定が行われたのが10月後半であったが過去、異なる季節に行われた観測結果と比較すると、今回得られた温度プロファイルは2022年10月中旬に行われた観測と類似点が多いことが明らかになった。特に、深さ100m付近に形成される低温層はやや浅部側（約85m）、150m以深に形成される高温部のピークは深部側（約190m）に形成され、かつそれぞれのピークにおける水温が、他の季節における水温よりも高い値を示すなど、十和田湖の温度構造の季節変動に関する特性に関する情報が得られた。図2には深度別採水から得られた主要化学組成の分析結果の一例として塩化物イオン濃度の鉛直分布を示した。塩化物イオン濃度に関しては表層より深さ200mまでは直線的に濃度が上昇していっており、その割合は約0.24 ppm/10m であることが示された。また、200mを境に深部側では若干、濃度が低下する傾向が認められた。これら温度と化学組成の鉛直分布に認められた傾向の違いは、湖水の鉛直循環に影響を受けた結果であると推定される。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本研究では、十和田湖の深部に供給されている火山性流体に含まれる化学物質が湖水循環の影響を受け湖の表層部まで運搬されてくることを利用することで、表層湖水の水質を用いた火山活動のモニタリングを行う事が可能になると考えている。現時点において十和田湖では、物質科学的な火山活動モニタリングが行われていない事から、本手法によるモニタリングが確立された場合には火山活動の監

視体制が強化されることにつながり、災害の軽減に大きく貢献できるものと考えている。そのためには、深部で湖水へと供給される化学成分が表層で検出されるまでにかかる時間や、成分の移流・拡散による影響を明らかにする必要があるが、本課題が明らかにすることを目指している「湖水の鉛直循環のメカニズムの解明」は、まさにこれらの問題解決のために必須の知見であると考えてる。

(7) 令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

知北和久・網田和宏・大八木英夫，2024, 大深湖の循環と温暖化の影響：秋田県・田沢湖, 2024年度陸水物理学会第45回大会要旨集，12

(8) 令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

網田和宏（秋田大学理工学研究科）
他機関との共同研究の有無：有
知北和久（北海道大学理学部）,大八木英夫（南山大学総合政策学部）

(10) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：秋田大学大学院理工学研究科システムデザイン工学専攻
電話：
e-mail：
URL：

(11) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：網田和宏
所属：秋田大学大学院理工学研究科システムデザイン工学専攻

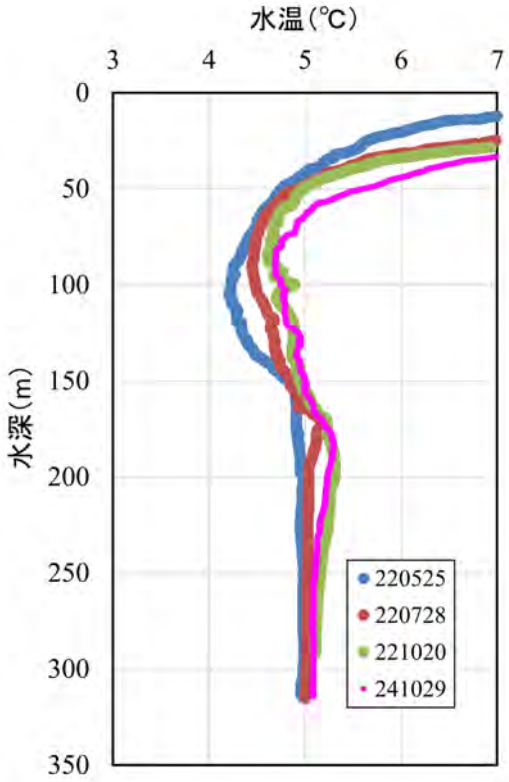


図1　十和田湖の水温の鉛直分布
本研究で得られた結果に、過去のデータも併せて示してある。なお、50m以深の温度構造を明確に示すため、表層水温（～25℃）部分の表示は省略した。

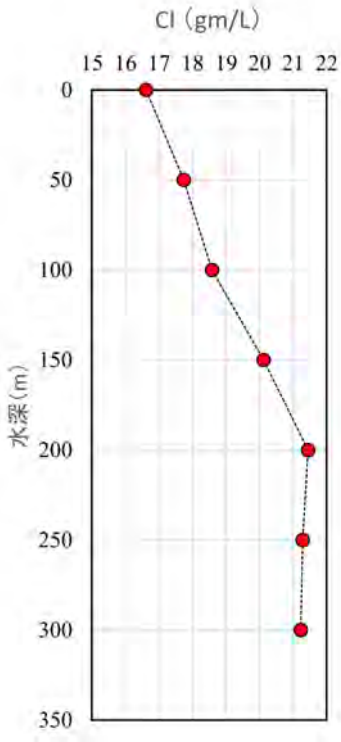


図2. 湖水のCl濃度の鉛直分布

令和６年度年次報告

課題番号：KOBO09

（1）実施機関名：

公募研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）富良野-旭川地域に分布する大規模火砕流堆積物の岩石学的な対比と分布範囲の推定
（英文）Petrological correlation and distribution area of large-scale pyroclastic flow deposits distributed in the Furano-Asahikawa region, central Hokkaido, Japan

（3）関連の深い建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
地震
火山

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
火山
(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化
５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(5) 大規模火山噴火

（5）令和６年度の計画の概要：

北海道中央部の富良野～旭川地域には，鮮新世～更新世にかけての火砕流堆積物が分布しており，これらは下位から雨月沢火砕流堆積物，美瑛火砕流堆積物，十勝火砕流堆積物とされている（池田・向山，1983）．近年，西来・他（2017）によって，従来，美瑛火砕流堆積物と考えられていたものから，よりも新しい年代のものが確認された．したがって，本地域の火砕流堆積物の層序を再検討する必要がある．本研究では，複数地点で地質調査，試料採取を行い，岩石学的な検討に基づいて，火砕流堆積物の対比を行う．さらに，各火砕流堆積物の分布範囲，噴出源の特定も試みる．

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

地質調査は，北海道中央部の富良野～旭川地域で行った．この地域には池田・向山（1983）で示された火砕流堆積物が広く分布している．複数地点で岩石をサンプリングし，岩石薄片を作成後，岩石記載，斑晶モード組成分析を行った．また，鉱物化学組成分析，ガラス組成分析，全岩化学組成分析も行った．その結果，斑晶鉱物組み合わせ，斑晶量，黒雲母のMg#，火山ガラス組成，全岩化学組成などの岩石学的特徴から火砕流堆積物を複数グループに分類することができた．池田・向山（1983），西来・他（2017）の研究を合わせると，本地域では火砕流堆積物が4種類認識されていたが（雨月沢火砕流堆積物，美瑛火砕流堆積物，十勝火砕流堆積物，新しい美瑛火砕流堆積物），本研究では少なくとも5種類に分けることができた．また，各火砕流堆積物の岩石学的特徴を示し，分布範囲，噴出源についても推定することができた．

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

大規模なカルデラ噴火は，火砕流の流出によって周辺地域を埋め尽くすばかりでなく，降下火山灰が

広範囲に及ぶ．そのため，大規模なカルデラ噴火が生じた場合，その被害によって社会生活そのものが成り立たなくなる危険性がある．例えば，噴出量が 100 km3 を超えるようなカルデラ噴火の発生頻度は，日本では平均すると 1 万年に 1回である（中田，2015）．しかし，噴火が生じた場合，その被害は極めて甚大になるため，将来的な噴火を想定して，地質学，岩石学，地球物理学など様々なアプローチで研究する必要がある．本研究は，このような低頻度かつ大規模な噴火現象の解明を目指して，まずは，広範囲に渡る複数の火砕流堆積物の対比および分布範囲の特定を目指している．現在のところ，数10万年おきに噴火が繰り返されていることが明らかとなり，大規模カルデラ噴火の理解に貢献できる成果となりうる．今後は，各火砕流堆積物の体積を見積もること，噴火推移に対応したマグマ供給系の岩石学的モデルを構築することを目指す．

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

亀村祐斗，2025，北海道中央部, 富良野－旭川地域に分布する大規模火砕流堆積物の層序と対比，北海道教育大学旭川校旭川校学士論文，118p．,査読無,謝辞有

山野恭輔，2025，旭川-富良野地域の更新世火砕流堆積物の岩石学的特徴，北海道教育大学旭川校旭川校学士論文，49p．,査読無,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

佐藤鋭一（北海道教育大学旭川校）,亀村祐斗（北海道教育大学旭川校）,山野恭輔（北海道教育大学旭川校）

他機関との共同研究の有無：無

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：北海道教育大学旭川校
電話：
e-mail：sato.eiichi@a.hokkyodai.ac.jp
URL：

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：佐藤鋭一
所属：北海道教育大学旭川校

令和６年度年次報告

課題番号：KOBO10

（1）実施機関名：

公募研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）火山灰を用いた火道周辺および噴火様式情報の時系列観測手法の開発
（英文）Development of time-series observation technique for magma ascent conditions by volcanic ash samples

（3）関連の深い建議の項目：

２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
火山
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明
２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）
３ 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(4) 地震・火山噴火の災害誘因予測・リスク評価を防災情報につなげる研究
火山
５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(5) 大規模火山噴火
(6) 高リスク小規模火山噴火
６ 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
ア. 観測基盤の整備
イ. 観測・解析技術の開発
ウ. 地震・火山現象のデータ流通
エ. 地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開

（5）令和６年度の計画の概要：

本研究では，地震火山災害軽減研究の実施内容のうち，２．（３）火山噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行に対応して，噴出物（特に火山灰）試料の分光学的特性把握手法の確立を目指した．特に本年度は１年目であり，これまでに得られた試料分析を中心に解析を進めることとした．また，将来的に野外でその場測定を実施するための予備的な実験を行って，課題の抽出を行うことをめざした．

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要
桜島火山における火山灰色のシステマティックスを構築するため，特に比較的迅速に得られるバルク試料の測色値について，主成分分析によってデータの持つ特性を明らかにした．また，非噴火収縮NED（Non-Eruptive Deflation）イベントに関し，連続降灰試料採取によって得られた火山灰の解

析に基づき，解釈を行った．野外その場観測については，桜島火山，諏訪之瀬島火山において観測を試みたものの，噴火活動が低調であったため，降灰時の観測を行うことは出来なかった．一方，天然の火山灰を用いた野外計測実験を行い，装置の設置条件や降灰条件の違いによる分光測色値の相違点を検討するなどの課題抽出を行った．

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

物質科学によるモニタリングは，地球物理学的モニタリングとは全く独立に地下のマグマや火道周辺の山体を構成する岩石の情報を与えうるという点で重要である．物質科学では従来，幸運にも得られた試料からこうした岩石学的情報を抽出してきたが，分析に時間と労力を要し，直ちにモニタリングに適応できる手法はない．一方，噴火推移や噴火様式の変遷メカニズムを知る上では，連続的な試料解析が欠かせない．そこで，われわれは従来法の代用として分光学的手法を導入し，実際の噴出物解析の迅速化に応用した．その結果，火山灰の色変化を時系列データとして導出し，噴火様式，素過程などとの関係を明らかにしてきた．本研究課題で，野外において実験室と同条件を実現するか，実験室と野外での測定条件の相違点を明らかにしていくことにより，データ導出の自動化を実現できれば，他観測項目との統合解析に独立なデータを提供可能であり，噴火推移やそのメカニズム理解に貢献するものと考えられる．

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Taketo Shimano, Yuki Suzuki, Atsushi Yasuda, Fukashi Maeno, Takahiro Miwa, Masashi Nagai, Setsuya Nakada, Michihiko Nakamura, The color systematics of volcanic ashfall samples in estimating eruption sequences: a case study of the 2017–2018 eruption at Shinmoe-dake, Kirishima volcano, Southwest Japan. Earth, Planets and Space 76(1) https://doi.org/10.1186/s40623-024-02040-5,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

Taketo Shimano, Continuous ash investigation trials for understanding eruption sequence in southern Kyushu, Japan. JpGU 2024, SVC25-06, Chiba, Japan. 2024 (invited)　2024年5月26日．

嶋野岳人・中村美千彦，顕微可視分光システムによる火山灰粒子分類の改良．日本火山学会2024年秋季大会，B1-10．2024年10月16日．

嶋野岳人，火山灰試料のシステマティックス構築による噴火推移の把握と予測について．令和6年度次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト合同研究集会，C-1-3.　2024年12月3日．

本間凪々海・嶋野岳人・井口正人，桜島火山の Non-Eruptive Deflation における火山灰の粒子構成比の特徴．日本火山学会2024年秋季大会，P106．2024年10月16日．

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：火山：地質：噴出物（降灰・噴石）
概要：桜島周辺の堆積物および降灰の調査を行った．
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：鹿児島県鹿児島市，垂水市，鹿屋市，霧島市
調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：火山：地質：噴出物（降灰・噴石）
概要：諏訪之瀬島火山における堆積物および降灰の調査を行った．
既存データベースとの関係：

調査・観測地域：鹿児島県十島村諏訪之瀬島
調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

嶋野岳人（鹿児島大学大学院理工学研究科）,本間凪々海（鹿児島大学大学院理工学研究科）
他機関との共同研究の有無：無

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：鹿児島大学・大学院理工学研究科
電話：0992858146
e-mail：
URL：

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：嶋野岳人
所属：鹿児島大学・大学院理工学研究科

令和６年度年次報告

課題番号：KOBO11

（1）実施機関名：

公募研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）史料中の有感記録の完全性・均質性を考慮した歴史時代の地震活動解析

（英文）Seismicity analyses during historical periods considering completeness and homogeneity of felt reports in historical documents

（3）関連の深い建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ア. 史料の収集・分析とデータベース化

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
イ. 考古データの収集・集成と分析
２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
イ. 内陸地震の長期予測
５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震

（5）令和６年度の計画の概要：

本課題では、天候等に関する記述がない日記史料等にも適用可能な、発生時の無作為性（ランダム性）を用い、有感記録の完全性を検討する手法を様々な日記史料に適用することでその特性について論じるとともに、有感記録の検知率（特に夜間の検知あるいは記録漏れ）を考慮した歴史時代における地震活動の復元手法の構築ならびに適用を実施する。完全性の検討に関する手法は石辺・他（2023）による。石辺・他（2023）では、『真覚寺日記』を対象に発生時の無作為性に基づく完全性の検討を行い、史料中の有感記録は体感に基づくものでノイズレベルには依存しない代わりに、一般に人間活動が低い（睡眠時の）夜間の方が活発な（覚醒時の）昼間に比べて少ない可能性を示唆した。昼夜間の有感記録数の比や発生時の偏りが揺れの検知能力（人間活動度）に依拠したものであるとして、有感記録漏れを補正した地震活動復元を試みる。また、それらと計器観測時代における有感記録との比較検討を実施する。特に有感を記録した日記資料等が豊富な江戸時代後期を対象に、1854年安政東海・南海地震等の発生前の震源域における地震活動変化（静穏化や活発化等）の可能性について、有感記録の時空間分布から統計地震学的手法を用いて論じる。また、地震発生後の地震活動変化についても調査をし、上記の地震に対する既存の断層モデルを用いた応力変化との整合性について検討する。これらの議論に必要とされる場所における有感を記録した日記史料等を対象として、国立国会図書館や各都道府県立図書館等における調査・収集を行う。

歴史地震の中には、被害あるいは地震そのものの実在性が疑われるものが少なからず存在する（例えば、原田・他，2024；石辺・他, 2024）。顕著地震が発生すれば、その揺れは広範で有感となり、また震源域の近傍では余震が発生する。そのため、各地において収集・整理された有感記録の時空間的特徴に基づき、実在性が疑われる歴史地震の存否について検討する。

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本課題では、日光東照宮社家による社務日誌（日光東照宮社務所編・刊『日光叢書 社家御番所日記』全22冊、1931～1939・1970～1982として刊行）を対象として、抽出された有感記録を用い、完全性・均質性を考慮した地震活動解析を実施した。『日光社家御番所日記』（以下、日記）は、貞享二～明治三（1665～1870）年の日記が現存しており、年中行事を中心とし奉幣・社参・修復・造営など東照宮の運営に関する多様な内容とともに、日々の天候も記載されている。昨年度の解析から、貞享2年3月19日（1685/04/02）から明治3年4月11日（1870/05/11）に至る200年弱の期間において、1,200件程度の地震記事が抽出された。これらの有感記録に対して発震時刻の統計的偏りに関するSchuster検定を行った結果、揺れの程度が「大・中」の記録を用いた場合、「小」の記録を用いた場合、すべての記録を用いた場合のいずれにおいても、発生時が無作為であったとした場合に偏りが偶然生じる確率が10^{-10}を下回り、昼間に記録された有感記録数が統計学的に有意に夜間のそれに比べて多いことが示された。一方で揺れの程度が「大」のみの記録を用いた場合には、統計的に有意な発生時の偏りは認められなかった。

昼夜間の有感記録数の比から予察的検討を行ったところ、昼夜間の有感記録数の比について中央値1.47，95%信頼区間が1.40～1.55とそれぞれ見積もられた。昼間の検知率を1と仮定した場合に、これらの値から夜間における検知率はそれぞれ，0.68（68%），0.65～0.71（65%～71%）と見積もられた。このことから、特に揺れの小さい地震を中心として夜間に発生した大凡3回に1回の有感が記録されていない可能性が示唆された。『真覚寺日記』における小さな揺れを含めた場合（石辺・他，2023，歴史地震）と同様に、昼間における有感記録数が夜間に比べ顕著に多い傾向が認められた。これらの結果からは、異なる日記間における有感記録数の比較、あるいは近年の計器観測による有感地震回数との比較においては、どの程度漏れなく有感が記録されているのか、慎重に検討する必要性が強く示唆される。特に昼夜間の有感記録回数に顕著な差が見られる史料に対しては、夜間の検知漏れを鑑みて議論するか、何らかの補正の必要があるものと思われ、夜間の検知漏れを補正（嵩上げ）する統計学的手法についても検討を行った。

また本年は、『竹斎日記稿』（松阪大学地域社会研究所、平成3年（1991年）～平成10年（1998年）、Ⅰ～ⅩⅠの計11冊あり）に記録されている文政十三年（1830年）～明治十四年（1881年）に至る期間の有感記録を抽出し、整理した。当日記には所々に欠年・欠月があるものの、概ね文政九年（1826年）より明治十五年（1882年）に至る五十七年間分、全75冊が伝存している。なお、竹川竹斎（竹川彦三郎政胖）は、隠居前は頻繁に射和（三重県）と江戸とを行き来しており、文政末年から嘉永初年（1830～1850年）頃の有感記述には、射和ではなく江戸滞在中に感じたものも含まれている。さらには、長期間にわたる有感記録を記述した可能性のある史料について調査を行うとともに、各地において収集・整理された有感記録の時空間的特徴に基づき、実在性が疑われる歴史地震の存否について検討を行った。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本課題の遂行により、現在地震火山災害軽減研究の一環として収集・整理されている史料中の有感記録から、その均質性や完全性を考慮した地震活動復元に関する先駆的研究がなされる。長期間にわたって有感を記録した史料は、その地点における震度観測点に相当し、有感記録の時空間分布から歴史時代の地震活動を復元できる可能性がある。また、従来の被害分布に基づいた大地震の震源域推定やその類型化に対して新たな視点を取り入れることを可能にし、中小地震を含めた地震活動解析のための基礎になると期待される。また、歴史地震の中には実在が疑われる被害地震や、地震像が不明（例えば、プレート間地震であったのか、プレート内地震であったのか）な地震が存在する。さらに、地震規模が過大あるいは過小に評価されている可能性もある。これらを適切に類型化・評価することで、過去の地震発生履歴に基づき行われている長期評価など、将来の地震ハザード評価に資するデータになると期待される。またこれらの結果は、過去にそれぞれの地域で発生した被害地震として、防災啓発活動への利活用も期待される。

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Bantidi, T. M., T. Ishibe, B. Enescu, G. M. Tuluka, 2024, Estimating spatio-temporal variable parameters of Epidemic Type Aftershock Sequence model in a region with limited seismic network coverage: a case study of the East African Rift System, Geophysical Journal International, 239(2), 882-900, https://doi.org/10.1093/gji/ggae299.,査読有,謝辞無

Heidarzadeh, M. T. Ishibe, A. R. Gusman, H. Miyazaki, 2024, Field surveys of tsunami runup and damage following the January 2024 Mw 7.5 Noto (Japan Sea) tsunamigenic earthquake, Ocean Engineering, 307, 118140, https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.118140.,査読有,謝辞無

Ishibe, T., T. Terakawa, A. Hashima, M. Mochizuki, R.S. Matsu'ura, 2024, Can the Regional 3D Stress Field according to the Wallace-Bott Hypothesis predict fault slip directions of future large earthquakes? Earth Planets and Space, 76:26, https://doi.org/10.1186/s40623-023-01955-9.,査読有,謝辞無

石辺岳男・寺川寿子・橋間昭徳・望月将志・松浦律子, 2024, 三次元広域応力場から将来発生する大地震のすべり方向（すべり角）を予測可能か？, 地震ジャーナル, 78, 54-66.,査読無,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

Heidarzadeh, M.,T. Ishibe, 2024, Lessons from Recent Field Surveys of Tsunamis, The International Workshop on Mega Earthquakes and Tsunamis ? Progress in 20 Years since the 2004 Sumatra-Andaman Earthquake and Future Perspectives, June 1-2,Sanjo Conference Hall, The University of Tokyo, Tokyo, Japan. (Invited)

Harada, T., A. Nishiyama, T. Ishibe, 2024, The 1861 Nishio, Central Japan, Earthquake Seems to be an Event Within the Philippine Sea Slab, The International Workshop on Mega Earthquakes and Tsunamis ? Progress in 20 Years since the 2004 Sumatra-Andaman Earthquake and Future Perspectives, June 1-2,Sanjo Conference Hall, The University of Tokyo, Tokyo, Japan. (Invited)

Ishibe, T., 2024, Toward Homogeneous Estimates of Seismicity During Historical Periods Using Felt Reports Documented in Historical Materials, The International Workshop on Mega Earthquakes and Tsunamis ? Progress in 20 Years since the 2004 Sumatra-Andaman Earthquake and Future Perspectives, June 1-2,Sanjo Conference Hall, The University of Tokyo, Tokyo, Japan. (Invited)

原田智也・西山昭仁・石辺岳男, 2024, 歴史地震カタログに含まれる実在が疑わしい地震, Japan Geoscience Union Meeting 2024, SSS11-P13，2024年5月26－31日, 幕張メッセ国際会議場ならびにオンライン.

Bantidi, T.M., T. Ishibe, R.S. Matsu'ura, 2024, Reappraising the Generation Mechanism of the 1755 Lisbon Earthquake: Constraints from Historical Records and Tsunami Simulation, Japan Geoscience Union Meeting 2024, SSS11-P10，2024年5月26－31日, 幕張メッセ国際会議場ならびにオンライン.

石辺岳男・小川陽子・木内亮太・西條裕介・古村美津子・松浦律子, 2024, 機械学習を用いた震度データからの震源推定の可能性検討，O-11，第41回歴史地震研究会（木曽御嶽大会），2024年9月13－15日，木曽町文化交流センター.

石辺岳男・小川陽子・西條裕介・古村美津子・松浦律子, 2024, 震度点群データを用いた機械学習による震源推定の試み－歴史地震への適用可能性の検討－，S10-07，日本地震学会2024年度秋季大会，2024年10月21－23日，朱鷺メッセ新潟コンベンションセンター.

Bantidi, T.M., T. Ishibe, R.S. Matsu'ura, 2024, Source of the 1755 Lisbon Earthquake: A Phenomenological Reconstruction Based on Historical Records and Tsunami

Simulation，S10-06，日本地震学会2024年度秋季大会，2024年10月21－23日，朱鷺メッセ新潟コンベンションセンター.

原田智也・西山昭仁・石辺岳男,2024,フィリピン海スラブ内の地震の可能性が高い1861年西尾地震，S10-04，日本地震学会2024年度秋季大会，2024年10月21－23日，朱鷺メッセ新潟コンベンションセンター.

西山昭仁・石辺岳男・片桐昭彦, 2024, 有感記録に基づく1802年享和佐渡小木地震の地震像の検討，S10-03，日本地震学会2024年度秋季大会，2024年10月21－23日，朱鷺メッセ新潟コンベンションセンター.

原田智也・西山昭仁・石辺岳男, 2024, フィリピン海スラブ内の地震の可能性が高い万延二年（1861年）西尾地震，第12回歴史地震史料研究会，2024年11月10日，オンライン.

西山昭仁・石辺岳男・片桐昭彦, 2024, 1802年享和佐渡小木地震の有感記録の検討，第12回歴史地震史料研究会，2024年11月10日，オンライン.

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

石辺岳男（地震予知総合研究振興会）,松浦律子（地震予知総合研究振興会）,古村美津子（地震予知総合研究振興会）,赤塚真弓（地震予知総合研究振興会）,田力正好（地震予知総合研究振興会）,岩佐幸治（地震予知総合研究振興会）,Thystere Matondo Bantidi（地震予知総合研究振興会）

他機関との共同研究の有無：無

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：地震予知総合研究振興会地震調査研究センター
電話：
e-mail：
URL：

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：石辺岳男
所属：地震予知総合研究振興会地震調査研究センター

令和６年度年次報告

課題番号：KOBO12

（1）実施機関名：

公募研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）GNSS-A観測における音響機器特性の解明
（英文）

（3）関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

（5）令和６年度の計画の概要：

GNSS-A観測には多くの型式の音響ソナー・発信機が用いられてきており，近年，その特性が精度に悪影響を与えていることが明らかになった．本研究課題では水槽における音響送受実験と実データに基づいてそれぞれの音響機器の特性を明らかにする．令和６年度は，新しい海底局の水槽試験の実施と電子回路特性の分析を行う．
水槽試験では，水槽中に金具で固定した送信用ソナーと受信用ソナーを配し，送受信試験を行い，実際の記録信号から信号歪み量を測定する．この際，治具によって距離と角度を精密に決定できる環境に固定し，精密な機器・角度依存性を調査する．水槽実験には，東京大学柏キャンパスにある生産技術研究所の海洋工学水槽を用いる．
電子回路特性については東京大学生産技術研究所で所有する発信装置の回路を用いて実際の電気信号や回路影響の調査を行う．SGO-Aでは現在では入手できない発信機による観測データが多数あるため，それらについては，Yoshizumi et al. (2024, JASA) にて提案された手法を用いて数値的に実データを再現し，探索的に歪み方を調査する．導入電気信号の変更などによって電子回路の応答関数についても調査する．

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要
これまでの実験から明らかとなったソナーや海底局の音響システムを分析し，海上保安庁の観測ネットワークSGO-Aで用いるための異なるソナーを用いた海底局が開発された．水槽試験では，この海底局の音響特性を分析し，これまでの海底局との差の評価を開始した．令和６年度はデータの取得を行っており，次年度以降，分析・評価を行う予定である．
また，電子回路特性について，基準信号，パルス信号などを用いた分析を行い，回路中の信号歪みの

原因を特定した．しかしながら，回路全体の構成として容易に変更できない部分であったことから，今後はこの原因を考慮に入れ，歪みを前提とした信号識別方法のさらなる高度化が必要であることがわかった．次年度以降，識別方法の高度化を検討する．

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

GNSS-A観測はプレート境界地震の研究，とくに長期評価に大きな貢献をする．本研究はこういったプレート境界地震の把握技術，長期評価のベースとなるデータの高度化のための研究開発である．GNSS-A観測精度が向上することでプレート境界地震による災害評価や発生後の緊急観測精度の向上によって災害の軽減に貢献しうる．

今後は，さらに精度を向上させるとともに，より簡便な方法や即応性の高い精度補正技術の開発を行う予定であり，引き続きこの課題の検討を進める予定である．

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Yoshizumi, Y., Yokota, Y., Ishikawa, T., Nagae, K., Watanabe, S., Nakamura, Y., and Kouno, K., 2024, Quantitative identification of causes of instrumental signal distortion in Global Navigation Satellite System-Acoustics Combination observations, J Ac Soc Am, 155, 2786-2793. doi:10.1121/10.0025770,査読有,謝辞有

Yokota, Y., Ishikawa, T., Nagae, K., Watanabe, S., Nakamura, Y., Kouno, K., and Yoshizumim, Y., 2024, Signal identification method for seafloor crustal deformation observation considering instrumental signal distortion, Earth Planets Space, 76, 97, doi:10.1186/s40623-024-02050-3, 査読有,謝辞有

吉住優憧, 永江航也, 横田裕輔, 石川直史, 渡邉俊一, 中村優斗, 井上智裕, 河野賢司, 飯沼卓史, 2024, 水槽実験によるGNSS-A観測に用いられる音響信号の特性評価, 一般社団法人電子情報通信学会信学技報, US2024-38, 1-6,査読無,謝辞無

永江航也, 横田裕輔, 石川直史, 渡邉俊一, 中村優斗, 吉住優憧, 井上智裕, 河野賢司, 飯沼卓史, 2024, 水槽実験によるGNSS-A観測に用いられる音響信号の特性評価, 一般社団法人電子情報通信学会信学技報, US2024-39, 1-5,査読無,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

Yoshizumi, Y., Yokota, Y., Ishikawa, T., Nagae, K., Watanabe, S., Nakamura, Y., and Kouno, K., 2024, Study on the degradation of acoustic waveforms used for GNSS-A observations, OCEANS 2024 Singapore, 694, doi:10.1109/OCEANS51537.2024.10682187

Yoshizumi, Y., Yokota, Y., Kaneda, M., Yamaura, S., Kameta, Y., Inoue, T., and Kouno, K., 2025, Study of accuracy improvement of UAV-based seafloor crustal deformation observation, UT25

Yokota, Y., Ishikawa, T., Watanabe, S., Nakamura, Y., and Nagae, K., 2024, Oceanographic application of seafloor geodesy: Understanding internal waves through GNSS-A oceanography, AGU fall meeting 2024, Washington, G14A-04

吉住優憧, 横田裕輔, 石川直史, 永江航也, 渡邉俊一, 中村優斗, 河野賢司, 2024, GNSS-A 観測に用いられる音響波形劣化の原因の特定, 海洋音響学会2024年度研究発表会講演論文集, 24-13

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

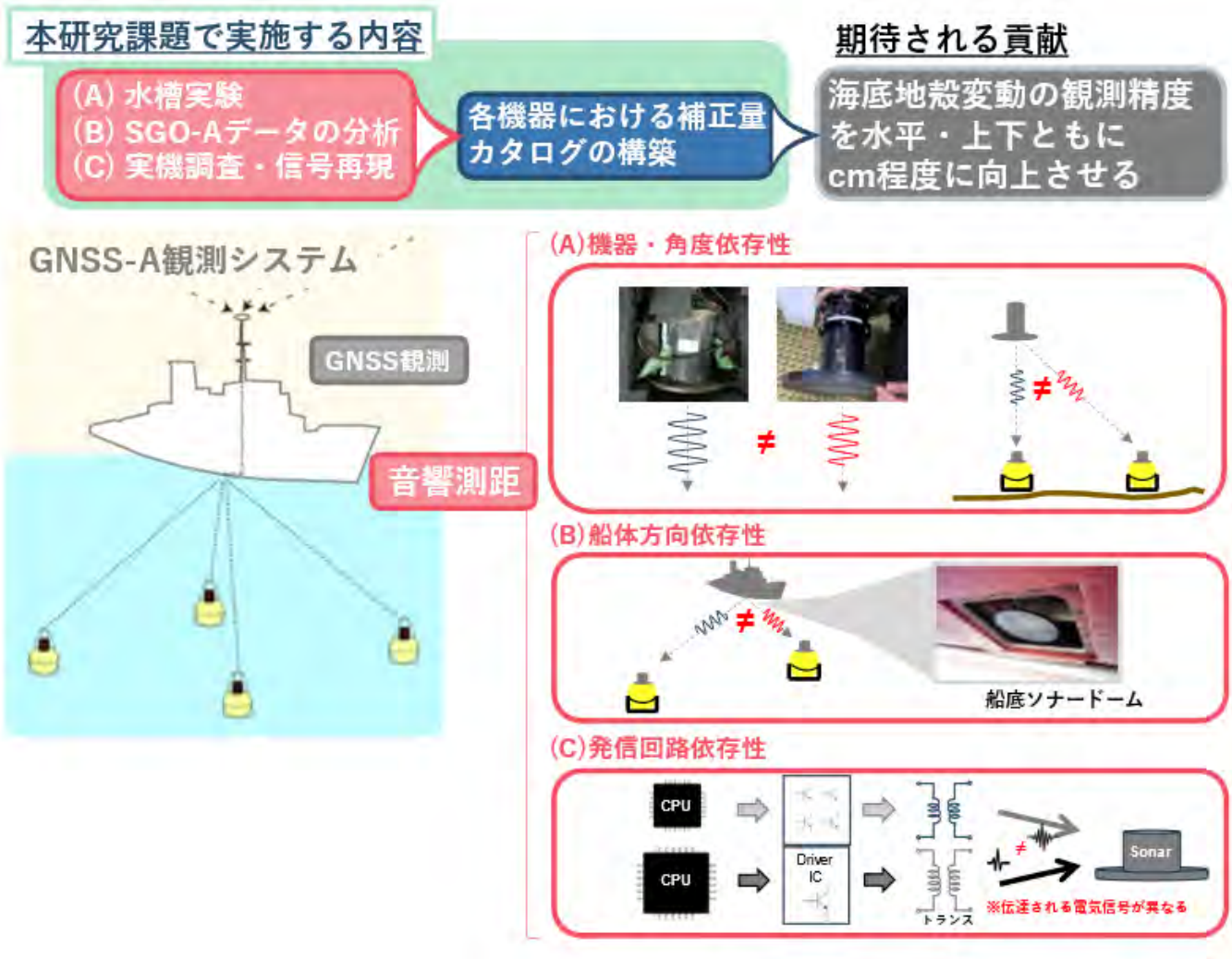
横田裕輔（東京大学生産技術研究所）,河野賢司（東京大学生産技術研究所）
他機関との共同研究の有無：無

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学生産技術研究所
電話：
e-mail：yyokota@iis.u-tokyo.ac.jp
URL：https://sgoi.iis.u-tokyo.ac.jp/

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：横田裕輔
所属：東京大学生産技術研究所



本研究課題で検討するGNSS-A観測の課題

令和６年度年次報告

課題番号：KOBO13

（1）実施機関名：

公募研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）北海道・三陸沖後発地震注意情報の普及・定着に関する総合的調査
（英文）Survey on Dissemination of the Subsequent Earthquake Advisory for Off the Coast of Hokkaido and Sanriku

（3）関連の深い建議の項目：

５分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(3) 千島海溝沿いの巨大地震

（4）その他関連する建議の項目：

４地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究
６観測基盤と研究推進体制の整備
(5) 社会への研究成果の還元と防災教育

（5）令和６年度の計画の概要：

2022年に運用が開始された北海道・三陸沖後発地震注意情報は認知度も情報の正しい理解も高まっていない。地震火山災害軽減研究の等身大かつ最大限の成果を応用することと、先行する南海トラフ地震臨時情報の現状をアンケート調査によって分析することで、北海道地方に適した普及啓発の方策を提案する。

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

計画通りに研究は進んだ。

2024年12月に北海道内の6都市（札幌・旭川・函館・苫小牧・帯広・釧路）において、性・年齢構成などを考慮した約1800人を対象に、この情報の認知度などについてのアンケート調査を実施した。本アンケート調査は後発地震注意情報の導入直前にあたる2022年11月から繰り返し実施しているもので今回は4回目となる。

情報の認知度を４つのレベルで聞いたところ、「インターネットで確認し、よく知っている」12%、「テレビ番組の解説などで、どのような情報か聞いたことがある」17%、「耳にしたことはあったが、具体的にどのような情報かは知らない」32%、「知らない」39%となった（図１）。情報の認知度は現在のところ高いとは言えない。

１回前にあたる3回目の調査は2023年11月に実施しており、この１年間での認知状況にはほとんど変化が見られないこともわかった（図２）。

また、この情報が発表された際に、１週間以内に規模の大きい後発地震が起こる主観確率についても、この１年間での変化は小さかった（図３）。6割近い人が50%以上の確率で後発の大地震が起こると考えており、国から公表されている後発地震の発生確率（約1%）からはかけ離れた評価となっている状況に変化は見られない。

この情報と地震学的類似性が高い「南海トラフ地震臨時情報」においては、本研究の実施期間内である2024年8月8日に日向灘でM7.1の地震が発生して、巨大地震注意の情報が発表され社会的な対応がとられた。臨時情報が発表された約10日後に、本研究計画とは別の予算によってアンケート調査を実施したところ、情報への認知度は著しく向上し、後続する大地震の発生についての主観確率も大き

く低下していた（大谷・林, 2025）。
　これら不確実性の高い地震関連情報は事前の周知による正しい情報の認識と普及が大きな課題となっているが、一度、情報が出れば多くの人がかなり正しい認識を持てるようになることが明らかになった。この情報を活用して災害を軽減するためには、情報への理解が高まるのみならず、適切な対応行動の普及と、社会活動に影響がでるような過剰対応の抑制のバランスが必要である。現状では、北海道・三陸沖後発地震注意情報、南海トラフ地震臨時情報の双方において、適切な対応行動が何であるかの社会的共通認識は乏しい。情報の普及とあわせて、推奨される防災行動の具体的内容と意義を普及させていかねばならない状況にある。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

　千島海溝沿いの巨大地震への備えを促進するために導入された後発地震注意情報の認知状況についてのデータが得られ、類似している南海トラフ地震臨時情報の認識状況との比較も行うことができた。今後、どのようなポイントに力点をおいて、広報・普及活動をすれば地震への備えが促進されるかについての基礎的な知見が得られた。今後も継続した調査によって認知状況の時間変化を追うとともに、実験的な普及活動によって望ましい防災行動が引き出せるかの調査を進める必要がある。

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

大谷竜・林能成, 2025, 2024年8月の南海トラフ地震臨時情報の効果―１年前のアンケート調査結果との比較―, 社会安全学研究, 15, 印刷中,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

林能成, 2024, 不確実性の高い地震情報の認識状況と課題：南海トラフ地震臨時情報と北海道・三陸沖後発地震注意情報の現状, 日本地球惑星科学連合大会, HDS10-01

林能成・高橋浩晃, 2024, アンケート調査にもとづく地震リスクの相対的地位とその防災行動への影響の考察, 日本地震学会秋季大会, S18-03

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

林能成（関西大学社会安全学部）
他機関との共同研究の有無：有
高橋浩晃（北海道大学理学部）

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：関西大学社会安全学部
電話：
e-mail：yhayashi@kansai-u.ac.jp
URL：https://www.kansai-u.ac.jp/Fc_ss/

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：林能成
所属：関西大学社会安全学部

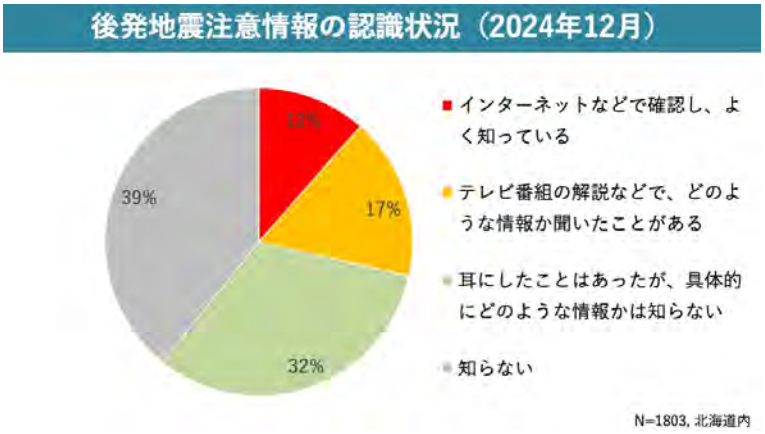


図１　北海道・三陸沖後発地震注意情報の認知度（2024年12月）

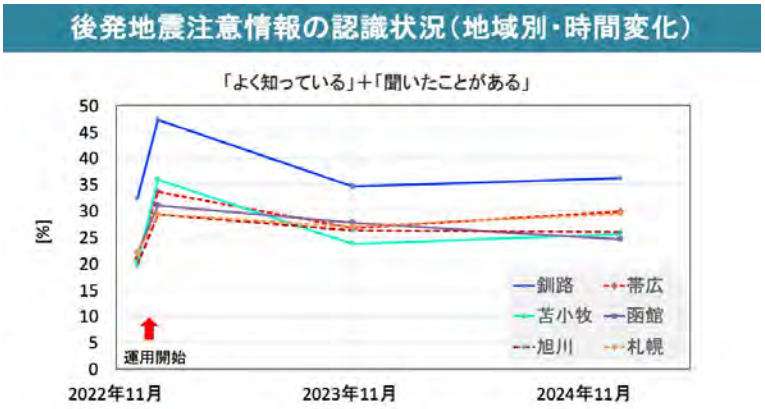


図２　北海道・三陸沖後発地震注意情報の認知度の経年変化

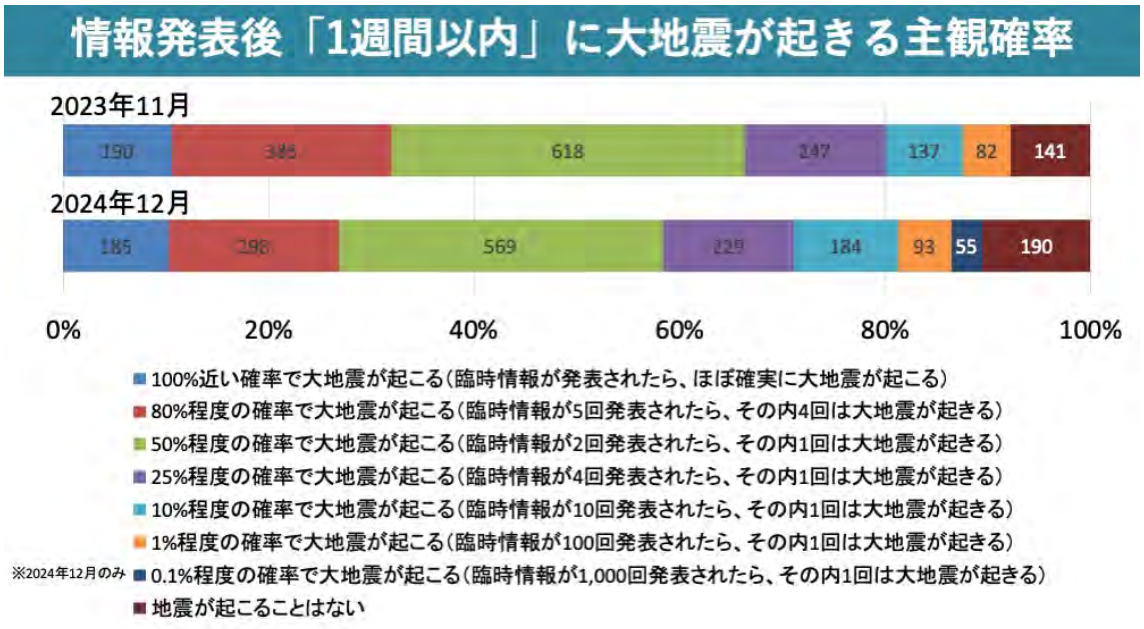


図３　北海道・三陸沖後発地震注意情報発表後１週間以内に大地震が発生する主観確率の比較（2023年11月と2024年12月）

令和６年度年次報告

課題番号：KOBO14

（1）実施機関名：

公募研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）噴石の解析による水蒸気噴火を起こす火道形成プロセスの解明
（英文）Understanding the forming of a conduit that causes phreatic eruptions through analysis of volcanic bombs

（3）関連の深い建議の項目：

５分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(6) 高リスク小規模火山噴火

（4）その他関連する建議の項目：

１地震・火山現象の解明のための研究
(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明

（5）令和６年度の計画の概要：

本研究は噴石を分析する事で水蒸気爆発を起こす火道ができるプロセスを明らかにする事を目指している。水蒸気噴火は、マグマから供給された火山ガスにより熱せられた地下水が水蒸気となり地下で増圧し、周囲の岩石（母岩）を破壊する事でおきると考えられている。この時、地下で増圧が起きる為には母岩の空隙を塞ぐことが必要である。これは熱水活動により岩石が変質し、粘土化する事で起きると考えられている。この粘土化した岩石がどのように地下に分布し、また火道を作る破壊を起こすのかを理解する事を目的として、本研究では2014年御嶽山の噴火により噴出した噴石を研究する。

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本研究は令和6年7月に採択され、翌年2月上旬に成果報告を行っているため、７か月の実働の報告となる。令和６年度は噴石採取の為９月下旬に御嶽山登山を行った。噴火から10年が経過し、すでに多くの一般登山客が入山しており、分析に値する噴石を採取する事は難しかった。そこで、これまでの登山において採取した噴石の分析を進めた。噴石がどこから来たかを明らかにする事を目的として、噴石の岩相に着目した。薄片観察の結果、熱水活動により形成された岩石が破砕した粘土層を取り込んでいると解釈できる構造が明らかになった。また、その３次元的構造もＣＴ撮影により可視化した。鉱物相の同定を目指してＸＲＤ分析を進めている。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本研究と関連の深い建議の項目、５－(6) 高リスク小規模火山噴火、では「観光地化した火口域からの突然の水蒸気噴火など，高リスク小規模噴火による災害を軽減するために，監視観測を充実させるだけでなく，過去の小規模噴火の履歴を明らかにした上で，火山の特性を踏まえた危険地帯の特定や多項目データに基づく客観的な火山活動評価を行う」事を目指している。本研究は高リスク小規模噴火であった、2014年御嶽山の水蒸気噴火に着目している。水蒸気噴火は地下で急激な圧力変化により母岩が破壊する事でおきる。この原因となる地下の透水性の低い粘土層の破壊強度や破壊の仕方などの特色がわかれば、地下でおきる破壊の理解が進み噴火メカニズムの解明と同時に火山災害軽減に貢

献できると考えている。

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Namiki, A., 2024, An Introductory Review of Complex Rheology of Magma for Rheologists, 日本レオロジー学会誌,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

並木 敦子・星野 真人・上杉 健太朗・田村 芳彦, 2024, 土曜海山の熔岩に見られる不思議な泡の形状, JpGU, SCG54-P07

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：火山：地質：噴出物（降灰・噴石）
概要：噴石採取
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：長野県木曽郡木曽町・王滝村御嶽山
調査・観測期間：2024/9/29-2024/9/29
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

並木敦子（名古屋大学）,纐纈佑衣（名古屋大学）,伊藤武男（名古屋大学）,齋藤虹南（名古屋大学）,小田沙也加（名古屋大学）,中野誠之（名古屋大学）,井上創（名古屋大学）,荻野竣右（名古屋大学）,奥脇健生（名古屋大学）,井戸悠生（名古屋大学）
他機関との共同研究の有無：無

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：名古屋大学大学院環境学研究科
電話：
e-mail：namiki.atsuko.r0@f.mail.nagoya-u.ac.jp
URL：https://www.eps.nagoya-u.ac.jp/~namiki/

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：並木敦子
所属：名古屋大学大学院環境学研究科

令和６年度年次報告

課題番号：KOBO15

（1）実施機関名：

公募研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）草津白根山の地下比抵抗の時空間変化の検出

（英文）Detection of spatiotemporal changes in resistivity structure in Kusatsu-Shirane Volcano

（3）関連の深い建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究

(6) 高リスク小規模火山噴火

（4）その他関連する建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備

(1) 観測研究基盤の開発・整備

イ. 観測・解析技術の開発

（5）令和６年度の計画の概要：

群馬県草津白根山ではこれまで繰り返し水蒸気噴火が発生してきた。そこで、水蒸気噴火の発生場に関する熱水システムの時間変動を調査するため、群馬県草津白根山で電磁探査モニタリングを行う。電磁探査モニタリングにより、草津白根山の地下の比抵抗構造およびその時間変化を捉え、比抵抗情報から熱水システムの時間変動を推定する。電磁探査モニタリングデータを連続的に一定のデータ誤差で取得するには、環境ノイズに左右されにくい観測システムが必要である。この目的のため、電磁アクロス送信機を用いた電磁探査システムを用いる。同装置はGPS信号により制御された信号を送信するため、高いシグナルノイズ比が期待される。

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

湯釜火口から4km離れた石津硫黄鉱山跡地から電流を送信し、湯釜火口に設置する8台の電磁場受信機によって、2024年5月¬から10月の間、電磁探査モニタリングデータを取得した。これら受信機はソーラーパネルから給電される仕組みにより運用した。11月以降は積雪のため観測は行っていない。本調査地域では、電磁モニタリング観測を2020年から連続して行ってきた。まずは、時間変動の初期モデルとする地下比抵抗構造を2020年の9月から10月にかけて取得したデータを用いて推定した（Ishizu et al., 2025）。特筆すべき結果としては、これまで湯釜火口の比抵抗構造調査で用いられたMT法では検出できなかった蒸気卓越熱水の空間分布を明らかにできた点である。さらに、この2020年のモデルからの比抵抗構造の時間変動を推定するために、2020年から2021年まで取得してきたデータの時系列処理を進めた。その結果、2020年10月データと2021年5月データを用いて計算された電磁場レスポンスを比較することで、位相が数度変化していることが分かった。数度の位相時間変化は、比抵抗構造の時間変化が地下で起こっていることを示唆している。今年度は地下比抵抗構造時間変動推定のための逆解析入力に必要な時間変動データを取得できた。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

水蒸気噴火を発生させる火山の比抵抗構造の時間変化を捉えることで、水蒸気噴火発生に関連がある熱水・粘土層・熱源の分布の時間変化を議論できるようになる。このような時間変化を把握することは、水蒸気噴火発生のメカニズムを把握するために重要である。流体の時間変化量は、水蒸気噴火の

規模に関係する重要な量であり、危険が及ぶ範囲を評価するために役立つと思われる。以上のことから、本研究は水蒸気噴火災害の軽減へ貢献するものと考えている。
研究対象としている草津白根山では、地震、地殻変動のほか、火山ガスなど地球化学的なモニタリング観測が東京科学大学を中核として実施されている。これら多項目観測成果を参照することで、今後推定する比抵抗時間変動の解釈をより高度なものとする。
さらに、草津白根山は国内有数の観光地である一方、近年は火山活動が活発な状態が継続している。突然の水蒸気噴火は大きな災害をもたらすことから、同火山における災害リスクは極めて高い。そのため、水蒸気噴火発生場をモニタリングする技術を確立することは、同地域の災害リスク軽減に直接的に貢献するものである。

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Ishizu, K., Ogawa, Y., Tseng, K. H., Kunitomo, T., Kitaoka, N., Caldwell, G., ... & Heise, W. (2025). Controlled-source electromagnetic survey in a volcanic area: relationship between stacking time and signal-to-noise ratio and comparison with magnetotelluric data. Geophysical Journal International, 240(2), 1107-1121.,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

石須慶一（九州大学工学研究院）
他機関との共同研究の有無：有
小川康雄（東京科学大学）,北岡紀広（東京科学大学）

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：九州大学工学研究院
電話：
e-mail：ishizu.keiichi.764@m.kyushu-u.ac.jp
URL：

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：石須慶一
所属：九州大学工学研究院

令和６年度年次報告

課題番号：KOBO16

（1）実施機関名：

公募研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）火山性流体の化学観測による微弱な火山活動異常・水蒸気噴火の前兆把握と分析法改良による化学観測効率化

（英文）Detecting minor anomalies and signs of phreatic eruption through chemical observation of volcanic fluids and increasing efficiency of observation by improving analytical methods

（3）関連の深い建議の項目：

５分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究

(6) 高リスク小規模火山噴火

（4）その他関連する建議の項目：

（5）令和６年度の計画の概要：

火口周辺が観光地化している箱根山、草津白根山、霧島山（硫黄山）などの火山において火山ガスや熱水を採取して化学組成を分析し、水蒸気噴火の兆候や微弱な異常の把握を試みるとともに、既存の火山ガス分析法を改良して化学観測の頻度向上に寄与する。

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本年度、本研究では箱根山、草津白根山、霧島山(硫黄山)などで観測を実施した。そのうち霧島山（硫黄山）では2018年噴火口やその近傍の山麓から排出される熱水を採取・分析し、溶存する塩化物イオンと硫酸イオンの比率（Cl/SO4比）を火山活動の指標として観測を続け、2024年4月下旬以降から浅部熱水系においてマグマ性ガスの気液分離で生じた深部熱水の寄与が相対的に高まったことを捉えた。ここでは、簡単のためにClはマグマ性ガスの気液分離で生じた深部熱水に、SO4は主に地表付近の天水を主体とする蒸気加熱型の熱水に富む成分と見なしており、すなわちCl/SO4比の増加は浅部熱水系においてマグマ性ガスに由来する深部熱水の割合が相対的な高まりの指標として用いている。

また化学観測の効率化に関し、従来は高度な技術と訓練が必要だった火山の火口や噴気孔から直接採取した火山ガスに含まれるCO2の分析についてより簡便に分析するための器材や手順を考案し、誌面で公表した(Yaguchi and Ohba, 2024)。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

水蒸気噴火は高リスク小規模火山噴火の典型であり、この様な火山の活動を評価するためには火山ガスや熱水等を対象とした化学観測が効果的である。一方、化学観測の専門性や特殊性を背景に、化学観測の実施例は豊富とは言えない。本研究において火山ガスや熱水の分析結果を取得・蓄積することは水蒸気噴火を起こし得る火山における評価技術を高度化し、高リスク小規模噴火による災害の軽減に貢献する。

また、本研究で取り組んでいる火山ガス分析法の改良・簡便化は、高リスク小規模火山噴火において重要視されている"地球化学的観測をできるだけ高頻度で行う"ことに貢献する。

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Yaguchi, M. and T. Ohba, 2024, Development of a new device for CO2 microdiffusion analysis of fluid samples from volcanic areas without using a fixative, Earth Planets Space, 76:144,doi.org/10.1186/s40623-024-02062-z,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

谷口無我・大場武, 2024, 火山ガスCO2 の微量拡散分析器具の改良, 日本火山学会2024年度秋季大会, P131, doi:10.18940/vsj.2024.0_232

谷口無我・大場武, 2024, 火山ガスのCO2湿式分析法の改善, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SVC28-P09

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

谷口無我（気象研究所火山研究部）
他機関との共同研究の有無：有
大場武（東海大学理学部）,沼波望（東海大学総合理工学研究科）,豊島誠也（東海大学総合理工学研究科）,滝澤柊斗（東海大学理学部）,湯浅太貴（東海大学理学部）,野元涼（東海大学理学部）,中村花梨（東海大学理学部）,島崎涼花（東海大学理学部）,牧野智奈美（東海大学理学部）

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：気象研究所火山研究部
電話：
e-mail：
URL：

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：谷口無我
所属：気象研究所火山研究部

令和６年度年次報告

課題番号：KOBO17

（1）実施機関名：

公募研究

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）蔵王山におけるマグマによる熱水系の溶融現象及びその現象が噴火の特性に及ぼす影響の解明

（英文）Melting of hydrothermal system by magmatic injection beneath Zao Volcano: implication to the eruption characteristics.

（3）関連の深い建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明
５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(6) 高リスク小規模火山噴火

（4）その他関連する建議の項目：

（5）令和６年度の計画の概要：

本研究は、小規模水蒸気噴火も繰り返している蔵王山について、山頂火口からの最新の水蒸気噴火である1895年噴火噴出物に含まれる、マグマ自体と熱水系の反応の記録を保持している可能性のある特殊な火山弾を対象にして物質科学的研究を行い、マグマが関与した水蒸気噴火について、活動評価に資することが可能な新知見を得る。

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本研究は、蔵王山の1895年噴火噴出物中の特殊な火山弾を対象にし、試料の採取、顕微鏡観察、全岩・鉱物化学分析を行い、得られたデータを基に、ガラス質火山岩の成因すなわちマグマと熱水系の反応を解明し、それが噴火の規模や爆発性に及ぼす影響を考察するものである。本年度は初年度であり、以下の成果を得た。

蔵王山1895年噴火噴出物の地質調査を行い、該当する火山弾について産状を把握し、そのうちの代表的な試料を採取した。火山弾は安山岩質の核部を持ち、その間にガラス質部が存在している。鏡下観察の結果、安山岩質核部は蔵王山御釜噴出物と似た特徴を有し、一方ガラス質部については、透明、淡褐色、褐色部からなり、斑晶は安山核部由来のもの以外は認められない。EPMA分析結果も併せると、透明部は流紋岩質透明ガラス主体であり、褐色部は主に虫食い状斜長石及び透明ガラスからなる場合と主に菫青石、大隅石及び透明ガラスからなる場合があり、褐色部はアルミノケイ酸塩鉱物及び透明ガラスからなることが明らかとなった。全岩化学組成分析の結果から、安山岩質核部は蔵王山御釜噴出物とほぼ同じであり、一方ガラス質部は組成がやや多様であるが、粗面安山岩～粗面岩組成を有しK_2O、Al_2O_3量に富み、CaO量に著しく乏しいことが明らかとなった。ガラス質の化学組成は、安山岩質核部の組成を持つマグマから結晶分化作用やメルト部分のみの抽出などのような通常のマグマプロセスでは説明できない。K_2O、Al_2O_3量に富みまたAl含有量が高い鉱物が石基に存在することも考え合わせると、五色岳直下の酸性熱水変質帯ないし同様の変質を受けた噴出物が、上記のガラス質部の起源マグマの生成に関与した可能性が高い。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に

対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

高リスク小規模噴火の代表の水蒸気噴火については、2014年の御嶽山の噴火をきっかけとして危険性が再認識され、近年に水蒸気噴火が発生した火山等において、熱水系の構造解明の研究やモニタリングが進められてきた。その結果、地殻浅部に存在する熱水系上部をシーリングする不透水層が熱水系内外の要因により破られて噴火が起こるという一般性が認められるようになった。その要因の主なもののひとつに深部由来マグマの熱水系への直接的な貫入が考えられており、蔵王山1895年噴火もこれに相当する。本研究は、このような場合に、マグマ自体と熱水系との反応を解明し、噴火規模や爆発性への影響を検討するものであり、高リスク小規模噴火の危険性のある火山をモニタリング等によって、中長期及び短期的な活動評価をする上で、また、熱水系の状態を考える上でも有用な知見を得ることとなり、意義があると考えられる。これは、地震火山災害軽減研究の内容の、５．（６）高リスク小規模火山噴火の火山の特性を踏まえた客観的な火山活動評価を行うこと、及び１．（５） ウの中の火山噴火を支配する熱水系の構造の解明に関連する。

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

伴雅雄・北川桐香、2024、蔵王火山山頂エリア、地質学雑誌、130、329-335.,査読有,謝辞無

Imura, T., Ohba, T., Takahashi, R., Manalo, P., Sato, H., Ban, M., Hirata, A., Alvarez-Valero, A., 2024, Sulfur isotopic variations in the products of the 1895 CE eruption at Zao volcano (NE Japan): Implications for connecting eruption source and syn-eruptive magmatic-hydrothermal processes, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 452, no. 108127.,査読有,謝辞無

井村匠、2024、蔵王火山西部蔵王沢上流部，蔵王鉱山跡地周辺の火山・鉱床地質：かつて存 在した火山熱水系の痕跡、地質学雑誌、130、247-257.,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

Masao Ban, Shin Sato, 2024, Mafic magmatic enclaves in Zao Volcano Stage III products, NE Japan: Evidence of conversion of magma feeding system, IGC2024, Busan.

井村匠、大場司、伴雅雄、2024、蔵王火山1895年噴火における発生源となった火山熱水系の特徴と噴火推移に対応したマグマー熱水プロセス、日本地質学会第131年学術大会，山形

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

伴雅雄（山形大学理学部）,井村匠（山形大学理学部）

他機関との共同研究の有無：無

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：山形大学理学部
電話：
e-mail：
URL：

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：伴雅雄
所属：山形大学理学部

令和６年度年次報告

課題番号：KUS_01

（1）実施機関名：

京都大学理学研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地震サイクルにおける断層すべりのモデリングにおけるデータ同化研究
（英文）Data assimilation study on the fault slip during earthquake cycles

（3）関連の深い建議の項目：

2 地震・火山噴火の予測のための研究
(2) 地震発生確率の時間更新予測
ア. 地震発生の物理モデルに基づく予測と検証

（4）その他関連する建議の項目：

2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

本課題では、物理モデルによる地震発生予測のプロトタイプの完成を目指している。具体的には以下の通り。

A. 豊後水道と琉球における現実的なプレート形状を用いたSSEデータ同化
(a) 豊後水道および琉球海溝を対象とし、現実的なプレート形状のモデルを用いて、SSEデータ同化システムを構築する。データ同化手法により得手・不得手があるので、アジョイント法とアンサンブルカルマンフィルターの２つの手法で同化システムを構築する。ある程度できているので、早期に完成を目指す。
(b) (a)で開発したモデルを用いて双子実験を行い、摩擦パラメータの推定を行う。また、摩擦パラメータと物理量の初期値の同時推定を試行する。
(c) プレート境界にSSE発生域に加えて固着域がある場合に対して(b)と同様の実験を行う。
(d) 実データを用いた同化実験を行い、SSE発生、および、固着域の固着状態の時間発展の予測可能性を評価する。
(e) (a)～(d)と並行して、八重山地域における独自のGNSS観測を継続する。

B. 粘弾性応答関数の取り込みを実装する。

C. Physics Informed Neural Network による摩擦パラメータの推定手法を開発する。データ同化システムでの利用を試行する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

物理法則に基づいた断層すべりの予測を目指し、日向灘沖˜四国沖の複数セグメントで発生するSSEを対象としたEnKFデータ同化を実施する。これまでの研究で、走向方向に長い断層上での自発的な応力不均質の形成というこれまで見過ごされていたSSEのセグメント化メカニズムが見出されたが、実際

のSSE発生域においては、さらに断層面形状や周囲の断層面固着状態の時空間不均質などを考慮する必要がある。令和６・７年度は、これらを考慮したシミュレーションにより各要素がどのように実際のSSEの挙動、セグメント化を支配するのかを明らかにする。令和８・９年度には、その結果を踏まえて、EnKFを用いたデータ同化の実現に重要となる初期アンサンブルの設定を行い、実際の観測データに対してデータ同化を実施する。令和10年度は、データ同化の実施により構築した数値モデルの現状のデータ再現能力と予測能力を評価する。
また物理深層学習（PINN）を用いた摩擦特性推定・断層すべり予測手法を、実際のSSEに適用する。令和６年度は物理深層学習（PINN）を用いた摩擦特性推定・断層すべり予測手法を２次元断層モデルに拡張し、より現実的な問題設定におけるPINNの有効性を検証する。令和７年度は、現実的なプレート形状を導入し、データ同化による摩擦特性推定・断層すべり予測に関する数値実験を行う。平面形状の場合の結果と比較を行う。この結果に基づき、令和８年度に実観測データへの適用により摩擦特性の推定を行う。また令和９年度には得られた摩擦特性により次のSSEの発生やSSEの時空間発展の断層すべりの予測の試行を試みる。令和10年度は、より現実的に、運動学的に固着域を置いたときの過去の断層すべり状態の推定および将来予測の試行を行う。上記をデータ同化とPINNを用いた手法で検証する。
また巨大地震後の余効変動に対するデータ同化適用において、粘弾性変形・余効すべりを考慮した同化手法開発および数値モデルの改良を行う。令和６・７年度はEnKF及びアジョイント法の適用・非線形数値モデルに対する両者の性能を比較する。東北地方太平洋沖地震後の余効変動等実際の問題に適用する。令和８年度からは、剛性率の不均質構造を考慮できるよう数値モデルの改良を行い、変形やすべりの推定・推移予測の向上を図る。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

(1) 南海トラフにおけるSSEの発生物理モデル – データ同化のためのモデル構築

断層すべりは岩石の摩擦実験から得られた速度状態依存摩擦則 (RSF則; Dieterich, 1979; Ruina, 1983)に基づいてモデル化され、現実の断層で見られる不均質なすべりは通常摩擦特性や断層形状といった不均質性により解釈される。実際、速度弱化特性を持つ高速すべり(地震)は、モデル内においてすべりの伝播が停止するには何らかの不均質を必要とする。これに対して非地震性のすべりイベントであるスロースリップイベント(SSE）は、地震と同様に速度弱化ではあるが、走向方向に長い断層においては断層面上の不均質がなくても、セグメントに分裂して発生することが報告されている(大畠2023)。南海トラフ沿いでは、プレート境界の深さ35km程度の位置に長期的SSE が広く分布し、複数のセグメントに分かれて発生している。この観測されるSSE発生様式の背景には、大畠(2023)で示されたSSEのすべりの特性が関係している可能性がある。そこで、本年度我々は大畠(2023)で示されたSSEすべりの特性を、数値モデルを用いてより詳細に調べた。

走向方向に長い均質断層で起こるSSEは、前述の通り自発的に分裂して発生する。断層の摩擦特性によって、SSEセグメントの境界は時間方向に変化しない場合(大畠,2023)や境界が現れたり消えたりと時間方向に変動する場合(Liu, 2014; Li et al., 2018)がこれまでに報告されている。本研究では、全無限均質等方弾性体中の一定速度で載荷される平面断層を設定する（図１）。この断層は走向方向に長い一様なVW領域とそれを囲む速度強化（VS）領域を持つ。我々はVW領域で発生するSSEの発生様式を網羅的に調べる数値実験を実施し、VW領域のすべりパターンがVS領域の有効法線応力 σ に大きく影響されることを見出した（図２）。断層強度を $|a - b| \sigma$ とすると（Luo and Ampuero, 2018; a, b は摩擦パラメタ）、VS/VW領域の強度比が10を超えるような大きな値を持つとき、SSEはカオス的なパターンを示し、セグメント境界は一定でなく時間方向に変動した。一方VS/VW領域の強度比が1.0程度と小さい場合には、周期的で持続的なSSEが発生し、セグメント境界は時間方向に変化せず一定であった。このすべりパターンの違いの原因は未だ十分に解明されていないが、SSE発生時のVS領域へのすべりの染み出し方の違いが原因として考えられる（図３）(錦織・他、2024地震学会)。

我々はさらに、数値計算における初期値依存性もまた地震とSSEで異なることを見出した（図４）。数値計算では、RSF則に従う断層すべりの時間発展を計算する際、初期条件(すべり速度・状態変数の分布)を人工的に与える必要がある。地震サイクルシミュレーション（ECS）では、これら初期条件の影響は時間が経過するにつれて消失するという暗黙の仮定がなされる。実際、断層全域を破壊するようなイベントが起こるケースでは、初期条件の影響を受けた不規則なパターンがシミュレーションの

初期段階で現れるが、数サイクル後には摩擦特性に依存した規則的なパターンに収束することが示されている。地震による急速で大きな応力変化が断層全体に及び初期条件の影響を打ち消すように作用すると考えられ、そのためECSでは一般的に初期条件の影響は無視できるとされてきた。

一方走向方向に長い均質断層上のSSEの場合には、初期条件の影響が持続し、SSEの発生パターンに継続的に影響を与えることが分かった。VW領域の摩擦特性を固定した上で、走向方向に沿った正弦波形の初期すべり速度分布Vを導入し、初期すべり速度分布の波長λを様々に変化させる数値実験を行った。VS/VW強度比が10以上と大きな値を持つ場合、λの違いによるすべりパターンの違いは確認できなかった。これは、地震の場合と同様に、時間の経過とともに初期条件の影響が消失することを示唆している。一方、VS/VW強度比が1程度と小さい場合、発生する周期的で持続的なSSEのセグメント数がλに依存して変化することが確認された。VW領域の摩擦特性に基づく臨界核形成長さにおよそ依存してセグメントサイズ・セグメント数には上下限が存在するが、これらは初期速度の波長λによって変化し、つまり初期条件の影響が継続して残ることを示している。このことは、地震の場合とは対照的に、SSEではイベントの発生による緩やかな応力変化は初期条件を打ち消すには不十分であると解釈され、地震とSSEの持つ異なるすべり特性であると言える。

(2) 八重山地方でのGNSS連続観測

琉球海溝の八重山地方では、1771年に明和の大津波が発生しており、これが巨大地震によるものであれば、２００年以上にわたって歪みエネルギーを蓄積していることになる。また、プレート境界深部では、スロースリップイベントが６～８ヶ月おきに発生しており、地震発生域での応力の増加と相互作用している可能性がある。我々は、７点（石垣島2点、西表島2点、。黒島1点、小浜島1点、与那国島1点）のGNSS独自観測点を設置し、2012年から観測を継続している。しかし、コロナ禍で設置している学校の校舎内へのアクセスが制限され、機器の不調により中断していた。2023年度までに問題を把握し、2024年度中に7点中6点を再稼働させることができた。

(3) 応力回転とすべり分布による地中の背景応力場の推定

本課題での目的の1つであるすべり分布推定に用いるデータは地表付近で得られた地殻変動データであり、地下のすべり分布の推定精度や分解能には限界がある。一方、地震波データを元にした応力インバージョンから得られた応力場の空間的な不均質、特に主応力軸の空間的な差異（応力回転）に着目することで、すべり分布の推定精度・分解能向上に寄与できる可能性がある。その基礎的な試みとして、応力回転と既に得られたすべり分布から地中の背景応力場推定を行った。

解析対象としたのは2000年鳥取県西部地震の余震域である。P波初動データにより応力場（具体的には主応力軸の向き）の空間変動を推定する手法[Iwata, 2018, JGR; Iwata, 2023, JpGU]により、本震時に大きく滑ったとされる領域の両端で顕著な応力回転が得られている。断層モデルには波形インバージョンに基づく岩田・他[2000, 地震学会秋季大会]によるものを用い、この応力回転を説明するよう、背景応力場の推定を行った。

具体的には以下の通りである。岩田・他[2000]のモデルとOkada[1992, BSSA]のプログラムより、本震の断層運動により生じた静的応力変化を求め、これを空間一様な背景応力場に加えることで地震後の応力場の空間分布を得ることが出来る。この応力場の主応力軸の向きと、P波初動データから推定されたものとが極力合うような背景応力場を求めればよい。山陰地方における過去の研究に基づき、σ2（中間主応力）軸の向きは鉛直方向であると仮定した。そして、応力軸の向きの差異は平均0のvon Mises分布（角度に対して頻繁に用いられる確率分布）に従うとし、最尤法によりσ1（最大主応力）およびσ3（最小主応力）軸の（水平面内での）向き及び各主応力の大きさを推定した。

推定結果として得られた背景応力場の各主応力の大きさはσ1 = 19.1、σ2= 11.2、σ3= -26.2（正の値は圧縮方向の応力に対応。単位はMPa）で、σ1軸の向きはN103ºE（よってσ3軸の向きはN13ºE）であった。既存の研究（例えば塚原・小林[1991, 地震]）では山陰地方における広域応力場の水平面内でのσ1軸の向きは東西あるいは西北西–東南東であり、それと整合的である。但し、この背景応力場と断層モデルから得られる地震後の応力場の向きの空間分布と、P波初動データから得られたものとの絶対的な合い具合は必ずしも高いものではなく、今後の更なる検討が必要である。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に

対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

現時点の我々の成果は予測には直結しないが、現象の把握と理解のための観測と予測のための物理モデルの両方が物理的予測には必要であり、そのためのプロセスをたどっている状況である。
本研究の目標は、現在までの地殻変動データのモニタリング結果と、ある物理モデルがデータにフィットする場合の将来の予測を行うことである。技術的な困難のため完成には至っていないが、まずは現存する摩擦の物理をモニタリング結果に加えることでどのような将来予測が推定されるかを、予測値と予測誤差のセットで求めることは、将来の災害軽減を考える上で不可欠な貢献となると考えている。今後は今計画中に地域を特定して同化モデルを走らせ、観測と摩擦の物理に基づく同化実験を行う予定である。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

Makiko Ohtani ”Numerical experiments on estimating the fault frictional properties and the viscosity from the postseismic deformation”,EGU General Assembly 2024, 15 April, 2024 , Austria (Vienna)

錦織健人(京大理)・大谷真紀子(京大理)・平原和朗(香川大学・理研AIPセンター)「走向方向に長い平面一様断層で発生するSSEのセグメンテーション　ー数値シミュレーションー」、日本地球惑星科学連合大会2024、SCG40-P44、2024年5月28日、幕張市(千葉県)

錦織健人(京大理)・大谷真紀子(京大理)・平原和朗(香川大学・理研AIPセンター)「一様平面断層で自発的に生じるスロースリップイベントのセグメンテーション様式 ー速度弱化・強化域の強度日に着目した数値実験ー」、日本地震学会2024年度秋季大会、A08-10、2024年10月23日、新潟県新潟市

岩田貴樹, 応力回転を用いた2000年鳥取県西部地震余震域の背景応力場推定, 日本地球惑星科学連合2024年大会, 2024

Iwata,T.,The background stress estimated from stress rotation using a Bayesian approach, The 4th International Conference on Mathematics and Statistics (ICMS25), 2025

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

(1)巨大地震後の粘弾性応答に対するデータ同化手法の適用

過去の東南海地震・南海地震のような隣り合う巨大地震間の誘発可能性評価には断層面上の応力の時間発展を評価・予測する必要がある。地震発生後の余効すべり・粘弾性変形を考慮した断層すべり発展予測を目標とし、我々はこれまでに、均質な弾性-粘弾性の水平二層構造媒質を仮定した二次元粘弾性変形モデルにおいて、地表面変位から粘弾性媒質の粘性率・粘性変形の時間発展を推定するデータ同化手法を開発した。線形粘弾性を仮定した同一のモデルにおいて、EnKF法及びAdjoint法の両手法を適用し、両手法によって同様の推定結果が得られることを確認した。今年度は、非線形粘弾性を考えた場合や、粘性率の不均質がある場合に両手法の推定能力を調べる。

(2)南海トラフにおけるSSE発生の物理

物理法則に基づいた断層すべりの予測を目指し、我々は長期的スロースリップ(L-SSE)を対象としたデータ同化手法開発を行ってきた。その準備段階として、これまでにL-SSEの基本的な物理メカニズムの調査を進めており、南海トラフ沿い断層深部のように、走向方向に長い領域で発生するL-SSEは、断層面上の摩擦特性が不均質であっても自発的にセグメントに分かれて発生する可能性があることを見出した。そのセグメント化の様子はL-SSE発生域の摩擦特製のみならず、L-SSE発生域を取り囲む領域

の特性にも依存する。L-SSEのすべりが沈み込み方向への染み出許容できるかどうかが大きく影響している可能性があり、本年度はこの点について詳細に調べ、自発的なセグメント化現象のすべりパターンを制御する要因を明らかにする。またL-SSEのセグメント化にするこれまでの一連の研究成果を論文にまとめて国際誌に投稿する。
以上のL-SSEのすべりのパターン研究は、断層面上でゆっくりすべりがどのように開始し停止するかに係る重要な問題である。上記はモデルによる研究であったが、実際の断層面上でこれらを支配する要因を明らかにするには、地殻変動データを用いた実問題の検証が必要である。L-SSEは規模が大きく地殻変動データとして捉えやすい一方で、頻度が少なく、イベント回数は少ない。これに対して、短期的スロースリップ(S-SSE)は規模が小さくシグナルは小さいが、頻度が多い。同一の断層面上で繰り返し発生し、またその空間パターンの変化が捉えられており、L-SSEに加えてS-SSEを調べることで断層面上のゆっくりすべり挙動の解明により近づくことができると考えられる。そこで今年度我々は、L-SSEに加え、S-SSEの物理モデルの構築を試みる。

(3)八重山地方GNSS連続観測の継続とすべり様式の解明
　八重山地方で発生しているスロースリップは発生間隔が６～８ヶ月程度の準周期的なイベントであるが、規模や再来間隔、各イベントのすべり震源関数の様相が異なっており、データ同化実験の格好の場と考えている。2024年度に京都大学独自のGNSS観測点がほぼ復旧したので、2025年度も引き続きGNSS観測を行う。また、「ソフトバンク独自基準点データの宇宙地球科学用途利活用コンソーシアム」の枠組みを通じ、ソフトバンク株式会社および ALES株式会社よりソフトバンクの独自のGNSS基準点の後処理解析用データの提供を受け、より稠密な観測点分布でスロースリップの時間発展および琉球海溝での固着の様相を調査する。2025年度は稠密な観測網によるSSEの発生履歴を求め、2026年度以降の同化実験につなげる。

(4)深層学習に基づく新しいグリーン関数の計算方法の開発
　通常のインバージョンと同様、データ同化で用いるグリーン関数が誤差を含むと、予測値や推定値（解析値）に写像されてしまい、予測結果に大きな影響をもたらす。本課題では、今計画の期間中に、Okazaki et al. (2025) によって開発された Physics Informed Neural Network (PINN) の手法を用い、弾性・非線形粘弾性の任意の不均質媒質に対してグリーン関数を計算する手法を開発する。2025年度は、２次元の anti-plane, in-plane の問題に対して、弾性不均質性の導入の開発を行う。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

宮崎真一（京都大学理学研究科）,大谷真紀子（京都大学理学研究科）
他機関との共同研究の有無：有
加納将行（東北大学理学研究科）,研究協力者：岩田貴樹（広島県立大学）,研究協力者：平原和朗（香川大学）,スタンフォード大学,統計数理研究所

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：京都大学理学研究科　地球惑星科学専攻
電話：075-753-3911
e-mail：miyazaki.shinichi.2m@kyoto-u.ac.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：宮崎真一
所属：京都大学理学研究科

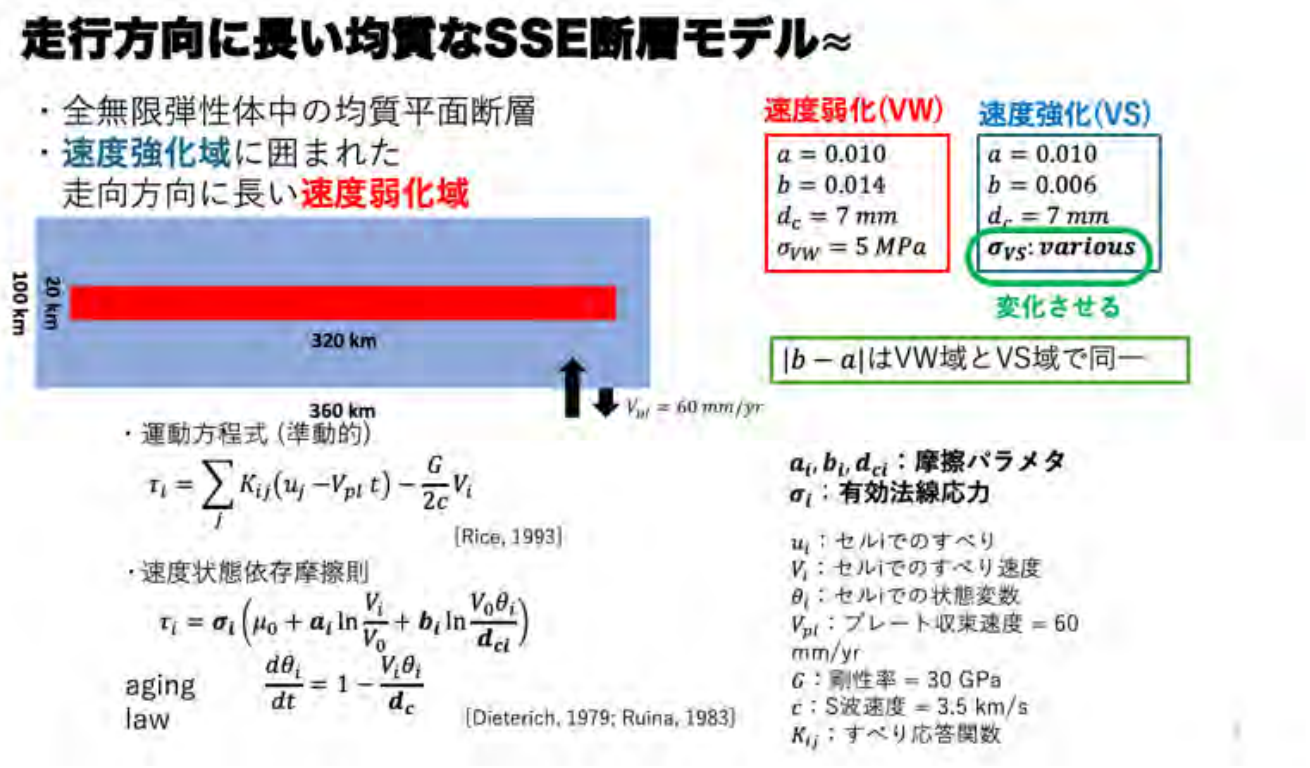


図1　断層モデルと設定した摩擦パラメータ

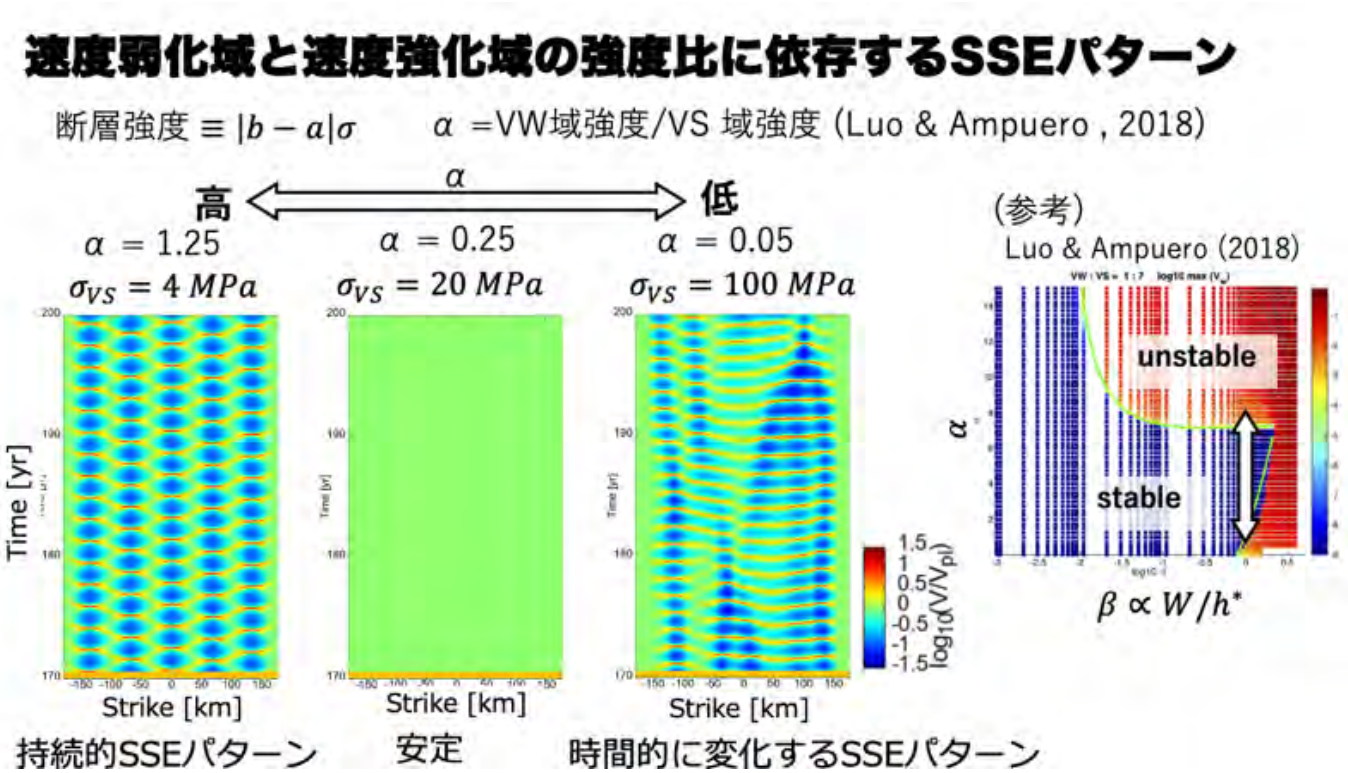


図2　速度弱化域と速度強化域の強度比に依存するSSE 発生パターン

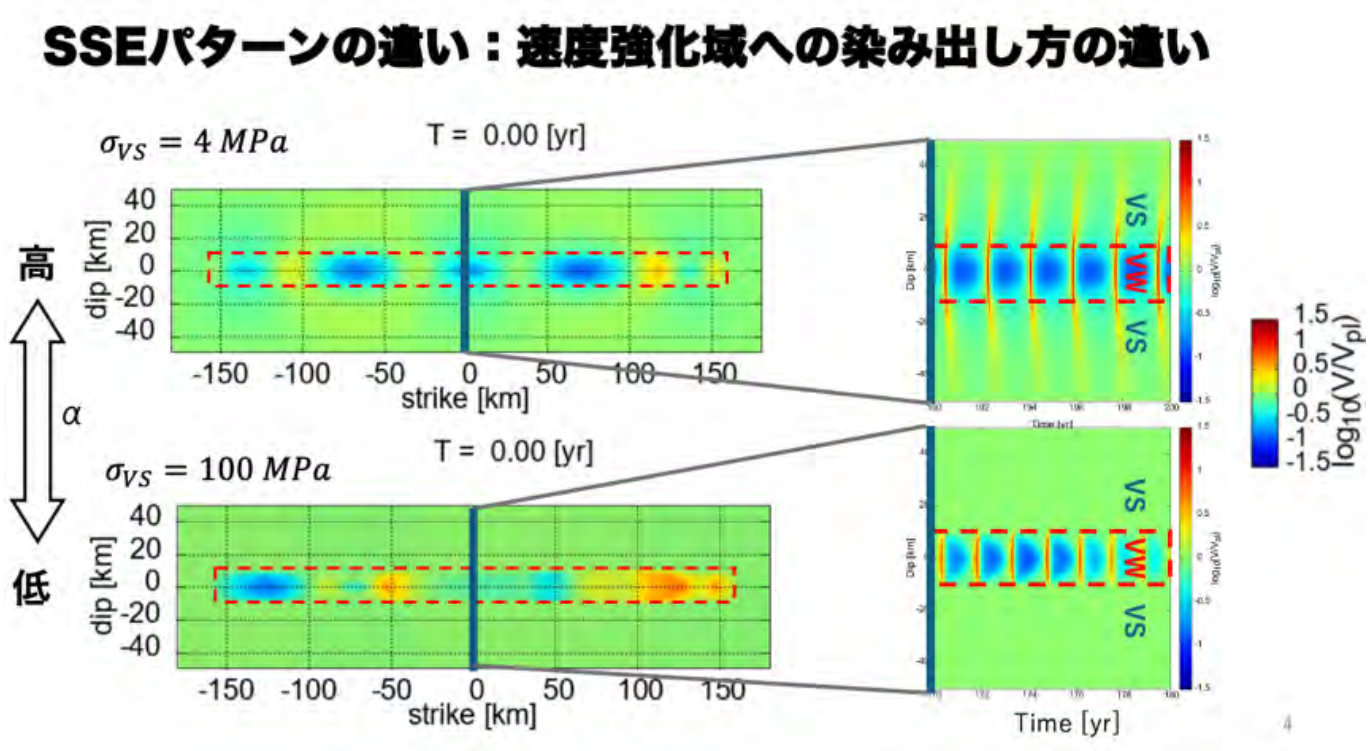


図3　SSEの発生パターンの違い

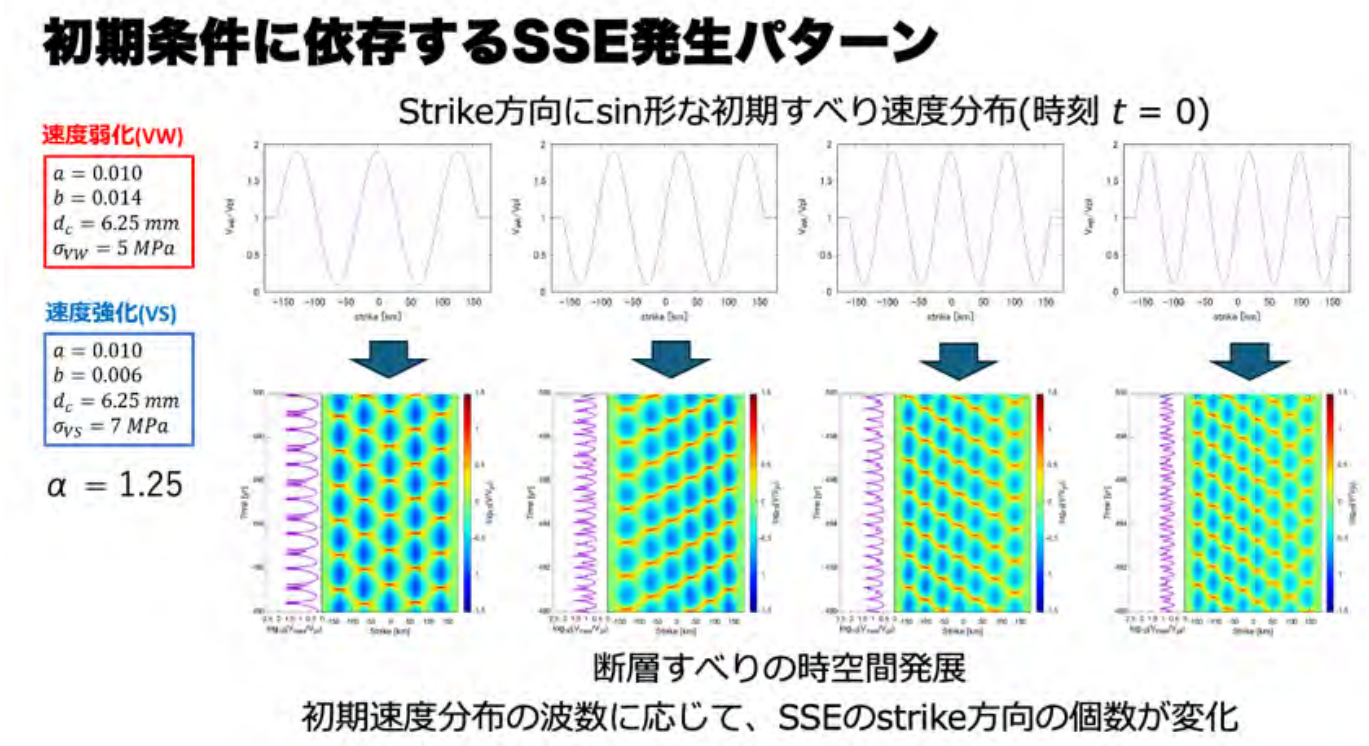


図4　SSE発生パターンの初期条件依存性

令和６年度年次報告

課題番号：KUS_02

（1）実施機関名：

京都大学理学研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）既存データに基づく噴火発生予測及び活動推移評価の試み

（英文）An attempt to the evaluation of the volcanic activities and the prediction of the eruptions based on the existing observed data

（3）関連の深い建議の項目：

２地震・火山噴火の予測のための研究

(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）

（4）その他関連する建議の項目：

１地震・火山現象の解明のための研究

(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化

５分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究

(6) 高リスク小規模火山噴火

（5）本課題の５か年の到達目標：

（ア）多項目観測データに基づき、時系列フィルタリングやデータ同化などの時系列解析、統計解析手法を適用し、阿蘇火山の火山活動推移モデルを構築して火山活動の評価を行う。その知見を用い阿蘇火山以外の火山にもターゲットを広げ、火山噴火予測が可能かを評価する。またこうした研究で得られる知見をVUI（火山活動活発化指数）に統合し高度化を目指す。

（イ）大地震により生じる膨張場に火山が位置する場合や火山周辺のGNSSが山体膨張を示す場合、噴火の発生頻度が高まることが報告されている。これらの先行研究以降に発生した地震、山体膨張現象のデータから火山の活動レベルを評価し、火山噴火発生の予測を試行し、その的中率を評価する。

（ウ）国内のいくつかの熱水系卓越火山に対して、MODISデータの観測が開始された2000年～2023年頃までの画像解析を行い、熱異常があるかどうか、水蒸気噴火やunrest現象に対応するかどうかを検証する。可能であれば、噴火したケースと噴火未遂に終わったケースで違いがあるかどうかを明らかにし、現状では困難な場合が多い熱水系卓越火山の活動評価に対して有効な手法かどうか検証する。

上記3つの研究を核として、多方面のアプローチで火山噴火活動評価、及び噴火予測の試行に取り組む。

（6）本課題の５か年計画の概要：

（ア）令和6年度においては既存データのコンパイルを行う。2014年に始まる阿蘇火山の一連の噴火活動の基幹について各種の観測データをまとめる。特にマグマ噴火や水蒸気噴火などの規模の大きな活動前後のデータを収集しコンパイルする。令和7年-8年においては、各データの多変量相関分析や時系列解析を通し、噴火活動や火山活動の推移との関連を解析する。また令和9年-10年度で活動推移評価の高度化・未来予測を試み、活動度評価の定量化を試みる。こうした知見を阿蘇火山以外の火山にも適用し噴火活動評価を試み、更に噴火予測が可能であるかを検討する。

（イ）地震・測地記録に基づく火山噴火発生の予測試行

令和6年-令和7年度においては、国内で記録されている国土地理院等によるGNSSデータを、系統的に解析し、山体変形を定量的に評価する。世界各地で発生する大地震により生じる活火山の歪み場を評価し、2011年以降に発生した大地震について噴火発生との関係を調べる。令和8年-令和10年において国内の活動的火山についてGNSSデータを用いて山体膨張を評価し、準リアルタイムで噴火の発生の可

能性を議論する。世界の大地震による歪み場を随時計算し、周辺の活火山の噴火発生の可能性を議論する。
（ウ）MODISデータを用いた熱異常の検出
令和6年-令和7年度においてGirona et al. (2021)の解析方法を草津白根山周辺の約20年分のMODISデータに適用し、2018年の本白根山噴火や2014年の湯釜周辺のunrest現象に対応する火山体表面の熱的状態変化の検出を試みる。続く令和8年-令和10年において草津白根山を対象とした解析で培ったノウハウを、口永良部島や弥陀ヶ原など過去20年間に噴火や火山活動の活発化が観測された熱水系卓越型火山に適用し、水蒸気噴火の発生予測に有効な手法であるかどうかを検証する。

上記研究テーマの他に、国内の火山研究者を集めた研究集会を定期的に開催する。令和6年、8年、10年に対面で、また令和7年、令和9年にはオンラインで研究集会を開催する。この研究集会で研究参加者及び研究協力者の間で噴火予測に関連した研究成果を共有しその情報を集積すると共に、噴火予測に至るための新たな着想について議論する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要
（ア）については、今年度は既存データのコンパイルを行った。特に磁場データについて、データの再解析を行いデータクオリティの向上を図った。磁場データは、阿蘇中岳火口周辺に設置された磁場全磁力連続観測点データと、阿蘇カルデラ内に設置されたリファレンス点のデータとの単純差を取った後、その日平均を取ることで火山活動に関連する磁場変化を求めている。しかし各磁場観測点地下の電気伝導度の違いにより、地磁気擾乱によるインダクションの影響などで単純差では除去できない磁場時間変化が生じる。これがデータのSN比を低下させ、僅少な磁場変化を捉える事が難しくなる。こうした各観測点のローカルな時間変化を除くため、磁場3成分のデータを用いて補正を行う3成分補正という方法が存在する。この方法を応用し、且つベイズの定理に基づいてデータをノイズ、周期的変化、及び火山活動起因の（比較的ゆっくりとした）トレンド変化に分解するデータ再解析を行った。3成分磁場データについては、京都大学で行われている3成分磁力計による連続観測データを用いた。但しこのデータは、2016年の熊本地震により一部データが欠損している時期があるため、その期間を除いた2014年から2016年3月、2018年9月から現在までの期間について解析を行った。これにより、2014年のマグマ噴火活動、2021年の水蒸気噴火の前後で噴火活動に関連すると思われる僅少な磁場時間変化の検出が出来た。
（イ）地震・測地記録に基づく火山噴火発生の予測試行については、国土地理院のGNSSデータをもとに、周辺テクトニクスの影響を取り除き、火山起源の地殻変動を抽出する方法を検討した。また、 2024年（令和6年）8月8日に日向灘で発生した気象庁マグニチュード（Mj）7.1、モーメントマグニチュード（Mw）7.0の地震について、モーメントテンソル解をもとに周辺応力変化量を求めた。霧島山は0.25 micro straion の膨張場となったものの、0.5micro strain以上の膨張場で噴火発生頻度が増加する（Nishimura, SR2021)という閾値には達していないことがわかった。
（ウ）のMODISデータを用いた熱異常の検出については、本年度は、Girona et al.(2021)で提案されたMODISデータの解析手法を草津白根山を含む領域で取得された約20年分の画像データに対して適用した。その結果、本白根山周辺および湯釜周辺で熱異常の時間変化を得ることができた。しかしながら、草津白根山周辺では、地形の起伏が激しいことや、都市部に近く人間活動の影響を多分に受けていることから、火山活動に起因する熱異常かどうか、確定することができていない。リファレンス点の変更や解像度の変更などの対策により、再解析を実施しているところである。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
関連する建議項目である「火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行」について、今年度はその基礎となる既存データの整理、及び解析スキームの構築が主眼となる目的の一つであり、今年度としてはその当初目的に沿う成果が得られたと考えている。（ア）、（イ）については、データのクオリティの向上、シグナルの抽出方法の検討・改良によりその定量的な評価の精度が向上すると共に、より僅少な噴火活動、火山活動イベントを解析対象とすることが出来るようになることから、今年度の成果は建議項目の目標に大きく貢献するものであると考えられる。また（イ）において地震と地殻応力変化との関連を示唆する事例の蓄積が進んだことは、定量的な予測スキームの構築に対し

意義ある貢献であると考えられる。（ウ）の新たな技術に基づく解析環境の構築と既存データを用いた実解析の遂行は、より高度な熱異常検出のための解析方法を検討する上で重要な事例となると考えられる。「災害の軽減に貢献する」という目標に対しては、火山活動の定量評価は非常に重要な役割を担うものであり、今年度の成果によりその基礎となる進捗が見られたことは意義ある事であると考えている。
今後も既存データの整理、再解析、解析手法の改良を重ねると共に、次年度以降、より実効的な定量評価の為の検討、試行を行ってゆく予定である。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

本田 明紗海・Tarsilo Girona・神田 径, 草津白根火山周辺の熱異常の解析, 日本火山学会秋季大会2024, B3-14

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和7年度について、（ア）では欠損している3成分磁場データとして気象庁が公開しているデータを用い、データ分解を適用する事を試みる。また磁場以外の他のデータについてもクオリティ改善についての取り組みを進める。例えばGNSSなど、阿蘇火山やカルデラ内に多点展開しているデータについては、自然直交基底（NOC）法を適用し火山活動起因の僅少な時間変化データの抽出が可能かを試みる。これと共に、各データの多変量相関分析を通し、噴火活動や火山活動の推移との関連を解析すると共に大小の噴火イベントや活動活動の変化に共通して対応したエポックが有るかを確認する。また令和6年度に行ったデータクオリティ改善を施した磁場データについて、カルマンフィルタを用いた時系列解析を行う。この際、内部変数の表現に（熱量の保存など）単純なモデルを導入することで（大雑把な）活動度評価が可能か、試行を進める。
（イ）では、引き続き国内で記録されている国土地理院等によるGNSSデータの系統的解析を実施し、山体変形を定量的に評価する。また世界各地で発生する大地震により生じる活火山の歪み場の評価を継続実施する。これを通し火山噴火発生の準リアルタイム評価、世界の大地震による、周辺火山の噴火発生の可能性を議論する。
する。
（ウ）では引き続きGirona et al. (2021)に基づくを草津白根山周辺の約20年分のMODISデータ解析を継続実施し、本白根山の過去の火山活動に対応する火山体表面の熱的状態変化の検出を試みる。これによりMODISデータ解析の火山噴火評価に対する有効性を議論するための基礎資料と得る事を目指す。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

宇津木充（京都大学理学研究科）
他機関との共同研究の有無：有
西村太志（東北大学理学研究科）,廣瀬郁（東北大学理学研究科）,神田径（東京科学大学総合研究院）,金子隆之（東京大学地震研究所）,橋本武志（北海道大学理学研究科）,青山裕（北海道大学理学研究科）,山本希（東北大学理学研究科）,前野深（東京大学地震研究所）,行武洋平（東京大学地震研究所）,寺田暁彦（東京科学大学総合研究院）,前田裕太（名古屋大学環境学研究科）,中道治久（京都大学防災研究所）,相沢広記（九州大学理学研究科）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設
電話：0977220713
e-mail：utsugi.mitsuru.5c@kyoto-u.ac.jp
URL：http://www.vgs.kyoto-u.ac.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：宇津木充
所属：京都大学

令和６年度年次報告

課題番号：KUS_03

（1）実施機関名：

京都大学理学研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）水蒸気噴火発生場の理解を目指した阿蘇火山の浅部熱水系モニタリング
（英文）Multiparametric monitoring focusing on the hydrothermal system beneath the active crater of Aso volcano for enhancing our knowledge of phreatic eruptions

（3）関連の深い建議の項目：

５分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(6) 高リスク小規模火山噴火

（4）その他関連する建議の項目：

１地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明
２地震・火山噴火の予測のための研究
(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）
６観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

（5）本課題の５か年の到達目標：

活動的火山で生じる小規模水蒸気噴火は発生頻度が高く、発生時期や発生場所によっては、おおきな人的被害を引き起こしうる。このような危険性の高い小規模噴火活動を理解するには、活動火口浅部の地下熱水系をターゲットにした高精度な多項目モニタリングが必須である。そして、モニタリング記録から、活動活発化を示唆する微弱なシグナルをいかにはやく、正確に抽出するかが、水蒸気噴火のような発生までのリードタイムの短い噴火現象を対象にする場合に、とくに重要である。そのためには、噴火発生場（背景場）について、より解像度の高い描像を事前に得ておくことが望ましい。
そこで本研究課題では、電磁気観測や重力観測、地震・空振観測に加えて、熱観測や火山ガス観測、水質測定などの多項目観測を、小規模水蒸気噴火が繰り返される阿蘇山で実施することにより、活動火口の地下浅部熱水系の詳細を明らかにし（より高解像度化し）、これが同火山における水蒸気噴火発生場としてどのように振る舞っているのか、その位置付けを明確にすることを目標とする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

阿蘇山中岳第一火口の地下浅部熱水系にかかわる諸現象をターゲットにした多項目観測を実施し、研究目的の達成を図る。5(6)のほかの関連課題とも連携しながら研究を進める。令和6年度においては、地震・空振、熱、火山ガス、電磁気、相対重力などの多項目観測およびデータ解析作業を実施する。火口周辺にMulti-GAS、ACTIVE送信機をそれぞれ設置する。令和7年度においては、上記の多項目観測およびデータ解析作業の実施を継続する。令和8年度においては、多項目観測およびデータ解析作業を継続実施するほか、UAVによる電磁探査・磁気探査も行う。令和9-10年度においては、多項目観測およびデータ解析作業を継続するとともに、地下熱水系の構造および状態変化についての定量モデリングに取り組む。最終的には地表に現れる湯だまりと地下熱水系を合わせた総合システムの提案を目指す。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

阿蘇山中岳第一火口の地下浅部熱水系にかかわる諸現象をターゲットにした多項目観測およびデータ解析を実施した。

火口周辺の空振観測網の再整備を行なうとともに、今年度のunrestイベントについて地震・空振相関解析法による調査を実施した。その結果、微動振幅が顕著に増大した３事例において、同じ時間帯に火口で空振励起があったことを見出した。火口湖への熱水流入フラックス増大による噴湯現象で火口湖表面が揺動されたものと解釈できる。また、過去データの見直しと解析作業によって、2021年の火口底陥没現象及び水蒸気爆発が火口内のどの地点で発生したのかを特定し、その時間発展する様子を明らかにした。

中岳第一火口上空でドローンによる空中熱赤外線画像撮影を複数回実施した。しかし、年間を通して、火口湖および南壁熱異常域からの白色火山噴煙の放出が顕著であったことから、解析可能な画像データ取得は6月実施の一回分にとどまった。また、熱水流入量の増減把握を目指して火口湖水位観測装置を第一火口西縁に設置し、適切な噴煙条件のもとで水位情報を取得する体制を構築した。ドローンによるこれまでの取得画像をもとに火口地形データを再作成し、その時間変化を明らかにした。

手持ちのMulti-GASによる噴煙組成観測を12月に実施し、火口湖および南壁熱異常域の噴煙組成をそれぞれ取得した。CO_2/SO_2比は2–4程度、SO_2/H_2S比は火口湖で10–400、南壁で7–25程度であり、湯だまりの存在する時期のものとして妥当な値であった。この事前調査結果をふまえてMulti-GAS連続観測点の場所を中岳第一火口西縁に決定し、3月にMulti-GAS連続観測点を新設するための準備を行った。一方、Multi-GAS観測の高度化を目指した装置の較正手法およびデータ解析手法の改良も行った。前者では全体の工程の簡便化を目指した半自動化に向けたプロトタイプをテストし、後者の改良では、従来とは異なり較正時のセンサーの応答特性を加味した新たな解析方法について検討した。

2023年に採取した火山ガス試料の分析と解析を実施したところ、H_2の端成分δ^2Hが平衡温度100度前後を示すなど、全分析項目にわたって著しい火山活動度の低下が見出された。水蒸気同位体組成の解析法を改良し、これまでに得られたデータに対して大気中に放出された直後に起きた同位体分別を補正する再解析も行った。その結果、2023年の水蒸気は、そのほとんどすべてが天水（地下水）起源であることがわかった。12月にドローン中型機に搭載したSelPSによって第一火口南壁の火山ガス試料の採取を行い、H_2の端成分δ^2Hが高温型（平衡温度800度前後）と低温型（平衡温度400度前後）の2つに分離した結果が得られた。南壁噴気由来と中央噴気由来の差異を反映した可能性が考えられる。CO_2の端成分δ^{18}Oがこれまでで最も高温化した値を示し、δ^2Hの高温型と低温型の間で有意差は見られなかったことから、火口湖底下のある程度深い領域で火山性流体に生じた差異が高温型と低温型を分けた可能性が高い。

12月中旬に火口周辺6点でのACTIVE観測を行った。人工矩形電流を送信するトランスミッタは火口南側の砂千里に設置し、東西約400 mの送電線を敷設した。また電線の端部にステンレス電極20本を設置しこれを送信電極とした。火口周辺の誘導磁場受信点には、受信機（レシーバ）を各日3台ずつ設置する方法をとった。高濃度の火山ガスにより第三火口底の誘導磁場受信点へのアプローチができなかったため、第三火口の西縁（火口内の観測点から西に200m）に代替観測点を設けた。いずれの観測点でも良好なデータを取得でき、地下比抵抗分布の情報を持つレスポンス関数もノイズも小さい。これまでの第三火口底観測点のデータに近いレスポンス関数が得られるなど、第三火口西縁のデータも解析に十分に使用可能であることがわかった。

火口から1 km地点にある本堂観測坑道の前室（地下1階部分）にCG3M型相対重力計（重力値出力、分解能1 microGal）とLaCoste型相対重力計（電圧値出力、分解能0.001 mV）を設置し、相対重力の連続観測を実施した。2台の重力計で得られた重力データから器械ドリフトの寄与を除去し、潮汐変動に伴う重力変化を互いの重力計で比較することで、LaCoste重力計の電圧出力値を重力値に変換する係数を0.515 microGal/mVと決定した。これにより、LaCoste重力計の重力値の分解能が1 nanoGal未満であることが確認でき、微小な振幅の重力時間変化を捉えることが可能になった。

火口湖水質調査のため、ドローンによる湖水採取作業を実施した。従来使用されてきた中型機に変え、小型機での採水作業にはじめて成功し、第一火口での採水作業への必要人員数削減が可能となった。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本研究課題は、多項目の地球物理学・地球化学観測データにもとづいて、小規模な水蒸気噴火が繰り

返される阿蘇山の活動火口浅部における地下熱水系の構造や状態変化に関する状況把握・モニタリングを目指すものである。すなわち、その達成は、水蒸気噴火の発生リスクやその切迫度の評価に資する基礎的かつ重要な情報提供につながり、たとえば、火口周辺への観光客等の立ち入り規制に関する判断材料に活用されると考えられるため、火山災害の軽減（未然防止）に貢献すると考えられる。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Miyagi, Y., Tsunogai, U., Watanabe, K., Ito, M., Nakagawa, F., & Kazahaya, R., 2024, Estimating emission flux of H2S from fumarolic fields using vertical sensor array system, J. Volcanol. Geotherm. Res., 450, 108090, doi:10.1016/j.jvolgeores.2024.108090,査読有,謝辞無

森田雅明, 2024, Multi-GASによる火山ガス組成測定, 火山, 69, 199–207, doi:10.18940/kazan.69.4_199,査読有,謝辞無

小田雄大, 風間卓仁, 加藤護, 2025, LaCoste型相対重力計の重力連続観測で検出された2022年トンガ火山噴火の大気圧変動に伴う重力変化, 測地学会誌, 印刷中,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

宮木裕崇・角皆潤・伊藤昌稚・中川書子・森下雄平・風早竜之介, 2024, 火山噴煙中の水蒸気同位体組成に観測された火山放出水蒸気の部分凝縮・除去の証拠, 日本地球化学会第71回年会, PR0093

中村仁美・横尾亮彦・岩森光・森川徳敏・西澤達治・森俊哉, 2024, 阿蘇火山火口湖湯だまりにおける地球化学的研究, 日本火山学会2024年度秋季大会, B3-11

小田雄大・風間卓仁, 2024, LaCoste型相対重力計の重力連続観測で検出された2022年トンガ火山噴火に伴うmHz帯の重力変化, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SGD01-P03

小田雄大・風間卓仁・本多亮・三浦哲, 2024, バネ式相対重力計の重力連続観測で検出された2022年トンガ火山噴火の大気圧変動に伴う重力変化, 日本測地学会第142回講演会, 24

小田雄大・風間卓仁, 2025, 2022年トンガ火山噴火の大気圧変動に伴う重力変化：鉛直不均質構造の場合, 2024年度重力研究集会, 08

角皆潤, 宮木裕崇, 伊藤昌稚, 中川書子, 吉川慎, 宇津木充, 横尾亮彦, 2024, ドローン搭載用火山プルーム自動採取装置SelPSの開発, 日本地球惑星科学連合2024年大会, STT34-04

横尾亮彦, 2024, 最近の阿蘇山中岳第一火口の地形変化, 日本火山学会2024年度秋季大会, P81

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：火山：地殻変動：重力測定
概要：相対重力連続観測
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：熊本県阿蘇郡南阿蘇村 32.878472 131.076760
調査・観測期間：2024/4/1-2025/3/31
公開状況：公開留保中（協議のうえ共同研究として提供可）

（10）令和７年度実施計画の概要：

阿蘇山中岳第一火口の地下浅部熱水系にかかわる諸現象をターゲットにした多項目観測およびデータ解析作業を継続する。
空振観測網の再整備を進め、unrestイベントの抽出作業を進める。事例検出方法の高度化を目指し、とくに風ノイズに対する空振観測システムの頑強性を高めることを試行する。また、微動解析結果をふまえたunrestイベントの解釈を行う。2021年の火口底陥没現象、水蒸気爆発のデータ解析作業をす

すめ、地下熱水系との関連を明らかにする。ドローンによる熱観測を継続実施するとともに、過去に開発したデータ処理解析プログラムを現在の計算機環境への移植作業も行う。これにより、地形情報を加味した観測データからの放熱率計算のルーチン化を目指す。水位観測装置のデータ伝送を実装し、データ蓄積を開始する。
令和7年3月に新設するMulti-GAS連続観測点の保守を行い、噴煙組成連続観測を実施する。連続観測データの解析を自動化するため、処理プログラムの開発を行う。観測点保守に合わせて、手持ちのMulti-GASによる繰り返し観測を実施する。また、連続観測での問題点を洗い出し、Multi-GAS連続測定手法および装置の再検討、改良をおこなう。令和6年度に改良した校正手法のプロトタイプや検討したデータ解析手法を実装し、その安定性評価も行う。
令和6年度に採取した火山ガス試料の分析と結果の解析を実施する。特に観測史上初めて、H_2の端成分δ^2Hが高温型と低温型の2つに分離した理由について、他成分との相関や試料採取時の映像資料等と照合しながら、原因を解明する。また、中央噴気由来と南壁噴気由来を明確に区別して採取するなど、試料採取方法を改良した観測を実施する。
火口周辺の6観測点におけるACTIVEの繰り返し観測を継続し、比抵抗構造解析を通した地下浅部の熱水系モニタリングを行う。3次元比抵抗構造解析に必要となる地下構造の初期モデル推定のために、観測点数40点ほどのACTIVEの高密度キャンペーン観測も実施する。これにより、これまで用いられてきた2003年、2004年のデータをもとにした地下構造モデルを更新する。また、2017-2021年に行われた過去のACTIVE観測データを用いた地下比抵抗構造の再解析も実施する。
本堂観測坑道の前室（地下1階部分）における重力連続観測を継続するほか、トンネル（地表からの深さ約30 m）にも新たに相対重力計を設置し、標高の異なる2地点における重力並行観測を開始する。また、収録された重力データを随時自動解析し、器械ドリフトや潮汐変動の寄与を補正し、火山活動に関連する重力変化の検出有無を検討する。
火口湖採水も継続し、化学組成の時間変化を追跡する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

横尾亮彦（京都大学理学研究科）,大倉敬宏（京都大学理学研究科）,宇津木充（京都大学理学研究科）,風間卓仁（京都大学理学研究科）,石井杏佳（京都大学理学研究科）
他機関との共同研究の有無：有
森俊哉（東京大学理学系研究科）,森田雅明（東京大学地震研究所）,角皆潤（名古屋大学環境学研究科）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター
電話：0967-67-0022
e-mail：yokoo.akihiko.5a@kyoto-u.ac.jp
URL：https://www.aso.vgs.kyoto-u.ac.jp

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：横尾亮彦
所属：京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター

令和６年度年次報告

課題番号：KUS_04

（1）実施機関名：

京都大学理学研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）阿蘇山における登山客への効果的な火山情報の伝達手法の構築
（英文）Development of effective methods of communicating volcanic information with mountain climbers in the Aso volcano

（3）関連の深い建議の項目：

５分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(6) 高リスク小規模火山噴火

（4）その他関連する建議の項目：

４地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

（5）本課題の５か年の到達目標：

阿蘇山ではおおむね25年に一度の頻度で，火口周辺で死者を含む大きな被害がもたらされる水蒸気噴火が発生してきた。戦後では1953年，1958年、1979年の爆発的噴火が、観光客などが死亡する災害につながった。2007年以降は気象庁による噴火警戒レベル設定が適切に運用されており、噴火による人的被害は生じていないものの、水蒸気噴火は突発的に発生することが多く、（火口から4km以遠に居住し噴火の影響をあまりうけない）一般住民とは異なる、不特定多数の登山者・観光客への火山の状況や火山噴火についての情報伝達が重要である。
2021年10月の噴火では、登山者に噴火速報が届かなかったことや火口の2km以内に10名を超える登山者が取り残されるなど、登山者への火山情報の発信に課題があることが浮き彫りとなった。
そこで、まずは地元のステークホルダーに火山の状況を随時把握してもらうために、VUI（火山活発化指数）を活用する。そして、阿蘇山を訪れる登山者を対象にした火山防災に関する意識や登山道上の看板などの有効性に関する質問紙調査などを実施し、その結果を分析することで、登山者への効果的な情報発信の方法をステークホルダーとともに検討し改善し、その有効性を聞き取り調査などで検証する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

R6:VUIを日々算出し、その時間変化をグラフ化して、Web経由で参照できるシステムを構築する。また、R7年度に登山者の火山防災に関する認知度を調査すべく、質問項目を検討し、阿蘇火山防災会議協議会、阿蘇くじゅう国立公園管理事務所（登山道の整備）、熊本県阿蘇地域振興局(登山道情報の発信)、熊本県危機管理防災課の職員を対象に聞き取り調査を実施する。
R7:VUI表示システムを上述の関係機関に設置する。また、登山者の火山防災に関する認知度をオンラインと実施調査併用で実施する。この結果を関係機関と共有し、ジオガイドや山岳ガイド向けに、火山防災、登山者の特徴を含んだ講習会を実施する。
R8：必要に応じて、講習会を実施する。また、VUI表示サーバーソフトのメンテナンスをおこなう。また、山岳ガイドの拠点の一つである、自然公園財団阿蘇支部にもVUI表示システムを設置する。
R9:登山者に対するオンライン調査と現地調査を阿蘇および九重で実施する（九重の結果は阿蘇との比較対照のために活用する）。必要に応じて、講習会を実施する。
R10：VUI表示サーバーソフトのメンテナンスを行う。可能であるならば、Webのコンテンツとし

てVUIを公開する。必要に応じて、講習会を実施する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

研究背景

2021年10月の噴火では、登山者に噴火速報が届かなかったことや火口の2km以内に10名を超える登山者が取り残されるなど、一歩間違えば人的被害に繋がっていたインシデントが発生した。そこで、第２次計画中に、これまでの阿蘇山での火山活動とそれによる災害、防災対策、火口周辺の利活用のなどの経緯を文献調査などによって整理するとともに、このインシデント事例の発生過程を、関係者への聞き取り調査と研究代表者の現地での体験にもとづいて整理した。その結果、登山者への火山情報の発信に課題があることが浮き彫りとなった。この課題に対応する為、登山者に対応する地元のステークホルダーに火山の状況を随時把握してもらえるように、VUI（火山活発化指数）を活用する。この阿蘇山のVUIは、第２次計画において算出が可能になった。

今年度の成果

阿蘇の中岳第一火口の火山活動度をあらわすVUI（火山活発化指数）の算出に関しては、短周期微動の振幅、長周期微動の1日あたりの平均振幅と日別発生回数、全磁力の変化率、噴煙高度、二酸化硫黄の放出量変化が用いられている。このうち、短周期微動の振幅、長周期微動の1日あたりの平均振幅と日別発生回数については第２次計画中に、自動算出が行われていた。今年度は、全磁力の変化率の自動算出が可能になった。一方、噴煙高度については、気象庁のHPからの手動ダウンロード、二酸化硫黄放出量はメールから値を取り出しており、いずれも自動化は未実装である。しかし、以上の観測量を用いて項目ごとに算出されたVUIから全体のVUIを計算することが可能となった。

2024年5月に阿蘇山の噴火警戒レベルが2に引き上げられた。そこで、この時の阿蘇火山防災会議協議会の対応を検証した。阿蘇山では、オンラインによる登山届け提出が可能となっており、この制度を活用した熊本県警から登山届け提出者への迅速な電話連絡が行われてたことなどを確認することができた。また、熊本県から登山地図アプリYAMAPを運用する会社へ通行止め区間の連絡が行われたことも確認できた。しかし、地図上では通行止めと表示される区間への山行記録がオンラインで公開されていることも明らかになった。これらの情報を通行止め区間の登山道を整備している阿蘇くじゅう国立公園管理事務所と共有した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

関連の深い建議の項目は「高リスク小規模火山噴火」である。阿蘇山ではおおむね25年に一度の頻度で，火口周辺で死者を含む大きな被害がもたらされる水蒸気噴火（高リスク小規模噴火）が発生してきた。戦後では1953年，1958年、1979年の爆発的噴火が、観光客などが死亡する災害につながった。したがって阿蘇山では、一般住民以外に、観光客や登山客への火山の状況や火山噴火についての情報伝達が重要であり、本研究はその伝達手法の構築を通じて、災害の軽減に貢献し、「高リスク小規模火山噴火」の目標達成に貢献するものである。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

大倉敬宏、2024、2021年噴火により明らかになった阿蘇火山における登山者の火山防災リテラシー向上への課題、日本地球惑星科学連合2024年大会、HDS10-05

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

VUIを日々算出し、その時間変化をグラフ化して、Web経由で参照できるシステムを完成させる。また、VUIを阿蘇火山防災会議協議会、阿蘇くじゅう国立公園管理事務所などで表示できるようにする。登山者の火山防災に関する認知度をオンラインと実施調査併用で実施する。この結果を関係機関と共有し、ジオガイドや山岳ガイド向けに、阿蘇の火山活動や登山者の動向などを考慮したガイドのあり方に関する講習会を実施する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

大倉敬宏（京都大学理学研究科）
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター
電話：0967-67-0022
e-mail：web_admin@aso.vgs.kyoto-u.ac.jp
URL：http://www.aso.vgs.kyoto-u.ac.jp

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：大倉敬宏
所属：京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター

令和６年度年次報告

課題番号：KYU_01

（1）実施機関名：

九州大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）断層帯の不均質の実態と現状の把握と地震発生機構の解明
（英文）Understanding the heterogeneity and current condition of the fault zone and elucidating the mechanism of earthquakes

（3）関連の深い建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
イ. 内陸地震

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化

（5）本課題の５か年の到達目標：

稠密地震観測とGNSSデータから、歪・応力に関する時空間分布を推定し、その成因を電磁気探査やDAS観測による不均質構造（とくに短波長構造）と結びつけ、複数の地震計アレイ観測から得られた地震発生ポテンシャルのモニタリングを行う。

（6）本課題の５か年計画の概要：

＜令和6年度＞
主に天草から熊本県南部において100~150点の地震観測点を設置する。これにより、震源分布から詳細な断層帯形状、推定誤差を2,3度以内に抑えた発震機構解から歪・応力状態を推定する観測体制を構築する。また、次年度以降の電磁気観測に向けた観測場所選定の下見を行う。また、対象地域における歪速度場の時空間分布を推定するために、第２次計画で実施した臨時GNSS観測で得られたデータの解析を開始する。
＜令和7年度＞
電磁気探査を行うことで、断層破砕帯の広がりと実体を明らかにし、また主なすべり域となる破砕帯と、破壊の開始点となり得る深部低比抵抗体との位置関係を明らかにするためのデータを得る。また、断層帯近傍の詳細な不均質構造を明らかにするため、光ファイバーケーブルを用いたDAS観測を行う。令和6年度に設置した稠密地震観測は継続して行う。
＜令和8年度＞
令和6年度に開始した稠密地震観測は継続して行う。この時点で得られている地震・電磁気・GNSSデータの解析結果を統合し、地下の流体の移動経路、それに伴う、歪や応力、断層強度の状態を含めた、断層帯における一連の活動モデルを作成を開始する。
＜令和9年度＞
この時点までの結果を元に、電磁気観測を行う。また統合モデルから導かれた重要度の高い場所を対象として、複数の地震計アレイを設置し、その場所のモニタリングを開始する。令和6年度に開始した稠密地震観測は継続する。
＜令和10年度＞
稠密地震観測の撤収を行う。モニタリングを継続するとともに、統合モデルの発展を行い、課題の成

果としてまとめる。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

第２次計画の課題（KYU_01）からの継続成果を含め、今年度は以下の成果が得らた。

1. 日奈久断層周辺における稠密地震観測

前課題において、日奈久断層南部周辺に約100箇所の観測点からなる稠密地震観測網を構築した（0.01満点, 図1）。観測点間隔は2-3 kmである。この観測網は当課題においても肝となるため、これらの保守・維持を行った。来年度は、コスト削減と効率化を目的として、レイアウトを再検討し、60観測点程度で運用する予定である。

2. 稠密地震観測に基づく、規模別頻度分布と断層強度の関係の解明。

2000年鳥取県西部地震の震源域に設置された1000個の地震計から構成される稠密地震観測網を用いて、発震機構解を高精度で推定し、応力状態と断層破壊の関係を調べた。空間を分割した小領域において発震機構解から応力場を推定し、それによる個々の地震の断層面上での規格化された法線応力とせん断応力を求めた。これを規格化したモール円上に図示する（図2a）。モール円の小領域ごとにb値を推定したところ、角度が50度から90度で、モール円の外側に近い領域で低いb値となることがわかった（図2bc）。これは、クーロンの破壊基準と合わせて考えると、断層面が応力場に対して最適な方向の場合で、強度の強い場合には大きな地震が発生し、そうでない方向ので強度の弱い断層面では大きな地震が発生しないことを示している。つまり、単純なb値だけでなく、応力場と断層面を考慮することで、その断層が置かれた状況を把握することが、今後の地震発生を考える上で重要であることが示された。

3. 九州における地殻ダイナミクスのモデル化

地表における歪集中には、下部地殻における非弾性変形が影響しているとの報告がある。前課題における成果のYuasa and Matsumoto（2023）では、九州で観測される歪を説明する下部地殻における非弾性歪の空間分布を推定し、それが九州内陸の地震活動に影響していることを示唆する結果を得た。この理解を深化させるため、2016年熊本地震の影響を考慮した九州における地殻ダイナミクスのモデル化を行った。まず、気象庁、防災科研、大学の定常・臨時観測点に加えて、0.01 満点観測で記録され求められた発震機構解から、背景応力場を推定した。これに2016年熊本地震の本震時のすべり分布から計算される応力場を合わせることで、発震機構解を最もよく説明するモデルを推定した。その結果、本震前にも本震時の30%の応力集中が起こっていたことが推定され、本震後には、震源断層端と断層深部に応力集中が確認され、余震活動や余効すべりが駆動されたことが示唆される結果を得た。GNSSによる歪場からは、本震後の余効変動による変形が確認できた。

4. 破壊伝播方向と応力分布との関係の解明

震源からの破壊伝播方向は、周囲の応力状態や断層強度の分布を反映していると考えられており、その場での現在の状況を把握することや、今後発生する地震の発展を拘束するために重要な情報となる。そこで、熊本においてM3-5の418個の地震に対して破壊伝播方向の推定を行なった。データとして、気象庁、防災科研、大学の定常・臨時観測点に加えて、0.01 満点観測で得られた地震波形を用いる。EGFを用いて時間領域でのデコンボリューション、周波数領域でのスペクトル比の2つの手法を用いることでコーナー周波数の推定の安定性を高め、その方位分布から破壊伝播方向を推定した。解析した地震のうち、約40%がユニラテラルな破壊を示した。日奈久断層中部では約60%の地震が、2016年熊本地震によるクーロン応力変化が大きくなる方向、つまり、より破壊が促進される方向に破壊が伝播する様子が見られた。また、高Vp/Vs領域を避けるような方向分布も見られ、破壊伝播方向には応力場だけでなく、構造の不均質が影響している可能性が示唆された。

5. 断層帯近傍における表層構造の推定

日奈久断層南部の断層近傍における表層構造を調べるために、断層と並行する国道3号沿いで実施された光ファイバーケーブルを用いたDAS観測データの解析を行った。交通量が多く、車両ノイズが卓越

しているため、常時微動を用いた地震波干渉法を用いることで、4m間隔に設定した観測ポイント間を伝播するレイリー波を抽出した。分散曲線を用いて各区間における深さ180mまでの1次元S波構造をインバージョンし、断層に沿った構造を推定した。断層よりは河川による堆積構造が顕著に見られたが、DASを用いることで、交通量の多い地域においても浅部構造の推定が可能であることが示された。

6. 不均質構造の推定に向けたモデル化手法の開発
短波長不均質中を伝播する地震波をモデル化する手法を高度化させた。地震波エネルギーの伝播を記述する輻射伝達理論において、地震波の波長に応じた散乱パターンを適用することで、幅広い状況に適用可能となり、これを実装するモンテカルロ・シミュレーションコードを作成した（Sato and Emoto, 2024）。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
前課題の成果であるAizawa et al. (2021)にて、断層破壊が低比抵抗体の端部で破壊が始まり、別な低比抵抗の端部で破壊が終わることが示された。これは地震のサイズを規定するのに重要な結果である。今年度の成果で得られた、破壊伝播方向に関する知見と合わせることで、地震が発生した場合の伝播方向、そのサイズを規定することにつながる可能性が示唆される。また、稠密地震観測網により明らかになった、モール円上の応力状態の位置と、b値の関係から、断層面が応力に対して最適な方向であり、b値が小さい場合には、大きな地震の発生が逼迫している可能性が示され、将来発生する地震を評価するための重要な知見が得られた。今後、さらなる観測データから断層近傍における応力・歪の状態を考えることで、より確度の高い地震発生機構を理解を目指す。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
・論文・報告書等

Matsumoto, S., Y. Iio, S. Sakai and A. Kato, 2024, Strength dependency of frequency–magnitude distribution in earthquakes and implications for stress state criticality, Nat Commun, 15, 4957, doi:10.1038/s41467-024-49422-7,査読有,謝辞無

Hamanaka, S. and K. Emoto, 2024, Estimation of shallow structure along the hinagu fault by applying seismic interferometry to DAS observations conducted along national route 3 in Kumamoto prefecture, Japan, Earth Planets Space, 76, 145, doi:10.1186/s40623-024-02088-3,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

松本 聡, 2024, “地震モーメント比”とb値による地殻応力状態評価の試み（２）, 日本地震学会2024年度秋季大会, S09-04

永山 勇志, 松本 聡, 松島 健, 江本 賢太郎, 高山 竜之介, 河野 太紀, 奥田 祐大, 2024, 2016年熊本地震震源域における応力場のモデル化の試み, 日本地震学会2024年度秋季大会, S08-02

河野 太紀, 松本 聡, 江本 賢太郎, 松島 健, 内田 和也, 高山 竜之介, 酒井 慎一, 稠密地震観測に基づく中小規模地震の破壊伝播方向推定, 日本地震学会2024年度秋季大会, S08-P12

河野 太紀, 松本 聡, 江本 賢太郎, 松島 健, 清水 洋, 内田 和也, 森 亜津紗, 渡辺 卓司, 鈴木 陽太, 髙山 竜之介, 太佐 駿吾, 酒井 慎一, 2024, 稠密地震観測に基づく熊本地震の中規模余震破壊伝播方向推定, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SSS05-P07

松本 聡, 江本 賢太郎, 太佐 駿吾, 酒井 慎一, 2024, 稠密地震観測による2024年能登半島地震前の発震機構の特徴と地震前応力場, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SCG55-14

永山 勇志, 松本 聡, 松島 健, 江本 賢太郎, 太佐 駿吾, 髙山 竜之介, 河野 太紀, 奥田 祐大, 2024, 地震データとGNSSデータの解析でみる日奈久断層帯の応力場・歪み速度場の特徴, 日本地球惑星科学連

合2024年大会, SCG55-P03

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

引き続き日奈久断層周辺の稠密観測網を運用し、その地域における応力場の把握に努める。比抵抗構造との比較を行うことで、断層破壊に影響を及ぼす不均質構造も調べる。さらに稠密なGNSS観測から得られる歪場の解析から下部地殻における非弾性変形を推定し、それが及ぼす地震活動に対する影響を評価する。また、光ファイバーケーブルを用いたDAS観測による稠密な観測データから、発震機構解推定の精度を向上させる。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

江本賢太郎（九州大学）,松本聡（九州大学）,松島健（九州大学）,相澤広記（九州大学）
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：九州大学
電話：
e-mail：emoto.kentaro.430@m.kyushu-u.ac.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：江本賢太郎
所属：九州大学

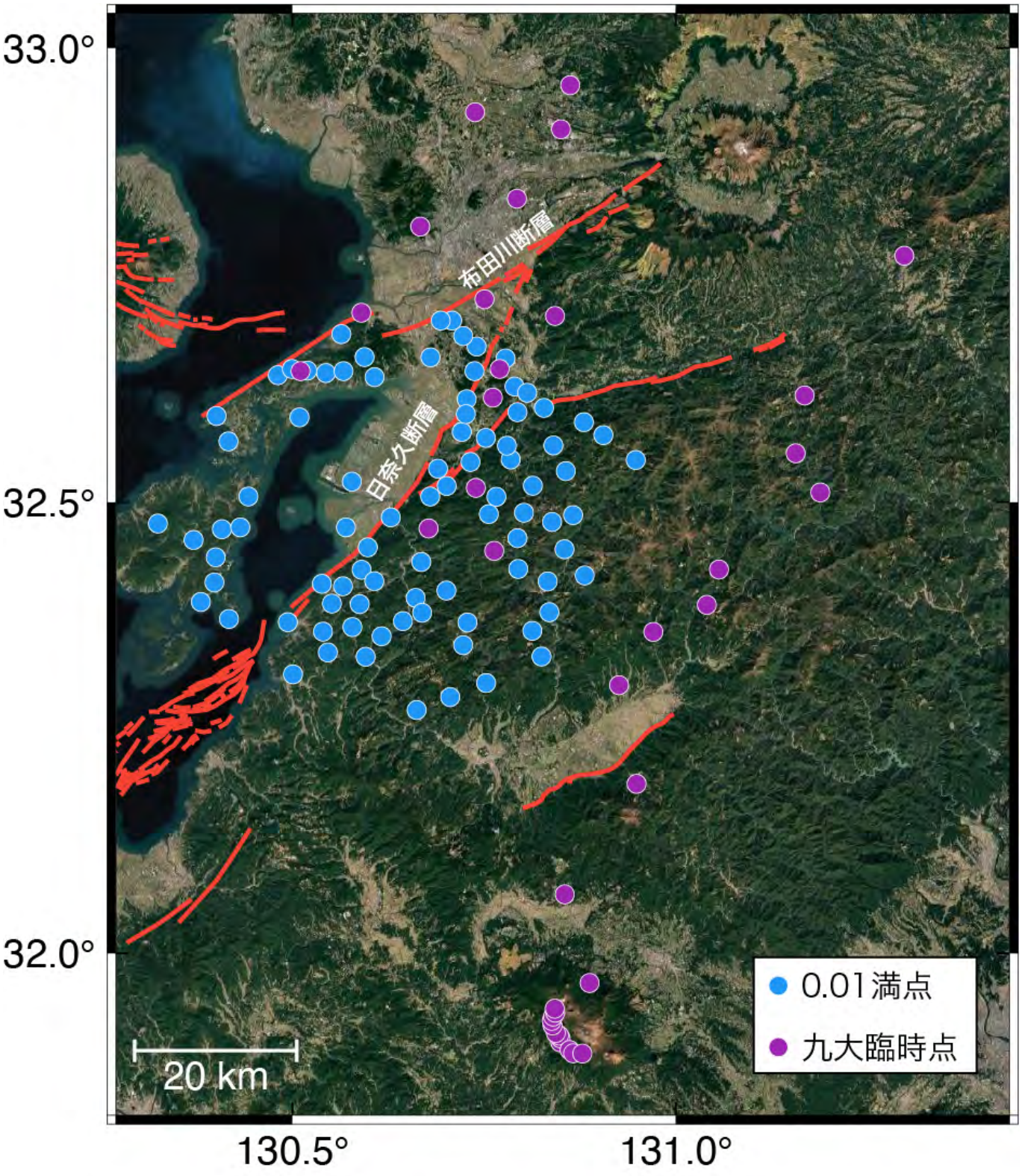


図1
九州大学で熊本周辺に展開している地震観測網

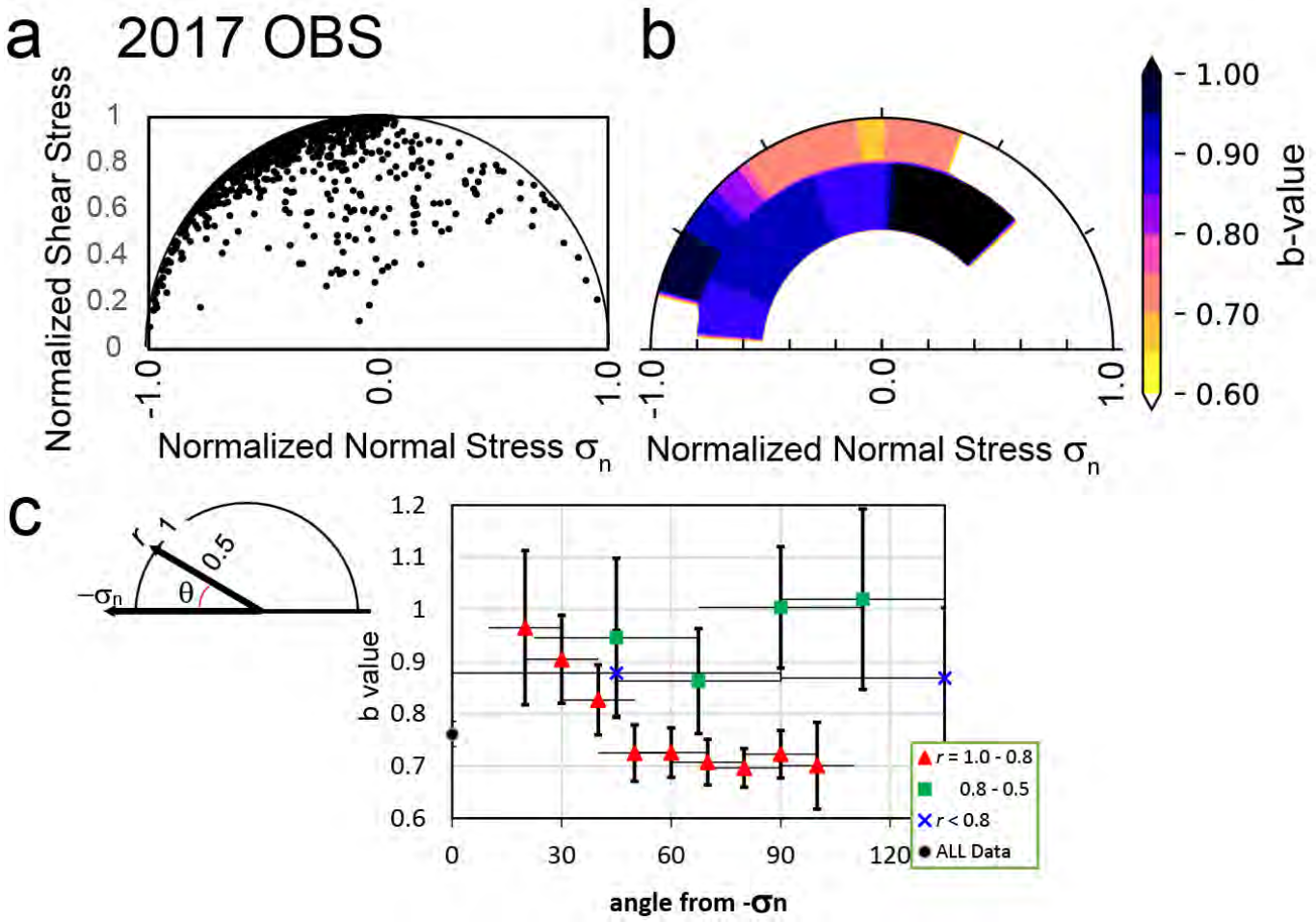


図2
a 規格化したモール円上における個々の地震の法線応力とせん断応力の分布。b, c モール円上の小領域ごとに求めたb値の分布。（Matsumoto et al., 2024）

令和６年度年次報告

課題番号：KYU_02

（1）実施機関名：

九州大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）内陸地震域の比抵抗構造再調査と地震発生ポテンシャル評価の有効性検証
（英文）Resistivity structure around the zones of large inland earthquakes ― revisited

（3）関連の深い建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
イ. 内陸地震

（4）その他関連する建議の項目：

２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
イ. 内陸地震の長期予測
６ 観測基盤と研究推進体制の整備
(6) 次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成

（5）本課題の５か年の到達目標：

過去25年に日本で発生したM6.5以上の内陸地震のうち、半数以上は対応する活断層が地表に見えない地域で発生した。活断層調査のみでは内陸地震の空間ポテンシャル評価に限界があることは明らかである。本課題では比抵抗構造が内陸地震の規模も含めた空間ポテンシャル評価に真に使えるかどうか結論を得ることを目的とする。以下の作業仮説を２つ設定する。１．大きな地震の破壊は選択的に低比抵抗体の端部付近から開始する。２．大きな地震の破壊は別の低比抵抗体の端部で終わる。作業仮説の検証には、地震すべり分布の推定に加え震源断層の端部まで含めた広域の比抵抗構造推定が必要であるが、そのような探査が行われている例は少ない。また、規模の大きい地震の破壊が選択的に低比抵抗体の近傍から開始しているかどうか調べるためには、精度の高い震源分布に加え、空間分解能が高い比抵抗構造推定が不可欠であるが、両者がそろった研究例は少ない。日本ではHi-net, K-net, KiK-net整備以降、規模の大きな内陸地震が発生すると、すべり分布と、精度の高い余震分布が推定されるため、過去25年間の規模の大きな内陸地震は貴重な研究対象である。本課題ではそうした地域を対象に、内陸地震空間ポテンシャル評価が可能かどうかの目をもって比抵抗構造再調査を行う。

（6）本課題の５か年計画の概要：

2024～2026年にかけて、太陽活動の11年周期は極大期を迎える。これは比抵抗構造推定のためのSN比が飛躍的に向上することを意味し、人工ノイズを懸念してこれまで探査に及び腰であった地域の再調査を行う絶好の機会である。本課題では2000年鳥取県西部地震、2004年新潟県中越地震、2018年北海道胆振地震、これらの震源域周辺で広帯域MT再調査を行う。既にMT調査が行われ論文が出版されているが、いずれも本課題の作業仮説の検証を行うには不十分である。本課題では観測が行われていなかった地域で新規に観測を行い、既存データと統合し3次元比抵抗構造を推定する。
何年度にどこでMT探査を行うかという計画の進め方は、解析担当者の学生、配分された予算等を考慮して決定する。現在はR6-7 鳥取西部、R7-8新潟県中越、R8-9北海道胆振を計画している。北海道胆振はノイズ環境が比較的良好なため5カ年の後半に設定している。いずれにせよ太陽活動が極大なR6-8年度に主たる調査を行い、R9-10年は補充調査の期間にあてる。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

2000年鳥取県西部地震

今年度は、まず先行研究であるUmeda et al. 2011 JGRで使用された52点の広帯域MTデータの入手整理と、国際誌に未発表であった12点の広帯域MTデータ(https://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/hapyo/04/p56.pdf)の入手整理、さらにそれら統合した3次元比抵抗構造解析を行った。その結果、先行研究では本震の震源の南西深部に低比抵抗体がイメージングされたが、統合解析では低比抵抗体が本震震源直下にイメージングされ異なる結果となった。様々なテスト計算の結果、12点の未発表データの追加、ならびに地磁気応答関数の使用が、構造の違いをもたらしていることが分かった。

先行研究の応答関数は周期1sより長周期側で質が高くなく、深部構造を拘束することが困難である。長周期側で質の高い応答関数を得るため、2024年10月29日から12月12日にかけて、既存点の隙間をうめるように35点の観測点を配置し、広帯域MTもしくは地電位データの取得を行った (図１)。1観測点あたり通常より長い3週間データを取得することで、地磁気活動が活発な時期のデータ取得に成功し、長周期まで信頼できる応答関数を推定することができた。次年度は、既存データも含めノイズ処理に工夫をすることで、長周期側の応答関数の質を向上させる。その後、既存点も含めた約100点の解析により3次元比抵抗構造を推定し、2000年鳥取県西部地震の破壊の開始と停止との空間的な関係を調べる。

1997年鹿児島県北西部地震

今年度は2024年4月2日から5月8日まで、既存点の隙間をうめるように22点の観測点を配置し、広帯域MTもしくは地電位データの取得を行った。先行研究であるUmeda et al. 2014 Tectonophysicsで使用された41点の広帯域MTデータの入手整理、ならびに前計画、前々計画で九州大学を中心として取得した23点の広帯域MTデータの整理も併せて行った。以上全てをあわせた合計86観測点のデータを用い3次元比抵抗構造解析を行い、1997年鹿児島県北西部地震のすべり分布 (Horikawa 2001 BSSA)と比較した。その結果、3月の本震 (M6.3)は低比抵抗体の端部で開始し、破壊が西側に進行したが、最終的に別の低比抵抗体の存在によって停止したことが分かった (図２)。5月の地震 (M6.2)についても、すべり量は3月の地震に比べ小さいものの似た結果を示した。以上の結果は2016年熊本地震で得られた結果 (Aizawa et al. 2011 EPS)と同様であり、内陸大地震の破壊の開始と停止が、低比抵抗体に支配されている事例と判断した。

1995年兵庫県南部地震

2024年12月12日から2025年1月8日にかけて、余震域上の３点において広帯域MTデータを取得した。この観測の目的は人工ノイズの影響が顕著であると想定される大都市神戸周辺において、本課題の目的にかなうMTデータが得られるか事前評価することであった。その結果、2025年1月前半の磁気嵐発生によりSN比が飛躍的に向上し、さらにその時期の夜間のデータのみ使用すれば、比抵抗構造解析に使用できる質の応答関数が得られることが確認できた。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

１－（５）―イ　内陸地震

比抵抗構造と、すべり分布や震源分布等との比較により、1997年3月の鹿児島県北西部地震は低比抵抗体の西端部で開始し、破壊が西側に進行したが、最終的に別の低比抵抗体の存在によって止まったことが分かった。これは2016年熊本地震で得られた結果と同様であった。今後、MT観測により別の地域での事例を蓄積する。

６－（６）次世代を担う研究者，技術者，防災業務・防災対応に携わる人材の育成

2000年鳥取県西部地震震源域での広帯域MT調査について、解析担当者の大学院生を選定し、観測のための用地交渉、観測準備、観測の実行や連絡、さらに得られたデータの整理、解析まで、一連の作業全てに携わってもらった。全て主体的に責任を持って実行したため、ただ作業に参加するだけでなく、全体をマネージメントしながら調査を行う貴重な経験となった。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

Nakamura, K., Aizawa, K., Asamori, K., Oshiman, N., Shiozaki, I. and The 2001Research Group for Crustal Resistivity structure, 2024, Re-analysis of broad-band magneto-telluric data in the focal region of the 2000 Western Tottori Earthquake (Mj=7.3), 26th EM Induction Workshop Beppu, Japan, 7-13 September 2024 (ポスター).

Matsunaga K., Aizawa K., Asamori K., Ogawa H., Utsugi M., Yoshimura R., Yamazaki K., Uchida K., Yamaguchi M., Inoue T., Okuda Y., Yonemori K., Shigematsu H., Sunagawa H., 2024, Three-dimensional resistivity structure of the epicenter area of the 1997 Kagoshima earthquake doublet, Japan, 26th EM Induction Workshop Beppu, Japan, 7-13 September 2024 (ポスター).

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

MTデータの解析。中越もしくは兵庫県南部での広帯域MT観測。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

相澤広記（九州大学）

他機関との共同研究の有無：有

上嶋誠（東京大学）,臼井嘉哉（東京大学）,吉村令慧（京都大学）,市原寛（名古屋大学）,橋本武志（北海道大学）,塩崎一郎（鳥取大学）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：九州大学地震火山観測研究センター
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：相澤広記
所属：九州大学地震火山観測研究センター

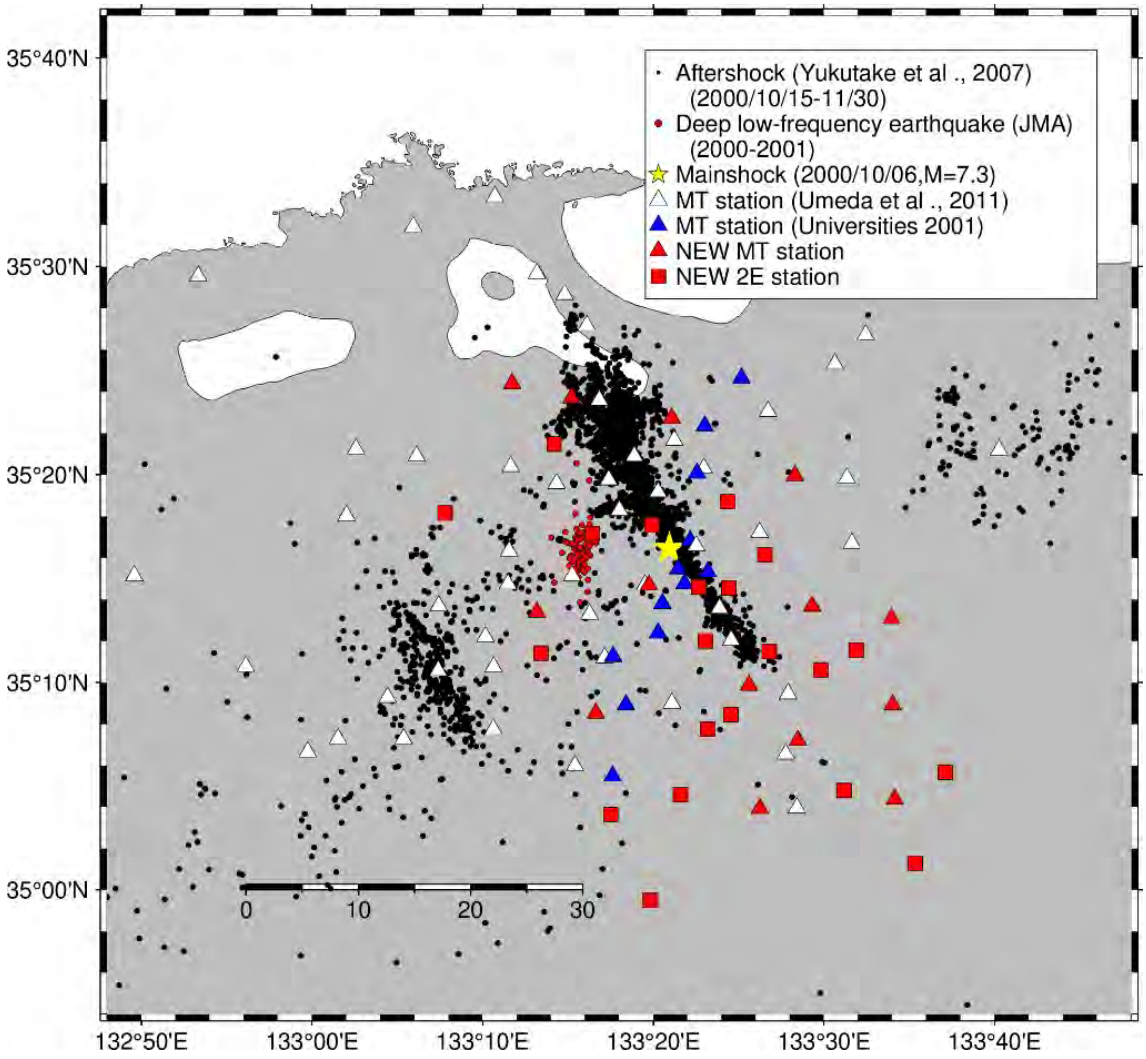


図 1
2000年鳥取県西部地震震源域周辺での広帯域MT観測点分布図。赤のシンボルが本課題において2024年10月29日から12月12日に観測を実施した観測点。青いシンボルは2000年に大学連合が行った広帯域MT観測点を示す。

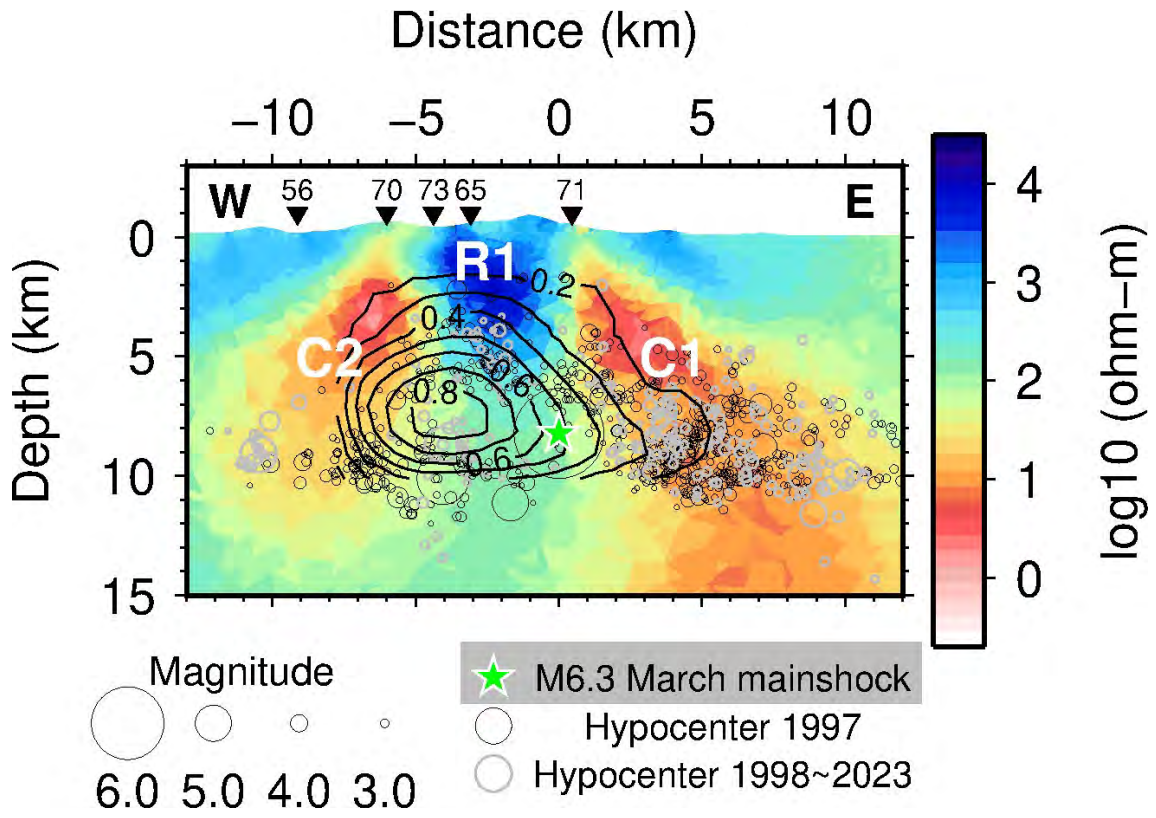


図 2
1997年3月の鹿児島県北西部地震の破壊面に沿った比抵抗断面。Horikawa 2001によるすべり分布 (単位はm)を併せて示す。地表の逆三角は断面近傍の観測点の位置を示す。

令和６年度年次報告

課題番号：KYU_03

（1）実施機関名：

九州大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）九州地下のマグマ上昇経路と地殻活動の関連性
（英文）Magma ascent route and its relation to crustal activities beneath Kyushu island

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
エ. 地震発生と火山活動の相互作用の理解とモデル化

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
イ. 内陸地震の長期予測

（5）本課題の５か年の到達目標：

九州地下のマグマ上昇経路、およびマグマから供給される揮発性成分の上昇経路を解明し、地震活動、ひずみ集中との関連を調べる。マグマが地表になぜ到達できるかという視点を加えた比較観測研究を実施し、火成活動、マグマ噴火に対する示唆を与える。

本課題では、霧島火山と九州中央部の比較研究を行う。地震学的構造の分解能向上および、両地域で発生する浅発から深部低周波地震のメカニズム比較のため、阿蘇南部から錦江湾北部まで九州中央部を100kmにわたり縦断する地域に、3成分オフライン地震観測網を新たに設置し、5カ年にわたり観測を継続する。既存点と合わせて浅発～やや深発地震の波形から、上部マントルから地殻まで、特に深部低周波地震震源域での10㎞以下の分解能での構造推定、および地震メカニズム推定を行う。以上の比較研究に加え、九州全域を対象とした高空間解像度の地下構造を推定し、温度場、水・マグマの分布と物性、さらに流体上昇経路の推定を行う。

（6）本課題の５か年計画の概要：

R6年度：九州縦断臨時地震観測点設置。
R7年度：地震観測点維持。広帯域MT探査
R8年度：地震観測点維持。広帯域MT探査
R9年度：地震観測点維持。広帯域MT探査
R10年度：地震観測点維持。
解析・議論はすべての年度で実施。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本課題では、九州地下のマグマ上昇経路、およびマグマから供給される揮発性成分の上昇経路を解明し、地震活動、ひずみ集中との関連を調べる。マグマが地表になぜ到達できるかという視点を加えた

比較観測研究を実施し、火成活動、マグマ噴火に対する示唆を与える。R6年度の当初計画は臨時地震観測点設置である。

地震観測：
今年度は霧島火山と阿蘇火山の間の低周波地震発生域を含む、ほぼ南北に約100㎞にわたって地震観測点10点設置するための事前調査、設置、保守を行った（図１）。これらの観測点には２Ｈｚ3成分地震計とデータロガー（２５０Ｈｚサンプリング）を設置し、オフラインでデータ収録を行っている。2025年3月に第1回目のデータを回収し、その他の定常点、臨時点データとのマージ、震源決定等の処理を行う予定である。

電磁気観測：
今年度の前半は地震火山観測研究特任研究員を雇用し、全計画でのKYU_01課題の継続として、北海道の阿寒カルデラで観測されたマグネトテルリック法（MT法）探査データを用いて、3次元比抵抗構造の推定を行った。3次元比抵抗構造解析の結果、雌阿寒岳と雄阿寒岳の間に西方深部に斜めに傾く低比抵抗異常体を解析した。この低比抵抗異常体と、2016年から2017年にかけて発生した地盤膨張の推定シル状圧力源、準定常的に発生している深部低周波地震や浅部火山性地震の空間的関係を明らかにして、阿寒カルデラのマグマ供給系の構造をモデリングした（図2）。また、MT法探査で観測されるPOQ（異常位相; Phase out of quadrant）現象の数値モデリング研究によって、どのような地下構造がPOQデータを発現するか確認した（Inoue and Hashimoto 2024 GJI）。良導柱 (柱状の低比抵抗体) が鉛直に対して斜めに傾く”斜め良導柱モデル”を基にフォワード計算によって、良導柱の直径・上端深度やPOQの発現域について系統的に検討を行った。その結果、斜め良導柱の上端が地表近くまで到達し、直径に関わらず良導柱が深部まで伸びていることがPOQの発現条件であることが分かった。北海道や九州などにおけるPOQ観測地域と推定比抵抗構造を比較して、POQデータと斜め良導柱モデルの普遍的性質について検討した。

全計画でのKYU_01課題の継続として、別府―由布院周辺で取得した153点の広帯域MT観測データの3-D解析を行い、鶴見、伽藍、由布の3火山に向かって、北側の深部から斜めに上昇してくる低比抵抗体をイメージングした。深さ20～30 kmで発生している深部低周波地震は低比抵抗体の端部で発生している。深さ5 km付近の水平断面に対し、地表の鶴見、伽藍、由布の3火山の位置は低比抵抗体の端部に相当する。これらの結果は近隣の九重火山、阿蘇火山で得られている結果 (Aizawa et al. 2022 GJI)と同一であり、低比抵抗体の端部がマグマ性流体の上昇経路であることを示唆している。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
モデリング計算により、鉛直に対して斜めに傾く低比抵抗体が、MTデータにおけるPOQ（異常位相；phase out of quadrant）を生じることを明らかにし、それが北海道や九州などの火山周辺で実際に観測されたMTデータに広く適用可能であることを示した。今後は実データのPOQの特徴をより説明できるよう、上記のモデルのアレンジを行う。実データ解析としては雌阿寒岳に対しては西側から、鶴見、伽藍、由布の3火山に対しては北側から、斜めに上昇するマグマ供給ルートを低比抵抗体としてイメージングした。その端部がマグマの選択的な上昇経路であることを示唆した。また近隣の九重火山、阿蘇火山との類似性を示し、マグマ供給系が広域の応力場、変形場と関連している可能性を示唆した。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
・論文・報告書等

Inoue, T., & Hashimoto, T. (2024). The inclined conductive column effect: a new simple model for magnetotelluric anomalous phases. Geophysical Journal International, 238(3), 1825-1839., 査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

Inoue T., Hashimoto T., Tanaka R., Yamaya Y., Ichihara H., Aizawa K., 2024, The magma plumbing system of Mt. Meakandake imaged by broadband magnetoteluric survey, Electromagnetic Induction Workshop 2024, Beppu, Japan, EMIW2024-4P18, September, 2024 (ポスター).

井上 智裕, 相澤広記，市原寛，橋本 武志, 2024, Interpretation of anomalous phases observed around Akan caldera, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SEM12-P08, 2024年5月 (ポスター).

井上 智裕, 橋本 武志, 斜め良導柱に伴う異常位相に関する検討, 2024, 地球電磁気・惑星圏学会, R003-03, 2024年11月 (口頭).

Aizawa K., 2024, Edge of a conductivity anomaly in the crust, 26th EM Induction Workshop Beppu, Japan, 7-13 September 2024 (口頭).

Aizawa K., Yamamoto Y., Muramatsu D., Aniya S., Tanabe H., Wakabayashi A., Fujita S., Shito A., Koyama T., Shiozaki I., Ichiki M., 2024, Three-dimensional resistivity structure around Beppu geothermal zone, 26th EM Induction Workshop Beppu, Japan, 7-13 September 2024 (ポスター).

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

九州中部の地震観測点保守。地震データの解析。観測空白域でのMT観測。MTデータの解析。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

相澤広記（九州大学）,松本聡（九州大学）,松島健（九州大学）,江本賢太郎（九州大学）
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：相澤広記
所属：九州大学地震火山観測研究センター

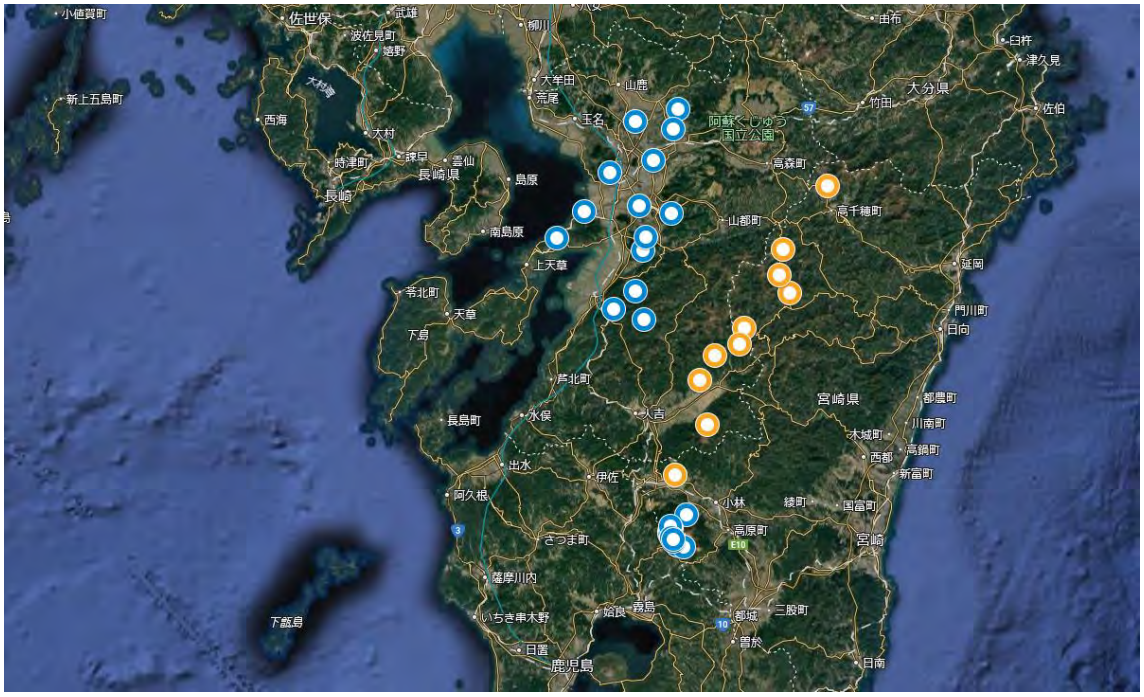


図1
設置した地震観測点（オレンジ）とその他の臨時観測点 (3成分地震計のみを表示)。

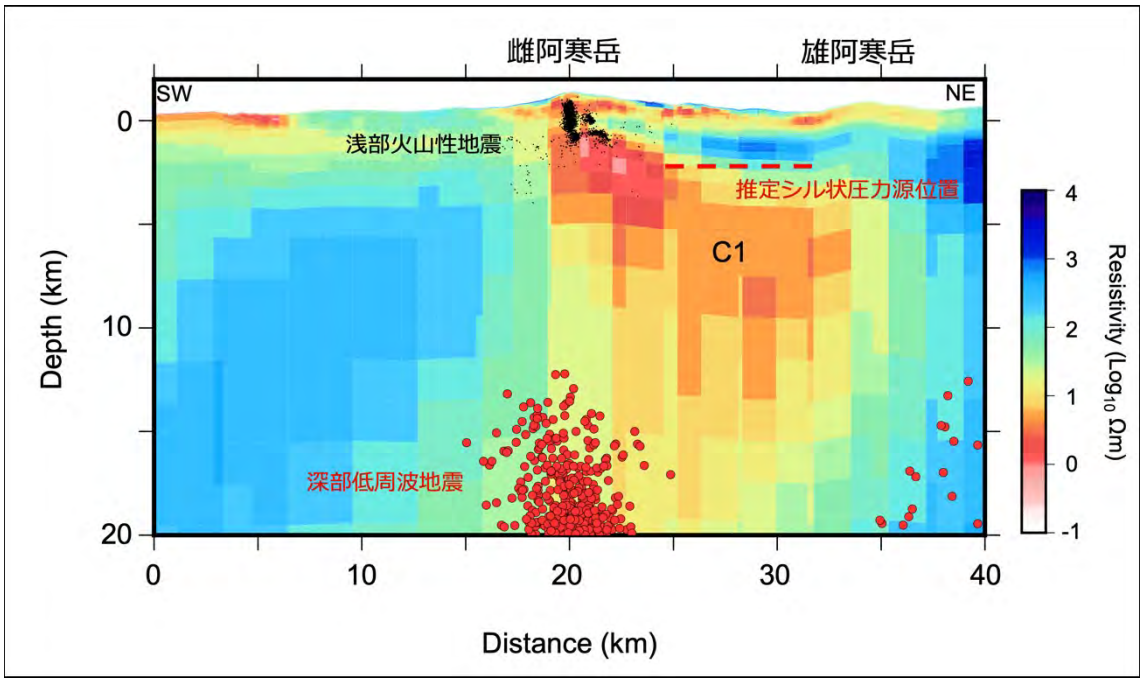


図2
雌阿寒岳―雄阿寒岳間の比抵抗鉛直断面図。震源プロットには気象庁一元化震源データを使用した。

令和６年度年次報告

課題番号：KYU_04

（1）実施機関名：

九州大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）機動観測支援システム開発と観測人材育成支援

（英文）Development of Support System for researchers on mobile geophysical observation

（3）関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備

(6) 次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化

イ. 内陸地震

エ. 地震発生と火山活動の相互作用の理解とモデル化

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究

(4) 内陸で発生する被害地震

6 観測基盤と研究推進体制の整備

(1) 観測研究基盤の開発・整備

イ. 観測・解析技術の開発

（5）本課題の５か年の到達目標：

地震火山活動の予測と監視の高度化に寄与できる高度な専門知識を有する人材の育成と新しい地震火山研究分野の創出により社会貢献と国際貢献をめざすものであり、「社会が求める人材育成機能の強化と国際貢献」という戦略に基づく取り組みである。本課題は①地震研究人材の育成、②全国の学生・研究人材への地震火山観測資源の提供であり、人材を呼び込み育てることに加えて、広く我が国及び世界の人材を育成するプラットフォームを構築することを目指すものである。

そこで、国内の実践的な知識と経験を多くの人材に供するため、新学術領域の際に開発した現有のおよそ1000台の地震観測データ伝送・収録装置を改良・活用して機動観測支援システムを整備し、実践的地震火山学を身に着けるための全国の拠点としてサービスを提供する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

現有の1000台弱の「断層深部形状検出システム」（以下，0.1満点観測装置）は100Hzサンプリング，１６bit, FOMAによるデータ通信を行うシステムである。1年強の観測期間にアルカリ単一電池48本でデータ収録を行える。データは九州大学のサーバにてWIN形式に変換している。この装置は，スイッチを入れるだけでデータのみだけでなく位置情報等を測定し，すぐにWINシステムで解析することができる。2017年の観測では1000台を2000年鳥取県西部地震震源域に展開した。その際は地域ボランティアの協力により設置を行い，観測をしたことがない人でも簡単に行えることを示した。この観測資源より整備し，出来るだけ広く供することにより地震火山現象の観測に触れることができるようにすることを目指す。

必要な具体的ステップ：

１．観測機器整備

機器のLTE化：　FOMAサービスが停波することによるLTE化

２．サーバ整備

処理ソフトウェア改良：上記の観測機器整備に伴って必要となるサーバソフトの構築
ニーズに応じたサーバ容量：HDなどのデータ配布に必要な記憶媒体
３．データ公開
ブラウザ構築：ユーザが簡単にDLできるよう，ソフトウェアを構築
４．機器共用
希望者に機器を貸し出す。センサーは２Hzもしくは4.5Hz上下動地震計がついている。利用者が別の機器をつないでも用いることができる。
R6年度は１．をテスト用に20台整備し，テストを進める．
R7年度は，２を行う．
R8年度は１を30台について行う．
R9年度は１を50台について行う．当面100台での運用を想定する．
R10年度は３，４を行い，サービスを提供する．

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

観測機器改修およびテスト観測
本課題においてのポイントは、簡便な設置、データ利用をできる観測システムをより活用するための改修整備、共用するための環境整備である。今年度は20台の改修を行うとともに、既存システムのテスト観測継続、データ運用のテストを行った。
システムの改修：2026年FOMA停波によるオンライン利用の制限は本システムの利活用に致命的であるため、改修を行った。現有のシステムに対して基盤改造（リワーク）として基盤時ICソケットを実装し、そこにLTEデバイスを装着する方式で進めた。その結果、20台の改修を完了した。
テスト観測による運用：熊本地震震源域、阿蘇火山、九重火山において地震観測を継続し、データ通信、編集作業の自動化を行った。事前調査で回線状態を確認し、設置時も通信確認を行ったが、約2割－3割の観測点ではデータの通信不良によってオンライン処理ができない状態であった。なお、通信不良であっても観測装置本体に設置しているSDカードには連続記録が収録されており、復旧は可能である。収録システムはWIN変換、チャンネル編集を毎日行い、データをNASに保存したり、定常店のデータとマージするシステムを構築した。
監視プロセス：毎日の収録状況を簡便に確認できるよう、地図上への表示やテーブルをブラウザ上で確認できるようなプロセスを試運転中である。（図参照）

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

今年度は計画の基本システムのアップデートと運用のテストを行った。これは本システムの活用のための重要な一歩であり、従来、観測を実施しなかった人材のアクセスを容易にするための貢献を行った。今後も「社会が求める人材育成機能の強化と国際貢献」という戦略に基づく取り組みを目指し、引き続き課題を推進していく。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

次年度は計画に上げたステップ１，２の一部を行う
１．機器のLTE化：　FOMAサービスが停波することによるLTE化を行った機器と従来システムの両者を同時に運用して、利用時や処理プロセスの動作チェックを行う。

２．サーバ整備
処理ソフトウェア改良：上記の観測機器整備に伴って必要となるサーバソフトの構築の構築を開始する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

松本　聡（大学院理学研究院）,江本賢太郎（大学院理学研究院）
他機関との共同研究の有無：有
酒井慎一（東京大学情報学環）,加藤愛太郎（東京大学地震研究所）,蔵下英司（東京大学地震研究所）,大見士朗（京都大学防災研究所）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：九州大学大学院理学研究院
電話：0957-62-6621
e-mail：
URL：www.sevo.kyushu-u.ac.jp

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：松本聡
所属：九州大学大学院理学研究院

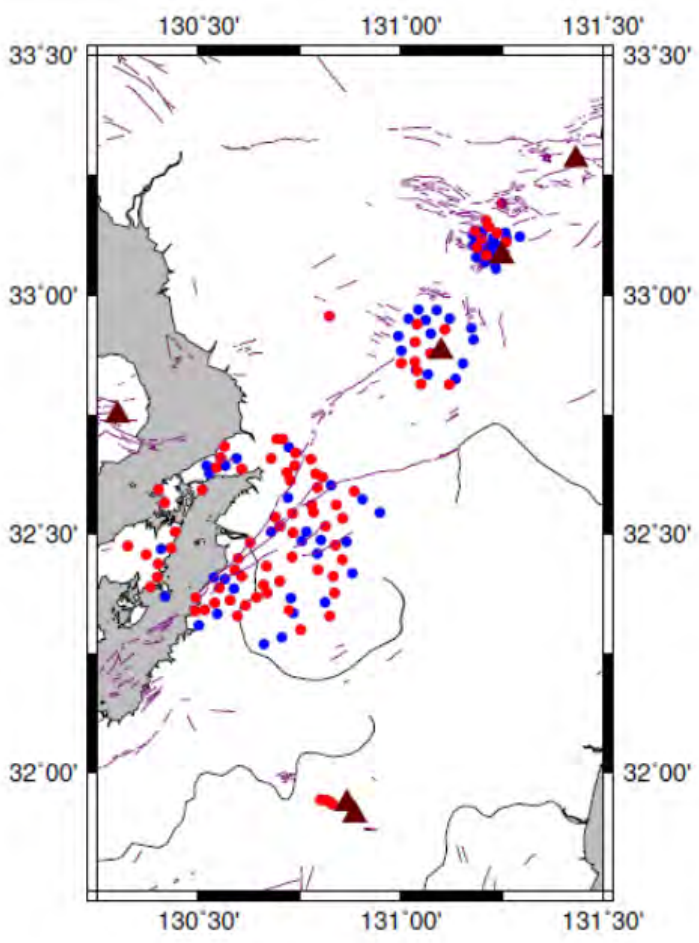


図
監視プロセスによる表示例（赤が欠測）。通信に遅れがある場合もチェック時点での情報が記されて欠測となっている。

令和６年度年次報告

課題番号：MFRI01

（1）実施機関名：

山梨県富士山科学研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）富士山地域の防災力向上に向けた研究
（英文）

（3）関連の深い建議の項目：

４地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

（4）その他関連する建議の項目：

５分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(5) 大規模火山噴火
(6) 高リスク小規模火山噴火
６観測基盤と研究推進体制の整備
(5) 社会への研究成果の還元と防災教育

（5）本課題の５か年の到達目標：

本課題では、富士山地域で火山噴火などの自然災害に対して適切な避難行動により、自然災害の軽減を目指す。適切な避難行動をとるためには自然現象への適切な理解が必要となることから、理解の促進と避難行動を結び付ける必要がある。そのためには住民などを対象に防災教育や周知啓発活動が必要になることから、富士北麓地域の市町村や小中学校と連携し、ワークショップや防災教育、学校防災対策の支援を通じて、効果的な防災教育の実施方法や実践的な防災訓練の実施方法について研究を進める。本課題の研究成果によって、防災リテラシー向上のために地域の防災を担う児童生徒や地域の防災リーダーの育成が可能となる教育・研修プログラムの開発と発信手法の確立を目指す。

（6）本課題の５か年計画の概要：

･小中学校を対象に防災教育や防災訓練を通じて、現象の理解と適切な避難につなげるための研究を行う。
･小中学校を対象に教育・研修プログラムの開発と広く展開するための発信手法の検討を行う。
･地域住民を対象に防災リテラシーを向上させるためのワークショップの実施方法の検討を行う。
･地域住民を対象に防災リテラシー向上のためのワークショップの発信手法の検討を行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

今年度は中学校での火山防災ワークショップを通じて、富士山版クロスロードを活用した噴火警戒レベルやハザードマップ、避難行動に関する防災学習を実施した。さらに、富士北麓地域の小中学校での富士山噴火を想定した防災訓練において、行政と学校が連携して防災訓練を実施することで、富士山噴火への理解の促進に活用できることや地震と火山噴火とで対応が異なることへの理解の促進が必要なことを確認した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

小中学校での防災訓練を通じて、地域社会に地震災害と火山災害とでの対応が異なることへの周知を行うことができ、さらに行政を巻き込んだ防災訓練により、火山災害時における情報伝達の手段などを確認することができ、災害への貢献に大きく寄与することができた。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

久保智弘・吉本充宏，富士山噴火を想定した中学校区での防災訓練の実践と課題，日本火山学会2024年秋季大会，A3-14

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

富士山噴火を想定した防災訓練を継続的に実施するとともに広域に展開するための手法の確認と前年度の課題を改善するための研究を行う。さらに、富士山版クロスロードを軸とした小中学校での教育研修プログラムを構築するとともに地域住民を対象としたワークショップについて検討を行う。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

山梨県富士山科学研究所 富士山火山防災研究センター
他機関との共同研究の有無：有
矢守克也（京都大学防災研究所）,佐藤史弥（山梨大学）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：山梨県富士山科学研究所　富士山火山防災研究センター
電話：0555-72-6211
e-mail：fujisanken@mfri.pref.yamanashi.jp
URL：https://www.mfri.pref.yamanashi.jp/index.html

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：久保智弘
所属：山梨県富士山科学研究所　富士山火山防災研究センター

【研究期間：令和５年度～６年度】

効果的な火山防災マップのあり方に関する研究

久保智弘、吉本充宏、石峯康浩、本多亮、亀谷伸子（富士山火山防災研究センター）
矢守克也、岡田夏美（京都大学防災研究所）

1. 背 景

- ハザードマップと火山防災マップの違いがわからない。そのため、火山防災マップが避難行動につながらない。
- 火山現象は様々な災害要因を持ち、そのそれぞれからの逃げ方が変わる。

2. 目 的

風水害や津波災害での防災マップの表現のあり方などを参考に、防災心理学の側面から住民の正しい避難行動につながる火山防災マップのあり方を検討する。

3. 研 究 方 法

ワークショップを通じて、住民が自分とハザードの位置関係を理解し、正しい避難行動につなげるための効果的な火山防災マップのあり方を探る。

表1 各研究目標とワークショップの目的

研究目標	ワークショップで解明させること
自分とハザードとの位置関係を把握させる	なぜ、位置関係がわからないのか
何が起こるか認知させる	なぜ、何が起こるか理解できないのか
どう行動するか理解する	なぜ、回避方法がわからないのか

富士山版クロスロード*を用いて、火山現象の理解と火山防災マップの活用方法を検討する。

図1 クロスロードカード

4. 結 果 と 考 察

▶2024年5月第1回ワークショップ

前半では、火山現象の理解のため、岡田助教と吉本研究部長による非専門家と専門家による掛け合い形式で行った。

後半では、富士山版クロスロードを用いて、生徒たちによる議論形式で行った。

写真1 掛け合い形式の様子

写真2 意見の提示

写真3 生徒間の議論

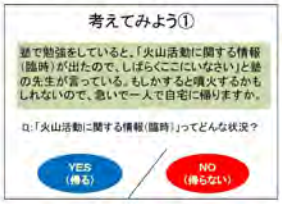


図2 第1回の設問1

表2 第1回設問1の生徒の回答例

問	Yes(帰る)	No(帰らない)
問1	• 帰るを選んだ。臨時だからこそ、逆にまだ噴火してないから、噴火する前に家族と一緒に行動した方がいいかなと思ったから。 • 塾より家に冷静に帰って、家族と話して逃げるか逃げないかを決めたい。	• 噴火はしていてないけど、親との連絡手段はあるけど、勝手に帰ったら親も迎えに来たのに入れ違いみたいなことが起こるかなと思ったので、迎えを待って帰る方がいいのかなと思った。 • 塾には生徒がいるので、行動するなら大勢で行動した方がいいかなと思ったから。

●噴火警戒レベルの理解

10月に実施たワークショップからも富士山版クロスロードによって、噴火警戒レベルの理解につなげることができることが分かった。

▶Jr防災士講座(2025年1月)での事前学習

富士河口湖町のJr防災士講座(小4～6年生)の事前学習でアプリを使い、自宅の避難エリアと避難のタイミングを確認。

図3 富士河口湖町防災アプリ

図4 事前学習シート

表3 避難エリアと回答数(n=17)

避難エリア	避難のタイミング 噴火前	噴火後
第２次	噴火警戒レベル４	
第３次	噴火警戒レベル４（高齢者等避難）	噴火速報に町から避難指示が出た地域
第４次(1人)		
第５次(13人)		町からの避難指示がでたタイミング
第６次(2人)		

●ハザードマップの理解

アプリの利用によって17人中16人が回答できた。避難のタイミングは14名が正しく回答していた。

●噴火警戒レベルの理解

アプリにより避難マップを理解することが可能。しかし、噴火警戒レベル(避難のタイミング)の理解は難しい。

5. ま と め

今年度は富士山版クロスロードにより、知識の活用を主体としたワークショップを実施した。また、富士河口湖町のJr防災士講座を利用して、避難マップの読み取りを調査した。

その結果、アプリによって避難マップの読み取りが容易になることが分かった。しかし、避難のタイミングの理解まではつながらない。そのため、富士山版クロスロードによって、一人ひとりのストーリとすることで、避難のタイミングの理解**につなげることができた。

*：防災ゲームで学ぶリスク・コミュニケーション クロスロードへの招待、矢守・吉川・網代(2005)
**：本資料は1月20日時点のものです。最終ワークショップを1月31日に実施予定です。その結果によって考察が変わる可能性があります。

今 後 の 展 望

火山防災マップがアプリなどで提供され、自分のいる位置の危険を容易に知ることができる。しかし、避難のタイミングの理解につなげることが難しいことが分かった。

そのため、火山防災マップだけではなく、対応の理解を支援するために富士山版クロスロードを組合せて学ぶ仕組みが必要であることが分かった。そこで、今後は防災学習ツールとしての教材開発につなげていく。

R6年度研究成果

令和６年度年次報告

課題番号：MFRI02

（1）実施機関名：

山梨県富士山科学研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）富士山の噴火履歴およびマグマ供給系の解明に資する研究
（英文）

（3）関連の深い建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(5) 大規模火山噴火

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ウ. 地形・地質データの収集・集成と文理融合による解釈
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(6) 高リスク小規模火山噴火

（5）本課題の５か年の到達目標：

富士山の噴火事象系統樹を精緻化するために、詳細な噴火履歴およびマグマ供給系の描像が必要である。特に、溶岩流に比べてテフラ層に関しては層序対比が未確立なものが多く、個々の噴火に関しても噴火実態（噴火規模、噴火様式、噴火推移など）が不明なものが残されている。マグマ組成については、噴出物化学組成の分析データ量に偏りがあるなどの問題があり、富士山全体のマグマ組成の特徴を網羅できていない。本課題ではこれらをふまえ、前建議課題から引き続き、テフラ層序の確立や年代未詳の噴出物の年代決定、個々の噴出物の物質科学的解析を実施することにより、噴火履歴を高精度化する。また、噴出物の化学分析および既存データの収集・解析をおこない、マグマ供給系解明に向けた基礎情報を獲得する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

山麓の地質調査およびトレンチ調査を実施し、須走期（過去5600年間）のテフラ層序を再検討する。その際、テフラの多角的データ（挟在する土壌の年代測定、全岩化学組成、粒子形状など）を収集し、定量的指標によりテフラ対比をおこなう。前建議課題では、これら指標を用いて北東麓の主要テフラ層序がほぼ確立できたため、同様のデータ取得および対比を北東麓以外の地域で進める。個々の堆積物に関しても、より詳細な分析をおこない、噴火の実態解明に取り組む。また、富士山全体の活動期（10万年前以降）に関して、既存研究の噴出物データ（全岩および鉱物化学組成など）を集約するとともに、微量元素組成等の追加分析をおこない噴出物データセットを構築する。組成データの多変量解析結果も補足的に用いて、マグマの特徴を把握する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

富士山東麓に位置する静岡県小山町の道路拡幅工事に伴い露出した「馬伏川岩屑なだれ堆積物」について調査した。同堆積物には多数の埋もれ木（木片を伴う空洞）が含まれることが特徴であり，露頭

全体に認められる埋もれ木272個について，直径，長さ，伸長方向，傾斜角を測定した。直径は1～60 cmであり，堆積物の基底部付近に太いものが多く，直径20 cm以上のものは合計59個認められた。伸長方向をローズダイヤグラムにプロットすると，太い埋もれ木（直径≧20 cm）はN50°E及びN20°E付近にピークをもち，細い埋もれ木は全方位に値がばらつく傾向がある。傾斜は水平～やや西傾斜のものが多い。今回調査した露頭は堆積物の分布の北端部であり，多数の埋もれ木が含まれることから，岩屑なだれが流下・定置する際に木片が流れの側端および先端部に集積したことが示唆される。太い埋もれ木は流れ方向に一致する方向に揃ったのに対し，細い埋もれ木は全体的な流れよりも局所的な流れ方向に依存していたと考えられる。
山頂火口周辺の地質調査を実施し，剣ヶ峰，白山岳，小内院および伊豆岳周辺の17箇所で噴出物の記載と採取をおこなった。剣ヶ峰周辺では，剣ヶ峰噴出物が弱～強溶結したアグルチネートとして3～4つのユニットに分かれて堆積している。弱溶結のユニットは赤褐色のスパターやスコリアからなり，強溶結のユニットは灰色で溶岩状の産状を示し，これらはユニット毎に斑晶量が異なる。採取した岩石の分析を現在進めており，今後化学組成データと産状とをふまえて山頂噴火の実態解明に取り組む。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

「関連の深い建議の項目」である5(5)に関連して，富士山の長期的活動を評価するための噴出物の層序，年代，化学組成などの基礎データの収集と分析が進められている。今後も他機関と連携してデータ蓄積を継続していく。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

亀谷伸子・吉本充宏・西澤達治・渡部将太・内山 高・藤井敏嗣・池谷拓馬, 2024, 富士山，馬伏川岩屑なだれ堆積物中の埋もれ木の産状, 日本火山学会秋季大会, P51

安田敦・亀谷伸子・嶋野岳人・田島靖久・吉本充宏, 2024, 富士山のテフラ対比・同定のためのオンラインデータベースの紹介, 日本火山秋季大会, P52

Yamamoto, S., Kametani, N., 2024, Eruptive history of Mt. Fuji over the past 8000 years reconstructed from proximal volcanic-dammed lake sediments, Goldschimidt2024

西澤達治・吉本充宏・亀谷伸子・安田敦, 2024, 1万9千年前頃の星山期終盤における富士山の火山活動, JpGU2024, SVC30-06

勝木悠介・坂田周平・西澤達治・高橋正樹・中井俊一・中村仁美・原口悟・岩森光, 2024, Latent thermodynamic parameter in the chemical compositional variation of basalts of the Fuji volcano, central Japan, identified by unsupervised machine learning, JpGU2024, SVC30-07

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和6年度に引き続き，地質調査および化学分析等をおこなう。詳細なテフラ層序構築のため、かつての模式露頭である太郎坊で重機を用いた掘削調査を予定しており、許認可等手続きを進めている。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

山梨県富士山科学研究所 富士山火山防災研究センター
他機関との共同研究の有無：有
安田敦（東京大学地震研究所）,岩森光（東京大学地震研究所）,中村美千彦（東北大学理学研究科）,嶋野岳人（鹿児島大学理工学域理学系）,田島靖久（日本工営株式会社中央研究所）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：山梨県富士山科学研究所 富士山火山防災研究センター
電話：0555-72-6211
e-mail：fujisanken@mfri.pref.yamanashi.jp
URL：https://www.mfri.pref.yamanashi.jp/index.html

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：亀谷伸子
所属：研究部 富士山火山防災研究センター

令和６年度年次報告

課題番号：MFRI03

（1）実施機関名：

山梨県富士山科学研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）富士山の地球物理学的火山観測
（英文）

（3）関連の深い建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(5) 大規模火山噴火

（4）その他関連する建議の項目：

2 地震・火山噴火の予測のための研究
(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(6) 高リスク小規模火山噴火

（5）本課題の５か年の到達目標：

本課題においては、富士山噴火からの逃げ遅れのない避難に資する観測項目の整備とデータの流通を目指す。富士山は広い火口想定域のどこから噴火するか直前までわからないという特徴があり、このことが富士山の火山防災上の大きな問題となっている。この問題について、地球物理学的な諸現象の観測によりいち早い火口位置の特定ができれば、噴火の早い段階で避難するべき人数をかなり絞り込むことができる。そのため予兆を捉えるための多角的な観測研究として深部低周波地震の波形タイプによるグルーピングや重力変化のモニタリングに取り組み、火口位置早期特定のための観測として小アレイ観測手法を取り入れた空振観測に取り組む。いずれも５ヵ年の計画として、実際の火山活動の活発化に際し有用なデータを得るに足る観測・解析体制の強化を目標とする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

重力観測については５ヵ年を通してデータの取得と蓄積を進め、ノイズ除去と観測精度向上のための取り組みを進める。特に降雨等陸水の影響による重力擾乱除去については、関係各機関との協力をしながら、災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第２次）から継続して実施していく。まずは気象観測に取り組み研究所及び４合目の連続観測データの差分と降雨の関連についての解析を進める。また、連続観測データによる潮汐パラメータ決定等を通して重力観測の精緻化を図る。空振観測についてはまず観測点選定のための調査を行い、空振観測網の部分構築を行う。設置以後はデータの取得と蓄積を進めつつ、必要に応じて観測網の拡充や観測点の再配置などを行う。より実践的な火口位置早期特定を実現するために、噴火と同様に山中で発生するスラッシュ雪崩や落石などのハザードに焦点を当てて観測と解析を行う。地震観測についてはまず深部低周波地震の波形分類および波形タイプごとの特徴の抽出、地震観測点の設置を行う。波形タイプの特徴抽出では、富士山における過去の長期波形データに基づき、深部低周波地震の波形分類を行い、タイプごとの波形の特徴、発生過程、震源、活動推移に関する解析を行う。その後、震源決定精度の向上のために、新たな地震計の設置場所の選定および観測を行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

富士山の大きな標高差と小さなノイズレベルを活かしながら重力観測の高度化に取り組んでいる。今年度も多くの研究機関に参加いただき合同観測を実施した。観測では富士山科学研究所、5合目に加えて都留文科大学まで標高を下げた観測点を含めた３点での絶対重力測定を実施しながら、３点を行き来する相対重力計によるキャンペーン観測を実施した。また、本年度は富士山科学研究所において４ヶ月弱の超電導重力計による連続観測を実施した。具体的には、東北大学から東京大学に移管されたiGrav#003機を稼働させながら、並行して絶対重力観測によりそのドリフト挙動の確認等を行なった。このデータについて、台風によってもたらされた短時間での多量の降水を観測し、絶対重力計と超電導重力計によって同様の降雨応答記録を得た。

富士山における深部低周波地震と他の地震火山現象の関係を明らかにするために、2006年から2022年に発生した深部低周波地震の波形分類を行い、各波形グループの波形の特徴、震源、活動推移、発震機構を精査した。波形相関に基づく階層クラスタリングを使用して、G1–5の５つの波形グループに分類することができた。G1, 2, 4の波形は1–2 Hzの低周波成分のみに卓越する一方で、G3, 5では低周波成分のみの波形に加えて3–8Hzに卓越する波形が見られた。各グループの震源はG1が山頂直下、G2が富士山東部、G3が富士山北部～北東部、G4が富士山東部～北東部、G5が富士山北東部に位置した。震源の深さは10–20 kmであり、震源域の下部が2008–2010年に発生した山体膨張源の深さ15–20 kmに対応した。いずれのグループも流体の関与を示唆する等方成分を含んだ。各グループの活動は異なり、2008年に活動開始したG2や2009年以降発生頻度が増加したG4は山体膨張発生期と活動が同時期であり、2011年以降活動が高まったG5は2011年静岡県東部地震の発生と活動が同時期であることがわかった。G1は2006年末に増加し、G5は2009年にやや発生数が増加したが、他のグループほど明瞭に地震火山現象と活動時期が重なることはないことがわかった。

空振観測に適した地点の調査のため、合計で47地点の空振ノイズ状況を調査した（図２）。その結果、主要道路である富士スバルラインの近辺ではノイズレベルが大きく、林道周辺ではノイズ状況が小さいことが判明した。これを受けて、富士林道および滝沢林道のそれぞれに小アレイ空振観測点を試験設置した。また、落石観測のために富士山宝永火口内に小アレイ空振観測点を設置し、通年での観測を開始した。スラッシュ雪崩に備えて、富士砂防事務所岩樋観測点にて実施している小アレイ空振観測について、ノイズ状況改善のための改修を行った。また、やまなし火山防災イノベーションピッチコンテストに採択された株式会社クローネとの共同研究も兼ねて、河口湖町の小中学校に微気圧計 (空振観測が可能な気圧計) を設置し、観測を開始している。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

大規模火山噴火のテーマに貢献する項目として、大規模な噴火の前兆現象による重力シグナルを高精度に検知するための基礎的な研究が進んでいるところである。重力観測による前兆検知は大規模な噴火ほど効果的であると考えられる。一方で、火口が広大な山体のどこに出現するかわからない富士山において、いち早く火口位置を特定するための空振観測の取り組みは、比較的シグナルの小さな溶岩流を流すタイプの噴火を想定して進めている。こうした取り組みは大規模な噴火において力を発揮できる観測体制を提案できるものとなっていくはずである。また、こうした富士山における一連の取り組みは前兆を捉え備えるとともに、素早い火口位置推定によって避難するべき人数を絞り込むという、災害軽減を強く意識した取り組みとなっている。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

今西祐一・西山竜一・本多亮・丸藤大樹・名和一成，松代における絶対重力測定との比較による超伝導重力計CT #036およびiGrav #028の感度検定，2024，測地学会誌，70，13-25，doi: https://doi.org/10.11366/sokuchi.70.13,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

今西祐一・西山竜一・本多亮・丸藤大樹・名和一成，2024，松代における絶対重力測定（2023年6月）と超伝導重力計CT #036およびiGrav #028の感度検定，地球惑星科学関連学会2024年連合大会，SGD01-P01

本多亮・今西祐一・西山竜一・風間卓仁・若林環・名和一成・堀川卓哉・後藤宏樹・市川隆一・市原寛・松廣健二郎・岡田和見，2024，富士山重力観測網の拡充と2023年の観測成果，地球惑星科学関連学会2024年連合大会，SGD01-P02

市川隆一・関戸衛・小野徹二・今西祐一・西山竜一・本多亮・宮原伐折羅・加藤知瑛・市村和輝・菅原安宏・酒井和紀・中島正寛・小川拓真・松尾功二・風間卓仁，2024，光原子時計不確かさ評価のための相対重力計gPhoneXの性能評価，地球惑星科学関連学会2024年連合大会，SGD01-P05

岡田真介・越谷信・田﨑陽平・本多亮・平松良浩・石山達也・野田克也・萬谷良平，2024，折爪断層における浅層反射法地震探査，地球惑星科学関連学会2024年連合大会，SSS11-P01

山河和也・池谷拓馬・鈴木雅博・本多亮，2024，富士山宝永火口における落石の空振-地震観測，地球惑星科学関連学会2024年連合大会，SVC26-P11

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和7年度は基本的には今年度の研究を継続する。重力観測においては降雨応答の解析に本確定に着手するとともに、継続的に高度化の取り組みを進める。低周波地震の波形解析についても継続するとともに、観測点の新設を試みる。空振観測については本年度展開した観測点において得られたデータの解析を進める。これにより観測点デザインの評価を実施し、効果的な観測点デザインの提案に向けて継続的に取り組んでいく。

新たな取り組みとしてはGNSSの観測に着手できるよう準備を進める。富士山においては特に北麓側においてGNSS観測点の空間密度が小さく、Mitsui and Kato（2019）で報告されたように、膨張イベント等火山活動の検知に難があると言わざるを得ない。これらを解消するための観測点設置を計画する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

山梨県富士山科学研究所富士山火山防災研究センター
他機関との共同研究の有無：有
東京大学地震研究所,産業技術総合研究所,京都大学理学部

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：山梨県富士山科学研究所富士山火山防災研究センター
電話：0555726211
e-mail：fujisanken@mfri.pref.yamanashi.jp
URL：https://www.mfri.pref.yamanashi.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：本多亮
所属：研究部富士山火山防災研究センター

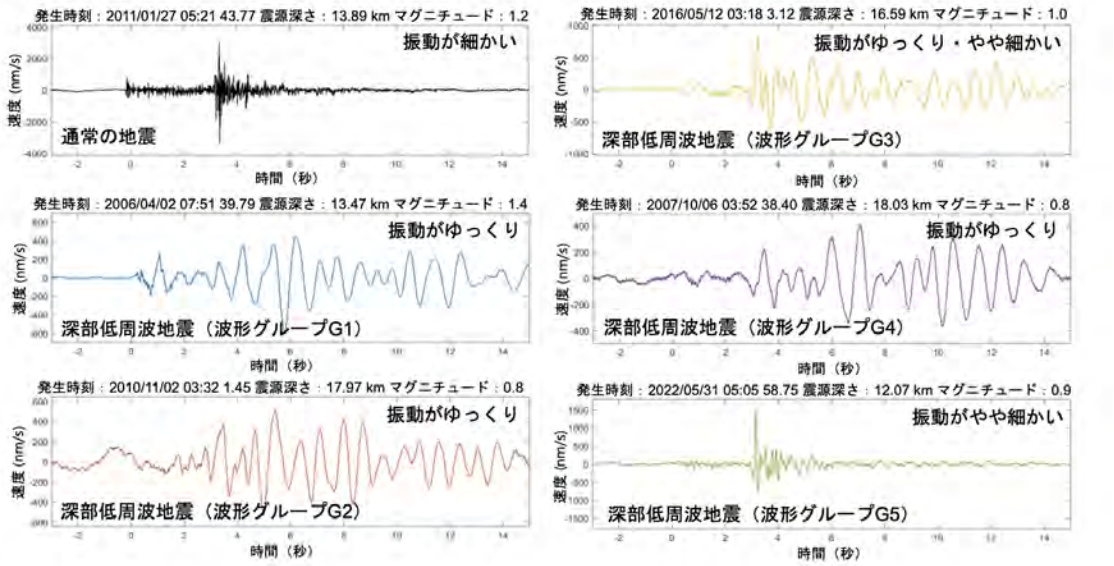


図１．富士山で観測される代表的な地震波形例
富士山周辺の地震観測点で2006年～2022年までに観測された通常の地震と、本解析によって分類した低周波イベントの各グループの代表的な地震波形を示す。

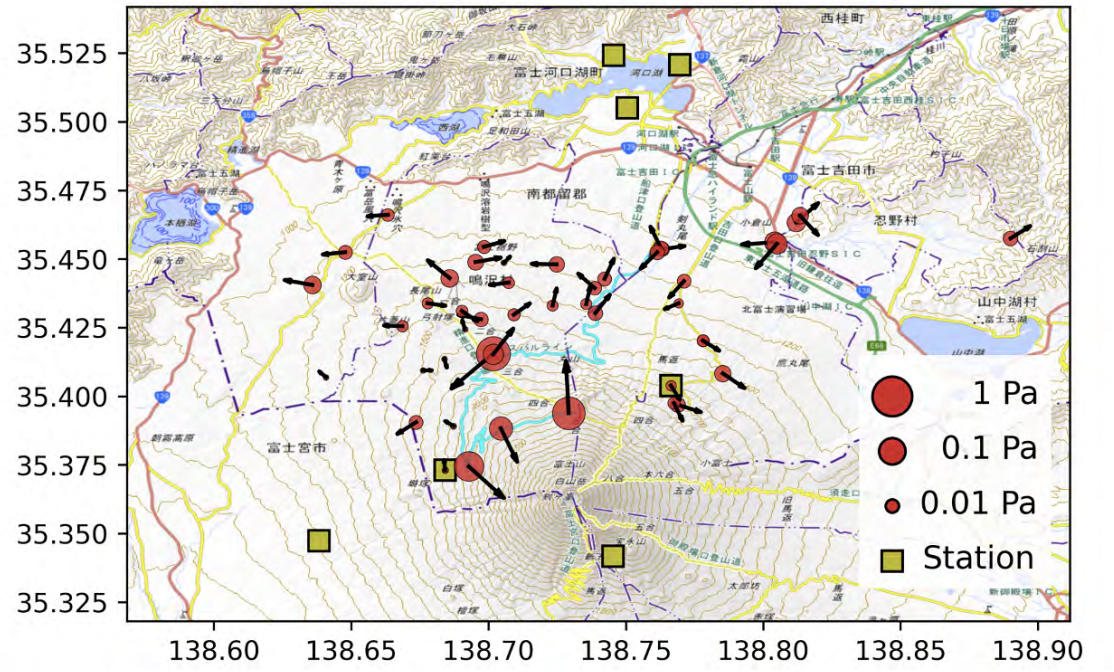


図２．空振観測点とノイズレベル
一定期間定常的な観測を実施した観測点（station）とノイズ調査地点を示す。赤丸の大きさがノイズレベルの大きさを、矢印の方向がノイズの主な到来方向を示す。

令和６年度年次報告

課題番号：NAB_01

（1）実施機関名：

奈良文化財研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）考古・地質・歴史資料による地形発達と地質表層部-深層部応答にみる災害発生メカニズム分析と歴史災害痕跡データベースの拡充構築

（英文）Disaster occurrence mechanism analysis based on geomorphological development and geological surface-deep layer response using archaeological, geological and historical materials, and expanding construction of Historical Disaster Evidence Database

（3）関連の深い建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
イ. 考古データの収集・集成と分析

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
地震
火山
２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
イ. 内陸地震の長期予測
５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(4) 内陸で発生する被害地震
(5) 大規模火山噴火

（5）本課題の５か年の到達目標：

本課題では、以下の6点を目標として挙げる。
1）全国における考古発掘調査に伴って検出される災害痕跡のデータベースの拡充更新
2）史資料災害痕跡記録の「歴史災害痕跡データベース」での表示件数の拡充
3）考古資料－史資料対比による過去の被災実像の検証
4）地質資料による地殻構造および地形発達史の「見える化」フローの構築
5）考古資料－地質資料対比による地質表層部－深層部応答分析による災害発生メカニズムの検討
6）統合的検索に向けたデータベースの拡充
7）地方公共団体等によるデータベース入力の推進
8）歴史災害痕跡データベースによる地域災害履歴の「見える化」と地域ハザード理解の深化への貢献

（6）本課題の５か年計画の概要：

本課題5か年の到達目標のうち、1）～3）、および7）は、5か年を通じて継続的に調査・研究を進めていく。2）史資料災害痕跡記録の「歴史災害痕跡データベース」での表示件数の拡充については、東京大学史料編纂所ならびに地震火山史料連携研究機構と連携して進める。また7）地方公共団体等に

よるデータベース入力の推進については、現在、兵庫県を中心に入力方法やセキュリティーの検討を進めており、一定の成果が得られるようになった段階で全国への普及を進めていく予定である。
　令和6年度は、4）地質資料による地殻構造および地形発達史の「見える化」フローの構築に向けてBIM/CIM技術の導入を進め、海岸平野としては大阪平野を、盆地としては京都盆地、奈良盆地の地質資料を用いて、基本的な地殻構造や地形発達モデルの構築を進める。令和7年度以降は、さらに「地殻活動の機動観測を通じた内陸地震に伴う災害の軽減に関する総合的研究【DPRI10】」と協力し、DASによる地震動測定や機動観測成果からこれらのモデルの精度を高める。また5）考古資料－地質資料対比による地質表層部－深層部応答分析による災害発生メカニズムの検討も、地殻構造や地形発達モデルが修正し始める令和7年度から本格的に進める。くわえてこれらのデータ群を歴史災害痕跡データベースで統合検索するためのレコード項目の設定や表示方法の検討を進める。
　令和8年度以降については、令和7年度までに進めた考古、地質、歴史資料データを登録、統合検索するためにデータベース構造の拡充を始める。同時に地殻構造や地形発達に関わるデータも外部から入力できる入力システムの拡充も継続的に進める。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

目標1）については、奈良文化財研究所が有する「全国遺跡報告総覧」（https://sitereports.nabunken.go.jp/ja）に掲載される全国131,972件の発掘調査報告を精査し、地震痕跡の記載（キーワード：地震・断層・液状化）がある1,670件の情報を抽出し、そこに地震痕跡の検出調査地点の緯度・経度情報、災害痕跡種別、地震発生想定時期等を付記した「全国大規模地震痕跡データセット」を構築し、データ活用が容易となるようCSV形式で一般公開（https://sitereports.nabunken.go.jp/ja/cultural-data-repository/75）を始めた。
目標6）は、東京大学地震火山史料連携機構（地震研究所・史料編纂所）の有する歴史資料データベースとの統合検索を行うために「歴史災害痕跡データベース」（https://hde-gis.nabunken.go.jp/）に実装しているAPI機能の改修・拡充を行った。
目標7）は、「歴史災害痕跡データベース」へのデータ入力インターフェースの試験運用を兵庫県まちづくり技術センターおよび（株）PASCOと連携して始めた。一部入力方法に課題があるが、次年度には通常運用を進められる段階まで到達した。
目標4）は、BIM/CIM技術の導入を進め、地質情報の基盤となるボーリング・コアや、発掘調査で行われる層相記載について、デジタル情報化し空間情報システムとして一元的に取り扱うために、初期的な調査フローの構築を行った。
目標5）は、「西日本における地殻活動の機動観測を通じた内陸地震に関する総合的研究(DPRI10)」の、光リモートセンシングによる表層地質の揺れやすさ観測と、発掘調査で検出した地震痕跡との相関性についての検証を進めた。次年度以降もこの成果について検証を進める。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

　本課題で構築・公開を進める「歴史災害痕跡データベース」および公開を始めた「全国大規模地震痕跡データセット」は、「地震・火山現象の解明」に向けた「考古データの収集・集成と分析」とまさに合致するものである。さらに「低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象」を解明するためには、過去の災害事象の時空間的分布が明らかになる櫃お湯があり、全国規模で過去の災害痕跡データの集成が重要な情報基盤となる。よって研究成果の充実は建議項目の進捗につながり、今後も継続的な成果の拡大を進める。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

村田泰輔, 西口顕一, 関口洋美, 2024, 歴史災害痕跡データベースの表示デザインの研究. 奈文研論叢5, pp.1-14.,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

村田泰輔, 2024, 考古・歴史資料による潜在したハザードの見える化～今ある情報を見直し、私たちの将来の安心・安全へ～.　阪神・淡路大震災30年事業令和６年度 防災特別講演会（防災エキスパート研修会）, 公益財団法人　兵庫県まちづくり技術センター主催

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

（11）令和７年度実施計画の概要

令和6年度に公開を開始した「全国大規模地震痕跡データセット」について、「全国遺跡報告総覧」を用いた検索キーワードを増やすと共に、「火山噴火災害」や「水害」についての検索を進め、同様のデータセットの構築と公開を進める（目標1）とともに、「歴史災害痕跡データベース」上での検索・表示化を進める（目標1）。

さらに歴史資料と合わせた統合検索の確立に向け、データセット構造の改修・拡充、さらに検索方法の検討を進め（目標2、6）、両資料の突合から得られる過去の被災実像についての検証に取り組む（目標3）。

今年度準備を進めたBIM/CIM技術の導入による空間情報システムおよびその調査フローについて、「西日本における地殻活動の機動観測を通じた内陸地震に関する総合的研究(DPRI10)」との共同研究成果等の検証を進め(目標4、5)、地域災害履歴の「見える化」と地域ハザード理解の深化（目標8）に寄与する研究を始める。

地方公共団体等によるデータベース入力（目標7）については、令和6年度に続き令和7年度でも継続し、課題点の抽出と解決を進め、「歴史災害痕跡データベース」への全国の地方公共団体からのデータ入力体制の強化を進める。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

村田泰輔（独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所）,西山昭仁（独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所）,馬場基（独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所）

他機関との共同研究の有無：有

加納靖之（東京大学地震火山史料連携研究機構）,杉森玲子（東京大学史料編纂所）,榎原雅治（東京大学史料編纂所）,蝦名裕一（東北大学災害科学国際研究所）,宮澤理稔（京都大学防災研究所地震災害研究センター）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：国立文化財機構奈良文化財研究所埋蔵文化財センター遺跡調査技術研究室
電話：0857-30-6848
e-mail：murata-t5j@nich.go.jp
URL：https://www.nabunken.go.jp/info/contact.html

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：村田泰輔
所属：国立文化財機構奈良文化財研究所埋蔵文化財センター遺跡調査技術研究室

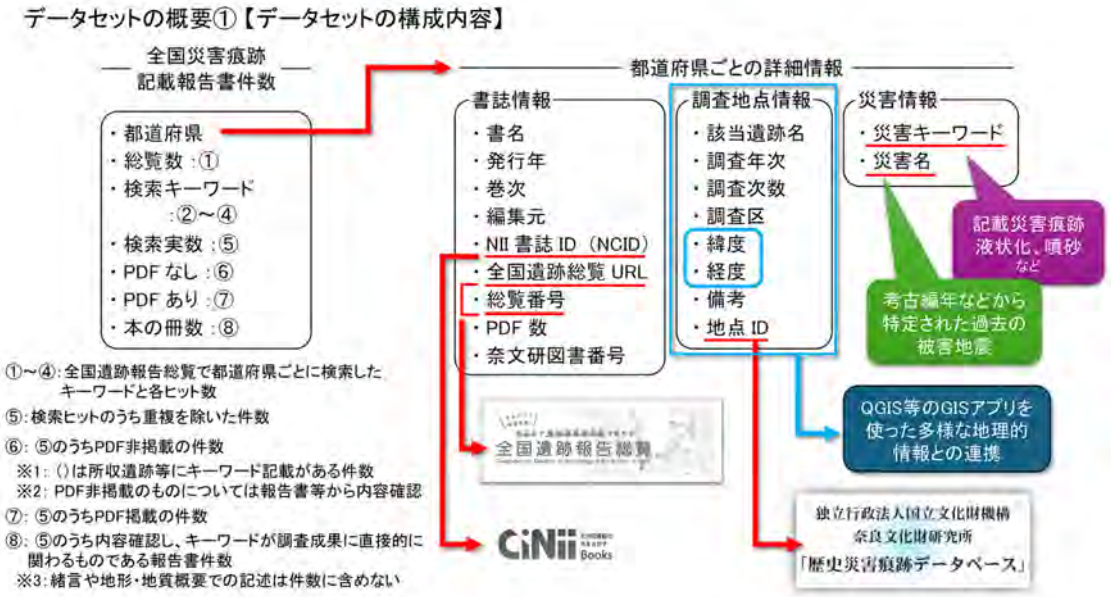


図1 全国大規模地震痕跡データセットのモデル図
「全国大規模地震痕跡データセット」が掲載する1レコードの項目、データリンクの解説

図2 データセットを用いた地図表記事例
「全国大規模地震痕跡データセット」のうち、福井県のデータについて、QGISを用いて表示した事例。基盤地図として国土地理院地図（淡色地図および地形分類図（自然地形））を用いた。

令和６年度年次報告

課題番号：NAB_02

（1）実施機関名：

奈良文化財研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地震関連史料に基づく前近代の内陸地震の調査

（英文）Investigation of pre-modern inland earthquakes based on earthquake-related historical documents

（3）関連の深い建議の項目：

２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
イ. 内陸地震の長期予測

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
地震
２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(4) 内陸で発生する被害地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

本研究課題の目標は、信頼性の高い史料に記されている地震被害や有感地震の記述を用いて、前近代に発生した内陸地震の震度分布図を作成し、現行の活断層の調査・研究成果や地震活動の観測データなどを組み合わせて、特定地域における過去の地震活動の実態を解明していき、内陸地震における新たな長期予測手法の開発に寄与することである。

本研究課題では、前近代における歴史地震研究の基礎である信頼性の高い史料が数多く現存しており、史料に記録されている被害地震の事例が多い京都や奈良を中心とする近畿地方の内陸地震を主な対象とする。本研究において基本となるのは、歴史地震研究に有用な信頼性の高い史料の調査・収集・分析であり、それに基づいた史料データ、位置データ、震度データといったデータセットと震度分布図の作成である。

本研究の最初の2年間については、前近代の京都・奈良に大規模な被害を及ぼした複数の歴史地震を対象として、史料の調査・収集及び、信頼性の高い史料に基づいたデータセットと震度分布図を作成していく。これに活断層の調査・研究成果や現行の地震活動の観測データなどを組み合わせて、地震の規模や震央（震源）の位置を再検討する。次の2年間については、前近代の京都・奈良を中心としてその周辺にも大規模な被害を及ぼした複数の歴史地震を対象にして、上記のような研究を実施していく。最後の1年間については、前近代の京都・奈良とその周辺地域に小規模な被害を及ぼした複数の歴史地震を対象にして、これまでの歴史地震研究ではあまり検討されてこなかった中・小規模の地震についても、上記のような研究を実施していく。

これら複数の歴史地震に関する再検討の成果を用いて、前近代の近畿地方とその周辺地域における内陸地震の発生実態を解明し、当該地域における地震の長期予測の研究に資することを目指す。

（6）本課題の５か年計画の概要：

令和6年度ならびに令和7年度においては、前近代の京都・奈良に大規模な被害を及ぼした歴史地震について、史料の調査・収集を行い、信頼性の高い史料に基づき、複数の要素を用いた震度推定によって震度分布図を作成する。この震度分布図に活断層の調査・研究成果や現行の地震活動の観測データなどを組み合わせて、地震の規模や震央（震源）の位置を再検討する。

令和8年度ならびに令和9年度においては、前近代の京都・奈良を中心とした近畿地方における歴史地震について、史料の調査・収集を行い、信頼性の高い史料に基づいて、複数の要素を用いた震度の推定方法で震度分布図を作成する。対象範囲を京都・奈良の周辺地域にまで拡大し、活断層の調査・研究成果や現行の地震活動の観測データなどを組み合わせて、地震の規模や震央（震源）の位置の再検討を行う。

令和10年度においては、前近代の京都・奈良とその周辺地域に小規模な被害を及ぼした歴史地震について、史料の調査・収集を行い、信頼性の高い史料に基づいて、複数の要素を用いた震度の推定方法で震度分布図を作成する。研究事例の僅少な中・小規模の歴史地震についても、現行の地震活動の観測データなどを組み合わせて地震の規模や震央（震源）の位置の再検討を実施する。本研究課題で実施した歴史地震の再検討の成果を用いて、前近代における近畿地方とその周辺地域における内陸地震の発生実態を検討し、近畿地方とその周辺における地震の長期予測に資する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

令和6年度は、前近代の京都・奈良に大規模な被害を及ぼした歴史地震のうち、江戸時代後期の文政十三年七月二日（グレゴリオ暦：1830年8月19日）に発生して京都とその周辺に被害を及ぼした地震（以下、1830年文政京都地震または本地震と称する）を対象とし、史料に基づく震度分布図の作成と地震の規模や震央（震源断層）の再検討を行った。

1830年文政京都地震に関する信頼性の高い史料を調査・収集して、史料記述の分析から史料テキスト・位置情報・推定震度のデータセットを作成し、既往研究よりも確度の高い震度分布図を作成した。また、史料に基づいて新規に作成した確度の高い震度分布図を用いて、本地震の断層モデルに関して予察的な検討を行った。宇佐美・他（2013）において震央が推定されている京都西山断層帯の殿田断層・神吉断層付近に設定した断層モデルでは、史料に基づく震度分布図との間に相違が生じた。そこで次に、断層モデルを同断層帯南東の神吉断層・越畑断層付近に設定し、M6.5程度の地震を想定した場合、史料に基づく震度分布図の特徴を良く説明できた。このようにして、1830年文政京都地震に関する信頼性の高い史料と、それらに基づいて作成した確度の高い震度分布図を用いて、既往研究では推定されていない本地震の断層モデルの可能性を提示した。

以下では、今年度の研究において実施した史料記述に基づくデータの作成過程や、史料に基づく震度分布図を用いた断層モデルの検討について、具体的に説明していく。

本研究課題では、従来よりも確度の高い震度分布図の作成を目的としており、信頼性の高い史料の中でも、多数の建造物被害が具体的に記されている史料を優先的に調査・収集し、本地震の分析に使用した。既刊地震史料集を史料索引として活用し、所収されている本地震に関する史料を列挙すると、史料集計8冊中に合計266件あり、そのうち165件は本地震の被害の概要や人々の対応などについて記されている史料である。このような地震被害の概要が記された史料は、史料件数の約6割を占めており、ほとんどの場合で被害記述が詳細ではなく、記述されている被害発生場所が少ないため、震度分布図の作成にはあまり有効に活用できない。そこで、信頼性が高く多数の建造物被害が具体的に記されている史料の写真版や良質な活字本に基づいて、震度分布図を作成するための史料テキスト・位置情報・推定震度（史料データ・位置データ・震度データ）から成るデータセットを作成した。

既往研究である宇佐美編（2010）で提示されている本地震の震度分布図においては、京都盆地とその周辺部の推定震度の地点が多数あり、重なって表記されているために判読が不可能である。また、そこに提示されている全ての推定震度の地点において、基になった既刊地震史料集所収の史料名や史料記述について明記されておらず、原典史料に戻って内容を確認することは困難である。そのため、京都盆地内については西山（2010）で提示されている京都盆地での被害分布を用い、被害発生場所を増補して各種データを作成し、周辺地域については多数の建造物被害が具体的に記されている史料から新規にデータを作成した。当該期の京都市街地における町家の多くは桟瓦葺屋根であり、地震によって大きな揺れを受けた場合、大破・倒潰しやすい構造を有していたため、本地震における震度の推定

に際しては、町家が多数倒潰したという被害状況だけではなく、当該期の町家の特性を考慮して若干小さく震度を推定する必要がある。また、本地震では築地塀・練塀が数多く大破・崩壊しており、この場合には地震動に対して脆弱であった築地塀・練塀の特性を考慮して、震度を若干小さく推定する必要がある。

一方で、宇佐美編（2010）の本地震の震度分布図には、京都盆地から遠く離れた場所において、被害が生じず有感のみであった場所が複数示されており、これらについては判読が可能である。このような遠地での有感場所については、本地震の有感範囲を検討する際に重要ではあるが、この場合も基になった既刊地震史料集の史料名や史料記述は明記されていない。そのため、本研究では原典史料を可能な限り調査して記述内容の検討を行った。その結果、宇佐美編（2010）で提示されている遠地での有感場所について、基になったと考えられる既刊地震史料集の史料の中に、後世に編纂された自治体史で基の史料が不明な場合や、史料記述の解釈が間違っている場合などが複数確認できた（11地点）。そのため、これらの有感場所については今後、1830年文政京都地震の震度分布図では不採用にした方が良いと考える。

以上のような検討を踏まえて、信頼性の高い史料に基づいて史料テキストを作成し、史料にある建造物の被害状況から被害種別を分析した。そして、史料に基づく被害種別だけではなく、町家や築地塀・練塀のように当時の建造物の特性がわかる場合はその条件を踏まえて、西山・原田（2022）に基づいて被害発生場所ごとに震度を推定した。また、当時の被害発生場所ごとに可能な限り現住所を特定して緯度・経度を求めた。さらに、遠地での有感を示す有感記述については、既刊地震史料集所収の史料を調査・分析して、現地で記された信頼性の高い同時代史料のみを選び出し、有感場所ごとに現住所を特定して緯度・経度を求めた。このように、史料記述から作成した史料テキスト・位置情報・推定震度といった各種データを一覧表にまとめたデータセットを作成し（100地点分）、これに基づいて従来よりも確度の高い本地震の震度分布図を作成した。この震度分布図によると、遠地での有感場所の範囲は、北東：富山県氷見市、西：島根県出雲市、南：三重県伊勢市に限定され、京都盆地北東部で震度5強～6強、亀岡盆地で震度5弱～6弱の大きな震度がみられる。このことから本地震の震央（震源）は、京都盆地北西に位置する京都西山断層帯（地震調査委員会、2005）付近に推定できる。

既往研究では震央（震源）となった活断層は推定されていない。そこで、本地震に関する予察的な検討として、京都西山断層帯において様々な位置・規模の断層モデルを設定し、地震動予測式（司・翠川、1999）から震度分布を計算して、史料に基づいて推定された震度分布図との比較を行った。まず、宇佐美・他（2013）で震央が推定されている京都西山断層帯の殿田断層・神吉断層付近に設定した断層モデル（断層長さ15km、Mw6.2）では、京都盆地北東部・亀岡盆地の計算震度が最大で震度5強にとどまり、史料に基づいて推定された震度6弱を説明することはできなかった。設定した断層モデルのMwを大きくした場合、京都盆地北東部や亀岡盆地の計算震度は震度6弱になるが、同時に京都盆地南部・琵琶湖沿岸においても震度6弱となり、史料に基づいて推定された震度5弱との整合性が良くなかった。一方で、京都西山断層帯の神吉断層・越畑断層付近に設定した断層モデル（断層長さ15km、Mw6.2）による計算震度は、京都盆地北東部と亀岡盆地の双方で、史料に基づいて推定された震度分布を最も良く説明することができた。なお、亀岡断層付近に設定した断層モデルによる計算震度は、同盆地周辺において震度6弱～震度6強がやや広域に広がる一方で、京都盆地北東部においては最大震度5強程度にとどまり、史料に基づいて推定された震度分布を説明することはできなかった。以上のような予察的な検討から、1830年文政京都地震は、京都西山断層帯の神吉断層・越畑断層付近で発生したM6.5程度の地震であった可能性が示唆される。今年度の本地震に関する予察的な検討は、地震動予測式による簡易的なものであるため、今後は神吉断層・越畑断層周辺の震度に関して、断層破壊の不均質・指向性などを反映した詳細な検討を実施していく必要がある。

【参考文献】

西山昭仁, 2010, 文政京都地震（1830年）における京都盆地での被害要因の検討 ―桟瓦葺屋根の普及による被害の拡大―, 東京大学地震研究所彙報, Vol.85, No.1/2, 33-47.

西山昭仁・原田智也, 2024, 1830年文政京都地震における京都での被害状況と地震像［講演要旨］, 歴史地震, 第39号, 227.

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

地震関連史料に基づく前近代の内陸地震の調査によって、京都盆地周辺地域の活断層の活動度に関

して歴史地震に基づく新たな知見を提示することができ、今後の近畿地方おける地震の長期予測の評価に貢献できると考える。また、このような前近代の内陸地震に関する検討は、宇佐美・他（2013）や『理科年表』など既存の歴史地震カタログの修正を提案するものであり、歴史地震カタログの修正と改善によって、内陸地震の長期予測の高度化に寄与できると考える。

歴史地震カタログは、地震調査研究推進本部において実施されている主要な内陸活断層での地震発生可能性の長期評価に活用されており、政府・自治体・民間の地震防災対策においても重要な基礎資料になっている。そのため、本研究課題における史料の再検討による震度分布図の作成と歴史地震の規模や震央（震源）の見直しの成果は、将来的に京都・奈良を含む近畿地方の地域防災計画へと反映され、今後の地震発生時における災害の軽減に貢献することができる。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

原田智也・西山昭仁・石辺岳男, 2024, 歴史地震カタログに含まれる実在が疑わしい地震, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SSS11-P13.

原田智也・西山昭仁・石辺岳男, 2024, フィリピン海スラブ内の地震の可能性がある1861年西尾地震, 巨大地震・巨大津波に関する国際研究集会 －2004年スマトラ・アンダマン地震から20年間の進歩と今後の展望－.

西山昭仁・原田智也, 前近代の南海トラフ地震前後における京都での有感記録の検討, 第41回歴史地震研究会（木曽御嶽大会）, O-19.

西山昭仁・石辺岳男・片桐昭彦, 2024, 有感記録に基づく1802年享和佐渡小木地震の地震像の検討, 日本地震学会2024年度秋季大会, S10-03.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和7年度においては、令和6年度に実施した1830年文政京都地震に関する地震関連史料の調査・収集とデータセットの構築を継続して実施し、令和6年度のデータセットに追加してより詳細な震度分布図を作成する。また、史料に基づいて推定された震度分布図と新たに作成する予測震度分布図とを組み合わせて、前年度よりも確度の高い断層モデルの推定を試みる。併せて、前近代の京都・奈良に被害を及ぼした他の歴史地震に関する史料についても、令和8年度以降の研究に向けて調査・収集を実施する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

金田明大（独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所）,村田泰輔（独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所）,西山昭仁（独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所）,馬場基（独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所）

他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所
電話：0742306848
e-mail：murata-t5j@nich.go.jp
URL：https://www.nabunken.go.jp/info/contact.html

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：金田明大
所属：独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所

令和６年度年次報告

課題番号：NGT_01

（1）実施機関名：

新潟大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）日本海沿岸地域を中心とした地震・火山噴火関連災害の解明のための史料収集と解析
（英文）Collection and analysis of historical documents for clarification of disasters related to earthquakes and volcanic eruptions on the coast of the Sea of Japan

（3）関連の深い建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ア. 史料の収集・分析とデータベース化

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
地震
火山
２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
イ. 内陸地震の長期予測
５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(4) 内陸で発生する被害地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

1.日本海沿岸を中心とした地震・火山現象に関連する史料を各地の文書館・図書館等の史料保存機関で調査・収集し,新たな史料については翻刻・分析を行い,データベースの構築につとめる.2.史料の収集・分析にあたっては,災害発生前後の環境・地形・天候などにも意識を拡げ,地震・火山噴火が複合・連鎖する災害（積雪,融雪,降水などに伴う地すべりや洪水など）の発生メカニズムの解明に貢献する.3.従来重視されることの少なかった年代記や絵図,一枚摺などの史料にも注目し,地震・火山等の歴史災害研究に必要な新たな災害史料学の展開を試みる.4.これまでの研究で実施してきた事例の中から,日本海沿岸地域を中心とした地震関連災害の解明を重点的に行う.とくに日本海沿岸地域は冬期の積雪が多いことから,地震災害と積雪との複合災害について研究を推進する.5.収集・分析した史料に基づき,日本海沿岸地域で発生した内陸地震の震度分布図を作成する.また,震度分布図の作成に用いた史料・位置・震度などの各種データを活用し,内陸地震の規模や震央を再検討して内陸地震の長期予測に寄与する.6.同じ研究対象を歴史学・考古学・地理学の研究者等が共同で研究を行うことにより,地震・火山等災害研究において異なる学問分野の研究者が連携することの重要性を明示する.

（6）本課題の５か年計画の概要：

期間を通じて,日本海沿岸を中心とした地震・火山現象に関連する史料を各地の文書館・図書館等の史料保存機関で調査・収集し,新たな史料については翻刻を行う.また,歴史学・考古学・地理学の研究者が参加する研究会を開催し,各研究者が同じ研究対象を共同で研究する.令和6～9年度は,収集した史料を分析し,地震・火山等の災害記録として活用できるデータを抽出する.近代的な観測データとの比較・検討が可能となる総家数・倒壊家屋数・即死者数等が記載される良質な史料については被害表等を作

成する.収集した災害関連の絵図については,絵図記載の文字の翻刻・トレース図の作成を行う.地震・火山噴火が複合・連鎖する災害（積雪,融雪,降水などに伴う地すべり・洪水など）の発生前後を知りうる史料についてはその推移を明示する.令和10年度は,年代記や絵図,一枚摺などを地震・火山等の歴史災害研究に活用する方法を提示する.また,過去の地震・火山等による複合災害・連鎖災害の発生メカニズムのモデルケースを提示する.そして,歴史学・考古学・地理学研究者等が共同で研究してきた成果を吟味し,異なる学問分野の研究者等の連携研究の方法を明らかにする.

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

今年度の主な成果は以下のとおりであり、計画通りに順調に進んだと言える。

1.日本海沿岸地域を中心とした地震・火山現象を解明するため、各地の史料保存機関に所蔵される史資料の調査と分析、既刊の地震・火山噴火史料集に所収される史料の原本調査に基づく校訂作業を実施した。

（1）1361年南海トラフ地震の東海地震関連史料の収集・分析

三河国渥美郡の常光寺（愛知県田原市）伝来の『常光寺王代記并年代記』の康安元年地震記事「自六月一日、迄廿一日、大地震、地破」の出典について史料学的に検討した結果、14～15世紀前半の記事は著者樹王が遠江国浜松庄普済寺（静岡県浜松市）で得た出典に基づいており、当該記事の地震は遠江でおきた可能性が高いとした。

（2）近世後期の地震による液状化噴砂を示す絵図の分析

現在の新潟市西区を描いた近世絵図「西川筋道上山付近絵図（断簡3点）」（新潟市歴史博物館所蔵）について現地比定を行い、描かれる新田の「亥砂入」の範囲が海岸砂丘と氾濫原との境界域に位置することを明らかにし、その形状が砂丘列に平行して細長く伸びること（2024年能登半島地震による被災地と同じ）などから、地震に伴う液状化現象（噴砂）により砂入として年貢減免地を示すために作成されたこと、その地震は年貢減免される亥年の前年戌年の1802年佐渡小木地震の可能性があることなどを提示した。

（3）1828年の越後三条地震・シーボルト台風の史料の諸写本の史料学的検討

1828年のシーボルト台風・越後三条地震の被害情報などを記す史料の写本が各地に残ることについて、新たに翻刻分析した越後国古志郡種苧原村（現長岡市山古志）庄屋坂牧家の写本2点を含む4点の写本の内容を比較検討することにより、伝写の系統や原典を探るとともに、台風・地震等の複合災害に対する「災害知」集積の一環として書写された側面があったことを示した。

（4）既刊地震史料集の校訂作業

1833年庄内沖地震における能登半島の被害を記した「秀藤日記」の記事について原本（石川県珠洲市飯田、春日神社所蔵「葛原秀藤日記」）コピーにより確認し、『新収日本地震史料 補遺続』等に記載される輪島の津波被害者数は100人でなく200人であったことなどを指摘した。

（5）絵図・地図による新潟市西区の潟跡についての検討

2024年能登半島地震により新潟市西区で被害を受けたかつて潟のあった地域を知るため、近世に作成された坂井郷麁絵図と享保4年（1719）北場・亀貝・小新野手場書上絵図（新潟市文書館所蔵亀貝・坂井家文書）を調査しトレース図を作成した。また『西蒲原郡全図』（1914年）について、新川（悪水を海に流す堀割、1820年通水）が描かれる以前の近世絵図も活用して検討し、二枚目潟・ガイルマ潟・マトバ潟・徳仁潟・浦潟・大潟・田潟・安兵衛池・鎧潟・ツノ潟・左（佐）潟・上堰潟の潟と名称が記され、潟名のない潟は白鳥潟であることを確認した。

2．考古学による弥生時代に発生した津波災害の検討

仙台市沓形遺跡で判明した弥生中期中葉（2000 calBP）の大規模な三陸地震津波が発生する以前の弥生時代の集落遺跡の消長分析を行った。その結果、広域的な一斉衰退現象（廃絶を含む）が中期初頭のとくに三陸沿岸～大崎平野で顕著で確認できた。但し、この年代に相当する津波堆積物の検出エリアとはズレがあるため津波によるものかどうかは今後の検討課題である。

3．歴史学・考古学・地理学研究者が参加する第12回歴史地震史料研究会の開催

2024年11月10日に第12回歴史地震史料研究会をオンラインにて開催し,本課題研究者メンバーを中心とした歴史学者7人・地理学者2人・考古学者1人・地震学者1人による研究発表・討議を行った（参加者33人）。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に

対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

今年度は各地の史料保存機関に所蔵される史資料等の調査を行い、1361年東海地震、1802年佐渡小木地震、1828年越後三条地震、1833年庄内沖地震等について、既刊の地震関連史料集収載のうち重要な史料を調査し校訂するとともに、既刊史料集に収載されていない史資料を新たに収集・分析した。また近世の絵図や近代の地図を検討し地震被害が発生しやすい新潟市西区の潟跡の位置等を確認した。さらに考古学的な検討により弥生時代中期初頭に東北地方太平洋側に地震津波があった可能性を指摘した。

今年度に分析した史資料には、従来重視されることの少なかった年代記や絵図も含まれており、研究課題の目標の一つに掲げた新たな災害史料学に必要な素材を得ることができた。これらの成果は、研究計画のうち「関連の深い建議の項目」の1.（1）ア. 史料の収集とデータベース化に十分寄与できると考えられる。次年度以降も新たな地震・火山関連の史資料等の収集・調査・分析を進め、今後の災害被害の予測をはじめ災害の軽減に貢献したい。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

小野映介,2024,令和6年能登半島地震によって生じた越後平野における地盤災害,2024年日本地理学会春季学術大会要旨集,57-57, DOI:https://doi.org/10.14866/ajg.2024s.0_57

小野映介,平安京左京南部における地形環境変遷,災害・復興と資料,16,30-37.,査読有,謝辞有

小野映介・佐藤善輝,2024,地形環境史研究―地理学と考古学・歴史学の接点,古今書院,1-183.

片桐昭彦,2024,災害記録としての『新選和漢合図』写本,災害・復興と資料,16,59-67.,査読有,謝辞有

片桐昭彦,2024,年代記の地震記事と出典―『常光寺年代記』の康安元年地震記事―,第12回歴史地震史料研究会講演要旨集,19-21.,謝辞有

齋藤瑞穂・鈴木正博,2024,先史三陸地震津波概論―縄文時代篇―,災害・復興と資料,16,1-29.,査読有,謝辞有

齋藤瑞穂・鈴木正博,2024,弥生三陸地震津波研究―弥生時代中期中葉以前の環境変動―,第12回歴史地震史料研究会講演要旨集,12-15.,謝辞有

原直史,2024,文政十一（一八二八）年複合災害の様相―豪雨・飢饉・台風・地震―,災害・復興と資料,16,1-13.,査読有,謝辞有

原 直史,2024,1828文政11年複合災害の情報伝播―越後国を中心に―,第12回歴史地震史料研究会講演要旨集,28-30.,謝辞有

原田和彦,2024,安政江戸地震における松代藩邸の被害,災害・復興と資料,16,88-98.,査読有,謝辞有

原田和彦,2024,前近代における長野県大北地域の地震活動,第41回歴史地震研究会（木曽御嶽大会）講演要旨集,3-3.,謝辞有

原田和彦,2024,江戸時代における長野県北部の地震活動,第12回歴史地震史料研究会講演要旨集,22-23.,謝辞有

堀健彦・片桐昭彦,2024,近世期における新潟市西区を描いた絵図と2024年能登半島地震による被害,第12回歴史地震史料研究会講演要旨集,4-5.,謝辞有

矢田俊文,2024,八戸藩における1843年・1856年の地震による津波被害,災害・復興と資料,16,68-75.,査読有,謝辞有

矢田俊文,2024,新潟県西蒲原郡の地図と潟―20世紀初頭―,第12回歴史地震史料研究会講演要旨集,6-8.,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

小野映介,2024,令和6年能登半島地震によって生じた越後平野における地盤災害,2024年日本地理学会春季学術大会,731, DOI:https://doi.org/10.14866/ajg.2024s.0_57

片桐昭彦,2024,歴史地震記録としての年代記,巨大地震・巨大津波に関する国際研究集会―2004年スマトラ・アンダマン地震から20年間の進歩と今後の展望―,9-2.

片桐昭彦,2024,前近代における地震と史料,日本地震学会強震動委員会第43回研究会.

片桐昭彦,2024,年代記の地震記事と出典―『常光寺年代記』の康安元年地震記事―,第12回歴史地震史料研究会,7.

齋藤瑞穂・鈴木正博,2024,弥生三陸地震津波研究―弥生時代中期中葉以前の環境変動―,第12回歴史地震史料研究会,5.

中村元,2024,1964年新潟地震とその復興の歴史的意味―「開発の時代」における意味と課題を考える―,新潟市地震60年・新潟県中越地震20周年公開シンポジウム「そなえる・すくう・たちあがる」,6.

原直史,2024,1828文政11年複合災害の情報伝播―越後国を中心に―,第12回歴史地震史料研究会,10.

原田和彦,2024,前近代における長野県大北地域の地震活動,第41回歴史地震研究会（木曽御嶽大会）,O-03.

原田和彦,2024,江戸時代における長野県北部の地震活動,第12回歴史地震史料研究会,8.

堀健彦・片桐昭彦,2024,近世期における新潟市西区を描いた絵図と2024年能登半島地震による被害,第12回歴史地震史料研究会,2.

矢田俊文,2024,新潟県西蒲原郡の地図と潟―20世紀初頭―,第12回歴史地震史料研究会,3.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

今年度に引き続き地震・火山現象に関連する近代観測開始以前の史資料（とくに年代記や絵図等に注目）を調査・収集し、新たな史資料については翻刻・分析を行う。とくに1666年越後高田地震、1847年善光寺地震、1858年飛越地震など冬・春季に発生した地震と積雪・融雪との複合災害に注目して史料や絵図を収集・分析する。また考古学・地質学・地理学の観点からは十和田火山平安噴火について吉田遺跡（青森県つがる市）、および弥生時代前期の災害について駄坂川原貝塚（兵庫県豊岡市）を調査する予定である。また、歴史学・考古学・地理学研究者とともに研究会を開催する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

片桐昭彦（新潟大学災害・復興科学研究所、同人文学部）,矢田俊文（新潟大学人文学部）,原直史（新潟大学人文学部）,堀健彦（新潟大学人文学部）,中村元（新潟大学人文学部）,北村繁（新潟大学教育学部）,森貴教（新潟大学人文学部）,小野映介（駒澤大学文学部）,齋藤瑞穂（神戸女子大学文学部）,原田和彦（長野市立博物館）

他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：新潟大学災害・復興科学研究所
電話：025-262-6542
e-mail：katagiri@human.niigata-u.ac.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：片桐昭彦
所属：新潟大学災害・復興科学研究所

令和６年度年次報告

課題番号：NGY_01

（1）実施機関名：

名古屋大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）史料の可視化から解明する南海トラフ巨大歴史地震像

（英文）Rupture processes of historical great earthquakes along the Nankai Trough elucidated from visualization of historical documents

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ア. 史料の収集・分析とデータベース化

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
イ. 考古データの収集・集成と分析
ウ. 地形・地質データの収集・集成と文理融合による解釈
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
地震
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
4 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(3) 関連研究分野の連携強化

（5）本課題の５か年の到達目標：

本計画では前計画で有効性が確認されたGISを用いた史料の見える化を南海トラフ全域に広げていく。具体的には三重県，愛知県，静岡県，和歌山県，高知県，大分県，宮崎県などについてもできる限り地方史などを中心に入力を行う。史料だけでなく津波堆積物の情報など南海トラフ地震を考える上で必要な情報についても追加していく。その上で可視化された史料からこれまでに南海トラフで発生したそれぞれの巨大地震の相違点を明確化し、南海トラフ巨大歴史地震の地震像解明を目指す。

また，各地にはまだ翻刻されていない史料もたくさんあることから南海トラフ巨大地震に関する古文書調査，翻刻も並行して行う．またどの史料にどの地震の情報があるのか，すでに出版された史料集を元に検索ができるシステムを前計画で構築したが，その後収集された史料についても追加し検索できるようDBの更新も行う。

兵庫県立大学を中心とした史料調査チームでは，歴史地震に関する史料の収集と解読のための人材育成を通じて，住民が主体的に地域の地震災害の履歴を学び防災意識を高めることのできる方途を検討・

実行することで効果的な防災意識啓発の手法を明らかにする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

令和６年度：三重県，愛知県，静岡県，和歌山県を中心に地方史・郷土史等の史料収集を行うとともにそれらの情報についてGISに入力を行う。地震毎の比較が行える地域についてはその比較を行い，南海トラフで発生したそれぞれの巨大地震の相違点を明確化する。史料調査チームでは有志の参加を募って1854年安政東海・南海地震の記録である「大沢家本願寺関係文書」の解読と未発見史料の探索を行う。

令和7年度：三重県，愛知県，静岡県，和歌山県に加え，新たに高知県の情報についても地方史・郷土史等の史料収集を行うとともにそれらの情報についてGISに入力を行う。地震毎の比較が行える地域についてはその比較を行い，南海トラフで発生したそれぞれの巨大地震の相違点を明確化する。史料調査チームでは令和6年度に引き続き、「大沢家本願寺関係文書」の解読と未発見史料の探索を行うとともに、調査した情報の要約方法について検討を行う。

令和8年度：三重県，愛知県，静岡県，和歌山県，高知県に加え，新たに宮崎県の情報についても地方史・郷土史等の史料収集を行うとともにそれらの情報についてGISに入力を行う。地震毎の比較が行える地域についてはその比較を行い，南海トラフで発生したそれぞれの巨大地震の相違点を明確化する。史料調査チームでは「大沢家本願寺関係文書」の調査結果を取りまとめるとともに、歴史地震資料調査を通した防災教材の作成について検討を開始する。

令和9年度：三重県，愛知県，静岡県，和歌山県，高知県，宮崎県に加え，新たに大分県の情報についても地方史・郷土史等の史料収集を行うとともにそれらの情報についてGISに入力を行う。地震毎の比較が行える地域についてはその比較を行い，南海トラフで発生したそれぞれの巨大地震の相違点を明確化する。史料調査チームでは歴史地震資料調査を通した防災教材を作成し、各種防災イベント等においてワークショップを実施することで効果を測定する。

令和10年度：三重県，愛知県，静岡県，和歌山県，高知県，宮崎県，大分県に加え，新たに愛媛県，徳島県の情報についても地方史・郷土史等の史料収集を行うとともにそれらの情報についてGISに入力を行う。地震毎の比較が行える地域についてはその比較を行い，南海トラフで発生したそれぞれの巨大地震の相違点を明確化する。最終年度はこれまでに得られた情報から南海トラフ巨大歴史地震の地震像を考える。史料調査チームでは令和9年度までに作成した防災教材を展開し、地域住民が主体的に地域の歴史地震の調査に参加できる住民参加型の教材を設計する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

三重県，愛知県，静岡県，和歌山県を中心に地方史・郷土史等の史料収集を行うとともにそれらの情報についてGISに入力を行った．その中で昭和南海地震での紀伊半島南部の揺れが小さいことに気がついた．昭和南海地震の時に紀伊半島南部で隆起していることから断層が紀伊半島南部の下にまで達していることは明白である．しかし震源域に近いにもかかわらず当時の体験談等を読むと軟弱地盤地域を除いて家屋倒壊もなく，家の中も大した被害になっていないことがわかった．紀伊半島南部の被害はほとんどが津波によるもので揺れによる被害はほとんどない．安政南海地震でも同じようなことが言えることがわかった．これは東南海地震での被害の状況とは大きく異なる．確かに気象庁，宇佐美による震度分布を見ても昭和，安政南海地震の紀伊半島南部は震度4～5であることからすでにわかっていたはずのことであるが，なぜ揺れが小さく津波が大きいのか，今後検討が必要である．内閣府の予測震度分布をみても和歌山県南部は震度6強～7が想定されているが，もしかしたら南海地震での和歌山県南部では揺れによる被害よりも津波による被害が重要になるかもしれない．

史料調査チームにおいては，兵庫県立大学・名古屋大学・他のメンバー共同による「減災古文書研究会」を組織して令和6年度の研究活動を実施した．主な活動内容は，史料解読・史料収集・防災教育の実践・広報である．

史料解読については，令和5年度以前から実施している『大沢家本願寺関係文書』（安政東海・南海地震に関する西本願寺関係者の記録）と『違変記』（1790–1855年の地震，火山噴火，気象災害，異常現象，事件の記録の集成．福岡藩士の編纂物）の解読を継続した．また，新たに『鳥羽御城石垣惣躰高サ弐尺築足一件他』（令和5年度に解読した鳥羽御城石垣御修復一件（安政東海地震・津波による鳥羽城の被害と石垣修復に関する記録）の続報）の解読を開始した．

史料収集については，新出史料『三戸御与力石井綱盈要録』（1843–1868年の南部家の代官所与力を務めた石井綱盈の公私留書．1856年安政十勝沖地震の記録を含む）を入手した．

防災教育の実践については，防災関係行事における出展・ワークショップ3件（名古屋大学減災連携研究センター夏休みスペシャル減災教室（名古屋市）・ぼうさいこくたい2024（熊本市）・あまおだ減災フェス（兵庫県尼崎市））においてかわら版『諸国大地震大津波末代噺』を利用したすごろくゲームを実施した．その際，ワークショップ実施の前後で質問紙調査を行うことにより学習効果を測定し，統合指標「災害に対する興味関心と知識」が向上したことが明らかになった．

広報活動については，減災古文書研究会のインスタグラムを新たに開設し，研究成果の社会還元を推進した．

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

なぜ南海地震で紀伊半島南部の揺れが小さいのか？その割に津波は大きいのか？これらの解明には南海トラフで起こっている様々な現象の理解が重要である．またこの原因が解明できれば南海地震での災害対応，災害軽減に大いに貢献できると考える．

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

柳井七海, 福島栄寿, 北村昌卓, 平井敬, 2025, 新聞の比較から見る報道管制　―東南海地震の報道を例に―, 中部「歴史地震」研究年報, Vol. 13．,査読無

北村昌卓, 弘田尚也，浦川豪，平井敬，2025, 劣化した石碑の簡易な判読技術の開発と市民参加型石碑データベースの構築に向けた検討，中部「歴史地震」研究年報，Vol.13.,査読無

・学会・シンポジウム等での発表

山中佳子, 2024，GIS（e-コミマップ）を用いた歴史地震史料整理の重要性、日本地球惑星科学連合大会，MIS17-06.

森脇美沙（平井敬）, 2024, 歴史フェスにおける減災古文書研究会の活動報告，第24回中部「歴史地震」研究懇談会.

柳井七海, 福島栄寿, 北村昌卓, 平井敬, 2024, 戦時下の新聞は昭和東南海地震をいかに伝えたか, 第41回歴史地震研究会（木曽御嶽大会）.

山中佳子，2024, 歴史史料の可視化で南海トラフ地震を検討する, 第5回関西歴史災害研究懇談会

北村昌卓（平井敬）, 2024, 減災古文書研究会の活動報告, 第5回関西歴史災害研究懇談会

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和6年度に引き続き，三重県，愛知県，静岡県，和歌山県に加え，新たに高知県の情報についても地方史・郷土史等の史料収集を行うとともにそれらの情報についてGISに入力を行う。地震毎の比較が行える地域についてはその比較を行い，南海トラフで発生したそれぞれの巨大地震の相違点を明確化する。また南海地震の震源過程についても検討する。

史料調査チームの5か年の到達目標としては，歴史地震に関する史料の収集と解読のための人材育成を通じて，住民が主体的に地域の地震災害の履歴を学び防災意識を高めることのできる方途を検討・実行することで効果的な防災意識啓発の手法を明らかにすることとしている。

令和7年度においては，令和6年度に引き続き，『大沢家本願寺関係文書』・『違変記』・『鳥羽御城石垣惣躰高サ弐尺築足一件他』の解読と未発見史料の探索を行うとともに，調査した情報の要約方法について検討を行う。また，防災教育の実践の場における質問紙調査の項目の再構成と事例蓄積を継

続する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

山中佳子（東海国立大学機構名古屋大学大学院環境学研究科）,都築充雄（東海国立大学機構名古屋大学減災連携研究センター）,石川寛（東海国立大学機構名古屋大学大学院人文学研究科）,幸山寛和（東海国立大学機構名古屋大学減災連携研究センター）,武村雅之（東海国立大学機構名古屋大学減災連携研究センター）

他機関との共同研究の有無：有

平井敬（兵庫県立大学 大学院減災復興政策研究科）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東海国立大学機構名古屋大学大学院環境学研究科地震火山研究センター
電話：052-789-3046
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：山中佳子
所属：東海国立大学機構名古屋大学大学院環境学研究科

令和６年度年次報告

課題番号：NGY_02

（1）実施機関名：

名古屋大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地震の発生における応力と間隙流体圧の役割
（英文）Roles of stress and pore-fluid pressure in earthquake generation

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
イ. 内陸地震

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
イ. 内陸地震の長期予測

（5）本課題の５か年の到達目標：

本研究では，御嶽山のテクトニック環境と名古屋大学の地震観測成果を活かし，地震の発生における応力と流体の役割を理解することを目的とする．個々の地震の発生において，応力と流体の役割は多様性を示す可能性が高い．本研究では，クラスター解析により，地震活動を単独地震と前震・本震・余震型や群発地震型などのクラスター地震に分類し，応力の指標となる地震と間隙流体圧等の影響を受ける地震に分け，地震の発生における応力と間隙流体圧の役割を定量的に評価することを目指す．

また，過去に繰り返し巨大地震の震源域となってきた南海トラフ周辺域等の応力場についても，長期間の地震データから，安定的にテクトニック応力場そとの時空間変化を推定することも検討する．

（6）本課題の５か年計画の概要：

R6年度においては，CAMPスタンダードモデル（Hashimoto et al., 2004）による２つのプレート上面の情報を用いて，御嶽山周辺域の地震を（名大カタログ及び気象庁の一元化震源カタログ），太平洋プレート内地震，フィリピン海プレート内地震，（それ以外の）陸のプレート内地震に分類する．特に陸のプレート内地震について，クラスター解析を用いて，単独地震とクラスター地震に分類する．

この結果を受けて，R7年度においては，単独地震と本震をデータとし，御嶽山周辺域の応力場の推定を行うとともに，2017年の中規模地震（M5クラス）前後の応力変化を評価する．

R8年度においては，R7の結果を直接的先験情報とし，余震のデータから応力場を推定する．この解析により，本震・単独地震と余震のメカニズム解の系統的な違いを調べる．

R９年度においては，R7年度の応力場の向きの情報から，実効摩擦係数をパラメータとして絶対応力場をモデル化し，弾性歪エネルギーに基づく地震破壊規準DEFSにより，余震活動の発生予測と実際の地震活動を比較し，地域の絶対応力レベルを考察する．

R10年度には，群発地震型のクラスターについて，発生場所，継続時間，規模等の情報を整理する．

また，群発地震型から本震・余震型へと発展したクラスターがあるかどうかも調べる．更に，御嶽山周辺域の応力場や間隙流体圧場との比較を通じ，断層の強度低下と応力集中に着目しながら，群発地震の発生メカニズムを考察する．能登半島の群発地震活動との比較研究も行う予定である．

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

御嶽山は太平洋プレートとフィリピン海プレートが沈み込む複雑なテクトニック環境にあり，火山活動をはじめ，内陸大地震，微小群発地震，深部低周波地震など，多様な地殻活動が観測される．御嶽山周辺域の多様な地殻活動を理解するために，名古屋大学を含む諸機関の定常地震観測で得られた連続地震波形データに対し，WINシステムのイベント自動検出機能を利用した手動波形読み取り処理を行い，震源分布を把握すると共にデータを蓄積してきた．今年度７月からは，名古屋大学独自の御嶽山山頂連続地震観測網でとらえられた地震データを本システムに取り入れることを始め，特に，御嶽山直下で発生する火山性地震の活動を従来よりも５倍程度多く検出することができるようになった．更に，山麓域で発生する深部低周波地震等の検出精度を高めるために，山麓域の観測網の強化も行った．

御嶽山周辺域の地震活動のクラスター解析

これらの観測網及び観測システムの整備の下，2024年1月～2024年12月において，6135個（暫定）の地震の震源を決定することができた（図1）．本研究計画初年度のR6年度は，これまで名古屋大学が求めてきた御嶽山周辺域の約71000個の地震（2012年5月～2025年1月処理分まで）を，CAMPスタンダードモデル（Hashimoto et al., 2004）によるプレート形状を参考に，ユーラシアプレート（EU）の上部地殻の地震，下部地殻の地震，太平洋プレート（PA）内の地震，フィリピン海プレート（PHS）内の地震に分類した．地殻内の地震に関しては，深さ15 kmより浅いものを上部地殻，深いものを下部地殻の地震と簡易的分類した．この結果，解析したデータセットの99 %がEUの上部地殻の地震であり，下部地殻の地震が0.5 %，PHS内の地震が0.3 %，PA内の地震が0.1 %となった．下部地殻に分類された地震の中には，震源決定精度の精査が必要なものや，上部地殻の厚さの不均質などの影響を受けているもの等もあると考えられる．また，PHS内の地震の深さは60 kmよりも浅いものがほとんどであり，御嶽山直下には分布していない．一方，PA内の地震は，御嶽山直下の深さ250～300 kmのところで発生しており，スラブからの脱水と火山活動の形成メカニズムの関係や，御嶽火山活動におけるPHSの役割の解明など，興味深い課題が見えている．

次に，EUの上部地殻内の地震を対象に，クラスター解析（Zaliapin & Ben-Zion, 2013）を実施し，地震を単独地震とクラスター地震に分類した．クラスター地震については，１つのクラスターの中で最も規模の大きいものを本震とし，それより前に発生した地震を前震，後に発生した地震を余震とした．また，最大余震の規模は本震のマグニチュード-1.2となること，これは本震の規模に依らないことが経験的に知られている（Bath, 1965）．これを参考に，クラスターのタイプを（前震・）本震・余震型と群発地震型に分類した．具体的には，本震と最大余震の規模が1以上のときは（前震・）本震・余震型，1より小さいときは群発地震型とした．

この地域のMcが0～1程度であることを考慮すると，M 2.5以上の規模の地震は，概ね正しく分類できていると考えられる．M 2.5以上の地震594個のタイプを調べてみると，単独地震は36個，本震は310個，前震は33個，余震は215個となった．本震の規模が2.5以上となる310個のクラスターは，本震・余震型が134個，前震・本震・余震型が68個，群発型が108個となった．これらのクラスタータイプの空間分布を調べると，御嶽山の北麓－東麓にかけて群発型の地震活動が集中する領域があることがわかった（図2）．詳しく見ると，この領域は北麓域（緯度36.05度付近）と東麓域（緯度35.90度付近）の２つに分けられる．この期間の最大地震は，2017年6月25日に発生した長野県南部の地震（M 5.4）である．この地震と一連の地震活動は，本震・余震型ではなく群発型のクラスターをなしており，東麓域にある群発地震発生領域の南西端で発生した．一方，近代的な地震観測網が整備された1980年以降，この地域で発生した最大地震は 1984年長野県西部地震である．この地震の震源域は，群発地震発生域からはずれたところに位置しており，2017年長野県南部の地震は，1984年長野県西部地震の震源域の東端にあたることがわかった．

2024年12月以降の御嶽山の火山活動

御嶽山直下の火山性地震活動は，2014年噴火以降減少傾向にある中，2024年12月9日ごろより活発

化した．2025年1月16日には，御嶽山噴火警戒レベルが1から2へと引き上げられ，1月21日には傾斜変動を伴う火山性微動が観測された．名古屋大学では，2024年7月より独自の山頂連続地震観測網のデータを取り入れた準リアルタイム震源決定システムを整備したところで，この成果として，2024年1月～2025年1月において，（2025年2月4日処理分まで）1376個の火山性地震の震源を決定することができた（図3，地震数は赤い点線の範囲内で数えた）．このうち，2024年12以降の地震数は1069個である．

2024年1月～11月までの火山性地震は，古期・新規御嶽の構造境界（海抜2000 m付近）より浅部で発生していたが，2024年12月以降の活動はこの浅部の領域に加え，よりも深い，海抜0 m 付近で活発化したところが特徴的であった．これらの震源分布は2つのクラスターをなしているように見え，深部での活動は1月21日の火山性微動発生前まで維持された（図4）．火山性微動発生当日とその翌日には地震活動度が一時的に大きく上昇したが，その後地震活動は一気に低下すると共に，震源が浅部に移動する様子も捉えられた（図5）．

また，御嶽山では，2014年噴火前後で，火山性地震のメカニズム解が東西伸長の正断層・横ずれ断層型から東西圧縮の逆断層に正反対に変化したことがわかっている（Terakawa et al., 2016）．2024年の活動でも，火山性微動の発生を境に地震活動の様子が大きく変化したことから，メカニズム解のタイプの時間変化がみられる可能性がある．このことを確かめるため，2024年11月以降の火山性地震のメカニズム解の推定を進めており，これまでに154個のメカニズム解が得られている．

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

プレート境界から離れた内陸域にありながら活発な地震活動が継続している御嶽山をフィールドに，地震データを単なる震源の集合ではなく，地震間の因果関係を定量的に測ることによりクラスターに分類することを試みた．これにより，一連の地震活動（１つのクラスター）内の地震の発生の時間発展やクラスターそのものの時空間分布を議論することができるようになり，これは大地震発生を支配する場の解明に貢献するものと考えられる．また，この解析は，山麓の地震活動と御嶽山の火山性地震の関連を議論するためにも役立ち，火山活動の理解にも貢献する．将来的には，観測データを説明するモデルを組み合わせることで，災害の軽減にも結び付けてゆきたい．

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Terakawa, T., K. Asano and Y. Urata, 2025, Constraint on the background stress in the source region of the 2016 Kumamoto earthquake sequence based on temporal changes in elastic strain energies and coseismic stress rotation, Geophy. J. Int. 240, 174–188.,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

村岡宏亮・寺川寿子，豊後水道におけるスロースリップ震源域直下のスラブ内間隙流体圧の時間変化，日本地球惑星連合大会，千葉，2024.5.26.

寺川寿子・浅野公之・浦田優美，余震の弾性歪エネルギーの変化に基づく2016年熊本地震震源域の背景応力場の考察，日本地球惑星連合大会，千葉，2024.5.26.

寺川寿子・浅野公之・浦田優美，弾性歪エネルギーと応力場の時間変化に基づく2016年熊本地震震源域の絶対応力場の考察，日本地震学会秋季大会，新潟，2024.10.23.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

名古屋大学を含む諸機関の定常地震観測で得られた連続地震波形データを活用し，御嶽山周辺域の地震の震源決定とメカニズム解の推定解析を実施し，データの蓄積を進める．R6年度に実施した地震のクラスター解析の結果に基づき，応力場の情報を持っていると考えられる単独イベントと本震のメ

カニズム解から，CMTデータインバージョン法（Terakawa and Matsu’ura,2023）により御嶽山周辺域の応力場を推定する．この地域では，2017年6月25日長野県南部の地震（M 5.4）が発生している．この地震を境に応力場が時間変化したかどうかについて，この手法の特徴を活かし，過去の観測データを用いた解析結果を直接的先験情報として取り入れた解析を実施し，定量的に応力場の時間変化を調べる．

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

寺川寿子（名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター）,山中佳子（名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター）,前田裕太（名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター）,堀川信一郎（名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター）
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター
電話：052-789-3046
e-mail：terakawa@seis.nagoya-u.ac.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：寺川寿子
所属：名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター

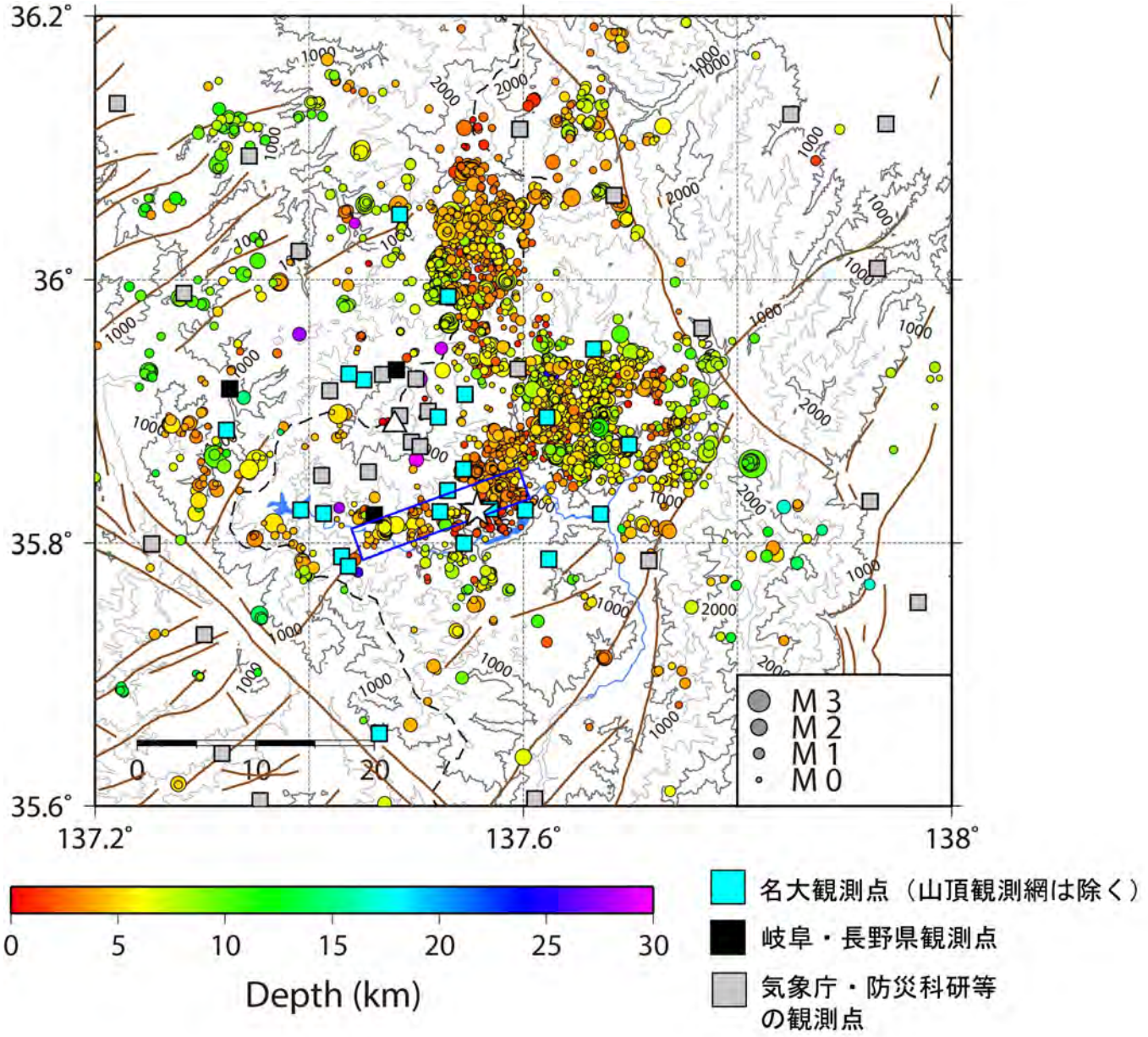


図１：御嶽山周辺域の地震活動（2024.1-2024.12）と観測点分布.
△は御嶽山，☆と青線の矩形は1984年長野県西部地震の震源と震源断層.

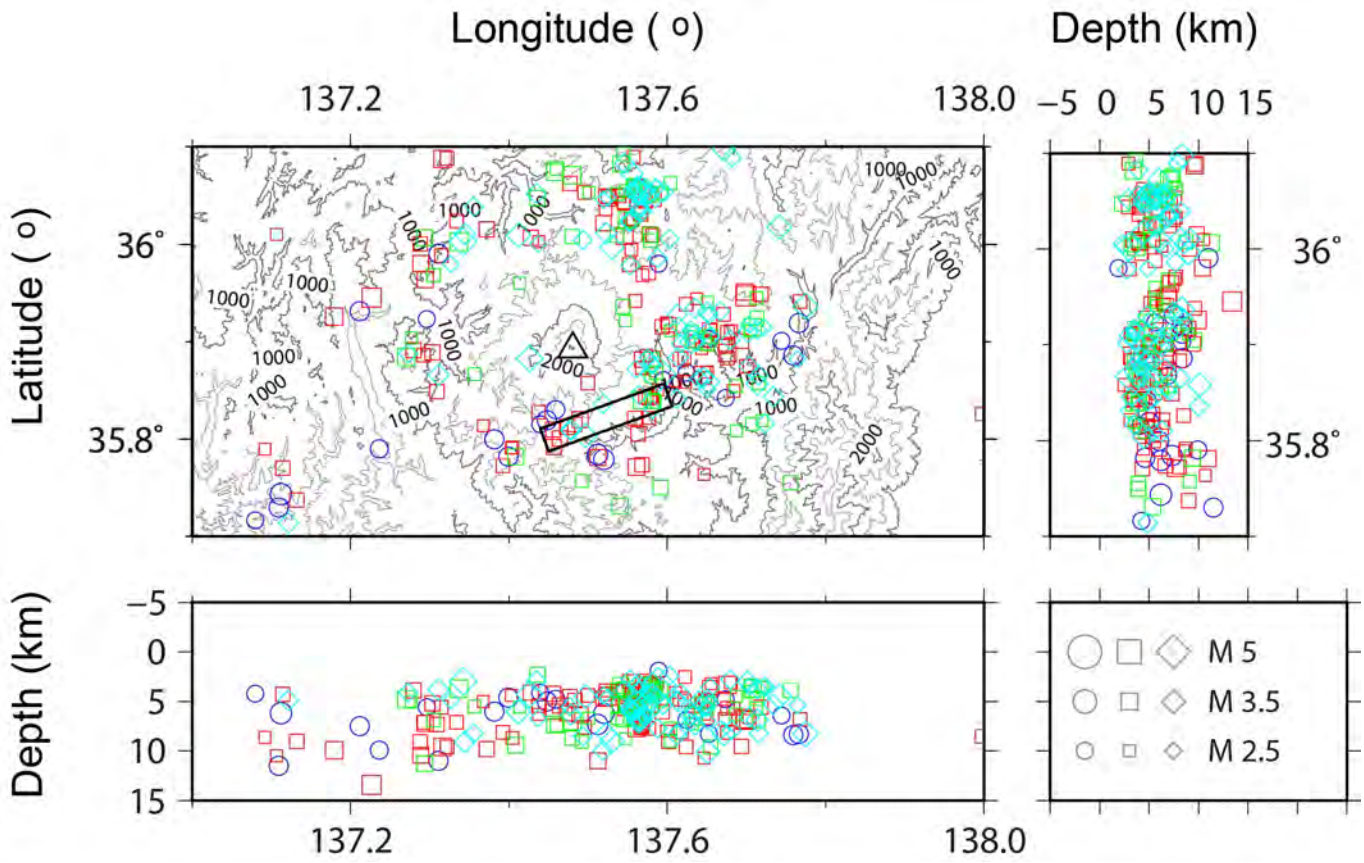


図2：御嶽山周辺域で発生した地震のクラスター解析.
図は，本震・単独地震の規模が2.5以上のものを示している．△は御嶽山，矩形は1984年長野県西部地震．青い○は単独地震，赤い□は本震・余震型の本震，緑の□は前震・本震・余震型の本震，水色の◇は群発地震の中で最も規模の大きい地震を示す.

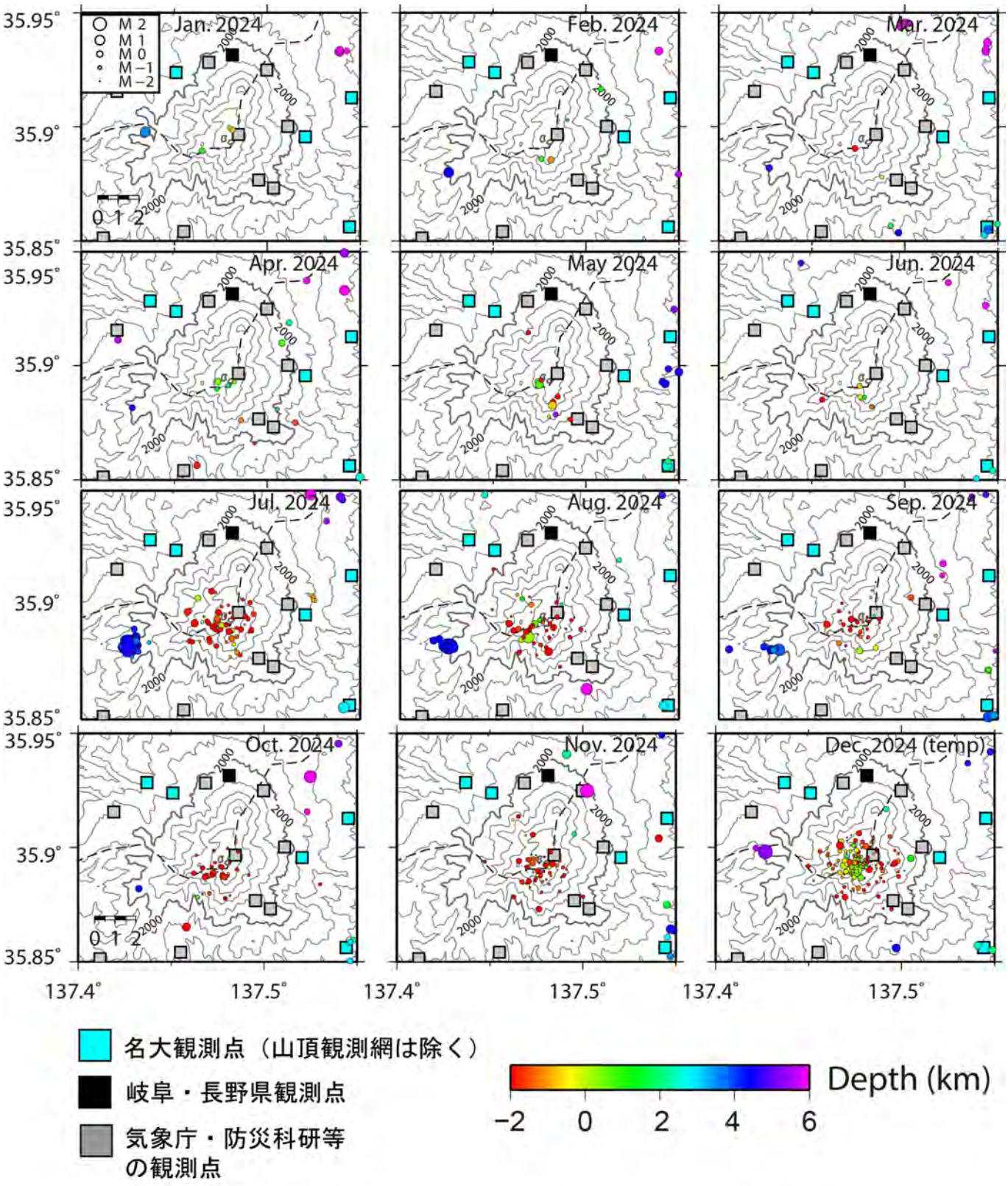


図3：御嶽山直下で発生した火山性地震の震源分布（2024年1月～12月）.
観測点の記号は図1と同様.

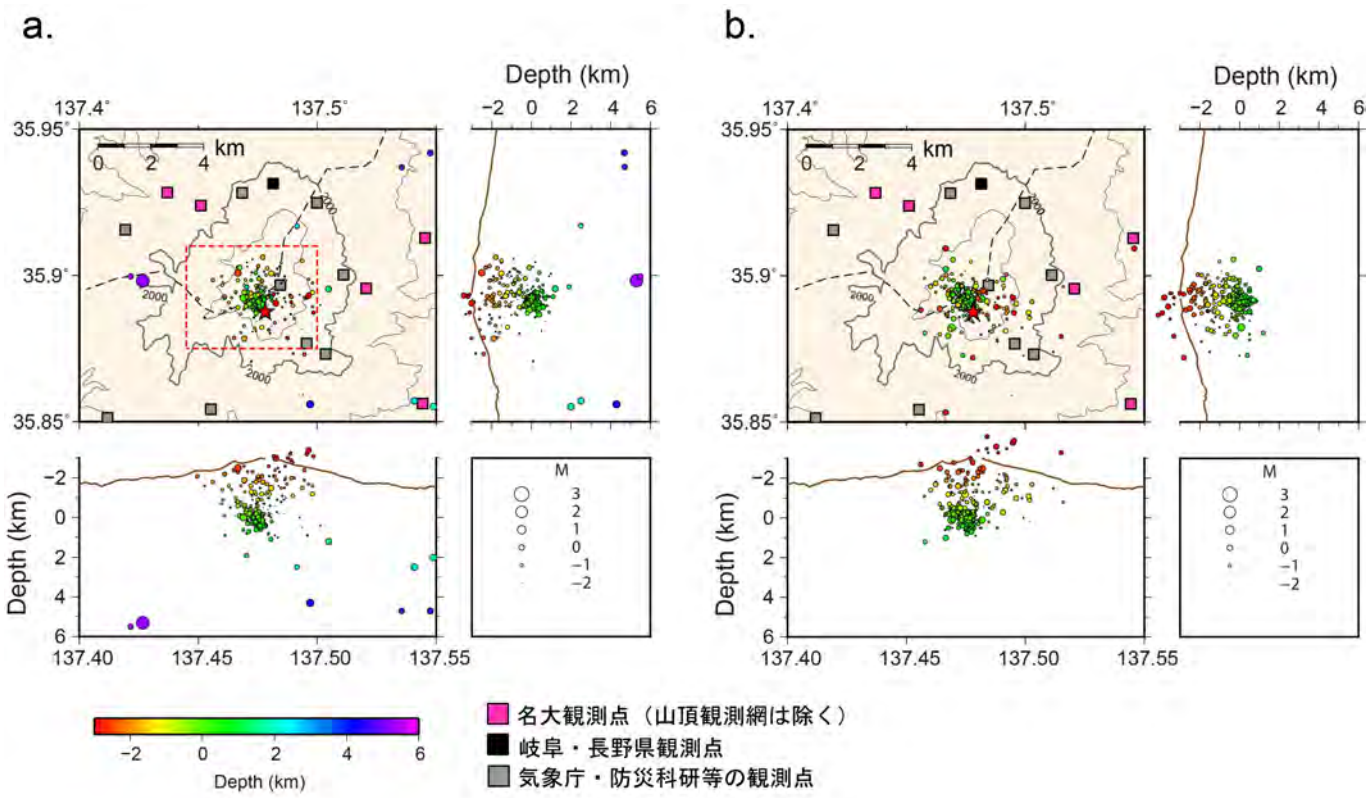


図4：御嶽山山頂付近の３次元震源分布．a. 2024年12月の地震．b. 2025年1月1日～21日12:00までの地震．火山性地震の発生している領域をaの赤い点線の□で示している．☆の位置は，1月21日の火山性微動発生後に噴気活動が再開した場所．

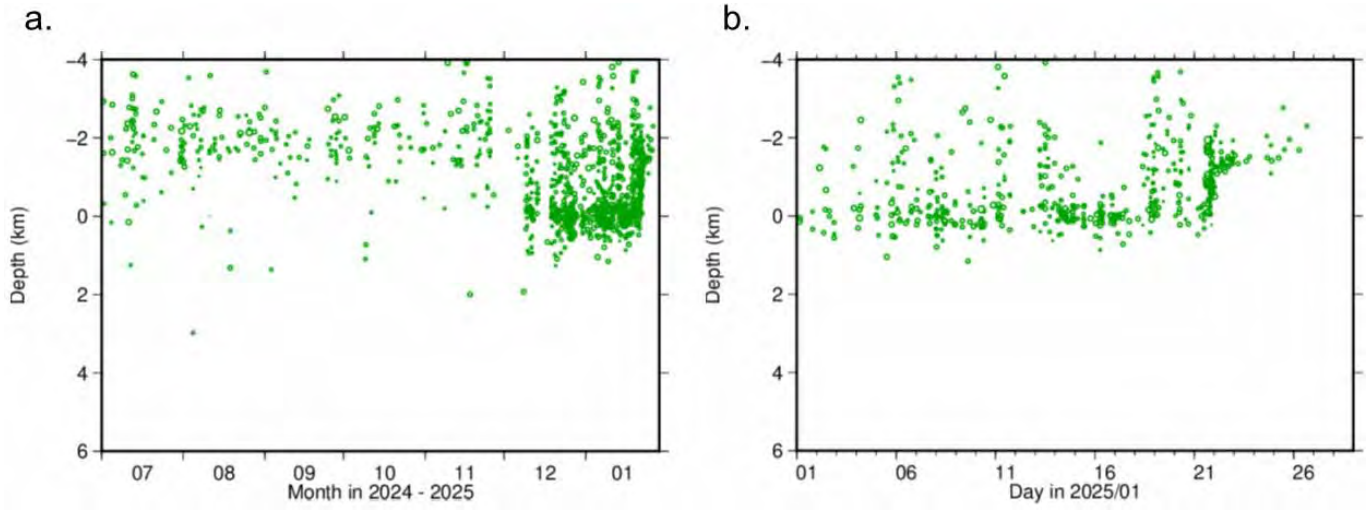


図5: 震源深さの時間変化（暫定）．a. 2024年7月～2025年1月の地震．b. 2025年1月の地震．
データは，図4aの赤点線内のものをまとめた．

令和６年度年次報告

課題番号：NGY_03

（1）実施機関名：

名古屋大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）南海トラフ・南西諸島海溝域における海溝型地震発生場の解明
（英文）Assessment of interplate earthquake along the Nankai Trough and the Nansei-shoto Trench

（3）関連の深い建議の項目：

２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
６ 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
ア. 観測基盤の整備
イ. 観測・解析技術の開発

（5）本課題の５か年の到達目標：

南海トラフ域については、現計画において沈み込む伊豆マイクロプレートとフィリピン海プレートの境界とともに、トラフ軸近傍でのすべり欠損分布が海底地殻変動観測から徐々に明らかになってきた。特に伊豆マイクロプレートが沈み込んでいると考えられる潮岬より東側でのプレート間固着状態を明らかにするためには、沈み込むプレートの運動も実測により明らかにする必要がある。また、南海トラフ地震の破壊の開始やすべりを理解するためには、想定震源域全体の物性分布を明らかにすることが不可欠であり、特に比抵抗構造から推定される間隙流体分布の解明が重要である。そこで、海底地殻変動観測と海底電磁気観測の結果から、南海トラフ地震の震源域における場の理解をすすめる。本課題では潮岬より東側の海域（熊野灘およびその沖合）を対象とする。

また、南西諸島海溝周辺については、地震調査研究推進本部による「日向灘及び南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価(第二版)」（令和4年3月25日）では、（海溝型）巨大地震の発生確率は未だ不明となっており、「プレート間固着の現状把握の高度化を図ることが重要」とされている。沖縄本島南東沖におけるプレート間固着状態はTadokoro et al. (2018) で報告しているが、同海域での地震発生予測に資するためには、より広範囲にわたってのプレート間固着状態を明らかにする必要がある。そこで、上記の沖縄本島南東沖に隣接する海域での海底地殻変動観測結果から、南西諸島海溝沿いのより広域にわたるプレート間固着状態の有無を明らかにし、当該海域における海溝型地震の長期評価に資する成果を提供する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

南海トラフ域では、フィリピン海プレート上の1ヵ所とトラフ軸近傍の1ヵ所の計2ヵ所において、各点につき期間中に2回の海底地殻変動観測を実施する。得られた結果とこれまでの観測結果をもとに、沈み込む海洋プレートの運動とともにトラフ軸近傍でのすべり欠損レートを明らかにし、トラフ軸近傍でのプレート間固着の現状把握に努める。また、南海トラフ地震の破壊開始点付近および1944年の東南海地震のすべり域において、各2ヶ所にOBEMを設置して海底電磁気探査を実施する。得られたデータに熊野灘中央海域で取得済みのデータも加えて、潮岬沖から熊野灘にかけての南海トラフ地震の破壊開始点近傍や破壊域において走向方向の比抵抗構造の空間変化を把握するとともに、同海域の想定震源域の浅部から深部までの広範囲にわたる三次元比抵抗構造を最新の解析手法（たとえば、黒田ほか, 2023）を用いて明らかにする。

南西諸島海溝では、宮古海峡の2ヵ所において、各点につき期間中に1回の海底地殻変動観測を実施する。得られた結果をもとに、対象海域の北東側ですでに見つかっている固着域（Tadokoro et al.,2018）の南西側の広がりを明確にする。すべり欠損レートからは地震モーメントの平均蓄積レートが得られる。さらに、固着域の広がり（断層面積）が明らかになれば、断層面積と地震モーメントのスケーリングから、発生しうる海溝型地震の大凡の規模を決めることができる。両者をふまえて当該海域の平均的な地震発生間隔の推定を行う。

令和6年度は南海トラフへのOBEMの設置を行う。

令和7年度はOBEMの回収を行うとともに、南海トラフでの海底地殻変動観測を実施する。

令和8年度は海底電磁気探査の解析を行い、三次元比抵抗構造を明らかにする。

令和9年度は南西諸島海溝において海底地殻変動観測を実施する。

令和10年度は南海トラフでの海底地殻変動観測を実施するとともに、南海トラフ、南西諸島海溝沿いの両海域におけるプレート間固着状態を明らかにする。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本年度は熊野灘の5観測点においてOBEMの設置（6月）および回収（10月）を実施した。
回収したOBEMは地磁気嵐を含む期間に電磁場データを取得しており、高精度な地下の比抵抗分布が得られると期待される。さらに、既存のOBEM観測データを用いて、熊野海盆付近の三次元比抵抗構造の解析を実施した。具体的には、高品質MTデータの選択手法（黒田ほか、印刷中）を用いて高精度なMTレスポンスを推定し、最新のインバージョン手法（Usui et al., 2024）を適用することで、本地域の三次元比抵抗構造を解明した（図１）。得られた比抵抗構造は掘削によって実測された比抵抗（Wu et al., 2019; Saffer et al., 2009）とも高い整合性を示し、信頼性が高いと考えられる。また、解明された比抵抗構造と、先行研究による地震波反射断面（Moore et al., 2014）および地震発生域（Nakano et al., 2018など）との比較により、デコルマ面（プレート境界面）上における通常の地震の発生域、スロー地震発生域、定常滑り域の間で比抵抗に有意な差があることを明らかにした。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

南海トラフ地震の破壊の開始やすべりを理解するためには、想定震源域全体の物性分布を明らかにすることが不可欠であり、特に比抵抗構造から推定される間隙流体分布の解明が重要である。今年度の成果として明らかになった熊野灘における比抵抗構造は、プレート境界地震／すべりと間隙流体分布との間に関係があることを示しており、将来的な南海トラフ地震の想定の高度化にも役立てられると考えられる。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Yoshiya Usui, Makoto Uyeshima, Hideaki Hase, Hiroshi Ichihara, Koki Aizawa, Takao Koyama, Shin'ya Sakanaka, Tsutomu Ogawa, Yusuke Yamaya, Tadashi Nishitani, Koichi Asamori, Yasuo Ogawa, Ryokei Yoshimura, Shinichi Takakura, Masaaki Mishina, Yuichi Morita, Three-dimensional electrical resistivity structure beneath a strain concentration area in the back-arc side of the northeastern Japan Arc, J. Geophys. Res – Solid earth, 129, doi:

10.1029/2023JB028522, 2024,査読有

・学会・シンポジウム等での発表

黒田 真奈加, 後藤 忠徳, 市原 寛, 松野 哲男, 田所 敬一, 笠谷 貴史, 熊野灘における海底電磁場観測と海底地形を考慮した三次元比抵抗モデリング, JpGU Meeting 2024, 千葉市, May 2024

Kuroda, M., Ichihara, H., Goto, T., Matsuno, T., Tadokoro, K., Kasaya, T, 3-D resistivity modeling based on marine magnetotelluric data in the Kumano-nada, southwestern Japan arc, The 26th EM Induction Workshop (EMIW2024), Beppu, Japan, 7-13 September 2024

Ichihara, H., Nakamura, T., Goto, T., Kuroda, M., Kasaya, M. Matsuno, T. Tada, N., Baba, K., Electrical resistivity modeling in megathrust earthquake regions of hot and cold subduction margins along Japan Island Arc, The 26th EM Induction Workshop (EMIW2024), Beppu, Japan, 7-13 September 2024

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

比抵抗探査については、南海トラフにおける走向方向の構造の空間変化を明らかにするため、熊野灘の西側―潮岬の海域の8点にてOBEMの設置および回収を行う計画である。また、2024年度に取得したOBEMデータの解析を進める予定である。
海底地殻変動観測については、南海トラフ軸の両側で各１日程度の観測を行い、過去のデータを含めて再解析し、沈み込むプレートと海溝軸近傍の陸側プレートの運動を明らかにする。これまではITRF2005準拠で解析を行っていたが、GEONETのF5解と合わせるためにITRF2014準拠で解析を行う。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

田所敬一（名古屋大学環境学研究科地震火山研究センター）,市原　寛（名古屋大学環境学研究科地震火山研究センター）
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：名古屋大学環境学研究科地震火山研究センター
電話：052-789-3042
e-mail：tad@seis.nagoya-u.ac.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：田所敬一
所属：名古屋大学環境学研究科地震火山研究センター

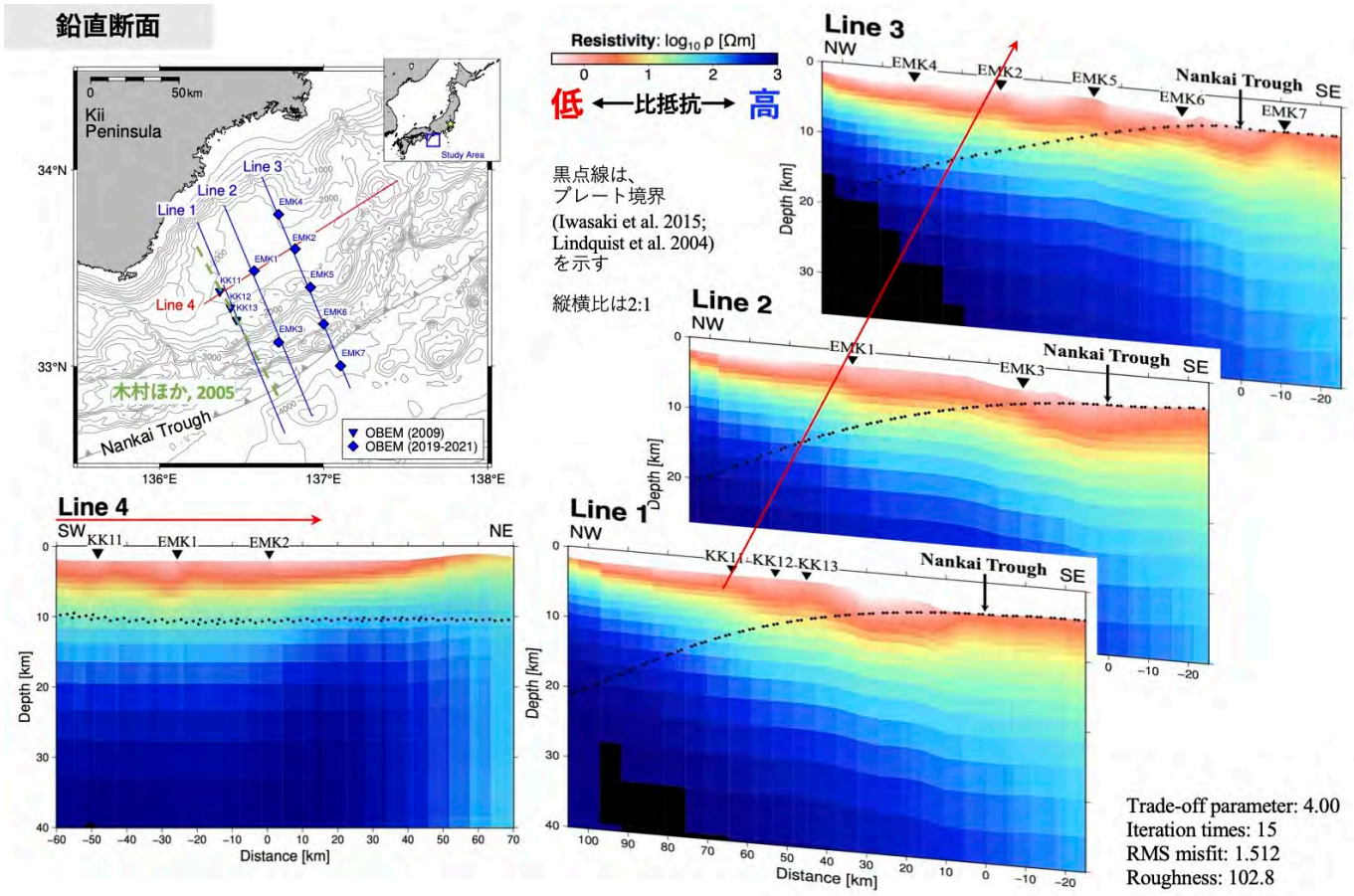


図 1　熊野灘における比抵抗断面

令和６年度年次報告

課題番号：NGY_04

（1）実施機関名：

名古屋大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地震波を用いた地盤強度と地下水のモニタリング手法の開発

（英文）Development of ground strength and groundwater monitoring method using seismic waves

（3）関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
ウ. 地震動に起因する斜面変動・地盤変状の事前評価手法

（4）その他関連する建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(4) 内陸で発生する被害地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

本研究では地震波伝播特性の斜面崩壊・地盤変状に繋がる地下水位や地盤強度の変化を捉える手法の開発を目指す。この5ヵ年で、地震波伝播特性の変化を説明可能な地下水－地盤強度モデルを構築し、検証する。このために様々な地形、地質条件下における地下水の移動および地盤強度の変化と、これに対する地震波の応答を観察し、モデルの適用可能性を検証する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

R6, 7年度には、愛知県豊橋市に設置された人工震源装置を用い、周囲の地すべり地形地、平坦地、また、地下水位の高低の異なる複数地点に地震計を設置し臨時観測を行う。臨時観測においては、まず地震計アレイを構成し、伝播速度から波群を同定する。その後、1ないし2台の地震計を用いて1年以上にわたる連続観測を実施し、降雨、地下水位と地震波伝播特性の変化の比較を行う。人工震源装置周辺には古生代チャート層傾斜地、砂岩層傾斜地、沖積層平坦地があり、様々な岩相や条件に対する応答の違いを得られる。得られた応答を分類整理し、地下水位と地盤強度の変化を反映する地震波伝播特性のパラメータの探索とモデル化を行う。人工震源装置を用いた観測に加え環境震動を用いた観測も行い、環境震動からの検討も行う。新たな観測データにこれまでに静岡県森町で得られた地震波伝播特性の変化と降雨・地下水位のデータも加えて解析を行う。合わせて、開発中である可搬型の震源装置の整備を行う。

R8-10年度には、前半で様々な場所での地震波伝播特性の変化のメカニズムを押さえた上で、可能ならば、地震計および可搬型の震源装置を地すべり地形地などの斜面崩壊危険地周辺に持ち込み、これらの地震波伝播特性を長期モニタリングする。降雨や地盤変形を同時にモニタリングし、地震波伝播特性のパラメータがどのように応答するか検討する。強震動の入力があれば強震動による擾乱も検討する。諸般の事情により地滑り危険地周辺に地震計を設置できない場合も考えられるが、少なくとも緩傾斜地や弱い地盤において、地盤強度の時間変化を、地震波伝播特性を用いて可視化することを目指す。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本研究課題には前計画で直接対応する課題はなく新規の課題である。ただし、前計画の「南海トラフ域におけるプレート間固着・滑りの時空間変化の把握」(NGY_04) において弾性波動学的アプローチとして精密制御震源ACROSSによる長期モニタリングを実施しており、そこで得られた地震波速度変化と環境変動要因に関する検討の知見を踏まえている。

今年度は、静岡県森町における地すべり地域において2020年10月から2022年5月まで実施した地震計アレイによる観測記録の解析を行った。

常時微動を用いたSPAC法による地すべり地域の地下構造変化モニタリングについて検討した。地震計アレイで記録した常時微動データに対し、前処理を適用した後、各地震計間のSPAC係数を算出し、高次モードを考慮したマルチモードSPAC法（MMSPAC法）により基準となる一次元地震波速度構造モデルを構築した。次に、観測期間全体の平均に対する日々のSPAC係数の時間変化を算出した（図1）、クラスター分析によって人間活動による週周期の変動やサイトに隣接する沢起源の影響を同定し、これらの非構造的要因による変動を除去した。また、SPAC係数の変動の速度構造の感度解析から速度構造変化の推定手法を開発した。その結果、極浅部（深度約5m）および深部（深度約20m）に環境要因に敏感な速度構造を検出した（図2）。この構造の変化は降雨に伴う地下水面の変動との関連が示唆され、潜在的なすべり面の位置と対応する可能性を示した。

ACROSSを用いた降雨に対する地震波速度変化のモニタリングについて検討した。アレイ観測サイトは静岡県森町のACROSS震源から約3 kmに位置しており、このACROSS震源からの信号を用いた解析を行った。ACROSSの伝達関数を算出し、アレイ解析およびパーティクルモーション解析によって、P波、S波、表面波（Rayleigh波とLove波）の時間窓を決定し、それぞれの波群の日々の走時変化を求めた。Rayleigh波とLove波の走時変化を降雨の日変化の時系列でデコンボリューションすることで降雨に対する各波群の走時の応答関数を求めた（図3）。その結果、降雨の影響は10日から20日程度持続するという結果を得た。同様に、近隣の河川水位とサイトの地下水位の応答の降雨に対する応答を求めた。河川水位の応答の時定数は降雨後5～10日、地下水位は20日から50日程度であった。降雨に対して、地震波速度はそれぞれ地下水位より速い応答、河川水位より遅い応答を示すことが明らかとなった。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本研究は地震波を用いて地盤特性の変化を検出する手法の開発を目的としており、建議の「3-(1)-エ: 地震動に起因する斜面崩壊・地盤変状の事前評価手法」の目的達成に向けて、その基礎的な科学的知見を与えるものである。地震波伝播特性から地盤強度や地下水位に関する情報の検出とモデル化に成功すれば、将来的に地滑り危険度の閾値などの定量的な評価を経て、地震波を用いた地滑り危険度の時間変化のモニタリングの実装につながり得る。また、地震波を用いた地震時地すべりに特徴的な地質構造の抽出、より危険な斜面の特定手法の開発といった、地すべりや地盤崩壊そのものの研究にも発展可能である。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

C. Feng, K. Yamaoka, R. Ikuta, T. Watanabe, and S. Tsuji, 2024, Surface wave monitoring using ambient noise for detecting temporal variations in underground structures in landslide area, Engineering Geology, 341, 107706, doi:10.1016/j.enggeo.2024.107706,査読有,謝辞無

馮 晨・渡辺俊樹・生田領野・山岡耕春・辻 修平, 2024, ACROSSを用いたコーダ波干渉法による時間変化の推定, 公益社団法人物理探査学会第151回（2024年度秋季）学術講演会講演論文集, 204-207, 査読無,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

R7年度には、引き続き、静岡県森町で得られた長期地震計アレイ観測地震波伝播特性の変化と降雨・地下水位の解析を継続しモデル化を行う。愛知県豊橋市、あるいは他の地すべり危険地域において、地すべり地形地、平坦地、また、地下水位の高低の異なる複数地点に地震計を設置し臨時観測を行う。人工震源装置を用いた観測および環境震動を用いた観測を行う。臨時観測においてはまず地震計アレイを構成し、伝播速度から波群を同定する。その後1ないし2台の地震計を用いて1年以上にわたる連続観測を実施し、降雨、地下水位と地震波伝播特性の変化の比較を行う。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

渡辺俊樹（名古屋大学大学院環境学研究科）
他機関との共同研究の有無：有
生田領野（静岡大学理学部）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター
電話：052-789-3046
e-mail：
URL：https://www.seis.nagoya-u.ac.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：渡辺俊樹
所属：名古屋大学大学院環境学研究科

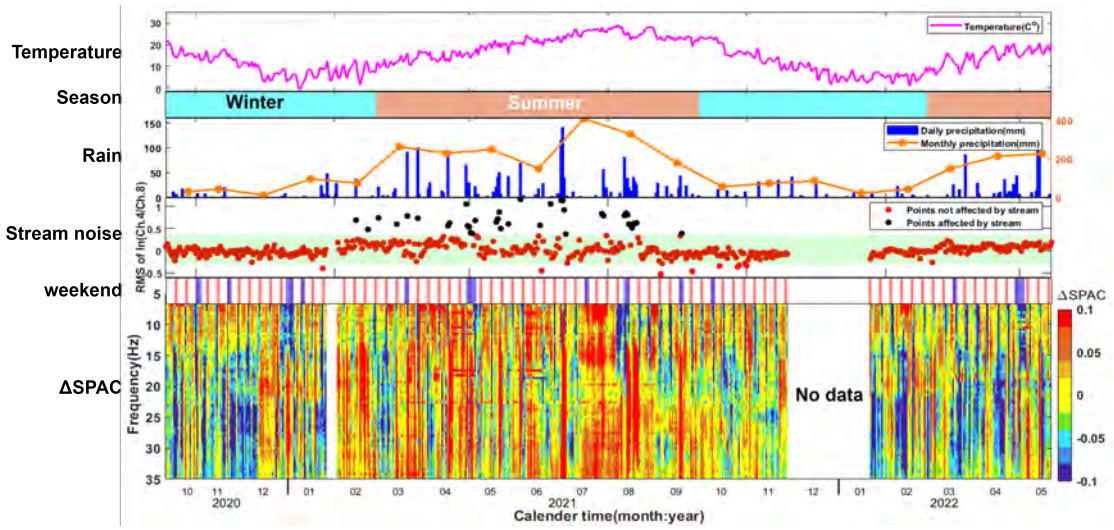


図1 観測期間全体の平均に対する日々のSPAC係数の時間変化と環境変動との比較

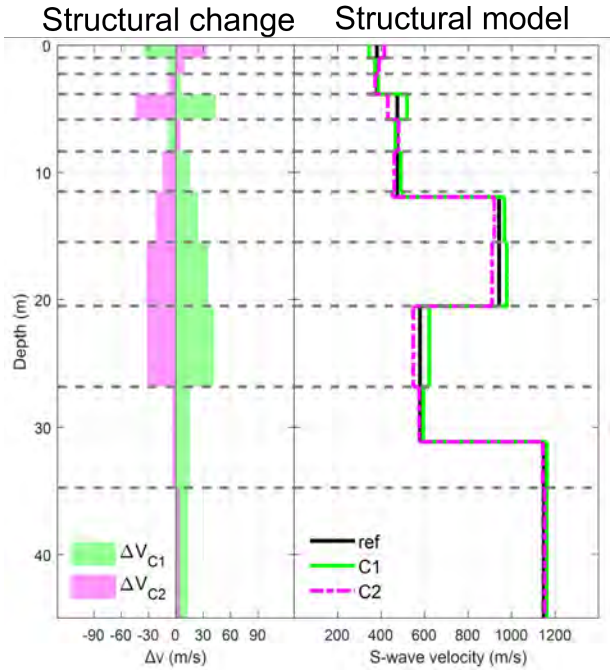


図2 SPAC係数の変化から求められた地震波速度構造の変化

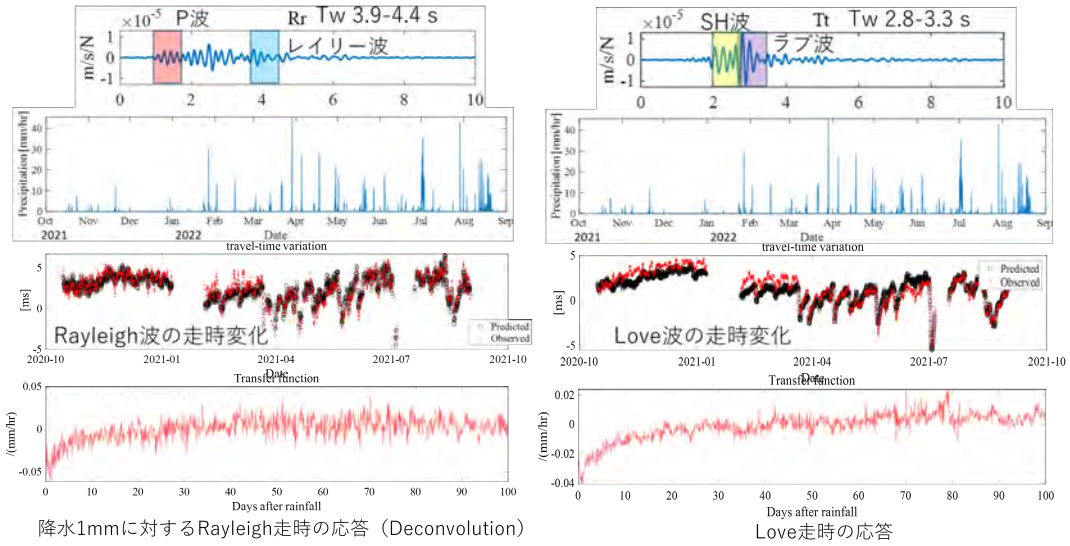


図3 ACROSS伝達関数から求めたRayleigh波およびLove波の走時変化と、それらの降雨に対する応答

令和６年度年次報告

課題番号：NGY_05

（1）実施機関名：

名古屋大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）南海トラフ地震対策の地域的最適解に関する文理融合型研究
（英文）Interdisciplinary research on the Nankai Trough earthquake countermeasures: searching for optical local solutions

（3）関連の深い建議の項目：

４地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明

（4）その他関連する建議の項目：

４地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

（5）本課題の５か年の到達目標：

ハザードに関する理学的知識は減災対策に必須であるが、ハザードの災害としての立ち現れ方は地域の社会的文脈に規定され、多様な形態をとる。本研究は災害の発生に影響を及ぼす社会的要因も視野に入れ、ハザードが災害に転化するメカニズムを学際的な観点から解明し、防災の地域的最適解を導くことを目的とする。

具体的には、南海トラフ地震・津波対策地域を対象に、地震学、社会学、地理学の研究者が都市や漁村など性格の異なるいくつかの共通の調査地に対して各々の専門分野の観点からアプローチし、ハザード、社会構造、土地利用に関する調査知見を共有し、地域性に即した防災の最適解を導出する。また、そうした事例調査を踏まえて地域防災を類型論的に把握し、地域類型に即した防災リテラシーの条件や課題を明らかにする。さらに、コミュニティや自治体と連携して防災力向上のための実践的な働きかけを行う。

（6）本課題の５か年計画の概要：

地域防災の類型として、現時点では、事業所が集積する大都市型防災と、過疎高齢化が進む漁村型防災の2つの類型を想定している。

大都市型防災に関する研究課題として重視したいのが、第1に、コミュニティと事業所の防災連携を規定する条件の解明である。昼夜間人口比の大きさや近隣関係の希薄さといった大都市の地域特性を考慮するなら、災害（特に日中の）に対するコミュニティの対応において事業所との協力は重要な課題となる。地域防災協力事業所制度の活用状況等を手がかりに、協定を締結しているコミュニティや事業所、同制度を所管する行政機関に聞き取りを行い、この課題にアプローチする。研究課題の2つ目は、ハザードや防災に関する科学知を受容するための条件の解明である。大都市は人口の流動性が高いため、過去の災害経験の地域的な継承が困難である。また、居住地の地形や生態学的条件に関する知識も乏しいと予想される。そのような地域的文脈においてハザードや災害に関する科学知を実効性のある防災につなげるための社会的条件を解明する。事例調査の対象地は、名古屋市南区の低地部と高知市中心市街地の沿岸地域を予定している。本研究課題では東海地域の防災を主眼としているため、名古屋市南区のほうがメインの研究対象となるが、高知と比較することで名古屋の防災の地域特性をより明確に把握することを目指す。なお、名古屋と高知のハザード（地震と津波）や地形条件などに関する地域特性については、地震学や地形学といった自然科学の研究者をメンバーに加え、それを踏

まえて予想される被害について具体的なシミュレーションを行う。
漁村型防災に関しては、生業と結びついた資源管理の仕組みがある種の防災機能を兼ねていることが予想される。その実態把握を通して、地域に特有の防災知がもつ可能性や限界を解明する。また、漁村は過去の災害経験の継承や地域の自然条件に関する知識という点では大都市よりも有利な立場にあるが、高齢化が進んだ地域であるため、科学的リテラシーに関しては不利な立場にあると想定される。そこで、漁業関係者や自主防災組織のリーダー、行政機関にヒアリング調査を行い、それを踏まえて生業（漁業）とリンクした防災知・災害文化と、ハザードに関する科学的知識や防災対策の関係（連動と齟齬）について分析する。事例調査の対象地は、三重県南部沿岸地域と岩手・宮城県三陸地域の漁村被災地を予定している。大都市の場合と同様、東海圏である三重県南部のほうをメインの研究対象とするが、三陸漁村と比較することで三重漁村の防災の特徴を明確化することを目指す。また、ハザードや自然条件等の地域的特性に関しては、大都市の場合と同様の被害シミュレーションを行う。
基本的な調査デザインは以上の通りであるが、突発的に発生する地震・津波災害にも対応して調査を行い、南海トラフ地震対策にフィードバックすることを心がける。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

三重県度会郡大紀町錦地区で行政や住民を対象に地域の歴史的沿革や地域防災の現状に関するヒアリング調査を行った。また、町が2023年に錦地区の後期高齢者を対象に実施した高齢者高台移転事業に関するアンケート調査のデータを入手し、それの分析を行った。以上の調査から以下のような知見を得た。

（1）防災と生活・生業の分離

錦地区では基幹産業である沿岸漁業が高度成長期に発達した。若手漁師は漁業の担い手であるだけでなく、青年団や消防団の担い手でもあり、防災は生業・生活システムの内部に組み込まれていた。しかし、1980年代以降、漁業は衰退の一途を辿り、それに伴って人口の減少と高齢化が顕著になった。大紀町では1990年代以降、町主導で先進的な防災対策（徒歩5分圏内に1次避難場所設置、津波避難タワーや独自の緊急警報システムの整備）を推進し、2004年の紀伊半島沖地震の際には迅速な緊急避難を実現したが、防災は津波避難に特化したものとなり、生活・生業との結びつきは希薄化した。東日本大震災後、大紀町では津波に対する構造物対策がさらに強化され、最近では高齢者の事前高台避難が計画されているが、防災は強化される一方で、地域の持続可能性が危機に瀕するというジレンマに直面している（図1、図2）。

（2）事前高台移転計画

町は高齢化が極度に進んだ現状ではもはや高齢者の避難誘導は困難との判断から、80代以上の希望する高齢者を事前に内陸の高台に移転させる事業を計画にしている。町は錦在住の高齢者を対象とした意向調査で約5割の高齢者が賛意を示したことで高台移転事業に一定の支持が得られたと解しているが、データを分析した結果以下のことが明らかになった。まず、自力避難困難者や津波リスクが高い地区の住民が必ずしも高台移転を希望しているわけではない。むしろ、高台移転の希望率が最も高かったのは海から最も離れた新興開発地の住民であった（図3、図4）。また、自由記述回答の内容を分析した結果、高台移転を希望する場合も、「場所がよければ」、「集落の住民が一緒なら」、「いずれ身体が不自由になったら」、「津波で家が流された場合は」等、条件付きの利用希望である場合が少なくなかった。以上のように、高台移転事業は避難困難者を救出することを目的に計画されたものであるが、町のそうした防災認識と高齢住民の意向の間には少なからぬ乖離がある。しかし、現状では高齢者のこうした多様な意向は十分には顧慮されず、高台移転を実現するための補助金対策が先行している。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

次期研究計画における「地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究」では、地震現象に関する自然科学的理解を共有し、かつ「災害の発生に深く関係する人間の自然認識や行動と社会構造を理解する」ことで防災力を向上させることが目標とされているが、本研究はそうした目標を文理協働型の事例研究によって端的に実践するものである。特に、「防災」を避難対策に限定せず、災害の社会的発生源も視野に入れた予防対策も視野に入れている点に特徴をもつものである。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

室井研二, 2024, 地域と「自然」―環境変動への適応, 地域社会学会ジャーナル18, 4-11,査読無,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

金幸隆・前田裕太・高橋誠・鷺谷威・大湊隆雄・寺田暁彦・山岡耕春・野田智彦, 2024, 2014年御嶽山噴火時の映像と2022・23・24年の避難訓練に基づく登山者の行動分析および登山者への情報伝達, 日本火山学会2024年秋季大会

横山俊輔 ・高橋誠, 2024, 愛知県岡崎市における令和5年6月大雨災害への対応とその課題, 日本地球惑星科学連合2024年大会

金幸隆・山岡耕春・前田裕太・大湊隆雄・寺田暁彦・室井研二・高橋誠・野田智彦・田ノ上和志・竹脇聡, 2024, 御嶽山における登山者参加型避難訓練2022・2023：アンケートとビデオ映像に基づく登山者の避難行動と防災対策の評価, 日本地球惑星科学連合2024年大会

室井研二, 2024, 東日本大震災後に防災は強化されたのか―宮城県女川町の事例―, 日本地球惑星科学連合2024年大会

室井研二, 2024, 地域と「自然」―環境変動への適応, 地域社会学会研究例会

室井研二, 2024, ハザードの科学的制御とリスク配分の不均衡―南海トラフ地震想定下の高知市を事例に―, 地域社会学会第49回大会

室井研二, 2024, 伊勢湾台風の被災地から考える防災―企業、福祉、コミュニティ, 伊勢湾台風65周年市民防災の集い（伊勢湾台風65周年市民防災の集い実行委員会主催）

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

・高台移転事業に関する課題の抽出

高台移転事業に対する高齢者の意向をより深く把握するため、錦地区内を集落の来歴や地形的特質、津波危険度に依拠して幾つかのエリアに区分し、ヒアリング調査を実施する。またその結果を踏まえ、同事業の課題や改善策について役場と協議する。

・地域の持続可能性と防災

錦地区は津波からの緊急避難対策だけでなく、地域の中長期的な見通しが問われている地域である。そのため、震災が起こった後の土地利用計画や復興まちづくりの課題、防災事業の費用便益効果等に関する検討を行う。

・県南漁村地区全域の災害リスク、防災

三重県南部沿岸地域における錦地区の事例的位置づけを明確化するため、県南漁村地区の全域的な人口・産業の動態、ハザードのリスク分布、災害履歴等を主に数量的なデータを用いて分析する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

室井研二（名古屋大学環境学研究科）,高橋誠（名古屋大学環境学研究科）,田所敬一（名古屋大学環境学研究科）,田中重好（尚絅学院大学）,黒田由彦（椙山女学園大学）

他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：室井研二
所属：名古屋大学環境学研究科

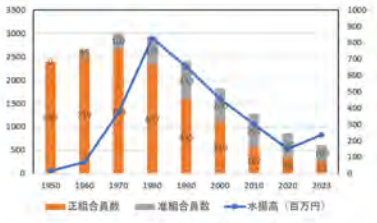


図1　水揚高・組合員数の推移（錦漁協）

図2　人口と世帯数の推移（錦地区）

	漁業・家族・コミュニティ	災害・防災
戦前	1936　ブリの水揚げ高全国第1位 1938　錦村漁港修築	1944　東南海地震 死者64名、家屋全壊447戸、半壊235戸、船舶被害101隻
戦後復興期	1950　人口ピーク（4309人） 1955　錦町と柏崎村合併	
高度成長期	昭和40年代　漁業最盛期 （巻網漁、ハマチ養殖。水揚高30億円） 多世代同居世帯の多さ、各種インフラの整備、拡充	消防団活動の隆盛 担い手としての若手漁師（団員400名）。青年団活動や地域の住民組織との一体性。住民主導型地域運営
1980～2000年代	漁業衰退 →若年層の流出に伴う人口減少、高齢化、小世帯化	行政主導の津波避難対策の進展 津波タワー、錦地区内に30ヵ所の1次避難所、独自の警報システム →2004年紀伊半島地震で80%の住民が自主避難
2010年～	青年団解散、自治会の形骸化 地域活性化協議会結成 移住支援、民泊	津波避難訓練参加率低下 高齢者の高台移転計画浮上

漁業の盛衰と防災の変容

極度の高齢化に伴う緊急避難対策の限界。海抜20mの高台に公営住宅を整備し、80代以上の高齢者を事前に移転させる。ヘルパー、配食サービス、簡易店舗、バス停等を設置し、コミュニティとして生きがいのある生活の確保を図る。

2023年9-10月、錦地区在住75歳以上の213世帯（298人）を対象とした意向調査。

【調査結果の概要】

ほぼ全世帯が戸建持家の高齢小世帯（独居60.6%、二人世帯39.0%）。耐震工事実施率8.5%。「災害発生時に近所に援助者がいる」54.5%。福祉サービス利用者率32%。「自力で避難所まで避難できる」81.7%。「高台に高齢者の専用住宅ができたら利用したい」50.7%。

・・・移転事業に対する住民の支持は得られた？

高齢者の高台移転事業

・避難困難者が高台移転を希望しているわけではない
・津波リスクが高い地区で高台移転の希望率が高いわけではない（むしろ逆？）
・「移転」に対する高齢者の意向の多様性（自由記述回答より）

【条件つきの利用希望】

「場所による」（場所の選定）、「みんなが行くなら」（集落の人間関係）、「いずれは」（身体条件）、「安ければ」（経済条件）、「津波で家が流されたら」（被災後）

【利用したくない】

「安全なので」（不要）、「家財や土地の処分が大変」（資産）、「高齢なので移りたくない」（場所への愛着）、「子どもの世話になる」（家族関係）

避難が困難だから高台移転という町の防災観と、住民の意向は必ずしも一致していない

アンケート調査の分析結果 1

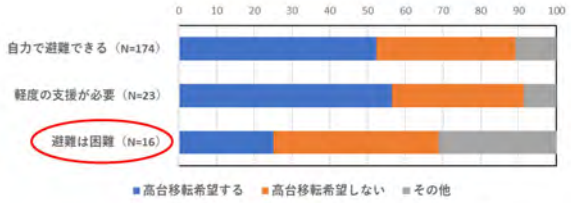


図3 避難の困難度と移転希望の関係

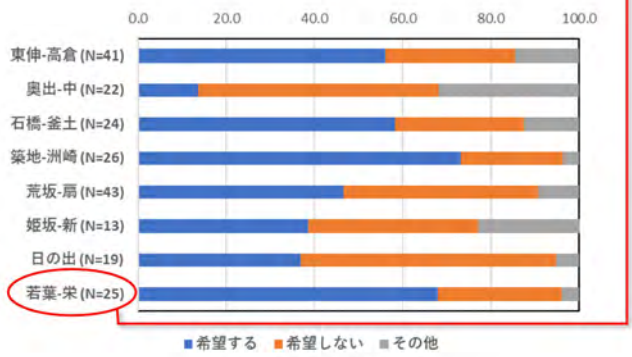


図4 移転希望（集落別）

アンケート調査の分析結果 2

令和６年度年次報告

課題番号：NGY_06

（1）実施機関名：

名古屋大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地表地震断層の特性を考慮した断層近傍の強震動ハザード評価
（英文）Strong ground motion prediction considering characteristics of surface earthquake faults

（3）関連の深い建議の項目：

５分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(4) 内陸で発生する被害地震

（4）その他関連する建議の項目：

３地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
ア. 強震動の事前評価手法

（5）本課題の５か年の到達目標：

内陸地震の被害軽減にとっては、震度６強や７の強震動発生を高精度で予測し、不確実性も含めて住民に説明することが求められる。本研究は、地表地震断層や震源断層浅部の断層運動と、強震動および建物被害との関係を分析することにより、地震断層近傍の強震動予測手法の確立を目指す。近年の地震本部の活断層重点調査においても強震動の試計算が始まっているため、当初は屏風山・恵那山断層帯を事例として取り扱い、徐々に他の重点調査の結果に基づく取り組みにも拡大させる。

当研究グループは、これまでの実績に基づき、大学の変動地形学研究チームと防災科研の強震動研究チームが連携して強震動評価手法の改良に着手する。その際には、1)活断層と地表地震断層の関連、2)断層の破壊の不均質性（特に断層浅部での滑り速度時間関数の形状）、3)破壊開始点と破壊伝播の予測、が重要な鍵を握る。また新たに、断層破壊のシミュレーションを進める大学の地盤力学研究グループとも議論を深める。

今期の5年間で、近年地震断層が出現した事例において断層近傍の変形を再検討する。また、地表まで達する断層面全体をモデル化し、断層変位および地盤変形と断層ごく近傍域での強震動を同時に説明可能なモデルを提案し、その妥当性について検証する。さらにその防災活用についてワークショップを開催してリスクコミュニケーションを重視した検討を行う。

（6）本課題の５か年計画の概要：

従来接点の少なかった活断層研究グループと強震動研究グループと地震防災研究グループの連携を強化して、課題解決を目指す。

活断層研究グループは、現地調査および既存資料から、地震時の断層変位および地盤変形データを解析するとともに、建物被害や墓石倒壊の空間分布を明らかにする。とくに断層線上の短波長変形のみでなく、LiDAR差分やSAR画像解析により断層近傍に現れる長波長変形にも注目する。これにより地震時の断層変位を含む地盤変動像を解明し、被害分布との関係を議論する。Ｒ6～7年度は熊本地震の地震断層近傍の長波長変形調査、Ｒ８～９年度は糸静線等における調査、Ｒ10年度は長波長変形の強震動に与える影響を検討したい。

強震動計算グループは、断層ごく近傍強震動の事前評価の高度化のため、活断層情報や変動地形学の知見を取り入れた強震動生成モデルに関する研究を実施する。まず、地表地震断層形状と変位量等

の情報を断層モデルに反映可能な形式にデータ変換する方法を検討する。また、最新の地震学的知見を取り入れつつ活断層情報を反映させるのに適した強震動計算方法を検討する。それらを踏まえ、過去の複数の被害地震を対象として、整備された活断層データおよび活断層周辺の浅部地盤構造を強震動計算用断層モデルに反映させ、強震動予測結果と地球物理学的観測記録や建物被害分布との整合性を高める事例を増やすことで、断層近傍強震動予測に関する課題を抽出する。Ｒ６～８年度は強震動予測のための地表付近の詳細なモデル化手法検討、Ｒ９～１０年度は強震動の試算とモデル改良を行う予定である。

地盤力学グループは、弾塑性地盤力学による地表地震断層の再現、弾塑性地盤力学による断層破壊に伴う波動発生に関する検討を進める。Ｒ６～８年度は、弾塑性計算による各種地表地震断層形態の再現、Ｒ９～１０年度：地盤条件に応じた生成波動の特徴の理解断層破壊モデル計算による地表地震断層の再現を検討する。

また、地震防災検討グループは本研究の成果を地震防災に役立てる方策を検討する。検討地域のコミュニティーに対して情報を発信し、双方向のリスクコミュニケーションを行い、不確実性の高い予測結果の扱いを議論する。これまでの取り組みをベースに、Ｒ６～７年度は屏風山・恵那山断層の新たな強震動予測結果に関するリスクコミュニケーションを試行し、Ｒ８～１０年度は不確実性を含む断層近傍の強震動計算結果の伝達手法の体系化を検討する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

令和6年度は，2024年1月に能登半島地震により震源断層に近い能登半島北部で強い揺れが発生したことから、強震動発生の複雑な要因を検討する重要性を再確認した。断層線は海域にあったため、直近の現象を確認することはできなかったため、活断層グループの調査は断層からやや離れた地域を検討することになった。強震動計算はこの地震と必ずしも関係せず、一般的な考察を行ったが、科研費プロジェクトで活断層グループと一緒にモンゴルにおける強震動予測に取り組むことも行った。以前に実施した文科省の屏風山・恵那山断層に関する重点的調査において活断層グループおよび地震防災研究グループと共同で実施した検討を継続した。地盤力学グループは独立にモデル計算により深部断層と地表断層の形成メカニズムを検討し、次年度以降の共同検討の準備を整えた。

1) 強震動グループ：変動学的知見等を踏まえた詳細な地表地震断層の属性を組み入れたモデルに基づく強震動計算の高度化に資するため、今年度は地震調査委員会「2016年熊本地震の観測記録に基づく強震動評価手法の検討について（中間報告）」で検討された断層モデルに対して、断層浅部に詳細な地表断層形状を反映させ、強震動の試算を行った。さらに、断層モデルのパラメータの不確実性が断層近傍強震動に与える影響を見積もるため、断層パラメータ（断層面積、地震モーメント、アスペリティ面積比）を確率変数として確率密度関数によって表現した断層パラメータの設定方法を検討した。単純なケースについての強震動試算によりパラメータの分布が強震動のばらつきに与える影響を調べた。

2) 活断層研究グループ：令和5年度に実施した熊本地震の地表変位の再検討の結果、地震後に現地調査により確認された地震断層変位量は、周辺数百メートルの変形を捉えておらず、過小評価になっていたことを再確認した。その割合は最大2倍に及ぶ可能性があることは重要である。このことを念頭に、能登半島地震の際の地表地震断層を考察した。能登半島北岸沖断層は海底にあるため地形調査をすることができないが、20km程度南方の志賀町の、富来川南岸断層に沿って地震断層が現れたことを確認した。地震直後に変位が確認された場所は限定的で、盛土の変形を地震断層と誤認しているとの批判もあったが、5月までの再調査により、3km以上の範囲に南方隆起で左横ずれを伴う変形が生じたことが確実であることが判明した（鈴木・渡辺,2024）。ずれの量は縦ずれ・横ずれとも見かけ最大30～40cmである。また注目に値することは、この断層線近傍の建物被害が激しいことであり、この程度の地震断層でも何らかの強震動発生に寄与した可能性がある。富来川南岸断層はこれまで北陸電力による反射法地震探査で南方へ45度程度で傾下する逆断層であることが判明している。またその後の写真判読調査により、その北東方では従来富来川断層と呼ばれていた断層に続くことがわかり、総延長は10kmを超える可能性が高いことが判明した。なおこの断層の地震時の活動は、活断層固有の変位ではない。断層面に沿う余震活動は乏しく、本震時のみの付随的な活動であったと考えられる。

3）地盤力学グループ：

接触面の凝着状態を表す「構造」発展則パラメータを変化させることで「安定すべり」から「stick-slip」までを表現できる上下負荷面摩擦モデルを、接触力境界条件として導入した動的一相系微小変形

弾性解析法を開発した。これを単純せん断場に適用した結果、法線応力の非一様化に伴う局所的すべりの促進／抑制により、すべり伝播過程が現れ波動が生成されること、初期値境界値問題の帰結として局所的な摩擦力変動／応力再配置が評価可能であることなどを示した。

4）地震防災検討グループ：

屏風山・恵那山断層帯及び猿投山断層帯（恵那山－猿投山北断層帯）が活動した場合に被害が発生し得ると考えられる東濃地域および尾張・西三河地域を対象に実施した不確実性を有する活断層情報の提供のあり方を検討するためのアンケート調査結果を解析し論文化した。また、同断層帯が活動した場合の震度予測をもとに、電力と石油燃料の供給について検討した。電力については、当該地域に立地する基幹送電網（公称電圧500kVおよび275kV）を構成する鉄塔の位置データ（別プロジェクトで作成）をもとに震度別曝露基数を既存の地震シナリオ別に明らかにした。また、石油燃料については、住民拠点SSの震度別曝露数を確認した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本研究は、建議項目のうち、5. 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究のうち (4) 内陸で発生する被害地震、にあたる。地震断層近傍の強震動は内陸地震の被害原因として重要であり、そのメカニズムを解明して事前予測可能にすることは被害軽減に大きく貢献するものである。予測の不確実性に関する検討やその防災への反映方法も含め、分野連携で取り組む。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

橋冨彰吾・鷺谷威（2024）不確実性を有する活断層情報の提供のあり方に関する研究，災害情報 No.22-2，pp.207-218.,査読有,謝辞無

橋冨彰吾・千葉啓広・小沢裕治・都築充雄・鷺谷威・鈴木康弘（2023）屏風山・恵那山断層帯及び猿投山北断層帯が活動した場合のエネルギー供給支障についての検討，エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集 42，pp.205-210.,査読無,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

鈴木康弘・渡辺満久, 2024, 令和６年能登半島地震における富来川南岸断層の活動とその意義, 日本惑星科学連合, HDS09-10.

安池 亮・豊田智大・野田利弘，2024, 上下負荷面摩擦モデルによるstick-slip 現象および非一様なすべり伝播過程の数値解析, 第36回中部地盤工学シンポジウム，87-94.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

被害地震の発生は新たな重要な知見を与える。引き続き能登半島の活断層および2024年能登半島地震における地震断層の性状と周辺建物被害を調査する。また強震動発生メカニズムについては地表地震断層形状を詳細に反映させたモデル構築に向けた検討を進める。現時点で表層地盤の破壊に伴う影響に注目しているため、地盤力学的視点から力学的挙動に関する検討を加える。さらに防災研究の視点から、屏風山断層をはじめ、近年得られた強震動予測データの不確実性を考慮し、住民への伝達方法のもつ問題点を整理する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

鈴木康弘（減災連携研究センター）,野田利弘（工学研究科）,豊田智大（工学研究科）,橋冨彰吾（減災連携研究センター）,平井　敬（減災連携研究センター（客員））

他機関との共同研究の有無：有

藤原広行（防災科学研究所）,先名重樹（防災科学研究所）,岩城麻子（防災科学研究所）,隈元　崇（岡山大学）,能島暢呂（岐阜大学）,石黒聡士（愛媛大学）,平井　敬（兵庫県立大学）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：名古屋大学減災連携研究センター
電話：
e-mail：resilience.nagoya@gmail.com
URL：https://www.gensai.nagoya-u.ac.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：鈴木康弘
所属：名古屋大学減災連携研究センター

令和６年度年次報告

課題番号：NGY_07

（1）実施機関名：

名古屋大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）アンケート調査に基づいた登山者が求める火山情報と登山者に役立つ火山情報の解明
（英文）Elucidation of volcano information sought by climbers and useful volcano information for climbers based on a questionnaire survey

（3）関連の深い建議の項目：

５分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(6) 高リスク小規模火山噴火

（4）その他関連する建議の項目：

３地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(4) 地震・火山噴火の災害誘因予測・リスク評価を防災情報につなげる研究
火山
４地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

（5）本課題の５か年の到達目標：

御嶽山2014年噴火や草津白根山2018年噴火のように、噴火の可能性が判別・伝達される前に、噴火が発生し、火口周辺にいた登山者やスキーヤーが噴石や火砕流に巻き込まれた災害が発生している。これらの噴火災害を契機に、高リスク小規模噴火の対策の重要性が広く認識された。本課題研究では、非噴火時における火山活動に変化があれば、その情報を一早く火山の利用者に見てもらえる観測モニターが必要であると考えた。しかし、火山活動の情報および観測データに関する一般の方々の知見度や、どのようなモニターがいつ、どこで必要であるのか、我々は十分な知見を有していない。

これまで気象庁は、観測、評価、伝達の技法を向上させ、噴火警戒レベルのシステムを運用してきた。火山の地元の自治体は、この気象庁の噴火警戒レベルに基づいた避難対策を行っている。噴火警戒レベルの運用は、成功例も多く、この様な公的システムは頼りになる。その一方で、防災上の課題が残る。例えば、火山の観測、評価、通信、情報伝達には時間がかかることや、警戒レベルが引き上げられる前に噴火が発生する可能性がありうる。また噴火警戒レベルが引き上げた場合でも、噴火に至らずに火山活動が終息する事例もある。近年では、北海道などの火山において、非噴火時の活動不安定（unrest）の評価を試みる研究もなされている（橋本、2021）。

こうした火山学の動向があるなかで、登山や地元の関係者などからは、一般の人々が観測データにアクセスできる状況が望まれるとの意見や、火山のちょっとした変化でも情報が欲しいとの要望が名古屋大学御嶽山火山研究施設に寄せられている。一般の登山者や火山の地元の関係者が、どのような情報を求め、どのような情報が役に立つのか、主に御嶽山、浅間山、焼岳を対象としたアンケート調査に基づき明らかにする。

アンケート調査では、噴火警戒レベルなど火山活動の公的情報（言わば、解釈された情報）と観測データ（言わば、解釈されていないデータ）に関する一般の登山者や地元の関係者の知識、意識、理解度を定量的に評価する。過去に火山活動が活発化した際の観測データを使用し、それらのデータを見た一般の登山者や行政職員などが火山活動の活発化を認識できるかどうかを評価した上で、どのように観測データを表示・表現すれば、リスクの理解度の向上に効果がるのかを検討する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

研究計画5ヶ年の前半の３年間では、火山活動の情報（噴火警戒レベルと情報入手方法、および観測データ）に関する登山者の知識、意識、理解度の実態を御嶽山、浅間山、焼岳の３火山において評価する。一般の登山者が求める火山活動に関する情報と登山者自身の知識、意識、理解度との関係性を検討する。なお本研究は登山口でアンケート調査を行うことを考えているため、計画期間中に火山の噴火警戒レベルが上がり、登山者がいないと判断された際には、調査年度の順番を入れ替える可能性がありうる。

後半の２年間では、前半の３火山のアンケート調査の分析結果を踏まえて、一般の登山者や火山の地元の関係者にとって役立つ情報を検討する。例えば、火口周辺や登山口に滞留する登山者が下山の判断に役立てられる情報や、登山者や関係者が火山活動のリスクに対する意識の向上に役立てられる情報とその情報の出し方である。準リアルタイム観測モニターの表示の方法および火口周辺や登山口や関係機関に設置する場所に関するアンケート調査を考える。

2024年度：御嶽山の登山口（候補地：黒沢口と王滝口）で、下山者を対象にアンケート調査する。
2025年度：浅間山の登山口（候補地：浅間山荘口と車坂峠口）で、下山者を対象にアンケート調査する。
2026年度：焼岳の登山口（候補地：上高地口と中の湯口および新穂高温泉口）で、アンケート調査する。
2027年度：３年間の調査結果を踏まえて、登山者や関係者に役立つ準リアルタイム火山観測モニターの見せ方をデザインする。全国または御嶽山等の登山者および自治体等の関係者へのアンケートに基づき、役に立つ準リアルタイム火山観測モニターを評価する。また全国の平均的な登山者を対象として、登山者の求める情報と登山者に伝える有効な火山情報に関するインターネットアンケート調査を実施する。
2028年度：引き続き、登山者に伝えるための有効な火山情報を考慮した上で、アンケート調査を実施する。5年間で現地調査を行ったアンケート結果と2027年度に実施したインターネットアンケート結果を比較して、アンケート調査を総括する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本研究は，１．御嶽山2014年噴火を想定した登山者参加型避難訓練のアンケート調査（8月9日）『登山者の避難行動と意識に基づく防災対策の評価』および２．『火山活動の情報に対する御嶽山登山者の知識・意識の評価』に関するアンケート調査（9月28日）を行った。以下、1と2について調査結果を記す。

１．登山者の避難行動と意識に基づく防災対策の評価

1.1．はじめに

木曽町は2022～2024年に、2014年御嶽山噴火を想定した登山者参加型避難訓練を実施した。本研究は、この訓練の企画作成と実施に協力し、訓練参加者へのアンケート調査を実施した。本訓練では、突発的な噴火を想定しているが、実際の噴火時とは異なり、防災無線による噴火情報の提供を行っている。そこで、登山者の避難行動と意識を分析し、避難行動上の課題を明らかにするとともに、情報提供のあり方を検討した。

1.2．避難訓練と調査・分析の方法

避難訓練は、避難者のパフォーマンス評価と避難の改善に資する情報を得る有効な手段とされる。本訓練では、防災無線でサイレンを吹鳴し、噴火発生を想定して登山者に避難行動を促した。事前に登山口で行動指示書を配布し、登山者の行動をビデオ撮影するとともに、アンケート調査を実施した。さらに、2014年噴火時の映像・記事を分析し、訓練との比較を行った。

1.3．結果と考察

避難訓練の分析は2024年度の結果を(1)(2)(3)に記載し、噴火時映像の分析を（4）に示す。なお、アンケート回収枚数は87であった。

(1)　避難訓練時の行動

訓練開始後1分未満で避難行動を始めた割合は剣ヶ峰：100％，登山道：約31％であった．登山道では避難行動の遅れが目立つ．登山道では避難行動の開始にばらつきがあり、1～2分が約25%、2分以上

は約25%、避難行動をとれなかったが約19%であった。
　避難先に関しては、シェルターや建物の中へ避難した割合が剣ヶ峰：100%，登山道：約6%であった。剣ヶ峰では避難施設への避難が多いのに対し、登山道では隠れる場所が限られ、岩陰が約38%、その場に留まったが約31%、建物の陰が約13%で、その他が約13%であった。登山道では行動が多様であり、登山者の行動と反応に戸惑いが観察された。
(2)　避難訓練時の意識
　訓練時のリスク認識について、「安全だと感じ，助かると思った」割合はシェルターのある剣ヶ峰で：約27%、隠れる場所の少ない火口周辺の登山道で：約13%、「リスクを感じたが助かると思った」割合は剣ヶ峰で：約67%，登山道では：約13%、「リスクが大きく，不安を覚えた」割合が剣ヶ峰で：約7%、登山道では：約75%であった。以上、剣ヶ峰では避難に対して安心感を抱く傾向が強い一方、登山道ではリスクを大きく感じ、不安を抱く登山者が多かった。
(3)　避難行動の困難さと情報提供のニーズ
　「避難ルートが分かりづらかった」と感じた割合は剣ヶ峰：約33%、登山道：約31%、また「周囲の状況が把握できなかった」は剣ヶ峰：約60%、登山道：約44%であった。両エリアともに避難行動の困難さが顕著であった。具体的な指示や選択肢を求めるニーズは剣ヶ峰：約60%、登山道：約63%と非常に高く、情報提供が重要であることが共通していた。
(4)　2014年噴火時の行動との比較
　映像と記事によると、噴火時の初動には個人差が見られた。避難先の山小屋では、悲鳴と混乱が生じ、その後、悲鳴が減り、静かにし始め、次第に黙り込み、無駄な動きを止め、じっと待機の状態が続いた。噴火が過ぎると、山小屋の中は静寂に包まれたが、暫くすると状況を冷静に受け止める人とそうでない人が現れ、下山の判断が冷静にできない人もいた。実際の災害現場は、訓練時のリスク認識とは異なり、緊迫した状況であったと判断される。
1．4．結論
　避難行動の迅速化には、登山道や剣ヶ峰での明確な情報提供が重要である。特に、適切な避難行動を即時に判断できるよう、避難ルートの明示や行動指針の整備が求められる。また、避難先では冷静な判断を促す情報提供の充実が不可欠である。
２．登山者の避難行動と意識に基づく防災対策の評価
2.1．はじめに
　登山者がどの程度火山情報を理解し、活用しているかについての実態は十分に把握されていない。本研究では、火山活動の情報に対する一般登山者の知識と意識を明らかにすることを目的とし、アンケート調査を実施した。
2.2. 調査方法
本調査は、2024年9月28日に御嶽山頂上の剣ヶ峰から下山したばかりの登山者を対象に、火口周辺の剣ヶ峰および登山道に近い王滝頂上と黒沢十字路の２か所において、アンケート調査を実施した。調査調査項目は、火山の認知度、火山活動に関する情報収集の状況、噴火警戒レベルの認識度、想定火口位置の認知度、観測データの理解度について評価した。
2.3. 結果と考察
(1) 火山の認知度と噴火リスク意識
調査の結果、「御嶽山が火山である」と認識していた登山者は大半を占めたが、噴火の可能性を意識していた割合は剣ヶ峰で約86%、登山道で約81%にとどまった。さらに、登山道では「常に考えていた」と回答した割合が約5%減少し、継続的な警戒意識を持つ登山者は限られることが示唆された。
(2) 火山活動情報の収集状況
登山前に火山活動の情報を調べた登山者は約73.4%であったが、登山中に継続して情報を得た登山者は約52.9%に減少した。一方、登山前に情報を調べなかった者は約16.6%だったのに対し、登山中には約47.2%まで増加した。登山者は出発前には火山情報を確認するものの、登山中の情報取得が著しく減少する傾向があることが分かった。
(3) 噴火警戒レベルおよび想定火口域の認識度
気象庁の噴火警戒レベルを「よく知っている」「やや知っている」と回答した登山者は約80.3%であったが、「あまり知らない」「まったく知らない」と回答した登山者も約19.8%存在していた。一方、想定火口域の位置を正しく把握していた登山者は35%にとどまった。噴火警戒レベルの認知度はあるものの、想定火口の位置など、火山のリスクに関する理解が十分ではないことを示している。
(４) 火山観測データの理解度

「気象庁の火山情報が発表されたら知りたい」と回答した登山者は約25%に過ぎなかったが、「気象庁の情報に限らず、火山性地震の発生数などのリアルタイム情報を知りたい」と回答した者は約71%に達した。これは、登山者が公式な警報だけでなく、火山活動の兆候を示すリアルタイムデータへの関心が高いことを示していると考えられる。
そこで、一般の登山者が火山の観測データをどの程度理解できるのかテストを行った。2022年2月23日に噴火警戒レベル2に引き上げられた際の地震波形・傾斜計データについて、正しい画像を選択できた登山者の割合は約19%にとどまった。一方で、火山性地震の日別発生数の推移をグラフで示した場合、登山者の火山活動状況や登山道での防災への意識が向上する可能性が見えてきた。
2.4. まとめ
本調査の結果、登山者の多くは火山情報に関心を持ち、噴火警戒レベルの存在を認識しているものの、登山中の情報取得の減少、具体的な火口位置の認識不足、リアルタイム情報提供への高いニーズが課題として明らかになった。特に、火山性地震の発生状況をグラフで提示することで、登山者のリスク意識が向上する可能性が示唆された。今後、分かりやすい情報伝達の仕組みを構築することが求められる。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Horii, M., Yamaoka, K., Kim, H., Takewaki, S., Kunitomo, T., 2024, Comparative Study on Literacy Enhancement on Volcanic Disaster Reduction for the Residents and Visitors in Mt. Ontakesan and Other Volcanic Areas, Journal of Disaster Research, 19, 159-172.,査読有,謝辞無

寺田暁彦・小川康雄・金　幸隆・萬年一剛・石坂恒久・萬代洋信・石﨑泰男・亀谷伸子・阪本真由美，2024，火山噴火と防災および観光シンポジウム2023－草津白根山、御嶽山、箱根山－：火山危機におけるコミュニケーションの改善へ向けて，火山，69，87-98．,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

金 幸隆・前田裕太・高橋 誠・鷺谷 威・大湊隆雄・寺田暁彦・山岡耕春・野田智彦，2024，2014年御嶽山噴火時の映像と2022・23・24年の避難訓練に基づく登山者の行動分析および登山者への情報伝達，日本火山学会2024年度秋季大会，A3-13.

金 幸隆・山岡耕春・前田裕太・大湊隆雄・寺田暁彦・室井研二・高橋 誠・野田智彦・田ノ上和志・竹脇 聡，2024，御嶽山における登山者参加型避難訓練２０２２・２０２３：アンケートとビデオ映像に基づく登山者の避難行動と防災対策の評価，日本地球惑星連合2024年大会，HDS10-P03.

堀井雅恵・山岡耕春・金 幸隆・竹脇 聡・國友孝洋，2024，御嶽山地域と他の火山地域における地域住民や観光客・登山客に対する火山防災啓発の取り組みの比較，日本地球惑星連合2024年大会，HDS10-P02.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

御嶽山および浅間山を対象に登山者が求めている火山に関する情報および登山中のリスクについて地元の関係機関にヒアリングを行う．登山者などを対象としたアンケートを行い，火山に関する必要な情報を明らかにする．

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

金　幸隆（名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター）,前田裕太（名古屋大学大学院

環境学研究科附属地震火山研究センター）,高橋　誠（名古屋大学大学院環境学研究科社会環境学専攻）
他機関との共同研究の有無：有
大湊隆雄（東京大学地震研究所）,寺田暁彦（東京科学大学総合研究院多元レジリエンス研究センター）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター
電話：0264-24-0131
e-mail：kimu@seis.nagoya-u.ac.jp
URL：https://www.seis.nagoya-u.ac.jp/center/kovo/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：金幸隆
所属：名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター

令和６年度年次報告

課題番号：NGY_08

（1）実施機関名：

名古屋大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）4G/LTEを用いた小電力・軽量小型テレメータ地震観測装置の改良開発
（英文）Development of low-power, lightweight, compact telemetered seismic observation system using 4G/LTE

（3）関連の深い建議の項目：

６ 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
イ. 内陸地震
２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）
５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(5) 大規模火山噴火

（5）本課題の５か年の到達目標：

地震観測は静穏環境で行うことから，しばしば「電力・通信環境が整備されていない場所での運用」という問題がつきまとう。さらに，火山の直近や大地震後の余震活動が活発な地域での地震観測では，迅速なデータ取得開始はもちろん，作業者の安全を確保するためにも高い機動性・操作性が観測装置に求められる。このような場所では特に電源確保が難しい状況が想定され，オフライン観測となることが多いが，即時性が必要な研究や防災情報の発信に生かすことができず，保守・解析処理の負担も大きくなる。

これまでに我々が開発してきた現用機は，機動地震観測に求められる小型化・軽量化・小電力化・使いやすさ（汎用性、現場作業の簡略化）を追求した地震テレメータ観測装置であり，御嶽山山頂での通年観測などを通して，以上のような問題や要求に答えてきた実績がある。

本課題では，現用機の最終的な仕様に現用機ではハード的に対応が難しかった以下の問題
１）電源喪失後，復電した際の自動起動機能，２）LTE/4G対応マルチキャリ対応，３）マルチキャリア対応
を加えた後継機を開発し，御嶽山山頂10箇所において運用中の現用機と順次置き換えを進め，実地でのテスト運用開始・評価を目指す。

（6）本課題の５か年計画の概要：

2026年末でdocomoの3Gサービスが終了するため，御嶽山山頂で行なっている通年テレメータ試験観測に極力空白期間を作らないように計画を進める方針である。
令和６年度：充放電モジュール動作の継続検証，防水筐体への組み込み，電源・通信仕様についての詳細検査・検証を行い，試作機を作成する。
令和７年度：本年で３Gサービスが終了するため，試作機を作成し試験運用開始する。試験運用を行い

つつ，充放電モジュール動作等について問題点・改良点の洗い出しを行いながら後継機の最終仕様決定を行う。また受信・監視サーバについても改良を行い整備する。
令和８－１０年度：後継機を追加作成し，御嶽山試験地での試験観測を行う。その中で問題点・改良点を洗い出し，それらについて検討・改修を行う。受信・監視サーバについても修正，改良を行っていく。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本年度は開発に必要な充放電モジュールの追加作成，開発ベース機材としているアディコ製QR-001ロガーの購入，受信サーバプログラムの購入に資源を割いた．充放電モジュールを搭載した開発機（試作機）の継続・仕様検証，防水筐体への組み込み方法の検討を行い，開発機の実地運用に向けて準備を開始した．

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本課題で開発を行っている軽量装置は、建議項目6(1)イにおける「連続多点地震観測手法の高度化」に位置付けされる装置であり，被害地震直後の余震観測や火口域での観測など危険が伴うような場所でのすばやい観測に適した装置であり，この開発により観測基盤を整え，研究を加速することができる．

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和７年度末で３Gサービスが終了する.山頂でのテレメータ試験観測を継続するためにも，実験室での開発機運用試験が完了次第，実地による試験運用を開始する予定である。実験室・観測地点での試験運用を行いつつ，充放電モジュール動作等について問題点・改良点の洗い出しを行いながら開発機（後継機）の最終仕様決定を行う。また受信・監視サーバについても運用試験を行い，改修・整備を進める。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

寺川寿子（東海国立大学機構名古屋大学大学院環境学研究科）,前田裕太（東海国立大学機構名古屋大学大学院環境学研究科）,堀川信一郎（東海国立大学機構名古屋大学大学院環境学研究科）
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東海国立大学機構名古屋大学大学院環境学研究科地震火山研究センター
電話：052-789-3046
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：山中佳子

所属：東海国立大学機構名古屋大学大学院環境学研究科

令和６年度年次報告

課題番号：NICT01

（1）実施機関名：

情報通信研究機構

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）先端リモートセンシングによる地震及び火山の被害状況把握技術の高度化
（英文）

（3）関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

（4）その他関連する建議の項目：

（5）本課題の５か年の到達目標：

地震・火山などの災害発生時に航空機SARを用いて迅速に被災状況を把握するための技術（観測手法・データ解析手法等）を確立する。取得した航空機SARデータの利活用を進める。

（6）本課題の５か年計画の概要：

Pi-SAR X3を用いて、発災時に比較できるベースマップとして平時のデータ取得を行うとともに、これまで取得した航空機SARデータの利活用を推進する。発災時等には可能な範囲でPi-SAR X3によるデータ取得を行い、これらのデータを用いて航空機SARにより迅速に被災状況を把握するための技術（観測手法・データ解析手法等）の高度化を進める。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

昨年度までに引き続き令和6年度もPi-SAR X3による火山観測を実施した。これにより、気象庁常時観測火山51の内、実質的に観測が困難な硫黄島を除く50火山のデータ取得を完了した。また、CSAR（Circular SAR）に関する信号処理等に取り組んだ。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

平時の火山観測データの取得及び蓄積により、今後災害が発生した際には、発災前後データの比較等を通じてより詳細な現象の把握が期待でき、更にはこれにより災害の軽減に貢献できるものと位置付けられる。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

牛腸 正則, 2024, サブ開口分割を用いたCSAR再構成とビーム幅に関する一考察, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-1C-16

牛腸 正則, 2024, サブ開口分割を用いたCSAR再構成とビーム幅の評価, 電子情報通信学会　アンテナ・

伝播研究会, AP2024-127

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

Pi-SAR X3による観測実験を行いつつ、CSAR等の解析・信号処理技術の高度化に取り組む。また、取得データの利活用についての検討を進める。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

情報通信研究機構 電磁波研究所
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：情報通信研究機構広報部
電話：042-327-5322
e-mail：publicity@nict.go.jp
URL：http://www.nict.go.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：上本純平
所属：情報通信研究機構 電磁波研究所

令和６年度年次報告

課題番号：NIED01

（1）実施機関名：

防災科学技術研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）火山災害の予測力・予防力・対応力向上に関する研究開発
（英文）

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ア. 史料の収集・分析とデータベース化
イ. 考古データの収集・集成と分析
ウ. 地形・地質データの収集・集成と文理融合による解釈
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
火山
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）
4 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(5) 大規模火山噴火
(6) 高リスク小規模火山噴火

（5）本課題の５か年の到達目標：

基盤的火山観測網（V-net）や各種リモートセンシング技術等を活用して、火山災害の即時予測や推移予測、火山災害を迅速に把握する技術に関する研究開発を推進する。なお本課題は、防災科研の第５期中長期計画に基づき、その運営費交付金によるプロジェクト研究の一部として実施される。そのため、本到達目標は第５期中長期計画が終了予定である令和11年度末までを対象としている。

（6）本課題の５か年計画の概要：

本課題は先述のとおり防災科研の第５期中長期計画(令和５～11年度)に基づいており、その運営費交付金によるプロジェクト研究「火山災害の予測力・予防力・対応力向上に関する研究開発」の一部として実施され、この成果を通じて「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」の推進に貢献するものである。そのため、以下の計画内容は令和11年度末までを対象としている。
基盤的火山観測網（V-net）やリモートセンシング技術等を活用した噴火のリアルタイム把握技術とシミュレーション技術の連携により、噴火によるハザードの即時予測技術の開発に取り組む。また、火山観測データ一元化共有システム（JVDN システム）に集約されたデータ、それらを補完する機動調査や観測によるデータを活用するとともに、物質科学的アプローチによる研究も進め、分野横断的に

火山活動の推移予測の研究を行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

噴火によるハザードの即時予測技術や火山活動の推移予測技術開発のため、基盤的火山観測網（V-net）等のデータを活用して火山性地震の震源決定手法の改良について検討を行った。全国の火山で可搬型レーダー干渉計（SCOPE）による地殻変動観測、空撮用手持ち型赤外カメラシステム（STIC-P）等による地温観測等を実施し、火山灰自動採取・可搬型分析装置(VOLCAT)について機能強化を行うなど、物質科学的なデータも含め、火山観測データ一元化共有システム（JVDN システム）によるデータ統合を進めた。

降灰調査データや降灰のモニタリングデータ、シミュレーションを活用した情報プロダクツの作成方法について研究を進めた。JVDN システムに噴火やハザード等の火山災害に関するデータを登録する機能を設けた。

噴火発生前後における防災関係機関による災害対応を時系列的に整理し、「災害対応タイムライン」を作成し、那須岳と御嶽山にてタイムラインの実効性検証を目的とした訓練や演習を、地元自治体及び火山防災協議会と協力して実施した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

１．地震・火山現象の解明のための研究

（４）火山活動・噴火機構の解明とモデル化

火山活動・噴火機構の解明とモデル化には、地球物理学的なデータだけでなく、火山ガスや物質科学的なデータも合わせた分析が必要である。従来から進めている基盤的観測網やリモートセンシング技術等による観測だけでなく、物質科学的なデータも含め、火山観測データ一元化共有システム（JVDN システム）によるデータ統合を進めた。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

基盤的火山観測網（V-net）や火山灰可搬型分析装置(VOLCAT)等のデータを使用し、物質科学手法も利用して、噴火のリアルタイム把握技術開発を進める。火山観測データ一元化共有システム（JVDNシステム）に集約されたデータ、それらを補完する 機動調査や観測によるデータ等を活用し、硫黄島等について火山活動の推移予測のための火山活動モデルの構築を進め、推移予測に資する調査観測項目を整理しつつ必要な技術の開発を行う。

レジリエンスの評価に必要なハザード等のデータを収集しJVDNシステムに登録する。噴出物チームなどの機動的な調査観測に関する連携体制の構築を進め、岩石コア試料などのデータ共有を進める

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

防災科学技術研究所　火山防災研究部門　火山研究推進センター

他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：防災科学技術研究所 広報・ブランディング推進課

電話：
e-mail：
URL：https://www.bosai.go.jp/about/inquiry.html

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：上田英樹
所属：防災科学技術研究所

令和６年度年次報告

課題番号：NIED02

（1）実施機関名：

防災科学技術研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地震の逐次的評価に関する技術開発

（英文）Research and development of earthquake monitoring and evaluation

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
イ. 内陸地震

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
イ. 内陸地震の長期予測
(2) 地震発生確率の時間更新予測
ア. 地震発生の物理モデルに基づく予測と検証
イ. 観測データに基づく経験的な予測と検証
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(2) 首都直下地震
(3) 千島海溝沿いの巨大地震
(4) 内陸で発生する被害地震
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

（5）本課題の５か年の到達目標：

防災科学技術研究所（以下、防災科研）が運用している陸海統合地震津波火山観測網（MOWLAS）（南海トラフ海底地震津波観測網（N-net）を含む）等の観測データ、数値シミュレーション技術等を活用して、地震の震源情報、地震動等の特徴・経過を逐次的に提供可能とすることを目指す。なお本課題は、防災科研の第５期中長期計画に基づき、その運営費交付金によるプロジェクト研究の一部として実施される。そのため、本到達目標は第５期中長期計画が終了予定である令和11年度末までを対象としている。

（6）本課題の５か年計画の概要：

本課題は先述のとおり防災科研の第５期中長期計画(令和５～11年度)に基づいており、その運営費交付金によるプロジェクト研究「地震津波の即時逐次的評価に関する技術開発」の一部として実施され、この成果を通じて「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」の推進に貢献するものであ

る。そのため、以下の計画内容は令和11年度末までを対象としている。
陸海統合地震津波火山観測網（MOWLAS）等で得られた観測データを、大地震発生直後から分析及び評価し、発生した地震の震源情報、地震動等の特徴・経過を逐次的に把握及び推定するための技術開発を行う。これらの情報を過去の地震や津波の情報及び事前想定と結びつけ提供するための手法の研究開発、様々な現況モニタリング技術及び関連する数値シミュレーション技術高度化のための研究開発を進める。MOWLAS等が捉える、地震や津波以外の事象による信号の検知とその原因究明を行う技術の開発を通じ、地震及び津波現象のモニタリング精度向上並びに様々な自然災害等の評価に貢献する。さらに、これらの成果を統合したデータベースの構築を進める。
得られた成果について、地震調査研究推進本部をはじめとする国の機関に提供し、活用されることを目指すとともに、ウェブサイト等により広く情報公開を行う。また、観測及び予測情報を所内外の関係機関と共有・連携することで、社会のレジリエンス向上に貢献する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

令和６年能登半島地震の余震について、３次元地震波速度構造に基づくCMT解析を実施し、断層の形状および余震発生の応力場に関する知見を得た。能登半島東方沖のCMT解の分布は、とくに佐渡島西方沖の領域で北西方向に深くなる分布を示し、これは佐藤他(2020)による断層モデルと整合的な結果である。また能登半島北西部の浅部では南北に近い走向を持つ解が得られ、本震のすべり過程解析（例えばOkuwaki et al., 2024）と整合的な結果が得られた。また能登半島北西部ではP軸が東西に近い方向となり、この地域において応力軸がやや回転していることが示唆された。
本震発生後の短時間の地震計データに基づきその後の揺れの予測を行う解析手法(Sawazaki, 2021)において、モーメントマグニチュードと最大振幅に関する非線形な関係式を新たに提案した。これを2008年岩手・宮城内陸地震および令和６年能登半島地震に適用したところ、予測値が観測値に近づくとともに、予測値の分布の幅が狭くなり、予測能力の改善がみられた。
地震調査委員会等の政府委員会に対し定常的にモニタリング成果を報告するとともに、臨時の情報提供も行った。とくに2024年8月8日に日向灘で発生した地震に伴い「南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）」が気象庁より発表された際には、南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会および地震調査委員会に対し、同領域における地震・スロー地震活動の状況把握に資する情報を随時提供した。
2024年7月より試験運用を開始したN-net沖合システムの記録を用い、同地域で発生する微動活動のモニタリング手法の開発を進めた。これにより、前述の日向灘の地震後、同地域で発生する微動を検出することに成功した。
地震や津波以外の事象による信号の検知とその原因究明を行う技術の開発としては、2024年7月の秋田・山形豪雨と同年9月の能登豪雨に関し、Hi-net地震計記録の解析を実施した。地震計のノイズ記録と周辺の地形情報に基づく、観測点近傍を流れる河川での流量の推定に関する研究を行った。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

プレート境界については、日向灘で発生する微動に対し，新たに観測を開始したN-netを用いた解析手法の開発を進めた。今後、スロー地震解析を通じた同地域のすべりの定常モニタリングへの貢献が期待される。内陸地震については、令和６年能登半島地震に関し、複雑に分布する断層面形状や応力場の理解に寄与する研究成果を、３次元地震波速度構造を考慮したCMT解析により得た。
災害の軽減に関し、本課題は地震調査委員会等の政府委員会に対し、MOWLAS等のモニタリング成果を随時報告すること、およびその成果を公開することを通じて貢献した。今後も定時および臨時の情報提供・公開を継続的に実施する。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Kubota, T., O. Sandanbata, T. Saito, and T. Matsuzawa, 2024, Accelerating seafloor uplift of submarine caldera near Sofugan Volcano, Japan, resolved by distant tsunami recordings. Geophysical Research Letters, 51, e2024GL108415.https://doi.org/10.1029/2024GL108415.,

査読有,謝辞無

Yamaya, L., H. Kubo, K. Shiomi, and S. Takemura, 2024, Impact of the offshore seismograph network and 3-D seismic velocity structure model on centroid moment tensor analysis for offshore earthquakes: Application to the Japan Trench subduction zone. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 129, e2024JB029944. https://doi.org/10.1029/2024JB029944.,査読有,謝辞無

Yamaya, L., H. Kubo, K. Shiomi, and T. Kimura, 2024, Aftershock characteristics of the 2024 Noto Peninsula earthquake (Mw7.5) through centroid moment tensor analysis using a 3-D seismic velocity structure model, Research Square,https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-5618048/v1, 査読中（プレプリント）.,査読無,謝辞無

松澤孝紀・田中佐千子・小原一成，2024，西南日本における深部低周波微動活動（2023 年 11 月～2024 年 4 月），地震予知連絡会会報，112, 401-409．,査読無,謝辞無

松澤孝紀・田中佐千子・小原一成，2025，西南日本における深部低周波微動活動（2024年 5 月～2024 年 10 月），地震予知連絡会会報，113，印刷中．,査読無,謝辞無

浅野陽一，2024，日本周辺における浅部超低周波地震活動（2023年11月～2024年4月），地震予知連絡会会報，112，5-7．,査読無,謝辞無

浅野陽一，2025，日本周辺における浅部超低周波地震活動（2024年5月～2024年10月），地震予知連絡会会報，113，印刷中．,査読無,謝辞無

木村武志，2024，西南日本における短期的スロースリップイベント（2023 年 11 月～ 2024 年 4 月，地震予知連絡会会報，112，410-418．,査読無,謝辞無

木村武志，2025，西南日本における短期的スロースリップイベント（2024 年 5 月～ 2024 年 10 月），地震予知連絡会会報，113，印刷中．,査読無,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

山谷里奈・久保久彦・汐見勝彦・木村武志，2024，3次元地震波速度構造モデルを用いた令和６年能登半島地震（Mw7.5）の余震のセントロイド・モーメントテンソル解析，日本地球惑星科学連合2024年大会，U15-P06.

澤崎　郁，2024，極値統計学に基づく余震による揺れの早期予測手法の性能検証，日本地球惑星科学連合2024年大会，SCG53-05.

澤崎　郁，2024，2024年能登半島地震の余震による揺れの早期予測，日本地球惑星科学連合2024年大会，U15-P45.

三好崇之・太田和晃・松澤孝紀・浅野陽一・功刀　卓・武田哲也・青井　真，2024，N-netを用いた南海トラフ浅部微動活動のモニタリングに向けて，日本地震学会2024年秋季大会，S23P-17.

浅野陽一，2024，2024年8月8日 日向灘の地震の震源域周辺域における浅部超低周波地震活動，日本地震学会2024年秋季大会，S23P-15.

澤崎郁，2024，最大振幅の飽和の影響を考慮した余震による揺れ予測性能の改善，日本地震学会2024年秋季大会，S01-05.

山谷 里奈，久保 久彦，齊藤 竜彦，武村 俊介，汐見 勝彦，2024, 海域で発生した地震のCMT解析の高精度化におけるocean-influenced Rayleigh waveの活用，日本地震学会2024年秋季大会，S01-12.

澤崎　郁・P. C. Shakti，2024, Hi-net地震計記録を用いた近年の洪水時における流量推定の試み，2024 年度 東京大学地震研究所共同利用研究集会 大気・海洋・固体地球の波形解剖学：新たな海陸高密度観測に基づく高分解能イメージングと震源過程解析，S24P-12.

Yamaya, L., S. Takemura, H. Kubo, T. Saito, and K. Shiomi, 2024, Advances in Centroid Moment Tensor Inversion for Shallow Offshore Earthquakes Using Ocean-influenced Rayleigh Wave, American Geophysical Union 2024 Fall Meeting, S31A-04.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

MOWLAS等で得られた観測データについて、地震の震源情報、地震動等の特徴・経過を逐次的に把握及び推定するための技術開発、地震及びそれ以外の事象を含む様々な現況モニタリング技術および関連する数値シミュレーション技術高度化のための研究開発を進める。逐次的解析を過去の地震・津波や事前想定と結び付けた研究開発や、データベースの構築も進める。得られた成果について、地震調査委員会等の政府委員会に随時資料提供を行う。
なお、本課題は防災科学技術研究所の中長期計画に基づく運営費交付金によるプロジェクト研究の一環として実施される。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

防災科学技術研究所（巨大地変災害研究領域地震津波複合災害研究部門）,防災科学技術研究所（巨大地変災害研究領域地震津波火山観測研究センター）
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：防災科学技術研究所 企画部広報課
電話：
e-mail：
URL：https://www.bosai.go.jp/about/inquiry.html

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：松澤孝紀
所属：防災科学技術研究所 巨大地変災害研究領域地震津波複合災害研究部門

令和６年度年次報告

課題番号：NIED03

（1）実施機関名：

防災科学技術研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）大地震の発生機構の理解と予測に関する研究
（英文）

（3）関連の深い建議の項目：

２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
地震
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(2) 首都直下地震
(3) 千島海溝沿いの巨大地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

南海トラフ地震等の巨大地震の発生や連鎖の物理プロセスを統一的に解明する研究開発を実施し、防災・減災に効果的に活用されるような新たな情報の創出を目指す。なお、本課題は、防災科学技術研究所の第5期中長期目標達成のために支出されている運営費交付金によって行う。そのため、本到達目標は第５期中長期計画期間が終了する予定である令和１１年度末までを対象としている。

（6）本課題の５か年計画の概要：

衛星測位データや地震計記録、津波計記録等の多様な観測データ及びそれらの解析結果と、世界最大規模の岩石摩擦実験から得られる知見とを、物理モデルに基づく理論的アプローチ及びシミュレーション技術により統合し、南海トラフ地震等の巨大地震の発生や連鎖の物理プロセスの解明に向けた研究を実施する。これらの成果に基づき、巨大地震の発生に関する長期予測やその後の更なる大地震の発生可能性を含む推移シナリオの構築及び更新のための研究開発を行う。なお、本課題は、防災科学技術研究所の第５期中長期目標達成のために支出されている運営費交付金によって行う。そのため、上記は第５期中長期計画期間を対象とした計画概要である。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

津波計記録・地震波形記録の観測データの解析による震源過程・津波波源の推定手法の開発に取り組んだ．2023年10月に大地震が発生していないにもかかわらず，津波が発生した．これは，海底カルデラが数時間のうちに何度も小規模な隆起を繰り返すことで，津波が発生したと考えられている．単発の海底隆起を想定する従来の解析法から，連鎖的な隆起を想定する津波波形逆解析手法を開発し，海底隆起の時空間変動を推定した．その結果，経過時間の増大にともない，カルデラ隆起の発生時間間隔

は短くなり，隆起量は大きくなるといったカルデラ隆起の加速度的な成長を明らかにした．

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

幅広い時空間スケールで震源過程やその緩和過程を解明することは，大地震発生後のさらなる大地震の発生可能性の評価を高い信頼度で行う際に重要となる．巨大地震の発生や連鎖の物理プロセスを統一的に解明するため，解析・実験・シミュレーション研究に取り組んだ．解析研究において，地震波データに加え津波データ・GNSSデータなど様々なデータによって幅広い時空間スケールで起こる連鎖的・連続的におこる地学現象の震源解析技術の高度化を進めた．今年度に開発したデータ解析技術は，連鎖的発生が懸念される南海トラフ巨大地震の震源過程推定の高度化に間接的に貢献する．

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Kubota, T., O. Sandanbata, T. Saito, and T. Matsuzawa, 2024, Accelerating seafloor uplift of submarine caldera near Sofugan volcano, Japan, resolved by distant tsunami recordings, Geophysical Research Letters, 51, e2024GL108415. https://doi.org/10.1029/2024GL108415, 査読有,謝辞無

Okubo, K., B. G. Delbridge and M. A. Denolle, 2024, Monitoring velocity change over 20 years at Parkfield, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 129, e2023JB028084. https://doi.org/10.1029/2023JB028084,査読有,謝辞無

Ding, X., S. Xu, E. Fukuyama and F. Yamashita, 2024, Back-Propagating Rupture: Nature, Excitation, and Implications, J. Geophys. Res. Solid Earth, 129, e2024JB029629. https://doi.org/10.1029/2024JB029629,査読有,謝辞無

Romanet, P., T. Saito, and E. Fukuyama, 2024, The mechanics of static non-planar faults in infinitesimal strain theory, Geophysical Journal International, 239(3), 1664-1693.,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

Okubo, K., Yamashita, F., & Fukuyama, E, 2024, Non-self-similarity of Laboratory Microearthquakes Generated by Controlled Gouge Patch, AGU24, MR43B-04

山下 太・福山 英一・大久保 蔵馬・前田 純伶, 2024, 複雑な断層すべりの再現とその詳細な観察に向けた巨大岩石摩擦実験,日本地球惑星科学連合2024年大会

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

データ解析研究では，地震動・津波・GNSSデータの統合解析手法のさらなる高度化に取り組む．特に，大地震を引き起こす原動力の定量化に向け，地殻から解放されるひずみエネルギー量の推定手法の開発を行う．実験研究では，世界最大規模の巨大岩石摩擦試験機の開発を進める．試験機特性の把握を進めるとともにデータを収集する．多様な震源核形成過程の再現とその発生機構の解明に取り組む．シミュレーション研究では，大地震を駆動するためのひずみエネルギー蓄積過程として，塑性流動等を取り入れたシミュレーション手法の開発に取り組む．

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

国立研究開発法人 防災科学技術研究所地震津波防災研究部門

他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：齊藤竜彦
所属：国立研究開発法人 防災科学技術研究所地震津波防災研究部門

令和６年度年次報告

課題番号：NIED04

（1）実施機関名：

防災科学技術研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）自然災害ハザード・リスク評価と情報の利活用に関する研究
（英文）

（3）関連の深い建議の項目：

４地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

（4）その他関連する建議の項目：

３地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
ア. 強震動の事前評価手法
イ. 津波の事前評価手法
エ. 大地震に起因する災害リスクの事前評価手法
５分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(2) 首都直下地震
(3) 千島海溝沿いの巨大地震
(4) 内陸で発生する被害地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

過去の経験や知見が十分でない低頻度の巨大な自然災害に対しても不確実さを適切に考慮できるハザード・リスク評価手法の高度化研究を行い、地震及び津波ハザードの基盤情報を構築することで、地震調査研究推進本部をはじめとする防災行政に資する情報を整備し、各主体の災害に対する適切な意思決定の支援を目指す。なお、本課題は、防災科学技術研究所の第5期中長期目標達成のために支出されている運営費交付金によって行う。そのため、本到達目標は第５期中長期計画期間が終了する予定である令和１１年度末までを対象としている。

（6）本課題の５か年計画の概要：

過去の経験や知見が十分でない低頻度の巨大な自然災害に対しても不確実さを適切に考慮できるハザード・リスク評価手法の高度化研究を行い、地震及び津波ハザードの基盤情報を整備する。さらに、地震に伴う複合災害のリスク評価手法の開発を行う。これらの研究開発の基盤となる強震動観測記録、地下構造などのデータベース群の整備、及びシミュレーション技術の開発を進める。研究成果を所内外へ発信し活用を促進するハザード・リスク情報プラットフォームを開発するとともに、各主体と連携し共創と研究の高度化を推進する。また、研究成果に基づき地震調査研究推進本部をはじめとする防災行政に資する情報を整備する。なお、本課題は、防災科学技術研究所の第５期中長期目標達成のために支出されている運営費交付金によって行う。そのため、上記は第５期中長期計画期間を対象とした計画概要である。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

地震ハザード評価については、過去の経験や知見が十分でない低頻度の大規模災害に対して不確実さを適切に考慮できるハザード・リスク評価手法高度化のため、南海トラフ地震を対象とした認識論的不確定性を考慮するための枠組みの構築を進めるとともに、地震ハザードの基盤情報として、地震活動モデル改良と東海地域の浅部・深部統合地盤構造モデルを反映した2025年起点の確率論的地震動予測地図を作成し、強震動データフラットファイル2023年版をJ-SHIS Labs から公開した。津波ハザード評価については、日本海溝沿い・千島海溝沿いを対象に、地震発生の多様性をさらに考慮した２海域統合確率論的評価を進めるとともに、防災科研の津波ハザード評価に関する研究成果を紹介するWebサイトJ-THIS Labsから英語版の南海トラフ沿いで発生する地震の最大クラスを含む多様性を考慮した確率論的津波ハザード情報を公開した。南海トラフ巨大地震のリスク評価として、リスク指標を特徴量とした類型化手法を適用して抽出した代表的な地震パターンの広域災害シナリオを作成した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

過去の経験や知見が十分でない低頻度の大規模災害に対しても不確実さを適切に考慮できる地震ハザード・リスク評価手法の高度化研究を進め、2026年起点の確率論的地震動予測地図を作成する。強震動データフラットファイルを活用した地震動予測モデルの構築に着手する。津波ハザード評価では、日本海溝沿い・千島海溝沿いを含めた太平洋沿岸の津波ハザード評価を行う。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

国立研究開発法人防災科学技術研究所　地震津波複合災害研究部門

他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：中村洋光
所属：防災科学技術研究所

令和６年度年次報告

課題番号：NIED05

（1）実施機関名：

防災科学技術研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）基盤的観測網の運用

（英文）Operation of fundamental observation network

（3）関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
ア. 観測基盤の整備
ウ. 地震・火山現象のデータ流通

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
イ. 内陸地震
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(2) 首都直下地震
(3) 千島海溝沿いの巨大地震
(4) 内陸で発生する被害地震
(5) 大規模火山噴火
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
エ. 地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開
(5) 社会への研究成果の還元と防災教育

（5）本課題の５か年の到達目標：

陸海統合地震津波火山観測網（MOWLAS）及び首都圏地震観測網（MeSO-net）を安定的に運用するとともに、良質な地震等の観測データの取得・流通を図り、防災科学技術研究所を始めとする関係機関における研究、その他の業務の遂行や我が国の地震調査研究の発展に貢献する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

陸海統合地震津波火山観測網（MOWLAS）である、陸域の基盤的地震観測網(高感度地震観測網(Hi-net)、強震観測網(K-NET)・基盤強震観測網(KiK-net)・広帯域地震観測網(F-net))・基盤的火山観測網(V-net)、海域の基盤的観測網(日本海溝海底地震津波観測網(S-net)・地震・津波観測監視システム(DONET))および首都圏地震観測網（MeSO-net）について安定的な運用を継続するとともに、良質な地震等の観測データの取得・流通を図り、防災科学技術研究所を始めとする関係機関における研究、その他の業務の遂行や我が国の地震調査研究の発展に貢献する。さらに、南海トラフ海底地震津波観測網(N-net)の構築を完了し、運用を開始する。

既存の火山観測施設や基盤的火山観測網を含め、重点的に観測を強化すべき火山について観測施設の整備・運用を行いつつ、これにより得られる観測データについては、全国の大学が運用する観測網

のデータとの共有化を引き続き進め、大学等の火山防災の基礎研究の振興や気象庁の監視業務の推進、さらには地方防災行政の関係機関の情報共有化に貢献する。

MOWLASデータを用いた解析結果等については、発災時を含め地震調査委員会等の関係機関へ速やかに提供する。

なお、本課題は防災科学技術研究所の中長期計画に基づく運営費交付金等により実施される。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

陸海統合地震津波火山観測網（MOWLAS）及び首都圏地震観測網（MeSO-net）を安定して運用することにより、地震・低周波地震・超低周波地震・スロースリップイベントについてイベント検出、震源位置・震源メカニズム解・断層モデルの推定、余震活動の予測等を継続して行った。さらに、その活動状況のモニタリング結果を国民に対してわかりやすく情報発信を行うとともに、地震調査委員会・地震予知連絡会等に随時提供した。

2024年4月17日23時14分頃に豊後水道でMj6.6の地震が発生した。余震も含めた初動解、MT解ともに震源メカニズムは正断層型が支配的で、最大余震はプレート内の活動域で発生した。Hi-net震源を初期震源とし三次元地震波速度構造を平均化した層構造を用いて波形相関データを用いたDouble-Difference法（DD法）による精密震源再決定を行った結果は、防災科研F-net MT解の2つの断層面の一つであるN169˚Eに直交する断面では本震付近で高角な西傾斜の余震分布が存在し、もう一つの断面であるN40˚Eに直交する断面では本震の南西側で水平に余震が分布することを示した。強震波形記録を用いた震源過程のインバージョン解析からは、最大すべり量は0.5ｍで、主たる破壊は破壊開始点から南方へ進行したと推定された。また、Hi-netの合成波形エンベロープから地震発生後10日間のエネルギー輻射量（4-20Hz）を推定した結果、本震のエネルギー輻射量に対する余震からの積算エネルギー輻射量の割合は1.4％であることがわかった。

2024年8月8日16時13分頃に日向灘で発生したMj7.1の地震は、Hi-net初動解及び3D CMT解析の結果から逆断層型であり、沈み込むフィリピン海プレートに沿う低周波地震（VLF）活動域深部に位置する地震活動域で発生していることを示した。強震波形記録を用いた震源過程のインバージョン解析から、最大すべり量は3.9 mで、主たる破壊は破壊開始点から南西へ進行したことが示された。N-netおよびDONETで観測された水圧記録において、最大振幅は2－3㎝であり、Global CMT解に基づく津波理論波形と概ね一致した。一方、Hi-netの3成分合成波形エンベロープから地震発生後10日間のエネルギー輻射量（4-20 Hz）を推定したところ、本震のエネルギー輻射量に対する余震からの積算エネルギー輻射量の割合は2.2％であることがわかった。

さらに日向灘では、2025年１月13日21時19分頃にMj6.9（速報値、暫定値は6.6）の地震が2024年8月8日の地震の北側で発生した。初動解及びF-net MT解は北西－南東圧縮の逆断層型であり、余震は本震の東側に分布していた。2つの地震の強震波形を比較すると、2025年のイベントの方が継続時間が長いが、一方で2024年イベントの方が振幅が大きいという特徴が得られた。強震波形記録を用いた震源過程のインバージョン解析は、最大すべり量は0.5 mで、主たる破壊は破壊開始点から北東へ進行したことを示した。N-netおよびDONETで観測された水圧記録において最大振幅は1㎝であり、Global CMT解に基づく津波理論波形と概ね一致した。

N-netにおいては、沖合システムと沿岸システムの２つのシステムのうち、沖合システム18台については昨年度に海底への敷設工事を終了し、今年度7月より試験運用を開始した。その後の8月8日の日向灘の地震（Mj7.1）において、前述の通り地震に伴う津波が観測されており、得られた観測データはGlobal CMT解に基づいて計算された津波理論波形と概ね一致していることから、実際の環境におけるN-netの津波観測性能が確認できた。観測されるデータの品質の確認等が完了したことから、10月15日よりデータ公開を開始した。また11月21日より気象庁による津波観測データの活用が始まり、津波警報等の更新、津波情報の発表の迅速化や精度向上に貢献することとなった。Ｒ６年度は、沿岸システム18台の敷設工事を実施中である。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

陸海統合地震津波火山観測網（MOWLAS）及び首都圏地震観測網（MeSO-net）で得られたデータを集約・公開することにより、地震津波火山観測研究全体を発展させ、社会が持つ防災・減災能力の向上に貢献している。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

浅野陽一, 2024, 日本周辺における浅部超低周波地震活動(2023年11月～2024年4月), 地震予知連絡会会報, 112, 5-7.,査読無,謝辞無

浅野陽一,2025,日本周辺における浅部超低周波地震活動（2024年5月～10月），地震予知連絡会会報, 113，印刷中．,査読無,謝辞無

木村武志, 2024, 西南日本における短期的スロースリップイベント(2023年11月～2024年4月), 地震予知連絡会会報, 112, 410-418.,査読無,謝辞有

木村武志, 2025,西南日本における短期的スロースリップイベント (2024年5月～2024年10月) ，地震予知連絡会会報, 113，印刷中．,査読無,謝辞有

松原誠, 2024, Double-Difference 法による 令和6年4月17日豊後水道の地震の震源分布, 地震予知連絡会会報, 112, 421-423.,査読無,謝辞有

松澤孝紀・田中佐千子・小原一成, 2024, 西南日本における深部低周波微動活動(2023年11月～2024年4月), 地震予知連絡会会報, 112，401-409．,査読無,謝辞無

松澤孝紀・田中佐千子・小原一成, 2025,西南日本における深部低周波微動活動 (2024年5月～2024年10月) ，地震予知連絡会会報, 113，印刷中．,査読無,謝辞無

松澤孝紀・太田和晃・三好崇之, 2024,南海トラフ浅部の微動活動（2024年７月）, 地震予知連絡会会報, 113，印刷中．,査読無,謝辞無

澤崎郁, 2024, 2024年4月17日豊後水道の地震による高周波エネルギー輻射量, 地震予知連絡会会報, 112，424-427．,査読無,謝辞無

汐見勝彦・久保久彦・澤崎郁, 2024, 令和6年能登半島地震：近地強震波形を用いた震源過程（暫定）と余震による高周波エネルギー輻射量, 地震予知連絡会会報, 112，581-585．,査読無,謝辞有

関口渉次, 2024, 南海トラフ周辺における最近の傾斜変動(2023年11月～2024年4月), 地震予知連絡会会報, 112, 357-373.,査読無,謝辞有

関口渉次, 2025,南海トラフ周辺における最近の傾斜変動（2024年5月～2024年10月），地震予知連絡会会報, 113，印刷中．,査読無,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

青井真・武田哲也・功刀卓・篠原雅尚・ 三好崇之・ 植平賢司・望月将志，2024，N-net観測システムの開発と沖合システムの構築，JpGU SCG53-04.

青井真・武田哲也・功刀卓・篠原雅尚・ 三好崇之・ 植平賢司・望月将志，2024，MOWLASの8番目の観測ネットワーク：N-net～沖合システムの観測開始と沿岸システムの構築～，日本地震学会秋季大会，S02-09.

Aoi S., T. Takeda, T. Kunugi, M. Shinohara, T. Miyoshi, K. Uehira and M. Mochizuki, 2024, Observation Network of MOWLAS: N-net --- Starting Observation of the Offshore System ---, AGU Fall Meeting, S41H-3396Eighth.

久保田達矢・三好崇之・久保久彦・鈴木亘・青井真・功刀卓・武田哲也，2024，2024年8月8日日向灘の地震に伴う津波：N-netとDONETの海底水圧計記録，日本地震学会2024年度秋季大会，S23-02.

三好 崇之・植平 賢司・望月 将志・西澤 あずさ・上野 友岳・青井 真・篠原 雅尚・武田 哲也・功刀 卓・棚田 俊收，2024，N-net沖合システムの海洋敷設工事，JpGU S-TT37.

三好 崇之・太田 和晃・松澤 孝紀・浅野 陽一・功刀 卓・武田 哲也・青井 真，2024，N-netを用いた

南海トラフ浅部微動活動のモニタリングに向けて，日本地震学会秋季大会，S23P-17.

柴田 律也・久保 久彦・鈴木 亘・青井 真・関口 春子，2024，強震波形記録から解像する2024年日向灘の地震の震源過程，日本地震学会秋季大会，S23P-04.

武田哲也・三好崇之・功刀卓・青井真・篠原雅尚，2024，N-net沖合システムにおける地震計および水圧計のデータ品質，日本地震学会秋季大会，S02P-06.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

引き続きMOWLAS及びMeSO-netを安定的に運用することにより、海陸統合データベースを構築し、良質な地震等の観測データの取得・流通を図り、関係機関における研究・技術開発、その他の業務の遂行や我が国の地震調査研究の発展に貢献する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

国立研究開発法人　防災科学技術研究所（地震津波火山観測研究センター）
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：防災科学技術研究所 企画部広報課
電話：
e-mail：
URL：https://www.bosai.go.jp/about/inquiry.html

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：青井真
所属：防災科学技術研究所

令和６年度年次報告

課題番号：RKD_01

（1）実施機関名：

琉球大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）南西諸島における地震被害リスク評価
（英文）Seismic Risk Assessment of South-West Islands in Japan

（3）関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
エ. 大地震に起因する災害リスクの事前評価手法

（4）その他関連する建議の項目：

4 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(4) 内陸で発生する被害地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

九州以南の南西諸島地域においては、人口密度も比較的に小さく都市部も限られているため、一般的には地震被害リスクが低い地域と認識されている。しかしながら、近年の観測によると震度1から震度3程度の地震が頻発かつ散発的に記録され、歴史的観点では数百年周期で大地震が観測されており、大津波の人的被害の記録もある。
そこで本研究に於いて着目しているのは、地理的に広範囲に及ぶ南西諸島地域の各諸島群や島ごとに地盤の性質が大きく異なることを考慮することにより、「地盤と建物の相乗効果による建物の耐震性能」を考えていくことである。
大まかな地盤性質分類ではなく、実際の建物近くの地盤の性質が建物の耐震性能にどのような影響を与えるのか「フラジリティ曲線により評価」すること及び「各対象地域のハザードマップ作製」を目的としている。
今回の5ヶ年計画では、南西諸島内の沖縄本島地域、八重山諸島地域、宮古諸島、奄美諸島から各数か所の人口密集地区を選定する。各所では公共建築物やモデル化した数種類の建物を対象とする。地盤及び建物の揺れやすさを常時微動測定器により測定し、過去の地震記録から地震波を用い対象建物の構造解析と合わせることにより地震被害リスクを評価していく。

（6）本課題の５か年計画の概要：

南西諸島において地震が発生した場合、特に既存不適格建築物や地震力を計算する際に使用する地域係数0.7の場合（沖縄県）において、地盤の影響により建物被害が拡大し得る地域に注目していく。
　令和6年度は、沖縄本島南部で数か所において、常時微動測定より地盤や建物（既存不適格建築物と現行建築基準法で設計されたもの）の揺れやすさを評価する。これらに合わせて上記いくつかの建物をモデル化し、構造解析を行いフラジリティ曲線を作成し、地震被害リスクを評価する。
令和7年度では、沖縄本島中部および北部で数か所において上記のプロセスを行う。前年度と合わせて沖縄本島内の対象地域についてハザードマップ作製を試みる。
令和8年度においては、令和6年度と7年度の経験を活かし、より効率的に石垣島及び宮古島内数か所において同様に研究を進める。

令和9年度は、奄美大島及び与那国島内数か所において同様に研究を進める。
令和10年度においては、蓄積データを整理し、各地域の地震被害リスク評価とハザードマップの検証を行う。さらに学術論文発表によりデータを公表する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

今年度の実施内容と成果は以下の4項目である。

（１）既存不適格建築物の調査

今年度は、沖縄県宜野湾市及び沖縄県中頭郡西原町を調査対象地域とし、始めに地震被害リスクの高い建築物がどの程度存在するのかを調査した。ここで、地震被害リスクが高い建築物とは、1981年の耐震基準（新耐震基準）以前に建てられた建築物で、既存不適格建築物と呼ばれている建物である。それら既存不適格建築物は地震に対する危険性が極めて高いとされている。

本調査によると、令和6年現在、宜野湾市内全32,570棟のうち約21％（6,730棟）は既存不適格建築物である。その後さらに2000年には耐震性能強化基準が制定され、1981年から2000年の間に建てられた建物は約42％（13,560棟）であった。結果、約63％を占める建物が現行の基準以下であることが本年度の調査で分かった。この中で本研究では1981年以前の建築物を対象に絞り、各地域または地点の地盤条件を考慮した地震時の挙動分析を進めることを到達研究目的としている。

（２）地震応答解析

沖縄県内の調査対象地域において特徴的なことは、既存不適格ピロティ形式RC建物が多く存在していることである。そこで、典型的な事例を想定するために、ピロティ形式建物をモデル化し、地盤条件（堅いまたは軟弱）を仮定し組み合わせ、国内における近年の代表的な地震である兵庫県南部地震、東日本大地震、熊本地震の地震波を用いて、建物の地震応答解析により構造性能評価を試みた。その後フラジリティ曲線により被害リスクを求めた。そこで得られた結果では、軟弱な地盤では層間変形角の許容値を大きく超えることもあり建物が倒壊する可能性が高いという結果となった。今後は、建築物とその実測された地盤評価を合わせた形で構造性能評価を行うことにより、高精度で既存不適格建築物の地震被害リスク及び特定の地域リスクを検証していく。

（3）教育施設の常時微動測定

建築基準法に於いて定められている地震に対する設計基準があるが、ここで懸念されるのは全国の中で唯一沖縄県では0.7が適用されていることである。これは、1.0や1.2に対して低い設計基準が認められていることで、大地震発生時に建物へ甚大な被害が生じうることを予測させるものである。そこで琉球大学千原キャンパス内の建築物、建築年は1980 年から 2019年までの既存の鉄筋コンクリート造（以下RC造）および鉄筋鉄骨コンクリート造（以下SRC造）建物を対象に常時微動測定を行った。建物高さは10.9mから28.6mまでの建築物とし、計 11 施設を対象とした。測定結果は建築基準法施行令告示における振動数推定値の1.25倍程度の固有振動数を有していることが確認され、地震による倒壊のリスクは低いと推定された。

（4）地盤の常時微動測定

建築物の耐震性能を検証するにあたり、その構造解析結果の精度を高めるためには、地震時の地盤の揺れやすさが建物挙動に与える影響を把握する必要がある。そのため常時微動測定により地盤の揺れやすさを求めた。今年度は上記の２地域、琉球大学キャンパス（西原町）および住宅密集地である宜野湾市内（普天間基地周辺）において50地点の地盤を測定した。琉球大学キャンパス内10地点の測定結果から、柔らかい表層は7mから25ｍであり、狭いエリアの中で地盤の固さの幅が大きいことが分かった。また地盤表層部の振動数は3Hzから７Hzであったことから地盤の揺れやすさのバリエーションも大きいことが分かった。この測定結果と解析により、この地域においては、地震時の表層地盤の増幅特性は狭いエリアでも幅が大きく、正確な被害リスクを知るためには地点ごとに細かく分析する必要があると思われた。このように地域の地盤特性を考慮した建物地震被害リスクを示すことが本研究の到達目標である。来年度は、残りの40地点の解析とさらに測定エリアを拡大する予定である。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

沖縄県の場合、近年大きな地震を経験していないことから、一般的に地震被害への意識が低いとされている。しかしながら近海では活発な地震活動が観測されており必ずしも地震災害リスクが低い地域とは言えない。特に本研究が目指しているのは地震被害リスクが高い既存不適格建築物が密集してい

る住宅地に於いて、その地盤特性と建物を組み合わせた精度の高い地震被害リスクを広く知らせていくことにある。そのため、今後さらなるデータ分析と観測地点を増やし、市民レベルの災害リテラシー向上へ情報提供し、災害の軽減に貢献できる研究を目指していきたい。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

査読無,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

尾身 頌吾・CASTRO Juan Jose、地域係数が振動特性に与える影響に関する研究 ―その 1 学校施設を対象として―、21243、本建築学会大会学術講演梗概集 （関東） 2024 年 8 月

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

カストロ ホワンホセ（琉球大学島嶼防災研究センター）
他機関との共同研究の有無：有
尾身　頌吾（琉球大学工学部建築学コース（島嶼防災研究センター））

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：島嶼防災研究センター
電話：098-895-8829
e-mail：bousai@acs.u-ryukyu.ac.jp
URL：http://bousai.skr.u-ryukyu.ac.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：カストロ ホワンホセ
所属：島嶼防災研究センター

令和６年度年次報告

課題番号：RTM_01

（1）実施機関名：

立命館大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）大規模地震に先行する微小繰り返し地震と大規模地震をともなわない微小繰り返し地震の特徴抽出

（英文）Characteristics of micro-earthquakes followed and not followed by large earthquakes

（3）関連の深い建議の項目：

２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(2) 地震発生確率の時間更新予測
イ. 観測データに基づく経験的な予測と検証

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
イ. 内陸地震
２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(2) 地震発生確率の時間更新予測
ア. 地震発生の物理モデルに基づく予測と検証

（5）本課題の５か年の到達目標：

自然地震における前震活動の存在は、地震計によるリモート・センシングが可能な現象であり、地下深部における地震発生の準備過程の様子をうかがい知ることができ、短期的な地震発生予測のための情報として期待されている。10年ほど前から、大規模地震に先行する微小繰り返し前震の例が国内外で多く報告されるようになった。これらの研究では、大規模地震に先行して発生したことが分かっているカタログ掲載済みの小地震の波形記録をテンプレートとしてよく似た波形を連続波形記録から探索することによって検出されてきた。この手法の場合、大規模地震とは無関係の微小繰り返し地震の探索は、テンプレートの設定が難しく、時間的にも空間的にも網羅的に調べられている例はほぼない。微小繰り返し前震を地震発生予測に活かすためには、微小繰り返し前震の発生頻度、発生様式、波形から得られるイベントの特徴（見かけ応力、応力降下量といったイベントに付随するパラメタの特徴）などを明らかにするだけでなく、大規模地震をともなわない微小繰り返し地震に対しても同様の特徴を明らかにする必要がある。

大規模地震の先行現象としての繰り返し微小前震を模擬試験で実現するにあたり、断層面上、断層端、断層延長でどのような微小破壊活動がみられるかを明らかにすることは重要である。しかし、岩石破壊試験を実施する際に試料全体が破壊してしまうと、断層（破壊面）端の情報を得ることは困難であるため、断層端を再現できる試料作製技術の開発が必要となる。

本課題では、室内実験と自然地震波形記録の解析を通じて、この問題に取り組む。また、これを実現できるようにするために、テンプレートを置く場合、置かない場合それぞれに適用可能な類似波形探索の高速アルゴリズムの開発、実装をおこなう。

（6）本課題の５か年計画の概要：

【類似波形探索アルゴリズムの開発】類似波形探索については、テンプレートを設定せず、あらゆる

組み合わせから探索する場合には、飛躍的な高速化が必須となる。そこで、現行計画時に改善を重ねたHashingによる探索技術を更に発展させ、深層学習を用いたHashing手法を中心とした高速類似波形探索技術の開発（R6-R7年度）、及び地震波・弾性波記録への適用をおこなう（R7-R9年度）。この手法は、従来の相互相関を用いた手法に比して、1000倍以上の時間短縮につながり、数年間レベルでの総当たり探索が現実的な時間で実施できるようになる。また、このアルゴリズムによる波形探索能力と従来の相互相関関数を利用した波形探索能力を比較する（R6-R8年度）。

【自然地震の波形記録の解析】第二期期間中に開発された既知の微小地震記録との類似波形を探索する高速アルゴリズムを適用し、ある地域（能登地域、京滋地区、阪神地区など）の数年間の定常観測点の連続記録を使って時空間的にクラスタ化している微小地震活動を検出し、それがどれくらいの頻度で存在するかを調査する（R6-R8年度）。これに加え、上記の本計画で開発するアルゴリズムを適用し（R7-R9年度）、両結果の比較をおこなう。検出された活動について、その発生頻度、発生様式、波形から得られるイベントの特徴（見かけ応力、応力降下量といったイベントに付随するパラメタの特徴）などを調べる（R8-R10年度）。すでに知られている、あるいは新たに探索する大地震に先行する微小繰り返し前震の活動と比較し、発生頻度、発生様式、波形から得られるイベントの特徴や、イベントの時空間的距離の分布を調査する（R9-R10年度）。比較を通じて、（分類が可能であればタイプごとの）クラスタ的な微小繰り返し地震活動と大規模地震発生との関係を明らかにする（R10年度）。

【室内実験】断層端部が完全に固着している（インタクト試料の内部に弱面が存在）模擬試料を作成し（R6-R7年度）、この試料を用いた圧縮破壊試験を実施し、AE（アコースティック・エミッション；微小破壊によって放射される弾性波）の連続計測をおこなう（R6-R8年度）。収録されたAEの波形記録について上記と同様の解析をおこない、弱面延長や弱面でのクラスタ的なAE活動（最終破壊に先行するものは大規模地震の繰り返し前震に相当）、弱面と関係ないクラスタ的なAE活動（定常的なクラスタ的地震活動に相当）を検出し、それらの活動的、波形的な特徴を抽出する（R7-R9年度）。すでに取得されている二軸せん断試験や無垢な岩石試料の圧縮破壊試験、水圧破砕試験時に得られたAEの波形記録についても改めて精査し（R6-R7年度）、同様の解析から、それぞれの条件下での結果を比較する（R9-R10年度）。微小繰り返し前震がどのような領域でどのようなタイミングで発生しているかを明らかにする（R10年度）。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

微小地震を発見するために，膨大な連続地震波形データの中から，既知の地震波形 (テンプレートと称する) と類似する波形を探索する方法がある．波形相関法と呼ばれるこの方法は，しかしながら計算コストが高く，これまで多くの研究では探索対象となる連続地震波形の期間が数週間程度に留まる．唯一，米国カリフォルニア州において10年分の連続波形に対し波形相関法の適用事例があるが，これには大規模な GPU クラスタが利用されており，コストの高さゆえに多数の研究者が容易に真似できるものではない．そこで今回，市販のワークステーション程度でも数年分以上の連続データに波形相関法を適用可能なアルゴリズムを開発した．

このアルゴリズムに基づき DiallelX と称するプログラムを開発後，ソースコードを公開した上で論文化し，現在は国際学術誌において査読中である．64コア CPU を用いたベンチマークにおいてDiallelX は，100 Hz サンプリングの24時間連続波形データと1,000個のテンプレートイベントを用いる解析の場合，15チャンネルの波形 (地震計データ3成分×5観測点に相当) であっても，計算の主要部については3秒程度で実行を終了する（図１）．これは1年間の連続データについても20分程度しかかからない速度である．

より小さな微小地震・破壊を検出することに加え，それらの震源を決定し，破壊現象解析の時空間分解能を向上させることで，より多くの知見を得られることが繰り返し確認されている．室内水圧破砕実験で得られた弾性波連続記録を対象として，近年活発に研究されている深層学習による走時検測をおこない，それを元に検出された微小破壊（AE）の波形をテンプレートとしてDiallelXを活用したMatched Filter解析をおこない，古典的なSTA/LTA法やAR-AIC法で作成したカタログよりも10倍多くの震源を含むカタログを作成することに成功した．上記の深層学習検測器は古典的手法による自動処理結果を元に訓練することで，手動によるラベル付けを必要としない解析ルーチンを構築している．非常に多くの震源決定をおこなうため，検出走時をイベントに関連付けるPhase Associaitonのプロセスでは，従来使われていたグリッドサーチによる手法を差分進化アルゴリズムで解くことによっ

て高速化し，現実的な処理時間で震源カタログを作成することができた．得られたカタログでは，水圧破砕の主亀裂造成過程を従来に比べてより明瞭に示すとともに，破砕後に現れる低周波微動のようなシグナルの中に，ほぼ同位置に震源が求まるイベントが多数存在することを明らかにした．

また，よりコア数の少ないCPU を用いた解析ではあるが，能登半島北部沿岸域断層帯の10年超の長期のデータにも適用し，2007年能登半島地震の余震活動から2024年能登半島地震の発生に至る過程の微小地震活動について，DiallelXを利用したMatched Filter解析をおこなった．地震波形記録を使用した観測点は，防災科学技術研究所Hi-netの4観測点（輪島門前，富来，柳田，珠洲）と気象庁の1観測点（珠洲）である．対象地域が広いため，解析は能登半島北岸断層帯の4セグメント（門前沖，猿山沖，輪島沖，珠洲沖）に分けて実施し，各セグメントの近傍の３つの観測点の地震波形記録を使用した．なお，観測点によって解析期間中に地震計の更新および設置方位の修正がなされているものがあり，地震計設置方位の補正をおこなった3成分波形を使用した．特に，2024年能登半島地震の際に大すべりが推定された猿山沖セグメントの西側において，互いに相似な波形を示す特徴的なイベント群が見つかった．一つ目は2007年能登半島地震の余震活動期から2024年能登半島地震に発生に至るまで継続的に活動が見られるもの，二つ目は震源分布域をオーバーラップさせるが2018年ごろを境にして異なるイベント群に分かれるもの，三つ目は2007年能登半島地震余震活動期に遅れる形で2009年ごろからやや定常的な活動を見せたのちに2023年から活発化を見せるもの（図２）である．なお，三つ目の再活動に関連するMj ≧ 2.5の地震の発生は確認されていない．

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

現時点では，微小地震・破壊活動の検出とその時空間分布の把握の実施という段階ではあるが，ケーススタディを増やしていくことにより，大地震に先行する現象特有の特徴の有無を検討できるようになる．開発されたソフトウェアであるDiallelXは，大規模データすなわち長期間の波形データに適用することができるため，ケーススタディを増やす鍵となる成果と言える．

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Makoto Naoi, Koji Tamaribuchi, Kengo Shimojo, Shinya Katoh, Shukei Ohyanagi, 2024, Neural phase picker trained on the Japan Meteorological Agency unified earthquake catalog, Earth Planet Space, 76, 150, doi:10.1186/s40623-024-02091-8.,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

平野史朗・直井　誠，2024，DiallelX: ネットワーク相関法のための fortran コード，日本地球惑星科学連合2024年大会, SSS04-P05

直井　誠・溜渕功史・大柳修慧・加藤慎也，2024，一元化震源データによる深層学習検器の再学習，日本地球惑星連合2024年大会，SCG50-02

直井　誠・平野史朗・陳友晴，2024，深層学習とMatched Filter analysisによる水圧破砕に伴う微小破壊活動の解析，日本地震学会2024年度秋季大会，S08-31

佐々木萌香・川方裕則・平野史朗，2024，能登半島地域の地震活動の時空間発展を理解するための長期連続波形解析　―10年超の連続波形と数万のテンプレート波形を用いて―，日本地震学会2024年度秋季大会，S09P-07

Moka Sasaki, Hironori Kawakata, Shiro Hirano, 2024, Spatio-temporal variation of seismicity in the Noto Peninsula region using long-term continuous seismograms of nearby stations, 2024 AGU Fall Meeting, NH31G-2176

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：ソフトウエア開発（解析）

概要：地震波形記録に対するネットワーク相関法のための fortran コードを開発した
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：
調査・観測期間：
公開状況：公開中（データベース・データリポジトリ・Web）
https://github.com/ShiroHirano/DiallelX/

項目：ソフトウエア開発（解析）
概要：深層学習走時検測器PhaseNet (Zhu and Beroza, 2019)を1 ch波形用のアーキテクチャに修正したモデルを，室内水圧破砕実験中のAE記録で訓練した重みパラメータと共に公開した．
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：
調査・観測期間：
公開状況：公開中（データベース・データリポジトリ・Web）
https://github.com/mktnaoi/PhaseNet-AE

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和７年度は，主に機械学習処理に基づくカタログ作成技術の向上，及び類似波形探索高速化技術の開発に取り組むと共に，これらの手法の自然地震観測記録に対する適用を進める予定である．

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

川方 裕則（立命館大学総合科学技術研究機構）
他機関との共同研究の有無：有
平野 史朗（弘前大学大学院理工学研究科）,直井 誠（北海道大学大学院理学研究院）,吉光 奈奈（京都大学大学院工学研究科）,土井 一生（京都大学防災研究所）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：立命館大学研究部ＢＫＣリサーチオフィス
電話：077-561-2815
e-mail：ml-b-kanri@ml.ritsumei.ac.jp
URL：http://www.ritsumei.ac.jp/research/center/sci/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：川方 裕則
所属：立命館大学総合科学技術研究機構

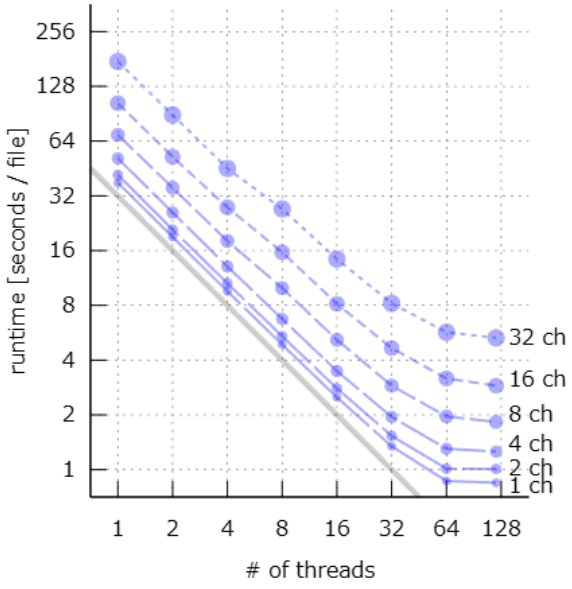


図 1．64コア搭載 CPU を用いた DiallelX のベンチマーク結果.
連続波形は24時間の100 Hz サンプリングに相当するデータで，テンプレート・イベント数は1,000．チャンネル数 (ch) は解析に用いる波形の独立成分の数.

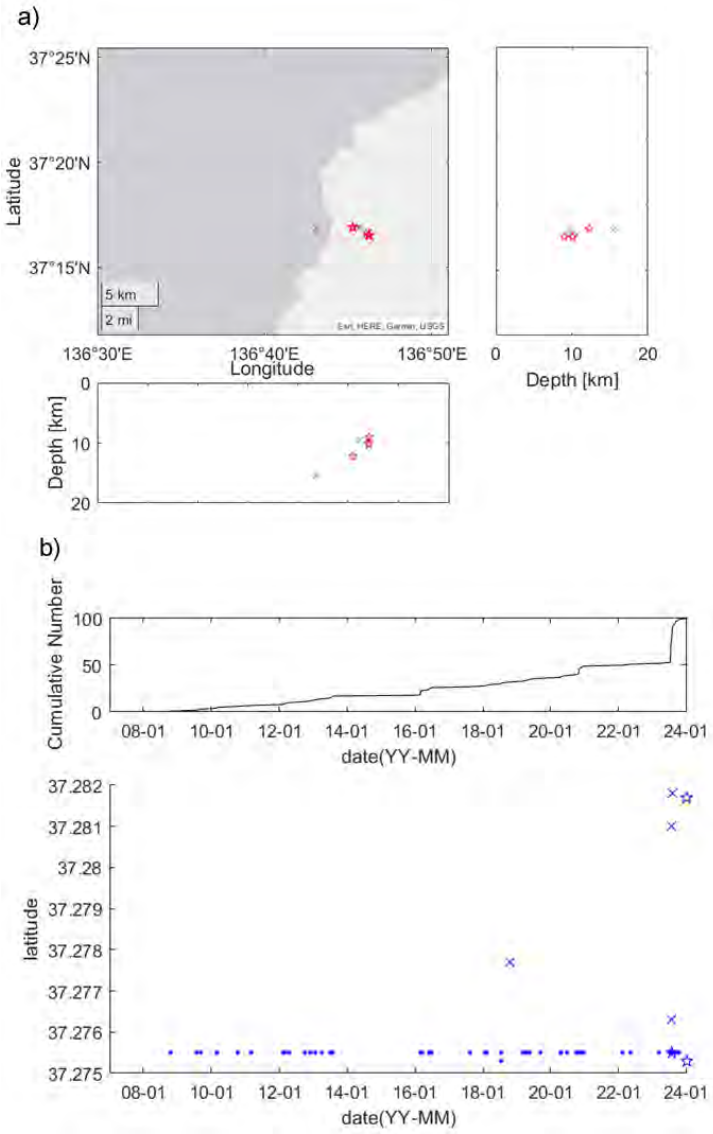


図２．能登半島北部沿岸域断層帯の猿山沖セグメントにおける相似波形を持つクラスターの時空間分布の例．2007年能登半島地震の後に活動域を拡大させた余震的な活動の後，段階的な再活動をともない，2023年以降に再活発化が見られたもの．a) 震央分布．b) N-T図とイベントの時間分布．☆はテンプレートとして使用したイベント，×はカタログ記載のイベント，・は波形が検出されたイベントをそれぞれ表す．

令和６年度年次報告

課題番号：RTM_02

（1）実施機関名：

立命館大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）アナログ実験による表層地盤の強震動応答のモデル化

（英文）Modeling strong motion response of shallow subsurface ground through analog experiments

（3）関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
ア. 強震動の事前評価手法

（4）その他関連する建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
ウ. 地震動に起因する斜面変動・地盤変状の事前評価手法

（5）本課題の５か年の到達目標：

地盤の応答特性（地震波速度，ピーク周波数など）は強震動によって変化することがあり，数ヶ月～数年という長期間をかけて回復するような粘弾性的ふるまいを示すケースについても報告されている．一方，2016年4月に発生した熊本地震は顕著な例であるが，数分～数週間という短期間のうちに同じ場所で繰り返し強震動が観測される事例も知られている．強震動を短期間のうちに繰り返し経験する場合，2回目以降の地盤の応答特性は，直前の強震動により変化した地盤特性の影響を強く受ける．強震動による地盤の応答特性変化とその回復過程は，地表約100 m以浅の表層地盤の粘弾性的性質に起因すると考えられているものの，未だモデル化には至っていない．繰り返し強震動が作用した場合に，その前後，および経時的に表層地盤の応答特性がどのように変化するかについて定量モデルを作成することは，適切な地震動を予測するうえで重要である．

また表層地盤は，空隙を多く含む強い不均質を持つ媒質であり，高周波数帯の波を考える場合には，この不均質は無視することができない．弱い不均質を持つ媒質に対しては，ランダム媒質を仮定した定量的なモデル化がなされており，波動場を計算できるシミュレーション＝コードも公開され，広く利用されている．一方，空隙のような強い不均質を持つ媒質に対しては，弾性的な応答に限った場合においても，波動の伝播を適切に評価できる手法がなく，新たな手法の開発が求められている．実験室においても，鉱物不均質などの弱い不均質を含む場合においては詳細な計測例があるものの，高空隙率媒質の詳細な弾性波計測は，散乱による減衰が強くなることなど高度な技術を要することもあり，実施事例は少なく，波動場計算の手法が構築されたとしても，どの程度実際の波動場をうまく近似できているかを評価できる状況にない．

本研究は，主として実験・計測を通じて，上記の課題に取り組むものである．

（6）本課題の５か年計画の概要：

【模擬表層地盤に対する繰り返し強震動入力試験】強震動の強さ・特徴的な周波数・継続時間・発生間隔などの入力の特性，および地盤の空隙率などのシステムの特性をさまざまに変化させながら，強震動を繰り返し入力した場合に，地盤応答特性がどのように変化するかを実験的に明らかにし，定量的なモデル化を目指す．

まず，模擬的な砂層地盤を作成し，地盤内に応答測定用の加速度計アレイを構築する（R6年

度）．応答特性は，地盤を変形させない程度の微弱な『モニタリング用の弾性波』を断続的に地盤に与え，透過させることによって計測する（R6-R7年度）．次に，1度の強震動が与えられた場合に地盤の応答特性がどのように変化するかを調べる．強震動は模擬砂層地盤の下に設置する振動台を振動させることによって平面波的に与える．強震動入力前後，およびその後の経時的な透過弾性波のピーク周波数の変化，複素インピーダンスの時間変化などを推定することにより，強震動応答の特徴を定量的に評価する（R7-R9年度）．さらに，1度の強震動が与えられた場合と同様の方法で，繰り返し強震動が与えられた場合の地盤応答特性の粘弾性変化を調べ，1度の強震動が与えられた場合の結果との時間依存性の違いについて検討する（R8-R10年度）．模擬砂層地盤の素材については，制御が容易なシリコンが混ぜ合わされた砂から開始し，計測技術を確立したのちに（R6-R8年度），含水量や空隙率の異なる砂層を作成して試験を継続する（R8-R10年度）．これらの試験を通じて，強震動が入力された場合に，地盤応答特性がどのように変化するかを実験的に明らかにする（R9-R10年度）．
【高空隙率の媒質に対する透過弾性波計測試験】弾性波速度が数km/s程度のセメントモルタル，1 km/s弱の石膏に，数100 m/s程度の空隙など含ませることでモデル媒質を作成する（R6-R7年度）．必要に応じて高空隙率の凝灰岩などの天然の岩石も活用する．弾性波速度と入力周波数を変えることにより波数に幅を持たせ，また空隙サイズを変えることにより特徴的な不均質スケールに幅を持たせる．波長で規格化された不均質スケールと伝播距離の関係において，実際の表層地盤の模擬として適切な範囲で媒質と入力周波数を変化させる（R6-R8年度）．挙動が単純な等価均質媒質から計測を開始させ（R6-R7年度），弱い不均質を持つ媒質，波線理論が適用できる成層構造媒質など，既存の枠組みで定量的な説明が可能なモデルへと変化させ，最後に空隙を多く含む強い不均質を持つ媒質へとモデル媒質を発展させる（R8-R9年度）．計測によって得られた記録を解析し，強い不均質を持つ媒質に対する弾性波の透過特性を明らかにする（R8-R10年度）．

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

【模擬表層地盤に対する繰り返し強震動入力試験】強震動による表層地盤の弾性波応答特性の変化を調べるための実験装置の整備を実施した（写真１）．強震動は模擬砂層地盤の下に設置された振動板により水平方向成分が与えられ，これとは別にモニタリング用の微弱な振動が埋設された振動スピーカーより断続的に放射される．これらに対応する振動は同じく埋設されている加速度計によって記録され，連続収録される．この装置を用いることにより，定量的に模擬砂層地盤の弾性波応答特性，ならびにその強震動による影響を評価できるようになった．
【高空隙率の媒質に対する透過弾性波計測試験】不均質媒質に対する弾性波の伝播特性は，不均質の空間的な分布，不均質の特徴的なサイズ，弾性波の波長，不均質の強さなどのさまざまな要素が複合的に絡み合って決まる．特に多孔質媒質における弾性波の伝播特性は，地表付近の地震波の振る舞いを検討する際などにおいて重要である．強い不均質を持つ媒質として，セメントモルタル中に人工的に空隙を埋設した単純な円柱形の模擬媒質を作成し，この媒質に弾性波を透過させ，その応答を計測した．空隙は中空のPP球によって実現させ，ある円柱断面に約45度間隔で８個のPP球をほぼ円周状に配置し，中心のものと合わせて９個を配置した（写真２）．別の円柱断面にも，互いにPP球の位置が円柱断面の直交方向から見て約22.5度ずつずれるようにしながら同様に配置した．弾性波計測は正確な波動を計測するために、Nishizawa *et al.* (1997, BSSA)などによって提案されているレーザードップラー速度計（LDV）を採用した．片方の端面の中央に送信用の厚み振動型圧電振動子を貼り付けて，繰り返し電圧パルスを印加することで弾性波を繰り返し放射させた．LDVは直交する3方向で受信し，3成分波形を得た．LDVは正確かつ振動方向が明確な波動を計測することができる反面，ノイズの影響を受けやすい．そのため得られた弾性波を確認したところ，硬質岩よりも有意に信号強度が低く，600 kHz程度までしか信号強度が十分ではないことが判明した．これはセメントモルタルを硬化させる際に，PP球以外の小規模な空隙が形成されてしまい，散乱減衰の影響が大きくなったことが原因であると推定される．そこで，セメントモルタルの硬化方法について再検討し，低空隙率で透過率を向上させたセメントモルタル媒質の作成手順の目途を立てることができた．
　また，高空隙率媒質の弾性波伝播特性の理解を深化させるために，青森県今別市で取得された多孔質安山岩の不均質特性を参考にして計算モデルを作成し，OpenSWPC (Maeda *et al.*, 2017, EPS)を利用して3次元差分法による波動伝播シミュレーションを実施し，Matsuda et al. (2023, AGU)によって計測済み波形記録との比較をおこなった．空隙のサイズと位置が波動場形成に強く影響していることを支持する計測波形と計算波形の一致が見られ，アレイ状の複数観測点で得られた波形から不均質の

位置やサイズが推定できる可能性が示唆された．

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

表層地盤が強震動に及ぼす影響に関する知見を増やすことができれば，強震動予測の精緻化など災害軽減に資するものとなる．強震動入力試験については装置が整備されたので，次年度以降にデータを得られることが期待される．また，高い空隙率を持つ媒質に対する弾性波の伝播特性についての知見を得る準備を進めているが，この成果もより現実的なグリーン関数を得ることにつながるものと期待される．

(8) 令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

吉光奈奈・松田航洋，2024，計測波形と数値計算波形の比較を通した実験試料内の不均質場が波形に与える影響の評価，日本地球惑星連合2024年大会，SSS07-11

川方裕則，2024，不均質媒質を透過する弾性波のふるまい（２）　～不均質強さによる差異を明らかにするために～，日本地震学会2024年度秋季大会，S01-02

安本陵巧・川方裕則・平野史朗，2024，湾地形におけるLg波の伝播特性　― 数値解析的アプローチ ―，日本地震学会2024年度秋季大会，S01-03

市部悠斗・川方裕則・平野史朗，2024，2次元の数値シミュレーションにおける仮定する震源時間関数とレシーバ関数の関係，日本地震学会2024年度秋季大会，S01P-07

Hironori Kawakata, 2024, Frequency dependence on propagation manner of elastic waves traveling through porous media, 2024 AGU Fall Meeting, NS41B-1142

Ryota Yasumoto, Hironori Kawakata, Shiro Hirano, 2024, Effect of bay topography on an Lg wave —Numerical approach—, 2024 AGU Fall Meeting, S41E-3356

Yuto Ichibe, Hironori Kawakata, Shiro Hirano, 2024, Relationship between the source time function and imaging reliability in synthetic receiver function analysis, 2024 AGU Fall Meeting, S53E-3376

Masayuki Nakayama, Hironori Kawakata, Issei Doi, 2024, Changes in slowness before and after rainfall by active seismic monitoring on a slope, 2024 AGU Fall Meeting, S11E-3442

安本陵巧・川方裕則・平野史朗，2024，湾地形におけるLg波の伝播特性 ―数値解析的アプローチ―，日本地震学会2024年度秋季大会，S01-03

(9) 令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

(10) 令和７年度実施計画の概要：

【模擬表層地盤に対する繰り返し強震動入力試験】整備された実験装置を用いて，地盤内に応答測定用の加速度計アレイを構築し，強震動が与えられた際の地盤の応答特性の変化の定量的評価を開始する．

【高空隙率の媒質に対する透過弾性波計測試験】弾性波速度が3000 m/s程度に改善されたセメントモルタルおよび高空隙率の天然の岩石を媒質とする弾性波透過試験を実施する．入力周波数，空隙サイズを変えることにより特徴的な不均質スケールに幅を持たせ，波長で規格化された不均質スケールと伝播距離の関係において，実際の表層地盤の模擬として適切な範囲での計測を目指す．

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

川方 裕則（立命館大学総合科学技術研究機構）

他機関との共同研究の有無：有

土井 一生（京都大学防災研究所）,吉光 奈奈（京都大学大学院工学研究科）,平野 史朗（弘前大学大学院理工学研究科）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：立命館大学研究部ＢＫＣリサーチオフィス
電話：077-561-2815
e-mail：ml-b-kanri@ml.ritsumei.ac.jp
URL：http://www.ritsumei.ac.jp/research/center/sci/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：川方 裕則
所属：立命館大学総合科学技術研究機構

写真１．強震動による表層地盤の弾性波応答特性の変化を調べるための実験装置.
強震動はアクリル容器内に作成された模擬砂層地盤の下に設置された振動板により水平方向成分が与えられ，これとは別にモニタリング用の微弱な振動を与える振動スピーカーが模擬砂層地盤内に埋設されている.

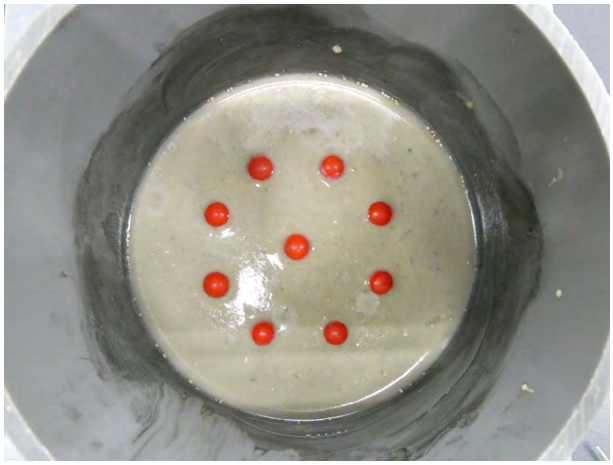


写真２．作成途上のセメントモルタル媒質の様子.
塩ビ管にセメントモルタルを注入し，中空のPP球（赤い球状の物体）を配置した状態.

令和６年度年次報告

課題番号：SSU_01

（1）実施機関名：

信州大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地震災害軽減に向けた効果的な防災教育の検証

（英文）Verification of effective disaster prevention education for earthquake disaster mitigation

（3）関連の深い建議の項目：

４ 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究

(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

（4）その他関連する建議の項目：

６ 観測基盤と研究推進体制の整備

(5) 社会への研究成果の還元と防災教育

（5）本課題の５か年の到達目標：

地震災害を軽減する減災は、自然現象が災害になるプロセスを遮断ないしは弱めることにより実現される。その中でも地震災害は突然発生し、起因して発生する津波や火災など時間的制限を要する中で適切な行動が求められる。防災を公助が担っていた時代には、地震発生直後の対応を乗り切れば、公的機関の支援プログラムにのることが想定され、自助共助の能力は求められていなかった。しかし、阪神淡路大震災以降公助の限界が露呈し、自助共助に一定の役割を求める中で、減災には住民一人一人の行動と役割が大きな要素を占めるようになった。その対策には地震前の予防、地震時の対応、地震後の対応の３フェーズが重要となる。各フェーズには、①危機意識の浸透、②危険情報の感度、③危険に気づく能力、④判断力と行動力など、個人や地域力にゆだねられている点が多い。しかし、現代の教育システムではこのような能力や知識を定着・活用させるための仕組みが無く、災害軽減の教育は、子供達ばかりでなく成人も含め新たな仕組みや実践が必要である。

学校現場における防災教育は、これまで突発的な地震時に身を守ることを第一に防災訓練などが行われてきたが、現在は、小学校低学年から高等学校にかけての発達段階に応じて、身の安全を守る、他者との協働、地域の特性に応じた危険を見つけ判断できるなど「生きる力」を身に着けることを求めている。これらを学校教育で実現するためには、単発的な防災訓練に止まらず、教科横断的な要素、地域社会との連携など積み重ねて学ぶカリキュラムマネジメントが必要になる。そのため、さまざまな取り組みが被災地を中心に模索されているが、体系的な防災教育像はいまだ確立されていない。その確立には先ず災害を俯瞰した専門的な知識と視野、学校の授業構成やカリキュラムなどの知識や視点が必要である。加えて、防災教育はその効果が検証されないままに様々な取り組みがなされており、防災教育の評価やその効果の検証が重要な課題である。そのため、教育学や教育心理学が従来から蓄積してきた授業効果についての研究を活用し、教育心理学分野と災害科学分野との連携から効果的な防災教育を構築する必要がある。

一方、防災教育の取組みは被災地以外と被災経験地域の間で大きな差がある。被災地域で実践される防災教育だけでは、被災経験が次第に風化し取組みが次第に下火になる可能性が高く、災害に強い社会の実現は難しい。また児童生徒だけでなく、成人にどのように防災教育を浸透させるかという課題も存在する。そのため、未被災地において災害を強く意識しない防災教育の実践（抵抗感が少なく結果的に災害に強い知識や能力が身につく）を考えていく必要がある。

このような背景を踏まえ本研究課題では、児童生徒の危険情報の感度とその向上に向けた教育方法の検証、地域学習による地域の危険を見つける能力向上方法の開発と実践、その効果検証、さらにこれらの教育実践から学んだ成果（教育効果）が地域の災害軽減にどのようにつながるのかについての検

証を教育現場や地域と連携しながら行うことを目指す。

（6）本課題の５か年計画の概要：

①危険情報に対する感度とその向上に向けた教育方法の検証：危険情報を発信しても受信側がどのように受け止めるかは未知数である。そこでまず、危険情報に対してどのような感度が低いのかという危険情報に対する感度を調査する。次にその危険情報の感度向上のために、受動的な学習媒体である紙媒体教材、映像媒体と、主体的な学習媒体である映像教材を作成し、それを活用した授業開発と実践を行う。
②地域学習による見方・考え方の習得度の検証：地域学習を通した地域の危険を見つける能力は児童生徒が災害を意識し地域を見て歩くことから学習し、未知の危険を想像していく見方考え方である。そこで学習の結果児童生徒の見方・考え方がどのように変化し、またどの程度身につくのか検証する。
③地域理解と適切な行動との関係性の検証：地域に関してよく知っていることが災害時にどれほど適切な行動を促すのかを検証する。地域情報の集積と平行して、ロールプレイニングによる地域情報の集積度と被災時の行動様式を検証し、その関係性を明らかにする。
④学校教育が地域社会へ与える影響の検証：学校での教育実践の成果が地域の災害軽減につながることの検証として、子供たちの活動を地域に還元することで、地域住民に対する防災教育を試み、活動に参加した住民にどのような効果をもたらすのかという視点からの検証を行う。

具体的には以下のように考えている。
（令和6年度）火山災害・地震災害に関する危険情報に関する感度について児童を中心に予察的調査をおこなう。調査地域候補における現場での防災教育を実践するために必要な地域情報を収集し、地域に関する学習内容や方法について予察的な実践を行う。
（令和7年度）危険情報に関する感度について、地域差などに注目した調査をおこなう。引き続き防災教育を実践するために必要な地域情報を収集し教材や指導方針を確定しつつ、地域学習で活用するアプリやGISシステムを構築する。また、防災学習の取組の波及効果について実質的な検討を行う。災害時の様々な状況を想定し、それに合わせた行動を自発的に考えられる教材の開発を始める。
（令和8年度）危険情報に関する感度を上げるための効果的な手法を実験し、効果的な学習を開発し、効果検証方法について検討する。地域理解についても効果的な学習を開発し、その効果検証を始める。土地勘が災害時の行動にどのように寄与するのかについて、予察的な検証を開始する。
（令和9年度）効果的な波及方法について予察的な検証を行う。土地勘が災害時の行動にどのように寄与するのかについて、地域差をふまえた検証を行う。
（令和10年度）問題の改善点を明らかにするとともに、学校発の地域住民への防災教育への展開とその効果を測定する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

①火山災害・地震災害に関する危険情報に関する感度について、大学生を対象とした予察的な調査を行い、岡山県内の学校において実施するための効果的な調査を検討した。調査対象として、小学5年生300名、中学3年生300名を対象に学校側と交渉中であり予定よりやや遅れている。また、岡山県岡山市の操南中学校で神戸の「人と未来の防災センター」へ研修に行った生徒166名を対象に、防災学習がおよぼす防災学意識と不安傾向の変化について調査を行った。研修に行く前に、「災害は自然現象が社会に影響を及ぼし生活に支障を及ぼすことを言う」という定義について1時間の全校生徒の授業を行った。島崎ほか（2017）に従って神戸研修の前後でアンケートを実施し、不安傾向および防災意識の変化について検討した。防災意識とは「災害に対して日常的に、自ら被災し得る存在であることや情報的・物的・社会的備えが必要であることを認識している度合い」と定義し、「被災状況に対する想像力」・「災害に対する危機感」・「災害に対する関心」を尺度として用いた。防災意識と不安傾向についてt検定を行った。その結果，防災意識は5％水準で有意に低下し，不安傾向は5％水準で有意に上昇することが示された（t=2.312，p=.022，d=.179：t=-2.519，p=.013，d=-.195）。これは、神戸研修を境に防災意識が変容したことを示唆し、より具体的に災害がイメージされている可能性が高く、その一方で災害のイメージがより具体的になったことで不安が大きくなったことを示唆している。

②地域学習による見方・考え方の習得度について、地図学習アプリ「フィールドオン」を用いた防災学習と防災ボードゲーム作成を通した防災学習の二つの取組を行った。地図学習アプリ「フィールドオン」（イメージ図１）を用いた防災学習の実施では、学区域における災害危険箇所・安全箇所について調査し防災マップの作成・成果発表を行うもので、長野県内4小学校と1中学校で、熊本県の２小学校、鹿児島県の１小学校で実施した。本年度は環境整備とアプリ開発に向けた実証実験と改修を行った。地域防災ボードゲームは岡山市操南中学校の中1の有志学生15名を対象に4回の放課後の約1時間のワークショップを実施した。ワークショップの内容は、1回目神戸研修の振り返りとすごろく風地域防災ボードゲームの意義づけ、2回目他地域で作成したボードゲームの実践と感想批評、3回目平成30年西日本豪雨の被災地が作成した被災経験の冊子の精読、4回目ボードゲームのマス目の問題作成である。このほかに、問題作成とゲームのルールに中学校独自に30分の時間と、校正にあたるゲーム製作の試行を2時間実施しゲームを完成させた（図２）。このワークショップの1回目と4回目終了後に地域理解度と防災との県連付度を測定するために「地図上に災害に関することを書き込む」という課題を出して比較した。その結果、図３のように様々な被害を想定できるようになった。また、神戸研修と同様に防災意識と不安傾向について測定した。比較できる有効回答は8名である。その結果、使用した尺度のCronbachのα係数は，いずれも.70以上であったため，内的整合性は十分と判断した。防災意識と不安傾向についてスピアマンの順位相関係数を算出したところ，0.1％水準で有意な正の関連が認められた（r＝.276，p＜.001）。本実践に取り組んだ生徒の防災意識と不安傾向についてt検定を行った。その結果，防災意識は維持されたが，不安傾向は5％水準で有意に低下することが示された（t=-.767，p=.468，d=-.271：t=2.646，p=.033，d=.935）。以上から、地域学習を通して、災害時の地域のイメージを持つことで災害に対する不安が軽減されたことがわかった。
④学校教育が地域社会へ与える影響の検証について、長野県白馬村立白馬中学校の2年生の地域学習を地域住民、村内事業者、行政職員を巻き込んで実施した。この授業で生徒の防災意識が高まるとともに、住民の災害記憶の風化を防ぐことへとつながることが予察的にわかった。また、岡山市立操南中学校で作成されたゲームは2月末に同地区の公民館で地域住民と中学生及びその保護者を集め実施される予定で、前後でのアンケート調査を予定している。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

学校を通した防災教育の実施例とその効果検証について取り組んでおり、一般住民への波及効果など、調査手法、教育手法を示す点で貢献があると思われる。また、災害の軽減に資する知識の蓄積はできており、本研究のプラットホームに新しい知見をふまえ拡張しながら進めることでより社会的な効果が見込まれると思われる。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

小田隆史, 2024：2023年学界展望 自然環境・災害，人文地理, 76, 286-292, 10.4200/jjhg.76.03_286,査読有,謝辞無

内山琴絵, 2024, 災害に対する社会的脆弱性指標に関する研究動向と日本における導入の課題―Social Vulnerability Index（SoVI）を事例に―，人文地理，76, 111-126， 10.4200/jjhg.76.02_111,査読有,謝辞無

廣内大助・佐々木克敬（編著），2024, 今すぐできる学校の防災管理―少しの工夫でこんなに改善！―，東京法令出版，ISBN: 978-4-8090-6713-6,査読無,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

小田隆史, 2024, 都市部の地域特性を踏まえた災害への備えと地理教育――サンフランシスコから考える，日本地理教育学会2024年度第２回例会「地域のまちづくり・危機管理と地理教育」，東京

小田隆史, 2025,「学校安全の充実に向けて」コーディネーター，日本安全教育学会第25回横浜大会シンポジウム②，横浜

加藤内藏進・松本健吾・大谷和男, 2024, 季節サイクルの中での大雨の頻度と質の多様性を意識した防災気象リテラシー育成へ向けて（教育学部での授業）, 日本気象学会2024年度秋季全国大会，講演番号D210, つくば

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

引き続き、①危険情報に関する感度とその向上に向けた教育方法の構築に向けて、学習効果の検証データの収集を異なる条件の地域で実施する。②防災教育を実践するために必要な地域情報を収集し教材や指導方針を確定しつつ、地域学習で活用するアプリやGISシステムを構築する。③地域理解がある程度進んでいる地域で、その地域理解の程度と災害時の適切な行動との関係性を検証するための方法を予察的に試行する。④防災学習の取組の社会への波及効果について各地域で実質的な検討を行う。災害時の様々な状況を想定し、それに合わせた行動を自発的に考えられる教材の開発を始める。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

廣内大助（信州大学教育学部）,榊原保志（信州大学教育学部）,竹下欣宏（信州大学教育学部）,本間喜子（信州大学学術研究・産学官連携推進機構）,茅野理恵（信州大学教育学部）,島田英明（信州大学教育学部）,内山琴絵（信州大学教育学部）

他機関との共同研究の有無：有

竹内裕希子（熊本大学工学部）,小田隆史（東京大学総合文化研究科）,加藤内蔵進（岡山大学教育学部）,岡崎 善弘（岡山大学教育学部）,松多信尚（岡山大学教育学部）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：学術研究院（教育学系）
電話：0262384090
e-mail：hirokuma@shinshu-u.ac.jp
URL：https://gakusyu.shinshu-bousai.jp

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：廣内大助
所属：信州大学教育学部

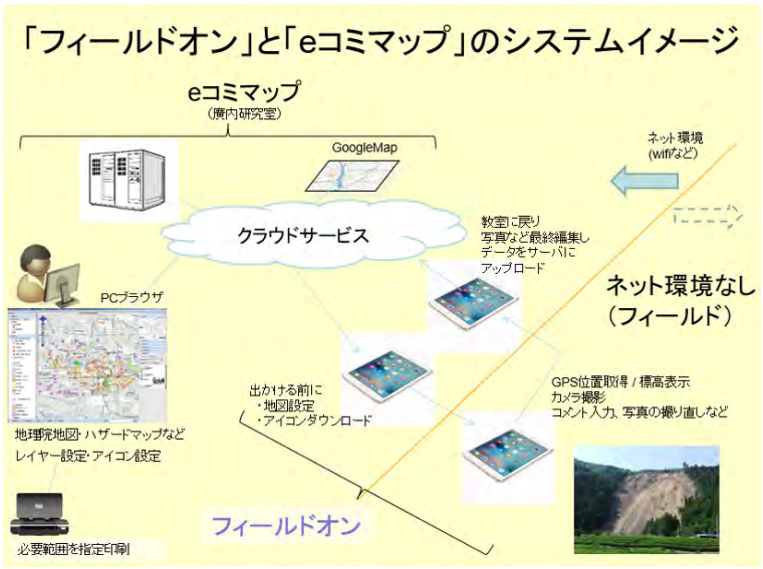


図１　アプリ「フィールドオン」と「eコミマップ」のシステムイメージ

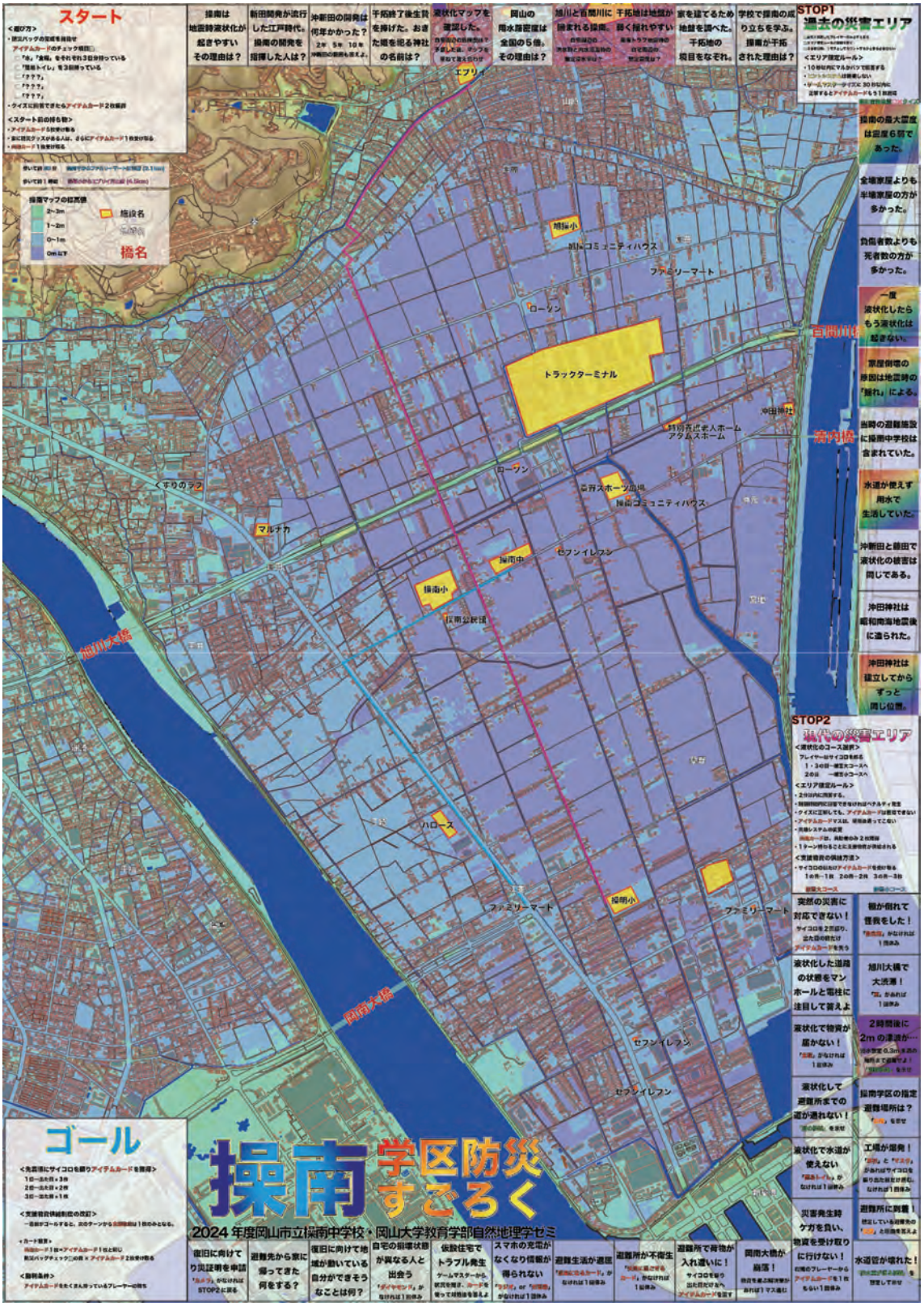


図２　中学生が作成した岡山市操南学区のすごろくボードゲーム

操南学区のすごろくはスタート後、3エリアに分かれており「地域の地理的条件を知るエリア」「過去の災害を学ぶエリア」「現代の災害を考えるエリア」に分かれて、被災前から災害時、避難後を考えさせる構成になっている。

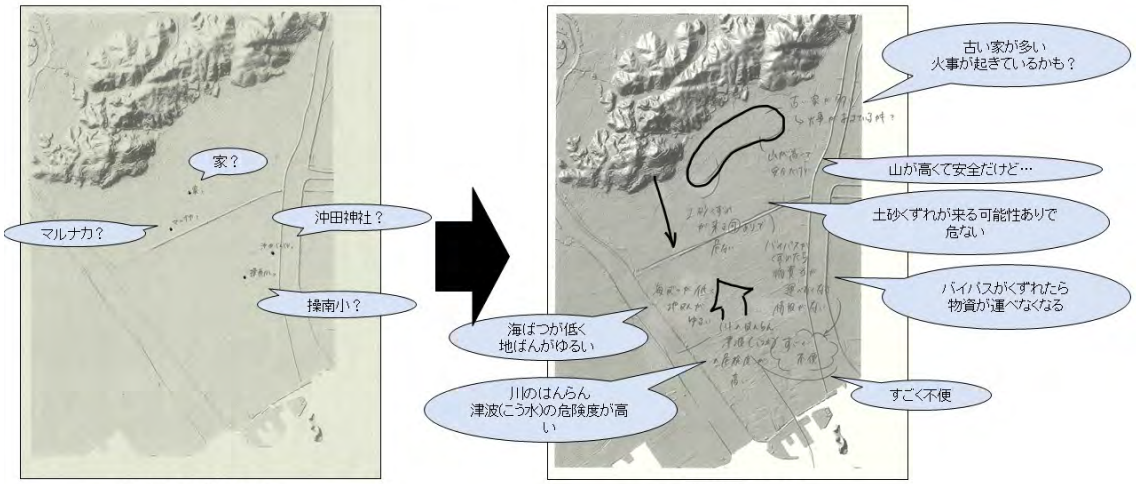


図３　すごろく制作前後での災害に関する地域理解の変化
すごろく前は地域情報は場所を示すだけだったが、すごろく後は災害知識と地域情報が結びつくようになった。

令和６年度年次報告

課題番号：THK_01

（1）実施機関名：

東北大学理学研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）海底測地観測の拡充と測地・繰り返し地震データの統合解析によるプレート境界すべりモニタリング

（英文）Monitoring of interplate fault slip through extension of seafloor geodetic observation and an integrated analysis of geodetic and repeating earthquake data

（3）関連の深い建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
６ 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

（5）本課題の５か年の到達目標：

本課題では、日本海溝沿いにおける海底測地観測（GNSS音響観測）と繰り返し地震観測の実施とその統合的な解析を行うことで、2011年東北地方太平洋沖地震後のプレート境界断層すべり・固着のこれまでの時空間発展および現状把握を行う。また、その結果を元に東北沖地震自体の現象解明にも取り組む。具体的には、（１）これまで海域での測地観測の空白域であった房総沖における海底測地観測点の設置および海底地殻変動観測の実施による地殻変動場の現状把握、（２）繰り返し地震観測とそのデータ解析の継続的な実施・高度化、（３）海陸の測地観測データと繰り返し地震データを統合的に解析する断層すべりモデル化手法の開発、を実施する。（１）・（２）で得られた観測成果を用いて（３）による解析を実施し，日本海溝沿いでのプレート境界断層すべり・固着の時空間発展を把握する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

海底測地観測の実施：これまでの海域での測地観測の空白域であり、かつ津波地震の発生リスクのある房総沖日本海溝浅部域において、海溝を挟む形でGNSS-A観測点を2点設置する。各GNSS-A観測点では、年に1回程度のキャンペーン観測を繰り返し実施し、5年間の変位速度を計測する。既に設置されている東北沖のGNSS-A観測点（22点）についても年に1回程度の観測を実施する見込みである。
繰り返し地震カタログの高度化：これまでの成果で既に繰り返し地震カタログは作成しているが、課題期間内での繰り返し地震カタログの更新、及びS-netデータを最大限活用したより小規模の地震に対応した繰り返し地震カタログの高度化を本課題で実施する。
断層すべりモデリングの高度化：海陸測地観測データ・繰り返し地震データを統合した断層すべりの時空間発展を推定する手法を開発する。本課題で活用する繰り返し地震・陸域GNSS観測・海域GNSS-A観測は、データの時間・空間スケールが異なるほか、観測精度も大きく異なる。そのため、すべり分布を推定する上でデータ間の重みやすべり分布の時空間変化についての拘束条件を最適化す

ることで、それぞれのデータの長所を生かしたすべり・固着の時空間発展の推定に取り組む。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

（１）海底測地観測の実施による地殻変動場の現状把握

これまで海域での測地観測の空白域であった日本海溝沿い房総沖において、2024年10月にGNSS-A観測点を新たに2点設置した（図１赤四角：G26点、およびG27点）。両観測点とも、それぞれ4台の海底局で構成されている。G26点では全ての海底局が動作していることを確認したが、G27点では１台の動作が確認できなかった。そのため、G27点では来年度に代替海底局を追加する予定である。両観測点では、初回のGNSS-Aキャンペーン観測を実施したが、上記の機器の不良のためG27点での観測データについては予備的な扱いとし、来年度から本格的な観測を実施する見込みである。また、これら新規GNSS-A観測点におけるGNSSデータ解析の基準として、陸上GNSS観測点（図１黄四角）の保守作業を行い、長期に渡って安定してGNSSデータの取得ができる状態に整えた。既存のGNSS-A観測点（図2）については、船舶およびWave Gliderを用いたキャンペーン観測を実施し、計18観測点でデータを取得した。2011年東北地方太平洋沖地震以降から昨年度までに取得した既存のGNSS-A観測データについては、確度の高い測位成果を得られるようにGNSS-A測位手法を改良した上で（Tomita, 2024, EPS）、海底地殻変動場を求めた（図2）。これにより、2011年東北沖地震に伴う余効変動が減衰していく様子が捉えられた。

（２）繰り返し地震観測とそのデータ解析の継続的な実施・高度化

繰り返し地震カタログの高度化に関しては、小規模地震の解析に向けて、気象庁がS-netを活用する前の2016-2020年についてS-netと機械学習を用いた地震の検知と震源決定を行い、その精度評価を行なった。その結果沖合では、S-netの効果によりこれまでより6倍程度多くの地震を検知することができることがわかった。一方、海岸に近い領域では、S-netにより新たに検知できる地震の数は少なかった。また、繰り返し地震を用いた評価により沖合の震源深さの精度が上がったことが確かめられたが、プレート境界深度が20 km以浅の海溝ごく近傍では、深さに系統的な誤差が認められた。また、海溝海側の領域においても比較的震源決定の際の誤差が大きく、海溝近傍の複雑な速度構造による震源決定への影響が考えられる。また、繰り返し地震のデータ解析については、効率的な繰り返し地震モニタリングに向けた地震データ取得および解析手法の高度化の検討を行うとともに、既存手法により統合解析用の2020年までの繰り返し地震カタログの整備を行なった。

（３）海陸の測地観測データと繰り返し地震データの統合解析による断層すべり推定

複数の観測データの同時インバージョンを行う手法として、マルコフ連鎖モンテカルロ（MCMC）法によって各データの事前分布形状（各データの正規分布の分散）を最適化可能なTomita et al. (2021, JGR)のすべりインバージョン手法を選択し、同手法を複数の事例に適用し、その適用可能性を模索した。まず、海陸の測地観測データとその評価が充実して行われている南海トラフ沿いでの固着分布推定に適用した結果、インバージョン手法によって最適化された海陸の観測誤差が既存の研究で評価された観測誤差と大きな乖離がないことを確認した（Plata-Martinez et al., 2024, JGR）．次に、海陸の測地観測および繰り返し地震によってそれぞれ変位とすべりが検出されている2015年2月16日に発生したMw6.7三陸沖の地震に伴う非地震性すべりのすべり分布推定に適用した。非地震性すべりが生じていた期間における各繰り返し地震グループの累積すべり量を求め、それらをすべり分布推定を行う小断層ごとに平均し、平均累積すべり量を算出した。インバージョンでは海陸の測地観測データに加えて、繰り返し地震による平均累積すべり量も観測値としてデータベクトルに取り入れた。なお、この平均累積すべり量に対応するグリーン関数は単位行列として表現される。結果として、各観測データを全て取り入れたすべり分布の推定に成功した（図3）。ただし、GNSS-Aデータが2011年東北沖地震の余効変動と2015年のイベント非地震性すべりの影響を分離できていないため、観測値と計算値の乖離が大きい結果となった。また、Tomita et al. (2021, JGR)のインバージョン手法は、モデルパラメータについて空間的に強いスパース性を与えた事前分布推定しているため、データセットによっては平坦な分布となりやすい欠点がある。そのため、入力するデータセットの精緻化に加え、モデルパラメータの事前分布設定について今後の改良が必要である。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

地震発生過程を理解する上での基本情報となる網羅的な海底測地観測データ、およびプレート境界での非地震性すべりをモニター可能な繰り返し地震観測データを順調に取得している。また、それらのデータの解析手法の高度化にも着手し、着実に目的達成に貢献している。また、新規観測点設置、および今後の4-5年の継続観測の実施により、日本海溝沿い全域、特にこれまで評価されていなかった房総沖日本海溝沿いでのハザード評価が進むと期待され、ハザードの正確な認知による災害軽減に貢献できると考える。

(8) 令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Tomita, F., 2024, Enhanced GNSS-acoustic positioning method implementing with constraints on underwater sound speed structure, Earth Planets Space, 76, 178, doi:10.1186/s40623-024-02120-6.,査読有

Plata-Martinez, R., Iinuma, T., Tomita, F., Nakamura, Y., Nishimura, T., & Hori, T., 2024, Revisiting slip deficit rates and its insights into large and slow earthquakes at the Nankai subduction zone. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 129, e2023JB027942, doi:10.1029/2023JB027942.,査読有

・学会・シンポジウム等での発表

Tomita, F., T. Sun, T. Iinuma, M. Kido, Y. Ohta, N. Uchida, R. Hino, K. Wang, 2024, Postseismic deformation following the 2011 Tohoku earthquake revealed by onshore geodetic, offshore geodetic, and small repeating earthquake observations, The 2024 AGU Annual Meeting, G23B-3585.

富田史章・Sun Tianhaozhe・飯沼卓史・木戸元之・太田雄策・内田直希・日野亮太・Wang Kelin, 2024, GNSS・GNSS音響・小繰り返し地震観測によって捉えられた2011年東北沖地震に伴う余効変動の全体像，日本地震学会2024年度秋季大会，S03P-03.

富田史章・木戸元之・飯沼卓史・太田雄策・日野亮太, 2024, GNSS音響測位における不確定性を考慮した東北沖における上下変動場評価，日本地球惑星科学連合2024年大会，SCG48-P04.

飯沼卓史・木戸元之・福田達也・太田雄策・富田史章・日野亮太・高橋浩晃・堀高峰・佐藤大祐, 2024, ウェーブグライダーを用いたGNSS-音響測距結合方式の海底地殻変動観測（その５），日本地球惑星連合2024年大会，SCG48-P01.

内田直希・鈴木琳大郎,・ZhuWeiqiang・BerozaGregory・中山貴史・豊国源知・高木涼太・東龍介・吉田圭佑・長谷川昭, 2024, A clearer view of seismicity offshore NE Japan through deep-learning-based analysis of S-net data: evidence for the role of forearc fluids in interplate coupling, 日本地球惑星科学連合2024年大会，SCG40-03.

(9) 令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：地震：地殻変動：GNSS音響結合方式海底地殻変動観測
概要：KS-24-07航海：根室沖・三陸沖における船舶によるGNSS-A観測の実施、およびGNSS-A観測を自走して実施するWave Gliderの投入を実施。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：根室沖・三陸沖 40.6936 143.5192
調査・観測期間：2024/4/11-2024/4/21
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：地震：地殻変動：GNSS音響結合方式海底地殻変動観測

概要：KS-24-20航海：三陸沖における船舶によるGNSS-A観測の実施。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：三陸沖 39.5662 143.8971
調査・観測期間：2024/10/12-2024/10/17
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：地震：地殻変動：GNSS音響結合方式海底地殻変動観測
概要：KM24-04航海：茨城沖における船舶によるGNSS-A観測の実施。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：茨城沖 36.4963 142.6708
調査・観測期間：2024/5/26-2024/6/8
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定） Cruise Report
https://doi.org/10.17596/0003912

項目：地震：地殻変動：GNSS音響結合方式海底地殻変動観測
概要：東京海洋大学練習船・汐路丸による房総沖における新規GNSS-A観測点の設置、および船舶によるGNSS-A観測の実施。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：房総沖 35.7276 142.0469
調査・観測期間：2024/10/16-2024/10/19
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：地震：地殻変動：GNSS音響結合方式海底地殻変動観測
概要：傭船による宮城沖における船舶によるGNSS-A観測の実施。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：宮城県沖 37.8916 142.7747
調査・観測期間：2024/12/25-2024/12/26
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：ソフトウエア開発（解析）
概要：GNSS音響観測データの測位解析ソフトウェア SeaGap V1.10 を開発した。音速勾配構造を仮定し、走時遅延パラメータに対して多様な制約条件（事前分布）を課してMCMC法で測位解析を行う。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：
調査・観測期間：
公開状況：公開中（データベース・データリポジトリ・Web）
https://github.com/f-tommy/SeaGap.git

（10）令和７年度実施計画の概要：

海底測地観測については、房総沖G27観測点に代替海底局を設置する。加えて、房総沖の新規観測点、および既存のGNSS-A観測点において、船舶・Wave Gliderによる観測を行い、現在の海底地殻変動場の検出に努める。繰り返し地震については、引き続いて繰り返し地震カタログの更新とS-netを用いた高精度化に取り組む。断層すべり推定については、既存の解析手法（Tomita et al., 2021）を改良し、合成データによる性能試験、2015年2月16日の三陸沖非地震性すべりイベントへの適用を実施する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

富田史章（東北大学災害科学国際研究所）,内田直希（東北大学大学院理学研究科）,木戸元之（東北大学災害科学国際研究所）,太田雄策（東北大学大学院理学研究科）,日野亮太（東北大学大学院理学研究科）

他機関との共同研究の有無：有

中東和夫（東京海洋大学）,飯沼卓史（海洋研究開発機構）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東北大学大学院理学研究科　地震・噴火予知研究観測センター
電話：022-225-1950
e-mail：zisin-yoti-aob@grp.tohoku.ac.jp
URL：https://www.aob.gp.tohoku.ac.jp

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：富田史章
所属：東北大学災害科学国際研究所

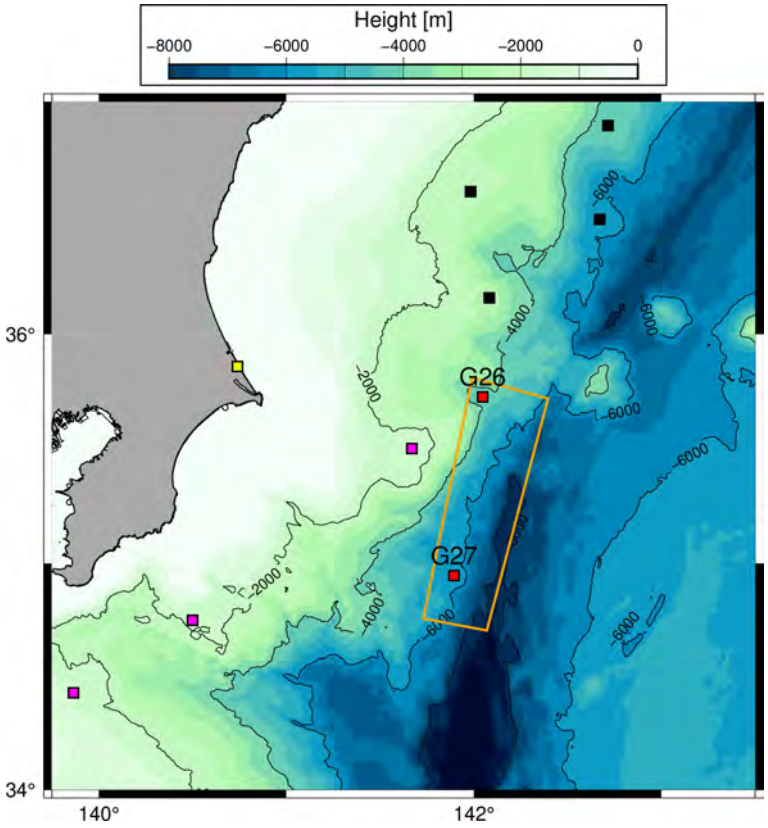


図１：房総沖に設置した新規GNSS-A観測点（赤四角）位置
黒四角・マゼンタ四角はそれぞれ東北大学・海上保安庁による既存のGNSS-A観測点位置を示す。陸上の黄三角は、東北大学によって保守しているGNSS-A観測用の陸上基準GNSS観測点位置を示す。橙矩形は、1677年延宝房総津波地震の主すべり域（slip=16 m; Yanagisawa et al., 2016）を示す。

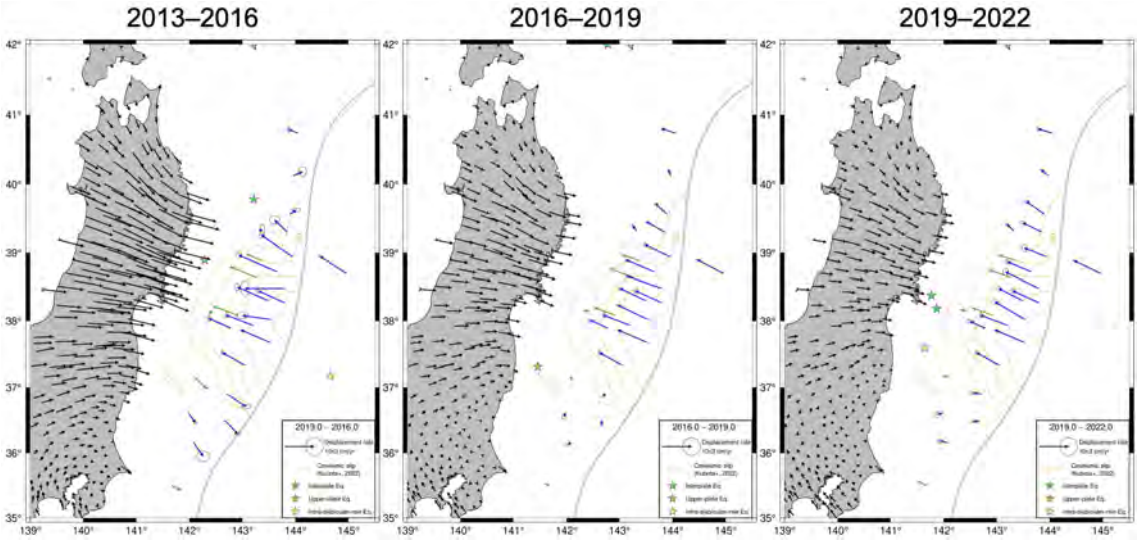


図２：日本海溝沿いでの2011年東北地方太平洋地震後の地殻変動場（各時間までの平均変位速度）（左）2013–2016年，（中央）2016–2019年，（右）2019–2022年。橙色コンターは、Kubota et al. (2022)の2011年東北地方太平洋地震の地震時すべりモデルを示す。

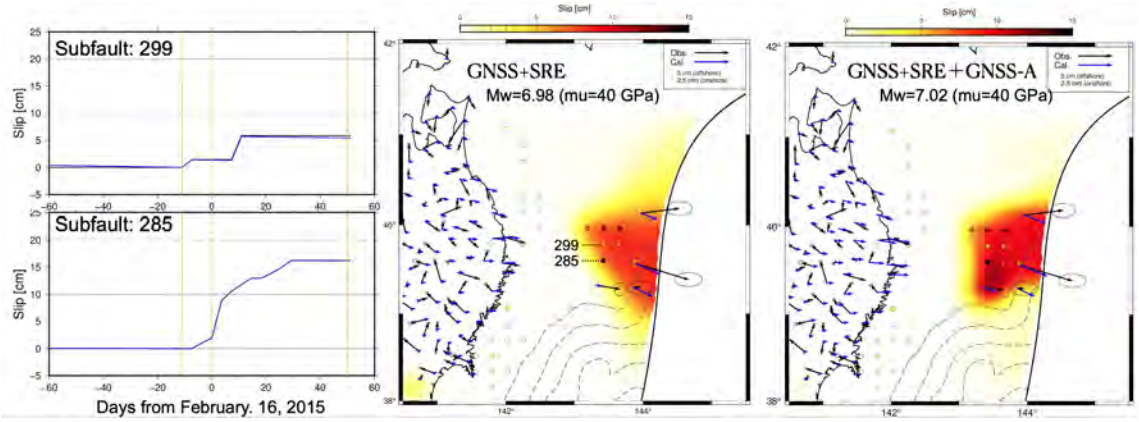


図３：2015年2月16日三陸沖の地震に伴う非地震性すべり分布の推定結果
（左）繰り返し地震カタログから算出した小断層285番・299番における平均累積すべりの時間変化。（中央）陸上GNSSデータと繰り返し地震データから推定されたすべり分布。（右）陸上GNSSデータ、GNSS-Aデータ、および繰り返し地震データから推定されたすべり分布。

令和６年度年次報告

課題番号：THK_02

（1）実施機関名：

東北大学理学研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）爆発的火山噴火の推移を支配する要因の解明：物質科学的アプローチによる研究
（英文）Petrological study on factors controlling the transitions of explosive volcanic eruptions

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化

（4）その他関連する建議の項目：

（5）本課題の５か年の到達目標：

一旦開始した爆発的火山噴火は、マグマ噴出に伴ってマグマだまりの収縮を引き起こし、最終的には終息へと向かう。原理的にはマグマだまりの圧力低下に伴い噴出率が低下し、噴火は比較的穏やかな様式へと推移すると予想されるが、マグマ噴出率や噴火様式の推移の仕方は多様である。例えば、噴火とともに指数関数的に噴出率が減衰する場合（Grímsvötn火山2011年噴火）もあれば、噴出率一定の爆発的噴火が続いた後、噴出率が急減する場合（霧島山新燃岳2011年噴火）などが報告されている。このような噴出率や噴火様式の多様性の発生原因は不明であり爆発的噴火がどのような推移を辿るのか現在のところ予測することはできない。本研究では複数の爆発的噴火を例として、物質科学的アプローチにより噴火中のマグマだまり状態、マグマ上昇過程の変化を明らかにし、噴火推移を支配する要因が何であるのか調べることを目的とする。最終的には、爆発的火山噴火の推移の多様性を支配する要因を調べることで、火山噴火推移を記述する物理モデルの高度化へ貢献することを目的とする。

本研究計画では、一旦開始した爆発的噴火が収束するまでの過程において、マグマだまり状態、マグマ上昇過程（減圧率と破砕圧力など）がどう変化したのかを明らかにする。その方法として、一連の噴火の火山噴出物を採取し岩石学的解析を行う。具体的な解析としては、噴火中のマグマだまり含水量の時間変化を明らかにするためにメルト包有物中の揮発性成分の分析を行い、さらにマグマ上昇中の減圧率・破砕圧力などを推定するために石基組織（マイクロライトの数密度や結晶量など）の記載を行う。また、噴出物の岩石組織の再現実験（外熱式水熱装置を用いた減圧実験）を行うことで、組織を再現できるマグマ減圧率や最終圧力を定量的に推定する。以上の方法により、地表で観察される爆発的噴火の強度や様式の変化が、マグマだまりの状態の変化に起因するのか、それともマグマ上昇過程の変化に起因するのか明らかにする。さらに、本研究で得られるマグマだまり含水量などと物理モデルを組み合わせ、噴火推移が物理モデルで再現可能か検証する。本５か年では、噴火推移が良くわかっている霧島新燃岳2011年および2018年噴火、有珠火山1977年噴火を対象として研究を進める。

（6）本課題の５か年計画の概要：

以下に５か年の実施計画の概要を記す。まず令和６年度は新燃岳2011年、2018年噴火および有珠火山1977年噴火の火山噴出物の解析を進める。必要な追加試料について地質調査・試料採取を進める。これらの火山噴出物試料中の斑晶に含まれるメルト包有物を赤外分光法で分析し、含水量を決定する。メルト包有物の含水量は、噴火開始前のマグマの定置圧力（多くの場合はマグマだまり圧力）を反映する。同時に、研磨試料を電子顕微鏡で観察し、石基組織中のマイクロライト・ナノライトの数密度・サイズ・形状を測定する。マイクロライトと石基ガラスの化学組成も測定を開始する。マイクロライ

ト・ナノライトの数密度やサイズなどはマグマ減圧率や破砕圧力を反映する。すべての分析は東北大学・理に設置してある分析装置を用いて行う。また、減圧実験の準備や予備実験およびマグマ上昇の物理モデルの整備も開始する。令和７年度は前年度から引き続き火山噴出物の解析を進める。解析を進めた結果必要となった試料について追加採取を行う。マグマ上昇を再現した実験を開始する。メルト包有物の含水量および石基組織、化学組成などに基づき、地表で観察される爆発的噴火の強度や様式の変化がマグマだまりの状態の変化に起因するのか、それともマグマ上昇過程の変化に起因するのか議論する。噴出物や実験から推定されたマグマ減圧率や破砕圧力が、メルト包有物の解析から得られたマグマだまり条件を境界条件としたマグマ上昇の物理モデルで再現可能か検討を開始する。令和８年度においても火山噴出物の解析、減圧実験を継続する。有珠・新燃岳の噴火について実験結果と噴出物の解析結果（マイクロライト数密度や結晶量、化学組成）を比較することで、マグマ減圧率や破砕圧力の推定を試みる。噴出物や実験から推定されたマグマ減圧率や破砕圧力が、メルト包有物の解析から得られたマグマだまり条件を境界条件としたマグマ上昇の物理モデルで、再現可能か検討する。令和９年度までには火山噴出物の解析、減圧実験を終了する。また、噴出物の解析等から得られたマグマ減圧率などを物理モデルで再現可能か検討する。もし再現できない場合、どのような原因があるのか検討する。令和１０年度においては、新燃岳・有珠火山について、考えられる現在のマグマだまり条件を過去の研究を参考に推定し、本研究計画で構築された物理モデルにより、将来発生しうる爆発的噴火の推移について考察する。噴出物の解析・減圧実験の結果、物理モデルの構築に関して得られた研究成果をまとめる。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

今年度は(1)有珠火山1977年噴火の噴出物中のメルト包有物および石基結晶組織の解析と(2)新燃岳2011年噴火の噴出物採取、(3)高温高圧実験を行うための設備構築と実際の実験、の3点を主に実施した。(1)についてはすでに準備済みであった試料について、繰り返し発生した爆発的噴火ごとに、メルト包有物の含水量と斜長石マイクロライトの数密度とサイズを解析した。その結果、初めに発生したサブプリニー式噴火はマグマだまりから直接上昇したのに対して、2回目以降のサブプリニー式噴火では火道内に滞留していたマグマが噴出したことが示された。(2)については、3回のサブプリニー式噴火に対応する降下軽石を採取することができた。(3)既存の高温高圧装置へ新たに購入した高圧容器を設置し、減圧実験を開始した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

「1 地震・火山現象の解明のための研究」の項目「(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化」に関して、今年度は繰り返し発生する爆発的噴火（有珠火山1977年噴火を例として）について、マグマ含水量の分析からマグマの滞留深度の推移という新しい知見が得られた。この結果を踏まえて、同じように繰り返し爆発的噴火を発生した新燃岳2011年噴火について解析を進める。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

堀田修平・奥村聡・松本一久・宮本毅・東宮昭彦・新井田清信, 2024, 有珠火山1977年噴火におけるマグマ上昇過程：噴出物解析と減圧結晶化実験による制約, 日本火山学会2024年度秋季大会, A1-05

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

来年度は、引き続き有珠1977年噴火の噴出物の解析を進める。特にメルト包有物の含水量の変化に注目し、噴火推移と上昇したマグマの滞留深度の関係について検討する。さらに今年度採取した新燃

岳2011年噴火の噴出物のメルト包有物・石基組織の解析を開始する。有珠火山、新燃岳について、マグマ上昇を再現した減圧実験を進める。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

奥村聡（東北大学大学院理学研究科地学専攻）,無盡真弓（東北大学大学院理学研究科地学専攻）
他機関との共同研究の有無：有
小園誠史（防災科学技術研究所）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東北大学大学院理学研究科地学専攻
電話：
e-mail：zisin-yoti-aob@grp.tohoku.ac.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：奥村聡
所属：東北大学大学院理学研究科地学専攻

令和６年度年次報告

課題番号：THK_03

（1）実施機関名：

東北大学理学研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）スラブ内地震・深発地震の発生場・発生機構の解明
（英文）Generation Mechanism of Intraslab and Deep Earthquakes

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(2) 首都直下地震
(3) 千島海溝沿いの巨大地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

自然地震の地震波解析と室内での岩石変形実験を組み合わせることにより、スラブ内地震の発生機構の理解を進展させることを目的とする。

地震波解析からは、深部スラブの形状や二重深発地震面における地震活動の詳細とエネルギー収支、スラブ内地震の発生場となるアウターライズ断層の活動様式と含水化のかかわりを明らかにする。

岩石変形実験からは、最新の放射光実験とAE観測に基づき、脱水不安定や相転移不安定性などに伴う断層形成・震源過程を実験的に検証することにより、スラブ内部の温度・圧力および岩石種を変化させた場合の複雑な断層形成機構を明らかにする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

概要

・地震波解析: スラブ内地震・アウターライズ地震の地震波放射エネルギー、破壊複雑性、地震活動のb値を推定し、その空間変化の意味を調べるとともに、実験結果との比較を行う。西南日本に沈み込むフィリピン海スラブ内の二重深発地震面の有無や近畿地方下に存在するとされているスラブの断裂、関東地方下に沈み込むフィリピン海プレート内の蛇紋岩化領域と過去のM7クラス地震の震源域との関係などを精査することにより、日本列島で実際に発生しているスラブ内地震の発生場の詳細を明らかにする。東北沖地震以降に度々発生したM7級アウターライズ地震の震源断層の形状や深さ範囲を再検討することにより、アウターライズ断層の成長や含水プロセスの手がかりを得る。

・室内実験: 稍深発・深発地震を再現する温度・圧力条件を発生することが可能な高圧変形試験機（マルチアンビル型もしくは固体圧変形試験機）とAE（アコースティック・エミッション）計測を組み合わせることで、含水鉱物を含む岩石（蛇紋岩、角閃岩、青色片岩など）の脱水反応やオリビンスピネル相転移に伴う断層形成（塑性不安定性）機構と震源過程を明らかにする。 高温高圧下での変形実験に使用可能かつ自然地震との地震波特性の比較が可能な広帯域AEセンサーの開発も進める。 広帯域AEセンサーにCT観察を組み合わせ、 自然地震とも比較可能な b値や断層の発達過程を計測することで、出発試料や変形条件によって変わる複雑な断層形成機構を明らかにする。 さらに構造探査から

得られる二重深発地震面での断層再活動の可能性を明らかにするために、 高間隙水圧下での既存断層の有無による震源過程の違いを明らかにする。

年次計画
・令和６年度
[地震波解析]　最新の地震波形データを取得するとともに、蓄積されてきた海底地震観測データを整理し、それらデータの一次処理を行う。
[実験] 高温高圧環境下にて使用可能な広帯域AEセンサーの開発を行う。二重深発地震面上面で起きる稍深発地震の発生メカニズム解明に向けて、青色片岩の高温高圧変形実験を固体圧変形試験機にて行い、AE観測と組み合わせることにより震源過程を明らかにする。
・令和７年度
[地震波解析] 近畿地方下に存在するとされている太平洋スラブの深部断裂の有無を調査し、得られた結果とスラブ内地震の分布やメカニズム解の比較により、活発な深発地震活動の原因を議論する。機械学習に基づく地震検出により海溝海側斜面域における地震活動の再評価を行う。日本列島周辺域で発生したスラブ内地震の地震活動の b値の空間変化を推定する。
[実験] 前年度に開発した広帯域AEセンサーを用いて、AEの発震機構を推定する。そのために、8個のセンサーを用いることのできるD111加圧方式を試験機に採用する。高間隙水圧システムを固体圧変形試験機に導入し、青色片岩の変形実験から行い、間隙水圧の断層形成への影響を明らかにする。
・令和８年度
[地震波解析] 関東地方下に沈み込むフィリピン海プレート内の地震波速度構造を推定し、蛇紋岩化領域と過去のM7クラス地震の震源域との関係を精査する。宮城県沖の海溝海側斜面域で実施された2011・2012・2013・2017年海域観測データから地震検出、精密震源決定と小繰り返し地震の探索を行い、M7級地震に関係した非地震性すべりの検出を試みる。日本列島周辺で発生した中～大規模地震スラブ内・アウターライズ地震の震源時間関数の網羅的な推定を行う。
[実験] 稍深発地震発生場の温度圧力環境下（400～800℃、2～3万気圧）におけるダナイトの変形実験を行う。その際に、前年度までに開発した広帯域AEセンサー＋D111加圧方式を用いて卓越周波数の測定を行うほか、発震機構を求めることも試みる。b値決定も併せて行い、断層形成機構の詳細の解明を目指す。上部マントルに沈み込んだアウターライズ断層の再活動を模擬した断層ガウジを用いた高温高圧下での摩擦実験を行う。広帯域AEセンサーの開発も進め、自然地震との地震波特性の比較を行う。
・令和９年度
[地震波解析] 西南日本に沈み込むフィリピン海スラブ内の地震活動を詳細に調べ、二重深発地震面の有無および先行研究で提唱されているスラブの断裂の再評価を行う。2015年（1933年昭和三陸地震）と2017年（福島県沖）の海底地震観測データとS-netのデータを解析し、日本海溝中～北部広域のアウターライズ断層地震活動の分布把握を行う。前年度に得られた震源時間関数データを用いて、日本列島周辺で発生した中～大規模地震スラブ内・アウターライズ地震の放射エネルギー・破壊複雑性を網羅的に調べる。
[実験] 前年度と同様の圧縮変形実験を含水ダナイト試料に対して行う。水性流体が AEの卓越周波数や発震機構、及びb値に与える影響を明らかにする。マントル遷移層条件でのアウターライズ断層の再活動を模擬した摩擦実験をマルチアンビル型変形試験機にて行う。
・令和１０年度
[地震波解析] 前年度までに得られたスラブ内地震発生場・不均質構造と地震活動、地震波放射エネルギー、破壊過程の複雑性の関係を系統的に比較・検討し、実験結果と総合することにより、スラブ内地震の発生原因を考察する。
[実験] 前々年度と同様の実験を、深発地震発生場の温度圧力環境下（600～1000℃、13～20万気圧）において試みる。カンラン石の圧力誘起相転移にトリガーされる断層形成機構の詳細を明らかにすることを目指す。引き続きマントル遷移層での断層再活動を模擬した変形実験を行い、アウターライズ断層がどの深さまで再活動するのかを明らかにする。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

沈み込むスラブの地下 300 km 付近で発生する深発地震の発生メカニズムの解明を目的として、含

水鉱物の一つである Phase A＋カンラン石多結晶体の変形実験を行った。変形中の AE (Acoustic emission) 計測の結果、 Phase Aの量がかんらん石に対して非常に少ない (5 %) 場合には AEの数が多く、逆に Phase Aのみ (100 %) の場合には少なくなることが明らかになった。このことは、規模の大きな地震を発生のためには、高い強度をもつカンラン石のような鉱物の存在が必要であることを示唆する。

大型放射光施設 SPring-8の新ビームライン BL15XUの開発の基となっているテストビームライン BL05XUにおけるカンラン石多結晶体試料の応力緩和試験により、高圧下におけるカンラン石の遷移クリープがバーガースモデルにより記述できることを見出した。このことは、大地震後の余効変動を同モデルで予測できる可能性を示唆している。

東北日本に代表される冷たい沈み込み帯の二重深発地震面の上面で発生する稍深発地震の発生メカニズム解明に向けて、青色片岩の変形実験を行った。含水鉱物の脱水脆性化を支持する先行研究とは異なり、青色片岩の半脆性的挙動が稍深発地震の発生メカニズムの一つである可能性を示唆する結果が得られた。

スラブ表面での屈折を考慮したレシーバー関数イメージングを用いて、東北日本沈み込み帯における太平洋スラブ内部の速度不連続構造を調査した。海洋地殻のエクロジャイト相転移に伴う速度コントラストの消失を検出し、この相転移位置が二重深発地震面上面地震の発生位置と空間的に一致していることが判明した。これは Kita et al., (2006)が提案した海洋地殻の脱水脆化モデルと整合的である。さらに、オリビン準安定領域の上面と下面において、それぞれ明瞭な負振幅と正振幅を検出した。これらは深発地震の発生位置とも空間的に相関しており、相転移断層モデルを支持している。加えて、このオリビン準安定領域の速度コントラストは深さ 450 km付近で消失し、深発地震の分布限界とも一致することから、マントル遷移層でオリビン準安定領域が存在しないことが示唆された。更に、稍深発地震発生帯付近の海洋モホ面において負のコントラストを検出した。この不連続面の成因は未解明だが、この領域での未知の脱水反応あるいは相転移反応の存在を反映している可能性がある。

地震波トモグラフィー解析により、2013年に米国西部ワイオミング州中央部で発生した謎の上部マントル地震（深さ75 km）が、近傍の高温なイエローストーンプルームの影響で促進された、沈み込んだファラロンスラブ残骸の脱水に起因する上昇流体によって引き起こされたことを示した (Zhao et al., 2024)。

2003年5月 26日に宮城沖で発生した M7.1スラブ内地震震源域周辺の地震の時空間変化を調査した。その結果、2011年東北地方太平洋沖地震後にこの直上のプレート境界で 繰り返し地震が出現したことが明らかになった。このことは、東北沖地震の余効変動に伴う載荷速度増加に伴いスラブ内地震直上のプレート境界で発生する破壊の不安定性が増加したことを示唆する。地震波形に基づき周辺域の地震の断層サイズを推定すると、それが典型的な応力降下量 3〜10 MPaから期待されるより半分程度以下に小さいことが分かった。高い深度と法線応力により、発生する地震の応力降下量が大きくなっている可能性が示唆される。推定された断層サイズに基づき繰り返し地震を探索すると、プレート境界に大量の繰り返し地震が検出されたのと同じ基準でも、スラブ内では繰り返し地震は見つからなかった。プレート境界とスラブ内の各々の地震の震源間距離のパターンも大きく異なっており (図 1)、断層の分布、地震パッチの孤立度、断層上の地震性滑り-非地震性滑りの割合、断層の成熟度などがプレート境界とスラブ内で大きく異なっている可能性が示唆される。

2021年2月 13日 M7.3地震および 2022年 3月16 日 M7.4地震の余震分布から複数の明瞭な面構造 (2021年の地震については４枚、2022年の地震については２枚の主要な面)を検出した。各々の地震により破壊された断層面に対応すると考えられる。断層沿いの地震活動を東北沖地震発生時まで遡って調べてみると、2022年の地震で破壊した２つの断層面のうちの一方において、東北沖地震発生の直後から顕著な地震活動の活発化があったことがわかった。こうした地震活動は深部側の面構造に集中している。これらのM7級スラブ内地震はスラブ内の既存の弱面の破壊により発生したと考えられるが、その１つにおいて本震の破壊に先行する地震活動があったと考えられる。

短周期の直達 P波と S波の波形合わせにより、スラブ内の M2〜4の地震のモーメント・テンソル解を大量に推定できるようになった。 2003年 M7.1スラブ内地震震源域周辺で得られたモーメント・テンソル解は、プレート境界における逆断層すべり、その直下から 20 kmまでの範囲における down-dip compression型の応力場、それ以深における down-dip extension型の応力場とよく整合した (図 2)。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に

対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

地震波解析により、スラブ内地震や上部マントル地震の発生メカニズムとして脱水脆化を裏付ける構造の空間的変化を明らかにした。また、東北日本におけるマグニチュード7級のスラブ内地震の発生場および発生過程の複雑性も明らかになって来た。これらの研究成果は、「海洋プレート内部の地震を支配する要因の解明とモデル化」に大きく貢献している。今後は、深部構造と高精度震源分布の関係をさらに詳しく調査し、スラブ内地震の発生メカニズムの解明を進めるとともに、研究対象地域の拡大を図る。

実験研究からは、沈み込み帯深部での岩石の力学・破壊挙動の解明や二重深発地震面上面の稍深発地震発生メカニズムの理解に資する成果が得られてきている。稍深発地震が発生する沈み込み帯深部においても、岩石の半脆性的挙動が支配的である可能性を実証することができた。大地震後の余効変動は、長期間にわたり社会インフラに影響を及ぼす可能性があり、そのモデル化は大地震後の都市計画において「余効変動による被害」を予測する上で重要な役割を果たす。これら研究成果は愛媛新聞（2024年7月6日付）でも報道された。

引き続き地震発生場の解明を進めることにより、陸域直下でおこりしばしば甚大な被害を引き起こしうる深発地震・スラブ内地震の発生機構理解と災害軽減に貢献する。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Fuchizaki, K., H. Naruta, F. Sato, T. Ohuchi and A. Suzuki, 2025, Crystalline state in a pressure region of proceeding amorphization of SnI4, High Press. Res., doi: 10.1080/08957959.2025.2449692,査読有,謝辞無

Liang, X., D. Zhao, Y. Hua and Y. Xu, 2024, Big mantle wedge and intraplate volcanism in Alaska: Insight from anisotropic tomography, J. Geophys. Res., 129, e2023JB027617, doi: 10.1029/2023JB027617,査読有,謝辞無

Liu, D., Z. Wang, D. Zhao, H. Hu and R. Gao, 2024, Accretionary wedge, arc magmatism and fluid migration in northern Sumatra: Insight from seismic attenuation tomography, J. Geophys. Res., 129, e2024JB029777, doi: 10.1029/2024JB029777,査読有,謝辞無

Ohuchi, T., Y. Higo, N. Tsujino, Y. Seto, S. Kakizawa, Y. Tange, Miyagawa, Y. Kono, H. Yumoto, T. Koyama, H. Yamazaki, Y. Senba, H. Ohashi, I. Inoue, Y. Hayashi, M. Yabashi and T. Irifune, 2024, Transient creep in olivine at shallow mantle pressures: Implications for time-dependent rheology in post-seismic deformation, Geophys. Res. Lett., 51, e2024GL108356, doi: 10.1029/2024GL108356,査読有,謝辞無

Ren, X., X. Liu and D. Zhao, 2024, Subduction transforms azimuthal anisotropy in the Juan de Fuca plate, Tectonophysics, 877, 230272, doi: 10.1016/j.tecto.2024.230272,査読有,謝辞無

Suzuki, M., D. Zhao, G. Toyokuni and R. Takagi, 2025, Teleseismic evidence for structural heterogeneity in East Japan forearc from seafloor S-net data, Tectonophysics, 895, 230579, doi: 10.1016/j.tecto.2024.230579,査読有,謝辞無

Toyokuni, G. and D. Zhao, 2024, Slab-plume interactions beneath Australia and New Zealand: New insight from whole-mantle tomography, Geochem. Geophys. Geosyst., 25, e2024GC011739, doi: 10.1029/2024GC011739,査読有,謝辞無

Tsunashima, R., D. Zhao and G. Toyokuni, 2025, Three-dimensional ray tracing in P-wave azimuthal anisotropic media, Geophys. J. Int., 240, 160-173, doi: 10.1093/gji/ggae374,査読有,謝辞無

Wang, X., S. Xia, H. Yang, H. Chen and D. Zhao, 2024, Structure and dynamics of southern Mariana margin: Constraints from seismicity, tomography and focal mechanisms, Tectonophysics, 878, 230300, doi: 10.1016/j.tecto.2024.230300,査読有,謝辞無

Xie, F., Z. Wang, D. Zhao, R. Gao and X. Chen, 2024, Tilting axis anisotropic tomography and subduction dynamics of the Java-Banda arc, Geophys. Res. Lett., 51, e2023GL107720, doi: 10.1029/2023GL107720,査読有,謝辞無

Yuan, T., Z. Wang, D. Zhao, R. Gao and X. Chen, 2024, Multiple slabs and complex mantle flows in the Molucca Sea subduction zone, Geochem. Geophys. Geosyst., 25, e2024GC011500, doi: 10.1029/2024GC011500,査読有,謝辞無

Yuan, T., Z. Wang, D. Zhao, R. Gao and X. Chen, 2024, Seismic evidence for break-off of the Molucca Sea slab, Tectonophysics, 874, 230218, doi: 10.1016/j.tecto.2024.230218,査読有,謝辞無

Zhao, D., X. Liang, G. Toyokuni, Y. Hua and Y. Xu, 2024, Cause of enigmatic upper-mantle earthquakes in central Wyoming, Seismol. Res. Lett., 95, 2497-2505, doi: 10.1785/0220230333,査読有,謝辞無

Ohuchi, T., 2024, Olivine’s trembling transformations. Nat. Geosci. 17: 958. doi 10.1038/s41561-024-01547-6,査読無,謝辞無

Toyokuni, G., D. Zhao, D. Takada, 2025, Whole-mantle isotropic and anisotropic tomography beneath Japan and adjacent regions. J. Geophys. Res.: Solid Earth (in press).,査読有,謝辞有

Miyazaki, K, and J. Nakajima, 2025, Flat 410 and 660 discontinuities beneath northeastern Japan: Implication for a sub-slab wet plume hypothesis PEPI, doi: 10.1016/j.pepi.2025.107316,査読有,謝辞有

Zhao, D., X. Liu, D. Zhao, Q. Qiao, L. Zhao, 2024, Subduction-driven mantle flow beneath active back-arc basins inferred from seismic anisotropy tomography. Earth Planet. Sci. Lett. 643, 118890, doi: 10.1016/j.epsl.2024.118890,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

Ohuchi, T., M. Hoshino, K. Uesugi, S. Okumura, Y. Higo and N. Tsujino, 2024, Three-dimensional location analysis on acoustic emissions and faults in metastable olivine under pressure-temperature conditions of deep subducted slabs, 2024年地球惑星科学連合大会, SCG40-14.

Ohuchi, T., 2024, 地震発生場の温度圧力条件下における岩石破壊実験：高エネルギー・高フラックスX線を用いた高時間分解能でのその場観察, SPRUC高圧物質科学研究会地球惑星科学研究会合同研究会.

Ohuchi, T., 2024, 地震発生場の高温高圧環境下における岩石破壊プロセス－高エネルギー・高フラックスX線を用いたその場観察実験-, 第10回大型実験施設とスーパーコンピュータとの連携利用シンポジウム―圧下量子ビーム計測と計算科学の融合で拡がる高圧科学の新展開―.

Ohuchi, T., M. Hoshino, K. Uesugi, S. Okumura, Y. Higo, N. Tsujino and S. Kakizawa, 2024, 稍深発地震の温度圧力条件下におけるカンラン石の一軸圧縮試験：特にアコースティック・エミッション震源及び断層の空間分布について, 鉱物科学会2024年年会, S3-11.

Ohuchi, T., Y. Higo, N. Tsujino, S. Kakizawa, Y. Seto and Y. Kono, 2024, 稍深発地震発生場の温度圧力条件下におけるアンチゴライトの摩擦滑り：高時間分解能X線その場観察実験によるアプローチ, 第65回高圧討論会, 1B11.

Sawa, S., T. Ohuchi, K. Matsuda, Y. Kita and J. Muto, 2024, Mechanism for deep earthquakes: dehydration-driven faulting of phase A and olivine, International Joint Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes 2024, Oita.

Yoshida, K., 2024, Intersource-Distance Dependence of Seismic Waveform Similarity and Validity of Repeating Earthquake Detection, 日本地球惑星科学連合2024年大会, May 28, 2024.

Zhao, D., X. Liang, G. Toyokuni, Y. Hua, Y. Xu, 2024, スラブ残骸からの流体と2013年北米上部マントル地震, 2024年地球惑星科学連合大会.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

沈み込む海洋プレートの二重深発地震面上面では含水鉱物の脱水により豊富に流体が存在していると考えられる。青色片岩に水を加えた実験を行い，断層形成に水が影響するのかを検証する。

引き続き、大型放射光施設 SPring-8の新ビームライン BL15XUと関連ビームラインを用いて高温高圧下におけるカンラン石の変形・破壊実験を実施する。当ビームラインの高エネルギー・高フラックス X線により、サブ秒の時間分解能でのメカニカルデータ取得が可能であるため、高温高圧下における断層形成やすべりのプロセスの詳細を観察し、それをモデル化することを目指す。

最新の地震波トモグラフィー法により、大量の近地地震と遠地地震の走時データを解析し、日本列島および他の沈み込み帯のスラブとスラブ下の詳細３次元速度と異方性構造を推定する。スラブ内とスラブ下の異常構造がスラブ内地震発生へ与える影響について調べる。

３次元速度構造を考慮した震源再決定プロセスを用いて、日本列島下の深発地震の震源をより詳細に決定し、レシーバー関数イメージングの結果と比較する。深発地震がオリビン準安定領域の形成に伴う相転移に関連して発生している場合、オリビン準安定領域の表面あるいは裏面に深発地震が集中すると期待されるため、より詳細な空間比較によりこのモデルを検証する。

高精度再決定震源と新たに推定可能になった大量の微小地震のモーメント・テンソル解、大地震の破壊過程を用いて、2003年と 2011年宮城沖，2021年と 2022年福島沖の M7級スラブ内地震や関東地方のスラブ内地震の発生場の特徴を明らかにする。加えて応力変化や流体移動を通じたスラブ直上のプレート境界地震との相互作用も詳細に調べる。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

日野 亮太（東北大学）,趙 大鵬（東北大学）,内田 直希（東北大学）,矢部 康男（東北大学）,武藤 潤（東北大学）,澤 燦道（東北大学）,東 龍介（東北大学）,吉田 圭佑（東北大学）

他機関との共同研究の有無：有

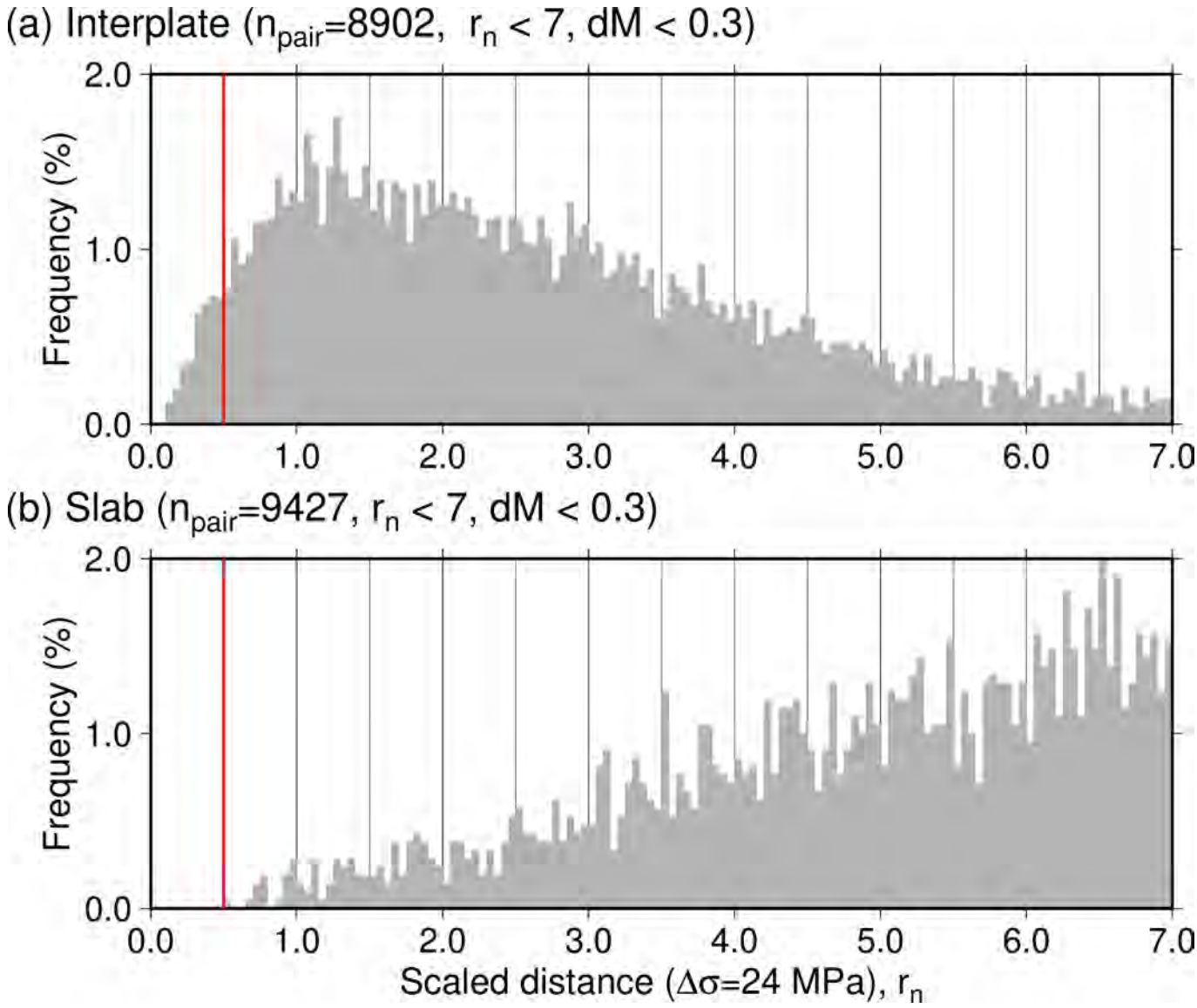
中島淳一（東京科学大学）,大内智博（愛媛大学）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東北大学　大学院理学研究科　地震・噴火予知研究観測センター
電話：022-225-1950
e-mail：zisin-yoti-aob@grp.tohoku.ac.jp
URL：https://www.aob.gp.tohoku.ac.jp

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：吉田圭佑
所属：東北大学　大学院理学研究科　地震・噴火予知研究観測センター



プレート境界地震とスラブ内地震の地震間距離
(a) プレート境界地震、(b) スラブ内地震。震源間距離は、マグニチュードから想定される断層サイズの平均値により規格化されている。

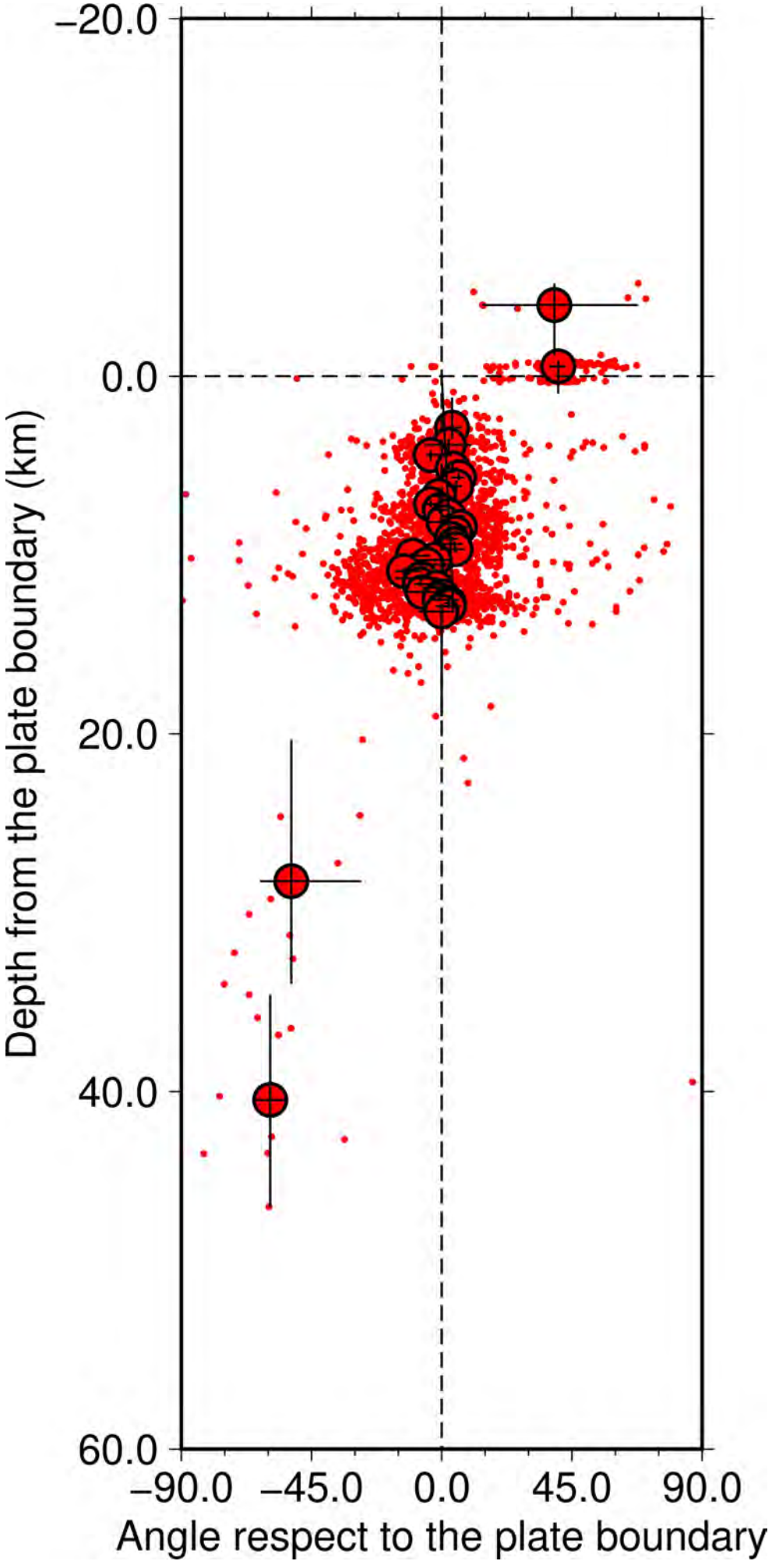

−20.0
0.0
20.0
40.0
60.0
Depth from the plate boundary (km)
−90.0
−45.0
0.0
45.0
90.0
Angle respect to the plate boundary

図2
推定したメカニズム解により得られた最大主応力軸の空間変化。プレート境界深度との関係で示す。小さい丸で各々の地震の発生位置での推定結果を、大きい丸で中央値を示す。縦の線は深さ範囲、横の線は 95%信頼範囲を示す。

令和６年度年次報告

課題番号：THK_04

（1）実施機関名：

東北大学理学研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）包括的構造解析に基づく日本海溝沈み込み帯の地震発生場と内部変形過程の理解
（英文）Seismogenesis and deformation process in the Japan Trench subduction zone inferred from comprehensive structural analysis

（3）関連の深い建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
イ. 内陸地震
２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(3) 千島海溝沿いの巨大地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

プレート沈み込みに伴う地震発生過程の解明には発生場の理解が必要不可欠である。しかし、巨大地震震源域を含むプレート境界の浅い領域のほとんどは海域に位置しているため、地震学的構造の理解が人工地震探査による浅部2次元構造や局所的な海底地震観測に依存し、水平及び深さ方向に広い領域の構造不均質についての理解が不十分であった。S-netをはじめとする最近の海域観測網の発展と観測データの蓄積はこの状況を一変させ、海域を含めた沈み込み帯構造不均質に関する理解が一気に進展すると期待される。また、解析手法の高度化により、地震波速度の等方成分だけでなく地震波速度異方性トモグラフィーが発展してきた。地震波速度異方性は、応力場やマントル対流などのプレート沈み込みに伴う地殻・マントルの内部変形過程やダイナミクスに関する情報を与える重要なパラメータである。本研究課題では、巨大地震・スロー地震・スラブ内地震等の様々な地震現象が発生し地震観測研究のフロンティアである日本海溝沈み込み帯周辺を対象とし、海域及び陸域観測網のデータを活用した広域かつ高分解能な３次元構造解析を行う。先行研究により、前弧最先端部の堆積層構造と浅部滑り挙動の関係に加えて、より深部のスラブ下マントル構造とプレート境界すべり滑り様式の関係が指摘されていることからも、浅部から深部までの３次元不均質構造の全体像の解明が重要であると考えられる。そのため、堆積層・上盤地殻・マントルウェッジ・プレート境界・スラブ・スラブ下マントルまで含めた3次元地震波速度構造・異方性構造を推定し、日本海溝沈み込み帯の地震発生場及び内部変形過程を包括的に理解することが目的である。

（6）本課題の５か年計画の概要：

最先端の実体波トモグラフィー及び表面波トモグラフィーを用いて日本海溝沈み込み帯周辺におけ

る3次元の地震学的構造を推定する。実体波トモグラフィーでは近地及び遠地地震による実体波走時を利用して上盤プレートからスラブ下マントルまでの比較的深部のP波速度・S波速度構造を主対象とした構造解析を行う。表面波トモグラフィーでは常時微動と遠地地震表面波を利用し、堆積層からプレート境界周辺及び海洋性地殻を含むスラブ上部の浅部S波速度構造を主対象とする。得意とする深さ範囲が異なるそれぞれの手法による結果を相互に比較・統合して解釈を行うことで、浅部から深部までの全体像の理解につなげる。具体的な研究内容は下記の通りである。

令和６～９年度においては、自然地震の到達時刻データを用いた実体波トモグラフィー及び常時微動・遠地地震データを用いた表面波トモグラフィーを実施する。これまで開発してきた実体波トモグラフィー手法を、Hi-netとS-netを中心とする海陸基盤観測網のデータに適用し、P波・S波の3次元速度構造・異方性構造を推定する。特に、任意の対称軸を持つ３次元異方性構造を推定できる最先端のトモグラフィー手法を活用する。上盤プレート内及びスラブ内の近地地震を用いることで上盤プレート内からスラブ上部の構造を拘束する。また、波形解析によって海域及び陸域の観測網で記録された遠地地震相対走時の読み取りを行い、近地地震到達時刻と合わせて解析することで、スラブ下マントル深部構造まで含めたマルチスケールのトモグラフィーを得る。速度構造及び異方性構造を合わせて地震活動等と比較解釈することで、地震発生場の構造不均質・応力場・断層構造および及び上盤プレート内・スラブ内部の変形過程を明らかにする。

また、海陸基盤観測網で観測された常時微動連続記録に地震波干渉法を適用し、周期数秒から数十秒程度までの表面波を抽出する。マルチモード表面波及び有限周波数効果を取り入れた最先端の表面波トモグラフィー手法を適用することで、堆積層からスラブ上部までのS波速度構造をこれまでの手法よりも水平・深さ方向ともに高分解能で推定する。常時微動に加えて遠地地震による表面波を合わせて利用することで、長周期側の周期帯域を広げてより深部における推定分解能向上を図る。日本海溝沈み込み帯では通常地震とスロー地震が近接して発生するなど、短波長のプレート滑り様式不均質が示唆されている。そのため、基盤観測網に加えて過去の海底稠密地震観測データを再活用することにより、より小スケールの構造不均質及び地震発生場の理解を目指す。また、表面波から方位異方性・鉛直異方性構造を推定するためのトモグラフィー手法の高度化を行う。

令和９～１０年度においては、上記解析の結果を統合して解釈することで、日本海溝沈み込み帯の浅部の堆積層から深部のスラブ下マントルまで含めた構造不均質と内部変形過程の全体像及び地震活動との関係性を解明する。また、同解析を日本と世界の他の沈み込み帯にも適用し、普遍性や日本海溝沈み込み帯における特徴を抽出する。さらに、上記解析の相互のフィードバックによって構造推定の高度化を図るとともに、実体波到達時刻および及び表面波分散曲線の同時利用を検討し、可能であればジョイント・インバージョンによってよりシームレスな構造モデルの構築を目指す。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

2006-2007年に日本海溝北部で実施された稠密海底地震観測網のデータに常時微動表面波トモグラフィー手法を適用し、深さ30 km程度までの詳細な3次元S波速度構造モデルを推定した。その結果、微動と空間的に相関するS波速度不均質構造が検出された。プレート走向方向に断続的に分布する微動発生域では、プレート境界付近に顕著な低速度が存在する。この低速度領域は海溝から100 km程度まで存在することから、沈み込む海洋プレート上の堆積層から脱水した流体による間隙圧分布を反映すると考えられる。また、沈み込む海洋プレート上部の堆積層厚の不均質による流体供給量の空間変化が、微動発生深度における間隙流体圧と滑り挙動の走向方向の変化を生むと考えられる。

最新の海域・陸域地震観測網で得られた地震波形から大量の到着時刻データを読み取ることで、東日本前弧域を含む日本列島全域下の深さ700kmまでの地殻とマントルの詳細な3次元P波速度構造モデルを得た。その結果、沈み込んでいる太平洋スラブ下に顕著な低速度異常体が検出され、マントル深部からの熱い上昇流を反映し、プレート境界型の巨大地震とスラブ内地震の発生に影響を及ぼすと思われる。

世界の様々な沈み込み帯の構造と、日本の沈み込み帯との比較研究を行った。リージョナルな領域でも高分解能で解ける最新のグローバルトモグラフィー手法を適用し、ニュージーランド・ヒクランギ沈み込み帯下の構造を調べた。結果として、スラブに開いた穴を通して、下部マントルからの熱いマントル上昇流が島弧マグマと混合することで、タウポ火山等の巨大噴火が発生する可能性が明らかとなった。これは千島沈み込み帯とも共通した特徴と考えられる。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

複数のデータ・手法を用いた包括的な構造解析により、沈み込み帯における地震発生及び火山活動を支配する場の不均質構造が明らかになってきた。特に、プレート境界付近のS波速度異常やスラブ下マントル内の速度異常の分布が、プレート境界で発生する微動や巨大地震の分布と空間的に対応することが示された。また、沈み込むスラブの穴と火山巨大噴火の関連性を示唆する結果が得られた。これらの結果は、「地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化」を通して、災害を引き起こす「プレート境界地震と海洋プレート内部の地震」や沈み込み帯の火山噴火の根源的な理解に貢献する成果である。今後は、異なる領域における比較により普遍性や地域性を明らかにするとともに、異方性構造も推定することでスラブ内地震発生への構造不均質の影響をより詳細に調べる。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Tsunashima, R., D. Zhao, and G. Toyokuni, 2025, Three-dimensional ray tracing in P-wave azimuthal anisotropic media, Geophys. J. Int., 240, 160-173, doi:10.1093/gji/ggae374.,査読有,謝辞無

Suzuki, M., D. Zhao, G. Toyokuni, and R. Takagi, 2025, Teleseismic evidence for structural heterogeneity in East Japan forearc from seafloor S-net data, Tectonophysics, 895, 230579, doi:10.1016/j.tecto.2024.230579.,査読有,謝辞有

Zhao, D., X. Liang, G. Toyokuni, Y. Hua, and Y. Xu, 2024, Cause of enigmatic upper-mantle earthquakes in central Wyoming, Seismol. Res. Lett., 95, 2497-2505, doi: 10.1785/0220230333.,査読有,謝辞有

Yuan, T., Z. Wang, D. Zhao, R. Gao, and X. Chen, 2024, Seismic evidence for break-off of the Molucca Sea slab, Tectonophysics, 874, 230218, doi:10.1016/j.tecto.2024.230218.,査読有,謝辞無

Yuan, T., Z. Wang, D. Zhao, R. Gao, and X. Chen, 2024, Multiple slabs and complex mantle flows in the Molucca Sea subduction zone, Geochem. Geophys. Geosyst., 25, e2024GC011500, doi:10.1029/ 2024GC011500.,査読有,謝辞無

Toyokuni, G. and D. Zhao, 2024, Slab-plume interactions beneath Australia and New Zealand: New insight from whole-mantle tomography. Geochem. Geophys. Geosyst., 25, e2024GC011739, doi:10.1029/2024GC011739.,査読有,謝辞無

Liang, X., D. Zhao, Y. Hua, and Y. Xu, 2024, Big mantle wedge and intraplate volcanism in Alaska: Insight from anisotropic tomography, J. Geophys. Res., 129, e2023JB027617, doi:10.1029/2023JB027617.,査読有,謝辞無

Ren, X., X. Liu, and D. Zhao, 2024, Subduction transforms azimuthal anisotropy in the Juan de Fuca plate, Tectonophysics, 877, 230272, doi:10.1016/j.tecto.2024.230272.,査読有,謝辞無

Liu, D., Z. Wang, D. Zhao, H. Hu, and R. Gao, 2024, Accretionary wedge, arc magmatism and fluid migration in northern Sumatra: Insight from seismic attenuation tomography, J. Geophys. Res., 129, e2024JB029777, doi:10.1029/2024JB029777.,査読有,謝辞無

Xie, F., Z. Wang, D. Zhao, R. Gao, and X. Chen, 2024, Tilting axis anisotropic tomography and subduction dynamics of the Java-Banda arc, Geophys. Res. Lett., 51, e2023GL107720, doi:10.1029/2023GL107720.,査読有,謝辞無

Wang, X., S. Xia, H. Yang, H. Chen, and D. Zhao, 2024, Structure and dynamics of southern Mariana margin: Constraints from seismicity, tomography and focal mechanisms, Tectonophysics, 878, 230300, doi:10.1016/j.tecto.2024.230300.,査読有,謝辞無

Tonegawa, T., K. Shiomi, and R. Takagi, 2024, Anisotropic structure at shallow depths across the Japan Trench, Earth, Planets Space, 76(1), doi:10.1186/s40623-024-02059-8.,査読有,謝辞無

Yoshida, K., R. Takagi, Y. Fukushima, R. Ando, Y. Ohta, and Y. Hiramatsu, 2024, Role of a hidden fault in the early process of the 2024 Mw7.5 Noto Peninsula earthquake, Geophys. Res. Lett., 51, e2024GL110993, doi:10.1029/2024GL110993.,査読有,謝辞無

Toyokuni, G., D. Zhao, and D. Takada, 2025, Whole-mantle isotropic and anisotropic tomography beneath Japan and adjacent regions, J. Geophys. Res.: Solid Earth, in press.,査読有,謝辞無

Brossard, V. P., K. Nishida, B. Enescu, and R. Takagi, 2025, Ocean Microseisms Recorded by the Cuban Seismic Network: Time Variation, Spectral Features, and Source Directionality Characteristics, Seismol. Res. Lett., doi:10.1785/0220240351.,査読有,謝辞無

Zhao, D., X. Liu, D. Zhao, Q. Qiao, and L. Zhao, 2024, Subduction-driven mantle flow beneath active back-arc basins inferred from seismic anisotropy tomography, Earth Planet. Sci. Lett., 643, 118890, doi:10.1016/j.epsl.2024.118890.,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

趙大鵬, X. Liang, 豊国源知, Y. Hua, Y. Xu, 2024, スラブ残骸からの流体と2013年北米上部マントル地震, 2024年地球惑星科学連合大会, SCG46-20.

豊国源知・趙大鵬, 2024, ステルス・ホットスポット火山 ～破局噴火を引き起こす，島弧火山列に紛れたホットスポット火山～, 日本地震学会2024年度秋季大会, S04-02.

高木涼太・東龍介・日野亮太・西田究・篠原雅尚, 2024, 稠密海底地震観測データに基づく日本海溝北部の3次元S波速度構造推定, 2024年地球惑星科学連合大会, SSS09-02.

高木涼太・吉田圭佑・岡田知己, 2024, 詳細な3次元S波速度構造に基づく群発地震と2024年Mw7.5能登半島地震の関係, 2024年地球惑星科学連合大会, U15-P13.

髙木 涼太, 東 龍介, 日野 亮太, 西田 究, 篠原 雅尚, 日本海溝北部における浅部微動分布とS波速度構造の空間相関, 日本地震学会2024年度秋季大会, S09-15.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

日本海溝北部において実施した常時微動表面波トモグラフィー手法を、千島海溝及び日本海溝南部における過去の稠密海底地震観測データに適用し、日本海溝・千島海溝沿いに不均質に分布する微動分布の支配要因を明らかにする。

最新の地震波トモグラフィー法を使い、大量の近地地震と遠地地震の走時データを解析し、日本列島および他の沈み込み帯のスラブとスラブ下の詳細３次元速度と異方性構造を推定する。スラブ内とスラブ下の異常構造がスラブ内地震発生への影響について調べる予定である。

世界の様々な沈み込み帯の構造と、日本の沈み込み帯との比較研究を継続して行う。東南アジア、南米、地中海等の沈み込み帯との比較を行い、巨大噴火の発生を普遍的に説明するモデルを構築する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

髙木涼太（東北大学大学院理学研究科）,豊国源知（東北大学大学院理学研究科）,趙大鵬（東北大学大学院理学研究科）

他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター
電話：022-225-1950
e-mail：zisin-yoti-aob@grp.tohoku.ac.jp
URL：https://www.aob.gp.tohoku.ac.jp

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：髙木涼太
所属：東北大学大学院理学研究科

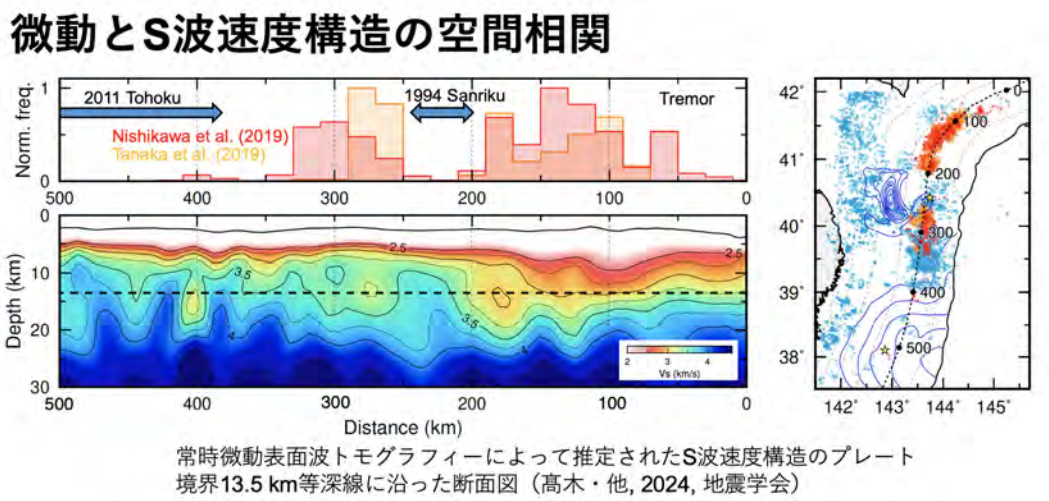


図1. 日本海溝北部における微動とS波速構造の空間相関

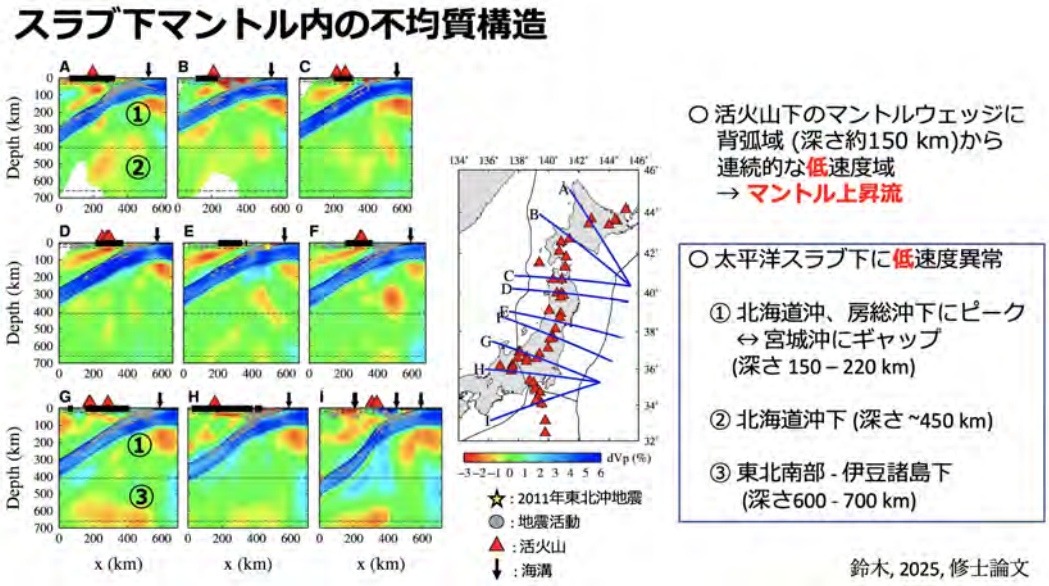


図2. 日本海溝におけるスラブ下マントル内の不均質構造

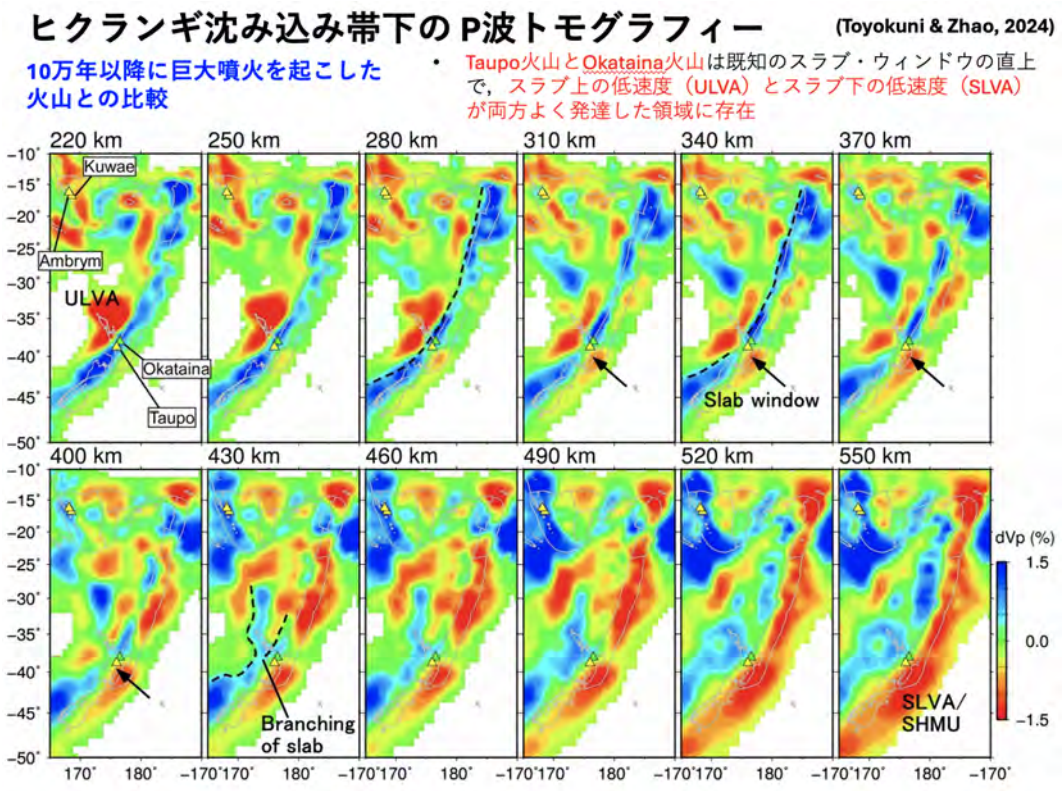


図3. ヒクランギ沈み込み帯下のP波トモグラフィー

令和６年度年次報告

課題番号：THK_05

（1）実施機関名：

東北大学理学研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）国際共同研究によるニュージーランドにおける地震発生機構の解明
（英文）International collaborative study on the earthquake generation process in New Zealand

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
イ. 内陸地震

（4）その他関連する建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(4) 内陸で発生する被害地震
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(4) 国際共同研究・国際協力

（5）本課題の５か年の到達目標：

日本と同様に沈み込み帯に位置するニュージーランドにおいて陸域の地震観測を実施し、日本の地震との相互比較から、地震発生過程の理解を普遍化する。特にニュージーランド南島北部を主な対象とし、同地域を北島南部のヒクランギトラフから南島中央部のアルパイン断層への遷移領域として、プレートの沈み込みや衝突による地殻・上部マントル構造の発達過程とその周辺で発生する地震の理解の向上とそれに基づく災害軽減の取り組みに貢献する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

ニュージーランド南島北部は北島南部の沈み込み型プレート境界であるヒクランギトラフから南島中央部の横ずれ型プレート境界であるアルパイン断層の遷移領域になる。最近では、2010年及び2011年カンタベリー・クライストチャーチの地震（Mw7.0及び6.1）や2016年カイコウラ地震(Mw7.8)が発生した。アルパイン断層では、平均間隔300年程度でM8クラスの地震が発生しており、直近の地震が1717年であることから、今後高い確率でM8クラスの地震の発生が危惧されており（例えば、50年確率が29%; Cochran et al., 2017, Earth Planet. Sci. Lett. 464, 175–188. https://doi.org/10.1016/j.epsl.2017.02.026）、アルパイン断層沿いでの地震観測や災害軽減に向けた包括的な取り組みがなされている(Orchiston et al., 2018, New Zeal. J. Geol. Geophys. 61, 389–402. https://doi.org/10.1080/00288306.2018.1455716; Townend et al., 2022, AGU Fall Meeting, S25A-14)。
本研究では、カイコウラ地震の北端付近～ヒクランギトラフ南端にかけての領域とカイコウラ地震震源域～アルパイン断層の北端付近にかけての領域を対象とし、対象地域内の地震活動の実態および各断層とアルパイン断層本体・沈み込みプレート境界との関係を明らかにすることにより、これまでなされているニュージーランドでの災害軽減の取り組みに貢献することを目的とする。具体的には以下の観測研究を順次実施する。
これまで行ってきた臨時観測（観測点数45点）を継続し、データの解析を進めることで、プレート構造の発達過程とその周辺で発生する内陸地震の理解を進める。カイコウラ地震の地震後過程のモニタリングやより詳細な構造を求めるため、臨時観測を継続する。

詳細な震源分布と地表踏査やGNSSなどによるひずみ速度との対応関係から各断層の位置とそれらの関係を明確にする
応力テンソルインバージョン解析やS波スプリッティング解析により、断層およびその周辺での応力と強度を求める。
地震波トモグラフィや地震波反射面・微動の分布により流体を含む領域を求め、強度と水との関わりを明らかにする。
別途実施される（２．（１）イ（内陸地震の長期予測））「観測データと物理シミュレーションを統合した地震発生長期予測手法の構築と予測実験」と連携し、求められた応力場などの観測情報を地震発生シミュレーションへの入力として活用する。
ニュージーランド・ビクトリア大学ウェリントンおよびGNS Scienceでは、ヒクランギトラフ最南部・クック海峡における稠密地震観測を実施中であり、本課題の観測網を含めたクック海峡を挟んだ北島最南部・南島最北部における稠密地震観測網を構築し、ヒクランギトラフ最南部でのプレート構造や断層構造の理解の向上とそれに伴う災害軽減に貢献する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

１）前計画からの予算減を受けて、ニュージーランドのヴィクトリア大学ウェリントン・GNS Scienceと協力して、南島北部にこれまで整備した臨時地震観測網の整備及び分担見直しを行なった。東側の領域をヴィクトリア大学ウェリントン・GNS Scienceに分担いただくこと、また研究領域を本来の目的をできるだけ損なわない範囲で南北に縮小することで、概ねこれまでの観測を維持することができる見通しである。

２）2016年カイコウラ地震震源域において、地震の震源再決定と地震波速度構造のトモグラフィ推定を行なった (Okada et al., 2024)。
・決定された余震分布は既往研究による断層モデルを概ね支持するものであったが、一部の地域では断層モデルと余震分布に乖離が見られ、断層モデルを再構築する必要を指摘した。
地震波速度構造からは、
・震源域中央部・カイコウラ半島付近の上部地殻に地震波速度高速度域が確認された。この領域は、その西方から東方向に始まった破壊が北東方向に転進した領域であり、バリアとして当初の東方向への破壊の進展を妨げた一方で、破壊過程を複雑にした要因であると考えられる
・震源域深部およびそのプレート境界付近に地震波速度低速度域・高いVp/Vs領域を確認した。この地震波速度異常領域は高間隙圧流体の分布に対応すると考えられ、上部地殻内での断層の連動破壊やそれに伴って発生したプレート境界での地震時・地震後すべりの発生に高間隙圧流体が関わることを強く示唆する。

３）南島北部にこれまで整備した臨時地震観測網のデータを行い、特に北西部について、テンプレートマッチング法を用いた地震の検出を行なった（田上・他、2024ab）。

４）マルボロ断層帯の地震発生過程をモデル化するために、既往研究としてNZ側でこれまで構築した断層形状と応力場のモデルの数値データの提供を受けた。

関連する国内の地震を対象とした成果
１）2017年6月25日7時2分の長野県南部の地震(Mj5.6)について、Mj5.6の断層の上下の端付近の地震前の応力場について調べた。M5.6のすべり分布と初期応力を仮定して地震後の応力場の再現を試みた結果、M5.6の発生前に、断層の上下の端付近において、応力緩和が発生していた可能性、あるいは、この断層の上下の延長部が存在した場合には、その部分の断層強度が小さかった可能性を指摘した (飯尾・他, 2024)。
同種の研究を今後ニュージーランドを対象に行う予定である。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
各項目の目的、特に、

「大学は，海外の沈み込み帯で地震観測を行い，プレートの沈み込みや衝突による地殻・上部マントル構造の発達過程とその周辺で発生する地震の発生機構を調べる。」
「大学は，内陸地震について，活断層や過去の大地震震源域周辺で，地震観測，を実施し，内陸地震が発生する場や その過程を明らかにする。」
「また，複雑な断層系の相互作用や断層端の特性を理解するために， 複数の活断層て〝連鎖的に破壊か〝起きた海外の地震を対象にして国際共同研究を行う。 」
に関して研究の進展を得た。
本課題の成果はニュージーランド側の災害軽減を目的とした取り組みに貢献するとともに、地震発生過程の理解を通じて国内の災害軽減を目的とした取り組みに貢献するものであると捉えている。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Okada, T., Matsuno, M., Matsumoto, S., Kawamura, Y., Iio, Y., Sato, T., Tagami, A., Hirahara, S., Kimura, S., Bannister, S., Ristau, J., Savage, M.K., Thurber, C.H., Sibson, R.H., 2024, Complexity of the 2016 M 7.8 Kaikōura, New Zealand, earthquake from seismic observation: Inferences of overpressured fluid involvement, Phys. Earth Planet. Inter., 348, 107155. https://doi.org/10.1016/j.pepi.2024.107155,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

田上綾香・岡田知己・Martha Savage・Calum Chamberlain・John Townend・松野弥愛・松本聡・河村優太・飯尾能久・佐藤 将・平原 聡・木村 洲徳・Stephen Bannister・John Ristau・Francesca Ghisetti・Richard Sibson, 2024a, Fault re-activation of middle to small earthquakes in a tectonic inversion region, northwestern South Island, New Zealand, 2024 JpGU Meeting, SSS05-P01

田上綾香・岡田知己・Martha Savage・Calum Chamberlain・John Townend・松野弥愛・松本聡・河村優太・飯尾能久・佐藤 将・平原 聡・木村 洲徳・Stephen Bannister・John Ristau・Francesca Ghisetti・Richard Sibson, 2024b, ニュージーランド南島北西部, 反転テクトニクス地域における中・小規模断層の活動評価, 2024年度日本地震学会秋季大会, S08P-07

飯尾 能久・加藤 慎也・冨坂 和秀・澤田 麻沙代・土井 一生・野田 俊太, 2024, 2017年長野県南部の地震(Mj5.6)の断層端付近の応力場, 2024年度日本地震学会秋季大会, S09-03

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

引き続き、南島北部にこれまで整備した臨時地震観測網を運用するとともに、ニュージーランドのヴィクトリア大学ウェリントン・GNS Scienceと協力し、この領域の地殻構造や地震活動の研究を通じて、地震発生過程の高度化を進める。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

岡田知己,高木涼太,飯尾能久

他機関との共同研究の有無：有

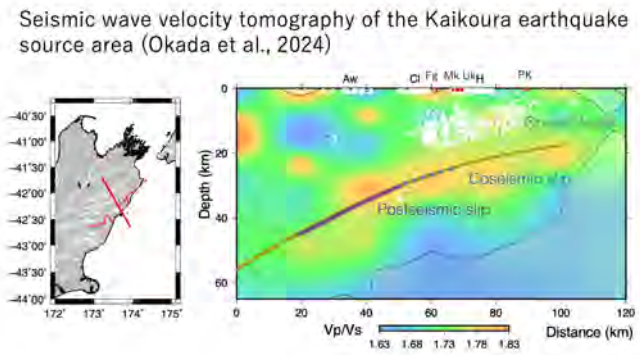
松本聡（九州大学）,安藤亮輔（東京大学）,三宅弘恵（東京大学）,Martha SAVAGE（ビクトリア大学ウェリントン）,John TOWNEND（ビクトリア大学ウェリントン）,Jamie HORWORTH（ビクトリア大学ウェリントン）,Calum CHAMBERLAIN（ビクトリア大学ウェリントン）,Richard SIBSON（オタゴ大学）,Andy NICOL（カンタバリー大学）,Stephen BANNISTER（GNS Science）,Emily WARREN-SMITH（GNS Science）,Katie JACOBS（GNS Science）,Clifford THURBER（ウィスコンシン大学マディソン校）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東北大学大学院理学研究科　地震・噴火予知研究観測センター
電話：022-225-1950
e-mail：zisin-yoti-aob@grp.tohoku.ac.jp
URL：https://www.aob.gp.tohoku.ac.jp

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：岡田知己
所属：東北大学大学院理学研究科　地震・噴火予知研究観測センター



Seismic wave velocity tomography of the Kaikoura earthquake source area (Okada et al., 2024)

Seismic wave velocity tomography revealed regions of low seismic wave velocity and high Vp/Vs near the source region of the Kaikoura earthquake, deep crustal faults, and areas of seismic and postseismic slip along plate boundaries. These regions of low seismic wave velocity and high Vp/Vs indicate areas of high pore fluid pressure, suggesting a relationship between faulting and seismic activity and fluids, especially the contribution of fluids to interlocking rupture and postseismic slip generation.

Fig. Cross-section of Vp/Vs across the Kaikoura Peninsula. The solved area (with a DWS of greater than 0.1% of the maximum) is shown by black line. Blue bold and purple broken lines shows approximate locations of coseismic slip (Hamling et al., 2017) and postseismic slip (Wallace et al., 2018) on the plate interface, respectively.

図１．2016年カイコウラ地震震源域のVp/Vs分布。西北西ー東南東方向の鉛直断面図で示す。黒点・白点はカイコウラ地震前と後の地震を示す。青太点線と紫太線はそれぞれ、2016年カイコウラ地震震源域のプレート境界での地震時すべり域（Hamling et al., 2017)と余効すべり域 (Wallace et al., 2018) を示す。
地震波速度トモグラフィの結果、カイコウラ地震の震源域、地殻内断層の深部やプレート境界に沿った地震時・地震後すべり域付近に地震波速度低速度・高Vp/Vsの領域を見出した。この地震波速度低速度・高Vp/Vsの領域は高い間隙流体圧の領域を示しており、断層活動や地震活動と流体との関連、特に流体による連動破壊や地震後すべり発生への寄与、が示唆される。

令和６年度年次報告

課題番号：THK_06

（1）実施機関名：

東北大学理学研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地震及び測地観測によるマグマ供給系・熱水系構造の推定
（英文）Unveiling of magma supply system and hydrothermal system based on seismic and geodetic observations

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
地震
火山
(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(5) 大規模火山噴火
(6) 高リスク小規模火山噴火

（5）本課題の５か年の到達目標：

火山体構造は、火山活動の把握・活動推移の理解の最も基本的かつ重要な情報の一つである。しかしながら、火山活動の中長期的推移を支配するマグマ溜まりなどやや深部（深さ約4～10 km）から地表にかけての構造、特にマグマ・流体の供給系の具体的な構造については十分に解明されておらず、中長期的な火山活動推移の理解や噴火災害への備えに資する情報は限定的である。

そこで本研究課題では、火口近傍における多項目観測によって噴火発生に先行する多様な力学現象が明らかになっており重点研究課題「２（３）火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行」の主要対象火山の一つである阿蘇山と、近年噴火は発生していないものの深部から浅部に連なる流体供給系の描像が得られつつある吾妻山を主な対象火山として、構造推定とそのための解析・観測手法を高度化することにより、火山噴火の予測及び災害の軽減に貢献することを目指す。具体的には、地震・地殻変動・重力の観測を実施し、火山浅部～やや深部のマグマ・流体供給系の位置・大きさ・構造の解像度を上げるとともに、地震波構造の異方性推定を通じて流体供給系の詳細を解明することを狙う。また、光ファイバを用いたDAS観測も他機関と連携して実施し、火山浅部の微細構造の推定などを目指した観測の超稠密化・次世代化を進める。

（6）本課題の５か年計画の概要：

火山浅部～やや深部のマグマ・流体供給系の詳細を明らかにするために研究対象火山において観測研究を実施するとともに、成果や観測・解析手法についての情報交換を随時行い、各機関で連携して計画を推進する。また、研究計画項目１（４）、２（３）、５（５）、５（６）等に資する成果につ

いては、それらの研究課題が開催する研究集会等に積極的に参加し、情報共有を図る。
令和６年度においては、阿蘇山における相対重力及び絶対重力の繰り返し測定を行うほか、阿蘇カルデラ・山体中央部の地震・地殻変動観測網による観測を継続する。また、吾妻山において臨時地震観測点を展開し、表面波解析による構造推定等に必要なデータの取得を進める。令和７年度以降においては、両火山における観測を継続するとともに、吾妻山におけるDAS観測（令和７年度）及び阿蘇山における水準測量（令和８年度）を実施し、流体供給系の構造推定・時空間変動の推定に取り組む。令和９年度においては、火山浅部構造の評価手法の検証・比較研究のために秋田駒ケ岳においてDAS観測を行うほか、蓄積したデータに基づき阿蘇山・吾妻山の流体供給系のモデル化を進める。令和10年度においては、得られた結果を基に、火山活動の定量的評価及び予測に資する情報の検討を行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

令和6年度は、計画通り阿蘇山における相対重力と絶対重力の繰り返し測定、地殻変動観測を進めるとともに、吾妻山における地震観測とその解析を行い、両火山の火山活動推移を支配するやや深部（深さ約4～10 km）のマグマだまりから地表にかけての構造と流体供給系に関する基礎情報の蓄積を進めた。

阿蘇山における重力測定については、山上及びその周辺における相対重力を2024年4月，7月，11月及び2025年2月の4回実施したほか、絶対重力の繰り返し測定を行った。相対重力測定はScintrex社CG5型相対重力計を用いて行い、火口近傍での3回の測定では、2023年11月と2024年4月の測定に比べて約50μGalの重力増加が確認された。2024年10月に京都大学・火山研究センター及び山上の本堂観測点で実施した絶対重力想定においても、それぞれ約2年前、約6年前の前回測定時に比べて６μGal、22μGalの重力増加が観測された。これらの重力増加の原因の一つとして火口湖・湯だまりの水位変化による重力変化を見積もると、直近1年の水位変動（約20 mの上昇）による重力変化は高々２μGalである。また、火口直下の熱水貯留域における熱水流動の重力変化への影響も限定的である。このことから、観測された重力変化は阿蘇山の山上、特に火口域の直下における質量増加を反映していると考えられる。

阿蘇山においては、カルデラ内外及び山体中央部におけるGNSS観測も継続して実施するとともに、2021年10月に発生した噴火の前駆的な地殻変動についての解析を進めた。その結果、中岳を中心とする膨張性の地殻変動が2021年10月噴火の前後約3ヶ月間に阿蘇カルデラ全域において認められた。また、中岳近傍の観測点においては南向きの変位が卓越する特徴が見られた。これらの結果は、噴火の前後において、やや深部の圧力源に加えて火口付近の浅部圧力源の変動が生じていたことを示唆する。

吾妻山においては、噴火活動がみられる大穴火口周辺における臨時地震観測点の増強と既設観測点の維持を行うとともに、火山性流体の流動に伴う振動現象の解析や表面波解析による構造推定に必要なデータの取得を進めた。大穴火口直下では、火山活動の推移とともに、火山性地震の震源の浅部への移動などが見られ、火山性流体の移動が示唆されているが、流体の流動そのものに関する観測データや情報は限られていた。そこで本年度は、流体の流動によって生じると考えられる特徴的な振動現象（調和型微動）を抽出し、その振動特性の定量化を進めた。その結果、調和型微動が流体流動に伴う非線形振動によるものであり、流動による駆動圧の変動が周期倍分岐等の調和型振動の複雑な振動を引き起こしている可能性が示された。また、大穴火口周辺における臨時観測網のデータを用いた地震波干渉法解析により、大穴火口付近の極浅部に低速度領域が存在し、その領域の地震波速度が降雨量に相関して変動することが明らかになった。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本研究課題では、火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明を阿蘇山及び吾妻山において進めるとともに、火山活動推移を支配する流体の挙動の理解を深めることで重点課題である活動評価と試行（重点課題）にも貢献している。また、本研究課題を通じて、火山浅部～やや深部のマグマ・流体供給系の位置・大きさ・構造の解像度を向上させることで、中長期的な火山活動推移の理解や噴火災害への備えに資する情報を蓄積できると考えられる。次年度以降は、光ファイバを用いたDAS観測を吾妻山で実施する予定であり、火山浅部の微細構造の推定などの火山観測の超稠密化・次世代化にむけた取り組みについても進める予定である。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

大倉敬宏・成田翔平, 2024, 九州北部における稠密GNSS観測による火山性地殻変動検出, 日本地球惑星科学連合2024年大会, MTT37-P04

平山 裕登・山本 希, 2024, 吾妻山で観測された調和振動型微動のスペクトル構造と非線形構造, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SVC26-03

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

阿蘇山における重力観測・地殻変動観測・地震観測を引き続き実施し、これまで観測されてきた地殻変動と重力時空間変化を再現できるような質量変動モデルの構築を目指す。吾妻山においては、機動地震観測を継続するとともに、光ファイバを用いたDAS観測を実施し、流体供給系の構造推定・時空間変動の推定に取り組む。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

山本　希（東北大学理学研究科）,西村太志（東北大学理学研究科）,廣瀬　郁（東北大学理学研究科）
他機関との共同研究の有無：有
大倉敬宏（京都大学大学院理学研究科）,風間卓人（京都大学大学院理学研究科）,横尾亮彦（京都大学大学院理学研究科）,石井杏佳（京都大学大学院理学研究科）,山本圭吾（京都大学防災研究所）,成田翔平（東京科学大学総合研究院）,江本賢太郎（九州大学大学院理学研究院）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東北大学大学院理学研究科　地震・噴火予知研究観測センター
電話：022-225-1950
e-mail：zisin-yoti-aob@grp.tohoku.ac.jp
URL：https://www.aob.gp.tohoku.ac.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：山本　希
所属：東北大学大学院理学研究科　地震・噴火予知研究観測センター

令和６年度年次報告

課題番号：THK_07

（1）実施機関名：

東北大学理学研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）日本海溝沿いの海溝型地震発生の長期評価の高度化に向けた研究
（英文）Research for the advancement of long-term evaluation of occurrence of large interplate and intraslab earthquakes along the Japan Trench

（3）関連の深い建議の項目：

２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
地震
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(3) 千島海溝沿いの巨大地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

地震調査研究推進本部（地震本部）が行っている「日本海溝沿いの地震活動の長期評価」の高度化を目標として，地震発生履歴と近代観測による地震活動及び地殻変動の時空間変化を再現する地震発生サイクルモデルを構築し，これに基づいて2011年東北地方太平洋沖地震を起点として100年程度の間に日本海溝沿いで発生しうるプレート境界型大地震の発生時期と規模の予測を試行する．

（6）本課題の５か年計画の概要：

１）地震サイクルシミュレーションモデルの構築
日本海溝沿いで発生するプレート境界型地震のうち，現行の地震本部による長期評価の対象地震の中で繰り返し発生が認められBPT分布を仮定して地震発生確率が求められている「青森県東方沖及び岩手県沖北部のプレート間巨大地震」及び「宮城県沖地震」の地震発生サイクルを包括して記述するシミュレーションモデルを構築する．
2024年度　先行するシミュレーション研究で用いたモデルを元にプロトタイプ構築
2025年度　プレート境界深部固着によるstress shadowを考慮したモデルの開発に着手
2026年度　モデル開発を継続

２）シミュレーションによる固着すべり時空間変化の再現の試行
１）のモデルにより，東北地方太平洋沖地震型の超巨大地震を含め，地震本部の長期評価にまとめられている大地震の発生履歴と，東北沖地震前後におけるプレート間固着の時空間分布の推定結果の再現も試みる．東北沖地震の余効変動下にある現在の固着すべり状態の推定には「 海底測地観測の拡充と測地・繰り返し地震データの統合解析によるプレート境界すべりモニタリング」（東北大学・他）の成果を参照する．

再現性の向上は，断層面上の摩擦パラメタの空間分布を試行錯誤的に調整することにより行うが，その際には海域地下構造のモデルも参照する．なお，超巨大地震の発生を含む広域長期の地震発生サイクルをモデル化する上では，適切な粘弾性構造を仮定したシミュレーションを実施するべきであるが，本研究では弾性媒質モデルを用いて行うこととし，粘弾性緩和の影響下にある東北沖地震後の余効変動の観測との比較により，弾性モデルに基づく予測の限界を考察する．

2025年度　　日本海溝北部から宮城県沖を対象としたシミュレーションに着手

2026年度～　再現性向上のためのモデル改良を継続して行う

３）地震サイクルシミュレーションによる大地震発生の長期評価

シミュレーションにもとづく地震発生の長期予測の対象は2011年東北沖地震発生後の100年程度の期間における「青森県東方沖及び岩手県沖北部のプレート間巨大地震」及び「宮城県沖地震」とする．これら対象地震の規模や発生間隔の平均的描像と，それが超巨大地震の発生の影響をうけて変動するかに着目する．予測は一つのシナリオで行うのではなく，２）での試行錯誤により絞り込まれた範囲内での多様なモデルに基づく複数のシナリオをもとに行うことで，予測の不確からしさを評価することも試みる．

現行の長期評価で「ひとまわり小さい」地震として扱われているものの活動度に超巨大地震の発生が及ぼす影響についても，シミュレーションで再現される滑りの時空間変化によるプレート境界上や太平洋スラブ内でのCFFの時間ゆらぎを通して定量化することを検討する．

2026年度～　２）のシミュレーションの改良と並行して評価実験を行う

(7) 令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本課題は，地震調査研究推進本部（地震本部）が行っている「日本海溝沿いの地震活動の長期評価」の高度化に向けて，地震サイクルシミュレーションに基づく地震活動の予測を施行しようとするものである．

課題担当者らによるこれまでのシミュレーション研究で用いたモデルを元にプロトタイプの構築を進めた．日本海溝沿いの地震活動の特性は海溝の走向方向に大きく変化することが知られており，地震本部の長期評価でも複数の領域に区分したうえで，それぞれの領域について個別に評価が行われている．本研究でもこの基本的な考え方は踏襲するが，地震本部の領域設定は，最近の地震・地殻変動観測の成果にみられる空間変化の様態と必ずしも一致しないため，領域分割の再設定を行った．過去の大地震の震源分布に加え，プレート境界上のスロー地震活動の指標となる小繰り返し地震やテクトニック微動などの分布と活動度時間変化，海底地殻変動や津波波形の解析に基づく2011年東北沖地震の地震時すべりおよび応力降下量の分布，地震探査や重力異常に基づく海底下構造の空間変化なども考慮した結果，対象となる範囲を９つ（海溝走向方向に３☒　直交方向に３）の領域に分割することが適当と判断した（図１）．このようにして定義した９領域について，すでに構築済みであったモデル（初期モデル）による地震サイクルシミュレーションにより得られたすべり速度の履歴と，各領域を特徴づけるすべり挙動とを定性的に比較した結果，これまでの研究で地震活動の再現を目指してきた宮城県沖や福島県沖では比較的良い再現性が見られる一方で，北部（岩手県・青森県沖）では不十分で，今後，再現性向上にむけた検討を進める必要があることが確認された．これに加えて，「ひとまわり小さい」地震の評価手法の検討の一環として，2011年東北沖地震が太平洋スラブ内地震の活動に及ぼした影響に関する研究も行った．

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

現行の「日本海溝沿いの地震活動の長期評価」と同様に，対象海域における多様性を複数の領域に分割するが，多くの観測結果から共通して認められる空間変化パターンを考慮した領域設定ができた．シミュレーションモデル構築のための検討作業ではあったが，地震本部でいずれ行われるであろう長期評価の見直しの際にも，本課題で整理した結果は貢献するものと考えられる．

(8) 令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

Tomita, F., T. Sun, T. Iinuma, M. Kido, Y. Ohta, N. Uchida, R. Hino, K. Wang, 2024, Postseismic deformation following the 2011 Tohoku earthquake revealed by onshore geodetic, offshore geodetic, and small repeating earthquake observations, 2024 AGU Annual Meeting, G23B-3585.

Osawa, R., R. Hino, K. Yoshida, 2024, Spatio-temporal variation of the aftershock activity following the 2021 and 2022 intraslab earthquakes in off-Fukushima prefecture, 2024 AGU Annual Meeting, V31D-3059.

富田史章・Sun Tianhaozhe・飯沼卓史・木戸元之・太田雄策・内田直希・日野亮太・Wang Kelin, 2024, GNSS・GNSS音響・小繰り返し地震観測によって捉えられた2011年東北沖地震に伴う余効変動の全体像，日本地震学会2024年度秋季大会，S03P-03.

Nakata, R., T. Hori, Hideo A., S. Ide, 2024, Occurrence of Large Earthquake using Multiscale Circular Patch Model in Quasi-Dynamic Numerical Simulation of Earthquake Generation Cycle, 2024 AGU Fall Meeeting, S31D-3262.

Kubota, T., H. Kubo, T. Saito, 2024, Reliable estimation of dynamic and static source parameters of the 2011 Tohoku earthquake combinedly using teleseismic waveforms and slip distribution model from tsunami and geodetic Data. , 2024 AGU Fall Meeeting, S33A-3287.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和６年度に行った領域設定作業の結果，南部・中部・北部の３領域のそれぞれにおいて，プレート境界でのすべり特性が深さ依存して変化しており，大局的には深部・中深部・浅部に分割して特徴を整理できることがわかった．一方で，深さ依存性の様相が南部・中部・北部で大きく異なっており，これを説明・再現することが全領域を対象とした地震サイクルシミュレーションモデルの最初の目標となる．令和７年度は，深さ依存性の違いを規定する要因を特定するために，南・中・北のそれぞれを代表する単純な２次元的なモデルによる数値実験を実施する．さらに，力学的な固着によるstress shadowを考慮したモデルの開発に着手する．令和６年度に検討した領域設定では，2011年東北沖地震時に応力降下最大となった領域が日本海溝中部・中深部に対応することから，中深部に力学的固着をおく前提でモデル開発を進める．

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

日野亮太（東北大学大学院理学研究科）
他機関との共同研究の有無：有
中田令子（東京大学大学院理学系研究科）,久保田達矢（防災科学技術研究所）,堀高峰（海洋研究開発機構）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：地震・噴火予知研究観測センター
電話：0222251950
e-mail：zisin-yoti-aob@grp.tohoku.ac.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：日野亮太
所属：東北大学大学院理学研究科

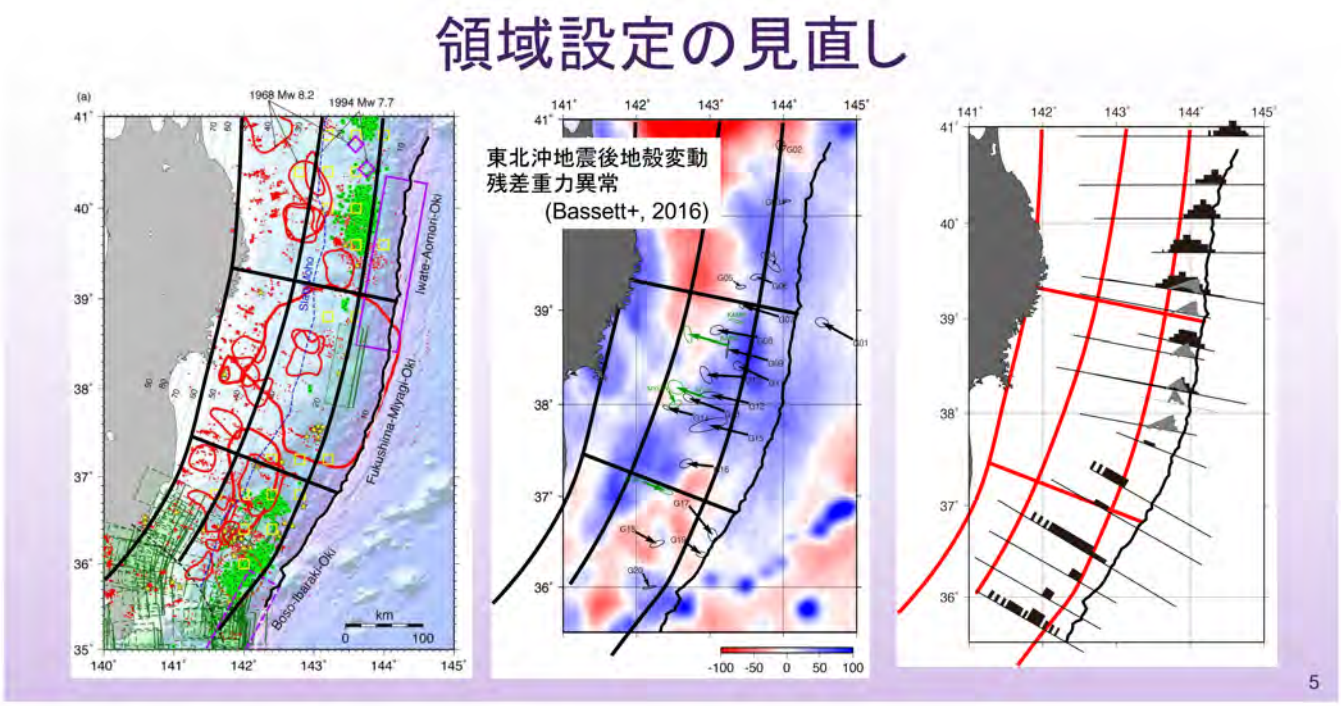


図１　日本海溝沿いの地震活動長期評価のためのシミュレーションモデル構築にむけて検討した領域分割．左）Nishikawa et al. (2022)が整理した地震活動の空間変化との比較．中）2011年東北沖地震後の地殻変動および残差重力異常分布との比較．右）地震探査による海溝軸近傍の堆積物分布との比較．

令和６年度年次報告

課題番号：THK_08

（1）実施機関名：

東北大学理学研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地殻変動に伴う大気中ラドン濃度変動

（英文）Fluctuations in atmospheric radon concentrations associated with crustal deformation

（3）関連の深い建議の項目：

2 地震・火山噴火の予測のための研究

(2) 地震発生確率の時間更新予測

イ. 観測データに基づく経験的な予測と検証

（4）その他関連する建議の項目：

（5）本課題の５か年の到達目標：

全国の放射線管理（RI）施設に協力を求めてRI施設ネットワークの拡大を図り、地殻変動に関連した大気中ラドン濃度変動のメカニズム解明と先行傾向の統計的評価を目指す。大学及び研究機関のRI施設から得られた排気データを用いて、広域な大気中ラドン濃度変動解析を進める。特に、地殻変動や地震・火山活動のデータに限らず、地球潮汐データ、電磁気学的データ(たとえば、大気電位データ)、地下水データなどと大気中ラドン濃度の異常発生との統計的な相関を調べ、地震・火山噴火に対する中短期的な先行性を評価することを目的とする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

令和6年度は、地殻変動モニタリングに使用できるRI施設に協力を求め、全国をくまなくカバーすることのできる全国放射線管理施設ネットワークの拡大を進める。大学及び研究機関の各放射線管理施設から得られた排気データを用いて、広域な大気中ラドン濃度変動解析を進める。得られたデータを対象に、機械学習等のデータ駆動手法を取り入れた中短期の地震・火山噴火先行現象の統計的評価を試みる。2年目（令和7年）以降においても、地殻変動モニタリングに使用できる放射線施設に協力を求め、全国をくまなくカバーすることのできる全国放射線管理施設ネットワークの拡大を進めつつ、広域な大気中ラドン濃度変動解析を行う。

各年度において大気中ラドン濃度の異常変動発現メカニズムの解明と機械学習等のデータ駆動手法を取り入れた中短期の地震・火山噴火先行現象の統計的評価を試みる。特に、特異スペクトル変換法による大気中ラドン濃度変動の異常判定やランダムフォレスト・ARIMA・ニューラルネットワーク法による時系列解析を行い、大気中ラドン濃度に及ぼす地殻変動の効果を明らかにする。また各種放射線計測機器を用いた空気中へのラドン散逸の動態解明を目指した環境放射能および放射線計測を行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

1) 全国規模で混の放射線管理施設のモニタリングネットワークの構築や測定データの解析

令和6年度までに29施設の全国医薬系放射線管理施設が参画した。今年度は、星薬科大学（東京都品川区）から2017年1月以降のデータ、獨協医科大学（栃木県） から2018年 9月以降のデータ、さらに金沢医科大学（石川県）から2002年5月以降を入手し、解析を進めている。さらに、これまでに得られている他の放射線管理施設の大気中ラドン濃度変動データの解析を進めた。学会や論文等で解析データの公表が可能になった際に、協力事業所名を公表する。また全国の放射線管理施設で長期間の大気中ラドン濃度計測データを持つ協力機関を新たに探し、ネットワーク拡大を進めている。

2) 機械学習を使った地震に関連する大気中ラドン濃度の異常検出

本研究は、地震前の大気中ラドン濃度の変動に潜む異常を定量的に評価するため、従来の統計解析手法に代わり、機械学習の一種であるランダムフォレスト解析を適用する試みである。従来の解析では、モデルパラメータの設定に依存して異常判定が行われていたが、本手法では大きな地震が発生しなかった期間のラドン濃度を平年変動として教師データに用い、学習したモデルにより地震前の濃度を予測し、観測値との差分を算出する。なお、この差分の標準偏差σに基づき、3σを閾値として設定し、閾値を超える場合に異常と判定する方法を採用した。

兵庫県南部地震に関しては、神戸薬科大学が提供する排気モニターの大気中ラドン濃度データを用い、1984年から1988年の期間を平常期として学習し、1990年から1995年の予測期間における実測値との比較を行った結果、1994年末から観測値が予測値を上回る傾向が継続し、地震発生の25日前において観測値と予測値の差分が3σを超える異常が確認された（図1）。

また、東北地方太平洋沖地震に関しては、福島県立医科大学において、排気モニターで観測された電離電流値をラドン濃度と線形関係にある指標として利用した。2002年から2007年を平年変動として教師データに設定し、2008年から2011年の期間における電離電流値を予測した結果、2010年10月末において観測値と予測値との差分が3σを超える異常が検出された（図2）。さらに、2010年は通常の冬季ピークが例年より早く秋から冬にかけて現れたことや、2008年7月の福島県沖地震の1週間前にも同様の3σを超える異常が認められたことから、東北地方太平洋沖地震発生前にも大気中ラドン濃度の異常な上昇が生じていたと推察される。

以上の結果は、ランダムフォレスト解析を用いることで、従来手法と同様の時期に異常が検出可能であることを示し、観測された電離電流値を直接利用することで前処理の手順が簡略化される点も明らかとなった。さらに、大地震が少なかった期間のデータを学習することにより、地震前の濃度予測が可能となるため、将来的にはリアルタイムでの観測値との比較による異常検知システムの構築が期待される。この成果を Scientific Reportsで報告した。

3) 空気中のラドン濃度計測における実用的なカットオフ値の決定

これまで、我々のグループは全国の放射線施設の排気モニタのデータをラドン濃度に変換することで、地震発生前の大気中ラドン濃度変動を解析してきた。そのため、正確な大気中ラドン濃度を得るためには、排気モニタが正常に作動しているかを確認する必要がある。世界保健機関（WHO）は、室内のラドン濃度を100 Bqm^{-3}に設定することを推奨しており、事前調査においてその基準値を超えているか否かを簡便に判断するためにはカットオフ値が有用である。そこで、排気モニタで室内のラドン濃度を測定し、そのラドン濃度をラドン簡易モニタのPicoRadという活性炭コレクターにより決定する方法で、排気モニタの作動確認を行い、その成果をRadiation Protection Dosimetryで報告した。

図3に高感度のラドンモニターで測定した値とPicoRadコレクターで測定したラドン値との関係を示した。PicoRadコレクターで測定したラドン値が83 Bqm^{-3}の場合（図3の緑の点線）ラドンの真の値は95％予測区間として図3のIIの範囲をとることが分かった。その結果、PicoRadのカットオフ値は80Bqm^{-3}であり、この値以下であれば、ラドン濃度が安全範囲にあると判断できることが示された。本研究により、得られた簡易計測器のカットオフ値は、ラドン濃度の事前調査やリスク管理において役立つ指標となり、PicoRadを用いた断層からのラドン散逸の空間変化などの解析にも資することが期待される。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と災害軽減への貢献：

本手法により、リアルタイム異常検知システムの構築可能性が示され、地震発生確率の時間更新予測精度の向上を通じた早期警戒システムの実現が期待される。

今後の展望：

さらなる実測データの蓄積と全国放射線管理施設とのネットワーク拡大により、既存モデルの精度向上を図る。加えて、リアルタイムでの観測値比較による異常検知システムの構築を目指す。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Tsuchiya, M., Nagahama, H. Muto, J., Hirano, M. and Yasuoka, Y. (2024) Detection of atmospheric radon concentration anomalies and their potential for earthquake prediction using Random Forest analysis. Scientific Reports, (2024) 14:11626. doi:10.1038/s41598-024-61887-6.,査読有,謝辞有

Yasuoka, Y., Takemoto, J., Omori, Y., Goda, N., Nagahama, H., Muto, J., Kawamoto, N., Tokonami, S., Hosoda, M., Iimoto, T. and Mukai, T. (2024) Practical cut-off value for radon concentration in indoor air using an activated-charcoal radon collector. Radiation Protection Dosimetry, 200 (16–18), 1701–1705. https://doi.org/10.1093/rpd/ncae108,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

Mayu Tsuchiya, Hiroyuki Nagahama, Jun Muto, Mitsuhiro Hirano & Yumi Yasuoka (2024) Random Forest Analysis of Atmospheric Radon Concentration for Anomaly Detections of Earthquake Precursors, 8th International Workshop on Earthquake Preparation Process, May 2024, Chiba.

Akito Miura, Yumi Yasuoka, Jun Muto, Hiroyuki Nagahama (2024) Detection of atmospheric radon concentration anomalies prior to earthquakes using a statistical time series model, 8th International Workshop on Earthquake Preparation Process, May 2024, Chiba.

土谷真由，長濱裕幸，武藤潤，平野光浩，安岡由美（2024）ランダムフォレスト解析による地震前の大気中ラドン濃度の異常検知，日本地球惑星科学連合2024，2024年5月26日，千葉

三浦壮翔，安岡由美，武藤潤，長濱裕幸（2024）統計的時系列モデルによる地震活動に伴う大気中ラドン濃度の異常検知，日本地球惑星科学連合2024，2024年5月26日，千葉

西村夏樹, 安岡由美, 長濱裕幸, 武藤 潤, 向 高弘（2024）兵庫県南部地震前の大気中ラドン濃度の日変動, 第74回 日本薬学会関西支部総会・大会 , 2024年10月4日, 兵庫県西宮市

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

地殻変動モニタリングに使用できるRI施設に協力を求め、全国をくまなくカバーすることのできる全国放射線管理施設ネットワークの拡大を進める。大学及び研究機関の各放射線管理施設から得られた排気データを用いて、広域な大気中ラドン濃度変動解析を進める。得られたデータを対象に、機械学習等のデータ駆動手法を取り入れた中短期の地震・火山噴火先行現象の統計的評価を試みる。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

武藤　潤（東北大学）,長濱　裕幸（東北大学）
他機関との共同研究の有無：有
安岡　由美（神戸薬科大学）,大森　康孝（弘前大学）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東北大学大学院理学研究科
電話：022-225-1950
e-mail：zisin-yoti-aob@grp.tohoku.ac.jp
URL：http://www.aob.gp.tohoku.ac.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：武藤潤

所属：東北大学大学院理学研究科地学専攻

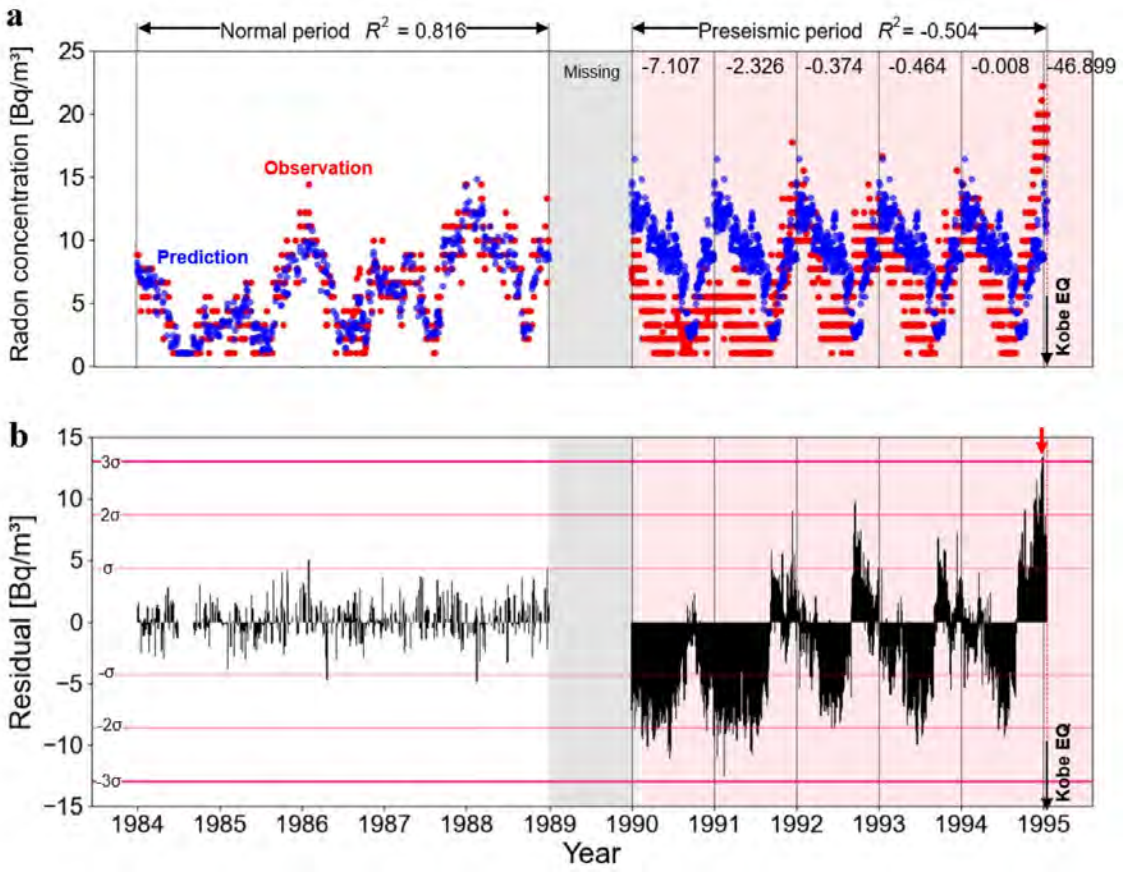


図1. 神戸薬科大学におけるランダムフォレスト解析の結果
a) 予測値と観測値の比較を表すグラフ。赤点が大気中ラドン濃度の観測値、青点がランダムフォレスト解析で得られた予測値、上部の数字は観測値と予測値の類似度を測るための決定係数を示す。b)　大気中ラドン濃度の観測値と予測値の差分を示すグラフ。赤の横線は、差の標準偏差から求めた±σ、２σ、３σを表す。赤矢印は1994年12月23日と28日に有意に差が3σを超えたことを示す。

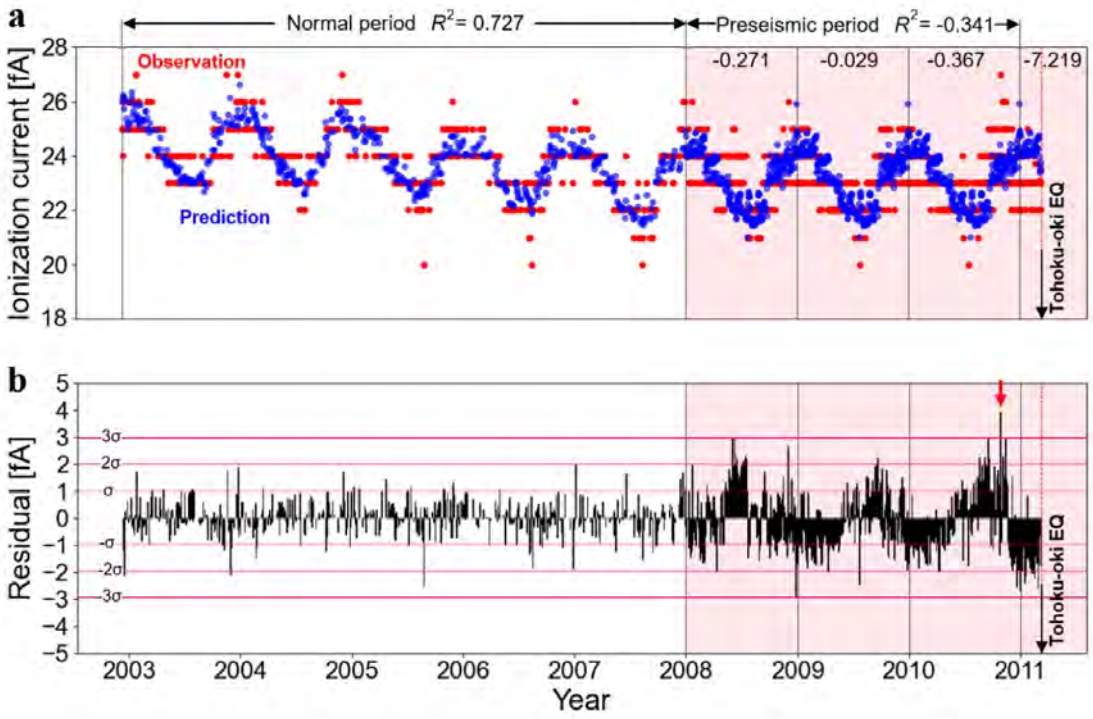


図2. 福島県立医科大学におけるランダムフォレスト解析の結果
a) 予測値と観測値の比較を表すグラフ。赤点が大気中ラドン濃度の観測値、青点がランダムフォレスト解析で得られた予測値、上部の数字は観測値と予測値の類似度を測るための決定係数を示す。b)大気中ラドン濃度の観測値と予測値の差分を示すグラフ。赤の横線は、差の標準偏差から求めた±σ、2σ、3σを表す。赤矢印は2010年10月28日に有意に差が3σを超えたことを示す。

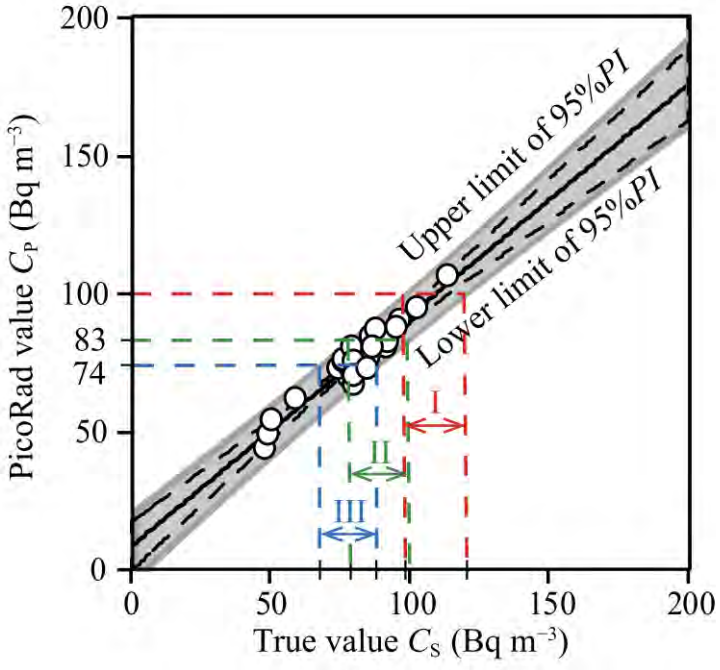


図3. PicoRadのラドン濃度の95%予測区間
ピコラドの測定値（○）とその線形回帰（黒線）に基づいて、決定した95%信頼区間（破線）と95%予測区間（灰色の領域）を示した。

令和６年度年次報告

課題番号：THK_09

（1）実施機関名：

東北大学理学研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）リアルタイムGNSSデータに基づく断層滑り即時把握手法の高度化とその社会実装
（英文）Advancement and social implementation of a method for real-time estimation of the coseismic fault model based on GNSS data

（3）関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(2) 地震の災害誘因の即時予測手法の高度化（重点研究）
イ. 津波の即時予測手法

（4）その他関連する建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(3) 千島海溝沿いの巨大地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

巨大地震発生直後に，その地震規模や断層面の広がりを即時的に把握することは，津波やその内陸部への浸水の即時予測の観点から，きわめて重要である．さらに，プレート境界周辺で発生する地震の破壊域を迅速に把握することは，発生が危惧される後続地震の発生確率等を推定する観点からもその重要性は高い．こうした背景に対して，特にマグニチュードが8を大きく超えるような超巨大地震におけるリアルタイムGNSSを用いた震源断層即時推定手法の優位性がこれまでに明らかになりつつある．東北大学大学院理学研究科と国土地理院は，2012年よりREGARD（REal-time GEONET Analysis system for Rapid Deformation monitoring、電子基準点リアルタイム解析システム）の共同開発を進めている．同システムは，世界でも有数の稠密GNSS観測網であるGEONETのデータをリアルタイムで解析し，地震時永久変位から断層モデルを即時的に解析する．一方，津波を効率的に励起しうる海溝軸近傍の滑りは，陸上のGNSS観測点における変位場のみでは解像が難しい．すなわち推定される地震時滑りには大きな不確実性が含まれる．また，地震時滑り分布の推定は，本質的に劣決定問題であり，推定における正則化拘束にその結果は大きく依存する．これら海域における滑りを，適切な正則化拘束とともに，その推定誤差も同時に，迅速かつ正確に把握する技術の獲得は，REGARDの高度化の観点から喫緊の課題である．また、海域における観測量を適切に取り込みつつ、推定の確度を向上させ、その推定誤差を減少させることも、発災後の様々な行政等の対応の観点からも重要である。
こうした背景・問題意識に基づき，本研究課題の目的を，リアルタイムGNSSデータにもとづく断層滑りとその推定誤差の即時推定手法の構築および、それらの海域観測量にもとづく逐次改良手法の構築とする。本提案は，REGARDへの技術移転を前提とした課題であり，国土地理院と密接に連携しつつ、社会実装にあたって解決すべき課題を明確にしながら研究を遂行する．

（6）本課題の５か年計画の概要：

令和6年度～令和8年度：海域における滑りを，適切な正則化拘束とともに，その推定誤差も同時に，迅速かつ正確に把握する技術の開発を実施する。さらに、海域観測量にもとづくすべり量の逐次改良手法の構築を開始する。

令和9年度：海域における滑りを，適切な正則化拘束とともに，その推定誤差も同時に，迅速かつ正確に把握する技術の開発を継続するとともに、開発した技術の国土地理院への技術移転に必要な事項の整理を開始する．海域観測量にもとづくすべり量の逐次改良手法の構築の継続する。
令和10年度：開発した技術の国土地理院への技術移転およびそれに向けた知見を取りまとめ、問題点を明らかにするとともに、得られた知見から修正点等を明らかにする。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

目的とする海域におけるすべりを適切な正則化拘束とともに、推定誤差も同時に、迅速かつ正確に把握するための技術開発を実施した。具体的には、2024年度能登半島地震を対象に、断層幾何、特に断層傾斜角の仮定による推定結果の変化を調べることを目的とした傾斜角の網羅的探索を実施した。その結果、能登半島直下の断層では傾斜角が45度を仮定した際に、観測された水平・上下成分をバランスよく説明できることを明らかにした。
本研究課題で目的とするリアルタイムGNSSデータにもとづく断層すべり即時推定手法の高度化の技術を活用し、火山における力源を即時的に推定手法の開発を行った。具体的には、東北大学理学研究科と国土地理院で共同開発しているMCMC法を用いた力源推定手法であるRUNE (Real-time automatic uncertainty estimation of source models using crustal deformation data) (Ohno, Ohta et al., EPS, 2022) を火山における力源推定に拡張した。仮定できる力源としては、開口割れ目(ダイク)、茂木モデル、回転楕円体、矩形断層モデルであり、それらを複数個仮定して推定することが可能である (Ohno, Ohta et al., EPS, 2024)。観測量としては、GNSSによる変位三成分に加え、傾斜計や体積歪計データも同時に入力データとして活用できるように拡張が進められている。開発した手法を2024年度に周囲のGNSSや地殻変動連続観測データから膨張傾向が確認されている岩手山におけるイベントに適用した。推定においては、国土地理院GEONETに加え、THK_12の課題で活用が進められているソフトバンク独自基準点 (SB点)、東北大学のGNSS観測点および体積ひずみ計を使用した。推定においては、岩手山の西側に回転楕円体とダイク(開口割れ目)を仮定して推定を行った。その結果、体積ひずみ計およびGNSS観測データをおおむね説明できる結果が得られた。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

建議における、3(2)イ 「津波の即時予測手法」において求められている「大学は、リアルタイムGNSSや海域での観測量等を用いて巨大地震の断層すべりをその確からしさも含めて即時的に推定する手法の開発を行い、津波即時推定手法の高度化と自動化に関する研究を進める」について、海域観測データの取り込み等はまだ未達であるが、それに先立つ断層推定手法の高度化については、2024年能登半島地震を事例として順調に進んでいる。更に、開発した技術を火山の力源推定に活用する技術を開発し、それらの能力を実際に進行している岩手山の膨張イベントで検証するなど、副次的に得られているせいかも大きく、目的達成に大きく貢献していると考える。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Ohno, K., Ohta, Y., Takamatsu, N. H. Munekane and M. Iguchi, Real-time modeling of transient crustal deformation through the quantification of uncertainty deduced from GNSS data. Earth Planets Space 76, 140 (2024). https://doi.org/10.1186/s40623-024-02068-7,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

山田太介 , 太田雄策 , 西村卓也 , 平松良浩 , 木下陽平 , 吉田圭佑, 稠密測地観測にもとづく2024年能登半島地震の地震時すべり分布と断層幾何の定量評価, 日本測地学会第142回講演会, 2024.

山田太介 , 太田雄策 , 西村卓也 , 平松良浩 , 木下陽平 , 吉田圭佑, 稠密GNSS観測網に基づく 2024年能登半島地震のすべり分布および断層幾何の網羅的評価, 日本地震学会2024年度秋季大会, 2024.

大園真子 , 高橋浩晃 , 奥山 哲 , 太田雄策 , 大野圭太郎, 超稠密 GNSS 観測網による屈斜路カルデラ周辺の 非定常地殻変動, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024.

山田太介 , 太田雄策 , 西村卓也 , 平松良浩, 稠密GNSS観測網に基づく2024年能登半島地震のすべり分布の推定, JpGU 2024, 2024.

山田太介 , 太田雄策 , 西村卓也 , 平松良浩 , 木下陽平 , 吉田圭佑, 稠密測地観測データにもとづく2024年能登半島地震におけるすべり分布とその断層幾何の関係, JpGU 2024, 2024.

山田太介 , 太田雄策, 南海トラフにおけるプレート境界および分岐断層上の地震時すべりの 同時推定に関する検証, 日本測地学会第142回講演会, 2024.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

目的とする海域におけるすべりを適切な正則化拘束とともに、推定誤差も同時に、迅速かつ正確に把握するための技術開発を継続する。具体的には適切な正則化拘束としてラプラシアン平滑化以外の拘束条件を付した解析手法の高度化等を進める。また火山における力源即時推定手法についてもその能力評価を継続する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

太田雄策（東北大学大学院理学研究科）,日野亮太（東北大学大学院理学研究）
他機関との共同研究の有無：有
国土地理院 測地観測センター 電子基準点課

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター
電話：
e-mail：yusaku.ohta.d2@tohoku.ac.jp
URL：https://www.aob.gp.tohoku.ac.jp

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：太田雄策
所属：東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター

令和６年度年次報告

課題番号：THK_10

（1）実施機関名：

東北大学理学研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）海底地震・測地観測による千島海溝・日本海溝北部のプレート間固着と非地震性すべりの把握

（英文）Understanding interplate locking and aseismic slip in the Kuril Trench and northern Japan Trench based on ocean-bottom seismic and geodetic observations

（3）関連の深い建議の項目：

５分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(3) 千島海溝沿いの巨大地震

（4）その他関連する建議の項目：

１地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
６観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

（5）本課題の５か年の到達目標：

2011年東北地方太平洋沖地震の震源域北端部 (日本海溝北部)から千島海溝では，プレート境界型巨大地震の発生が危惧されている。日本海溝では，S-netや過去の自己浮上型OBS観測データ，およびGNSS-A観測等から，非地震性すべりの発生が見出されるなど，プレート間固着・すべりの時空間的多様性が確認されつつある。一方，千島海溝では，今次計画において根室沖におけるGNSS-A観測を中心としたパイロット的観測が開始されているものの，十勝沖を中心とした領域に海底測地観測点が存在しないため，プレート境界における走向方向の固着不均質の議論すら難しい。このような背景のもと，本提案課題では，日本海溝北部から千島海溝にかけての海域で，海底観測（海底地震観測・GNSS-A・海底間音響測距・海底圧力観測）を実施するとともに，S-netのデータ等と統合解析することで，プレート観固着および，スロー地震・非地震性すべりの実態を明らかにする。これにより，両地域におけるプレート境界の相互作用の理解を進めるとともに，海溝型巨大地震の長期評価の高度化に貢献する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

■日本海溝と千島海溝の会合部周辺の地震活動の実態把握
現行計画で開始した日本海溝北部から千島海溝にかけての広帯域観測型海底地震観測を継続するとともに，これまでに得られた自己浮上式海底地震観測データおよびS-netを用いて，十勝沖地震または東北沖地震以降に認められているスロー地震活動の経時的な推移を追跡する．スロー地震のエピソードにおいて通常地震とスロー地震との相対位置をより正確に把握するため，テクトニック微動および超低周波地震の検出・震源決定手法を高度化する．並行して，スロー地震現象に時空間的に近接する繰り返し小地震を含む通常地震の探索を進め，エピソードや海域による差異や共通性を明らかにする．
■千島海溝根室沖および十勝沖におけるGNSS-Aによる海底地殻変動観測の実施

千島海溝根室沖では既存のGNSS-A観測点の繰り返し観測によってプレート間固着の実態，特に固着域の上端の位置を明らかにするとともに，走向方向の固着の強弱を把握することを目的としたGNSS-A観測点 1点 の新設を目指す。さらに自己校正機能付き海底水圧計による同時観測を実施し，海底の地震間地殻変動の検出を試みる。新観測点では，JAMSTECと連携して開発を進めているWave Glider単独によるGNSS-A観測を実施し，観測頻度の向上を目指す。
■千島海溝 既存GNSS-A観測点における自己校正機能付き海底水圧計の同時観測の実施
根室沖および十勝沖に設置したGNSS-A観測点のごく近傍で自己校正機能付き海底水圧計による同時観測を実施し，海底の地震間地殻変動の検出を試みる。
■日本海溝北部から千島海溝にかけての海域におけるプレート境界の相互作用のモデリングを実施する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

■千島海溝根室沖および十勝沖におけるGNSS-Aによる海底地殻変動観測の実施
根室沖において2019年に設置された既存のGNSS-A観測点G21（145.9595˚E，42.6364˚N）、およびG22（146.1259˚E，42.0890˚N）にて，それぞれ１回の船舶によるキャンペーン観測を2024年度内に実施した。なお，G22では海洋研究開発機構が保有するWave GliderによるGNSS-A観測データ取得も船舶観測と並行して実施した。根室沖の3つのGNSS-A観測点（G21, G22, G23）で2024年以前に取得した観測データと本年度に新たに取得した観測データをTomita（2024, EPS）による測位手法によって解析し、各観測点での変位速度を計算した。その結果、全ての観測点がプレート収束方向（N˜293˚）への変位を示し、かつ海溝近傍の陸側斜面上のG22点と太平洋プレート上のG23点がプレート運動モデル（MOVELなど）から期待されるプレート収束速度と同程度の変位速度を示した。このことは，根室沖では海溝のごく近傍までプレート間すべり欠損が生じていることを示唆している。

■日本海溝と千島海溝の会合部周辺の地震活動の実態把握
岩手・青森沖（39.8-40˚N）のプレート境界浅部において微小地震活動がセグメント化する要因の理解に向け、震源決定手法を改良し、高精度化した地震カタログに基づき活動を精査し、海底下構造変化との関係を検討した。その結果、継続時間の長さや繰り返し地震発生数などの活動の特徴が、沈み込む堆積物厚さの海溝沿い分布に対応して変化することが明らかとなった。この海域では遠地地震による動的誘発が発生しており、活動の背景にはSSEの存在が示唆される。但し、観測波形に現れる特徴はプレート境界の構造によって変化すると考えられる。

■千島海溝 既存GNSS-A観測点における自己校正機能付き海底水圧計の同時観測の実施
A-0-A方式による自己校正機能付き海底水圧計の観測を根室沖の海底地殻変動観測点であるG22において2024年4月に観測開始した。さらにA-0-A方式の海底観測システムの高度化のための技術開発、具体的には圧力媒体の容量をできる限り現象させる仕組みについて検討を行い，プロトタイプシステムを構築した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
2011年東北地方太平洋沖地震とその周辺域での地震・地殻変動の状況を詳細に知ることは、建議で示されている「大学は，千島海溝や日本海溝北部周辺で海底地殻変動・地震観測等の海陸諸観測や調査を行い，プレート間固着状況などの地殻活動の現況や履歴を把握する。また，地震活動の時空間特性や震源の多様性評価に関する検討を行う。」という点に合致する。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

富田史章・太田雄策・木戸元之・飯沼卓史・黒須直樹・大園真子・高橋浩晃・日野亮太，2024，根室

沖でのGNSS音響観測から示唆されるプレート境界浅部でのすべり欠損，日本地球惑星連合2024年大会，SGD02-02.

富田史章・太田雄策・木戸元之・大園真子・高橋浩晃・日野亮太・飯沼卓史，2024，GNSS音響観測から示唆される根室沖でのすべり欠損，日本測地学会第142回講演会，41.

Hideto Otsuka , Yusaku Ohta , Ryota Hino, Detection of slow slip event from seafloor pressure record using PCA: A case study in Hikurangi Subduction zone, JpGU 2024, 2024

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：地震：地殻変動：GNSS音響結合方式海底地殻変動観測
概要：「KS-24-07航海：根室沖・三陸沖における船舶によるGNSS-A観測の実施、およびGNSS-A観測を自走して実施するWave Gliderの投入を実施。」
既存データベースとの関係：
調査・観測地域： 42.0890 146.1259
調査・観測期間：2024/4/11-2024/4/21
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

（10）令和７年度実施計画の概要：

・既存の千島海溝根室沖におけるGNSS-A観測点での観測を継続するとともに、走向方向の広がりを把握するために十勝沖に新規GNSS-A観測点を設置し、初回の観測を実施する。
・微小地震活動および微動活動等のカタログの高度化を継続する。
・A-0-A方式による自己校正機能付き海底水圧計を回収し、データ解析を行い、その性能評価を行なう。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

太田雄策（東北大学大学院理学研究科）,東 龍介（東北大学大学院理学研究科）,日野亮太（東北大学大学院理学研究科）,木戸元之（東北大学災害科学国際研究所）,富田史章（東北大学災害科学国際研究所）
他機関との共同研究の有無：有
高橋浩晃（北海道大学大学院理学研究院）,村井芳夫（北海道大学大学院理学研究院）,大園真子（北海道大学大学院理学研究院）,篠原雅尚（東京大学地震研究所）,望月公廣（東京大学地震研究所）,山田知朗（東京大学地震研究所）,悪原 岳（東京大学地震研究所）,伊藤喜宏（京都大学防災研究所）,飯沼卓史（海洋研究開発機構）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター
電話：
e-mail：yusaku.ohta.d2@tohoku.ac.jp
URL：https://www.aob.gp.tohoku.ac.jp

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：太田雄策
所属：東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター

令和６年度年次報告

課題番号：THK_11

（1）実施機関名：

東北大学理学研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）東北地方をはじめとした沈み込み帯で発生する内陸地震の総合的研究
（英文）Comprehensive study on inland earthquakes occurring in subduction zones, including the Tohoku district

（3）関連の深い建議の項目：

５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(4) 内陸で発生する被害地震

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ア. 史料の収集・分析とデータベース化
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
イ. 内陸地震
エ. 地震発生と火山活動の相互作用の理解とモデル化
２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
イ. 内陸地震の長期予測
４ 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究
６ 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

（5）本課題の５か年の到達目標：

内陸やプレート境界上盤・日本海東縁地域で発生する地震の長期評価・強震動予測への貢献や地震活動の推移予測を目指し、活断層（大規模地震）や群発地震を対象とした多項目観測・研究を実施する。「都市圏・生活圏における活断層等で発生する地震や過去の被害地震」、「群発地震などの近年活発な地震活動が見られる地域」、「東北沖地震などプレート境界大地震前後のその影響を大きく受ける時期の活動」について、文理融合の視点を含めて、総合的な観測研究を実施する。「都市圏・生活圏における活断層等で発生する地震や過去の被害地震」として、特に、東北中南部（A地域）を重点的に取り組む地域とする。具体的にはA-1(長町・利府線断層帯～双葉断層帯～福島盆地西縁断層帯・会津盆地東縁/西縁断層帯～長井盆地西縁断層帯を含む領域；例：双葉断層帯北端付近）及びA-2（岩手県南部～宮城県北部にかけて2008年岩手・宮城内陸地震を含む領域；例：北上低地西縁断層帯南部及びその周辺）とする。断層帯端や境界に注目し、断層延長部や接続部での連続性・セグメンテーションとそれらの原因について、浅部構造探査等により得られる断層像と地球物理学的に得られる地殻全体の構造を合わせて全体像を明らかにする。各研究結果を反映させて対象領域内のシナリオ地震の構築とそれに基づくハザード（強震動）評価を行い、歴史地震とその被害も踏まえつつ、ハザード（強震動）評価や被害事例の社会との共有による被害想定の高度化や防災リテラシー向上への活用の方策に

ついて検討を行う。
「群発地震などの近年活発な地震活動が見られる地域」は、B地域（東北地方、関東地方などの各群発地震活動域；例：山形・福島県境付近、茨城県北部～福島県南東部付近、栃木県北部）を重点的に取り組む領域とする。各地域の活動の理解の高度化とそれらの相互比較により、応力・地殻内流体・断層（弱面）などの群発地震の推移を支配するプロセスの解明を行い、群発地震が発生する場所の特徴を抽出する。また、群発地震活動が大規模地震に発展する事例の理解のため、群発地震活動と周辺の大規模断層帯等との関係（構造の連続性など）を明らかにする。
A,B両地域及び広域共通の課題として、「東北沖地震などプレート境界大地震前後のその影響を大きく受ける時期の活動」の理解や地殻深部から浅部地震発生域への流体供給路の解明を進め、災害軽減のための基盤となる地震発生場の理解のため、東北地方を始めとした沈み込み帯の内陸地震等の全体像を示す。

（6）本課題の５か年計画の概要：

長町・利府線断層帯～双葉断層帯～福島盆地西縁断層帯を主要な対象とし、震源断層のシナリオ化、地盤構造と合わせた強震動評価に基づく脆弱性の抽出、対象断層帯周辺自治体の防災計画における課題解決に向けて、以下の４つのサブテーマについて、テーマ間の密接な連携のもと、研究を実施する。
１）活断層などで発生する大規模地震の発生ポテンシャル評価や地震シナリオ構築
これまでなされた研究、例えば、2008年岩手・宮城内陸地震で見られたような地震発生層内の地震波速度高速度域や地震発生層下の地震波速度低速度域の広がりと震源域との広がりとの関係など、発生したM7クラス等の大規模地震の詳細を調べるとともに、その知見を踏まえ、注目すべき活断層帯や発生した大規模地震及びその周辺等での地震発生ポテンシャル評価を行う。これまで評価されている活断層帯の長さやセグメンテーションについて、浅部構造探査・高密度地震観測/電磁気探査/地殻変動観測からなる、多項目観測により検証を行う。断層浅部の分岐やダメージゾーンなどの幾何学的構造と挙動、内陸活断層における地震発生層内での断層の端や複数の断層の連続性、地震発生層下部を含む断層への応力ひずみ蓄積の高精度把握を行う。地域史料群を活用した地形復元による歴史地震災害の詳細な実態解明を行い、構造や震源分布の比較による震源の描像を行う。断層及びその周囲の構造や応力の不均質性及びその意味を明らかにするとともに、地震の放射エネルギー・破壊パターンの複雑性と地震発生テクトニクスの関係を踏まえ、対象とする活断層帯や領域でのシナリオ地震の提案と地盤構造の精緻化による強震動予測の高度化を目指す。歴史地震による被害の解明とあわせ、将来発生が予測される災害（リスク）について、その予防や防災意識の啓発による被害軽減への方策について検討を行う。
２）群発地震などの地震活動の推移予測に向けた理解の高度化
東北沖地震後に発生した内陸の群発地震などを対象に、詳細な震源分布・地震波速度・速度異方性・比抵抗構造などの推定や物質科学的研究により、発生場の理解をさらに進める。群発地震や前震活動の背景地震活動度は、地震活動推移の把握・予測のための鍵となる地殻内の応力変化・流体圧変化・非地震性滑りに関する貴重な情報源となる。推定した背景地震活動度のモニタリング及びモデリングに基づき、地震活動の推移の把握・予測を試みる。また、群発地震活動を端緒とした大規模地震の発生の理解のため、群発地震活動と周辺の断層等の関係を明らかにする。
３）東北沖地震前後の地震活動や地殻変動のモニタリングと数値モデルによる再現及び予測
東北日本沖合から内陸域までの応力場・断層構造の全体像の解明及び東北沖地震の余効変動の詳細な理解と余効変動により変化する地震活動評価を目的とした、観測・実験・モデルからなる総合研究を実施する。東北沖地震との比較として、プレート境界大規模地震である1611年慶長地震や1896年三陸地震津波などの前後の内陸等の地震活動についても検討を行う。
４）上記に関わる物理・化学的素過程を明らかにする研究
応力や流体圧の時空間変化・地震発生に関与した流体量と流体の移動速度について、さらに地震発生層内やその深部での非弾性変形に与える水の影響について、物理的・物質科学的視点で研究を行う。弾性や摩擦係数に異方性が認められる環境が応力インバージョンに与える影響を実験的に評価する。
年次計画：2024年度～2028年度にわたり各研究を随時実施する。地震観測については、第２次計画において整備した臨時観測網を継続し、新たな地震活動域や観測点の空白域に新たに臨時観測網を整備する。加えて、短期稠密観測を双葉断層北部等、各地域で実施する。2024年度は能登半島地震震源域を対象とした稠密地震観測を各大学との合同観測として実施する。2027年度には双葉断層北部等に

おいてDASを用いた超稠密観測を実施する。比抵抗構造探査については、2024～2027年の4年間に双葉断層北部や山形県-福島県県境付近等を対象とした稠密探査を行う。浅部重力構造探査については、現計画で実施した双葉断層帯の検討を進めるとともに、同様の脊梁および前弧側の活断層の理解を深めるため、北上低地西縁断層帯南部の出店断層及びその南側の一関-石越撓曲線に至る活断層について、2024～2025年度に、既存の反射法地震探査測線に沿って探査を実施することにより、正断層構造と重力異常の対応を確認したのち、2026～2028年度に、岩手県一関市付近に複数の東西測線を設定して探査を実施する。以上の知見を踏まえた、震度等の評価・予測を、双葉断層北部などで行う。得られた評価・予測を適切に社会と共有するための手法構築のため、対象となる断層等の周辺の自治体において、2025年度に既存の強震動予測地図の理解を測り本課題で提示する評価及び予測の情報を適切なものとするとともに2028年度に提示する情報の共有の有効性の確認を、それぞれアンケート調査により実施する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

１．能登半島地震に関する成果

1-1.余震分布や先駆的活動の震源分布

・2024年能登半島地震が、群発地震が微小亀裂を通じて深部から浅部に移動し大断層に浸入した周辺で開始したことを示した (Yoshida et al., 2024, GRL)。(図1-2)

・計算コストの高い高精度震源再決定を、低計算コスト・準リアルタイムで行うアルゴリズムを作成し、能登半島の群発地震に適用した (Matsumoto & Yoshida, 2024, EPS)（図1-2）

1-2.断層モデルおよび余効変動（図1-3, 1-4）

ソフトバンク独自基準点データを含めた稠密GNSSデータの有効性の検証のための研究を進めた。その一例として、2024年能登半島地震後の余効変動において、佐渡島西方において余効すべりが卓越している可能性を指摘した。

1-3.震源域の応力場と断層の滑りやすさの関係（田上・岡田、2024等）

2024年能登半島地震（M 7.6）やそれに関連する断層群の応力場に対するすべりやすさの評価を行なった．．M 7.6地震や関連する断層群は，いずれも高いSlip Tendencyの値を示すことから，M 7.6地震前の応力場に対してすべりやすい傾向にある．能登半島地震は複数の断層が連動破壊した地震であると推察される. 各断層のすべり履歴などの他の要因を考慮する必要はあるが，連動破壊や余震としての遅れ破壊を起こしても不自然でない条件（例えば，カイコウラ地震：Matsuno et al., 2022）にあった/あると推察される．

1-4.震源域陸域のS波スプリッティングと地震波速度構造（岡田・2024年能登半島地震陸域余震観測グループ、2024；髙木・他、2024 等）

Okada et al. (2024)の地震波速度構造を用いて2024年能登半島地震および関連する地震の震源決定を行った．

低ブーゲー重力異常域の直下・2024年M7.6地震震源や2023年M6.5地震震源及びそれらの余震・断層モデルの深部に，高Vp, (低Vs,) 高Vp/Vs領域が確認できる．また震源域付近は低Vp，低Vp/Vsとなっている．高Vp , (低Vs,) 高Vp/Vs領域の原因として第三紀に形成されたカルデラの古いマグマ溜まりが考えられる．それを経由し，周囲への水の移動により，地震活動が発生するとともに，震源域付近に長期の地震活動と関連した水と共に移動したSiO2が濃集した低Vp，低Vp/Vsの領域が示唆される．

能登半島の群発地震発生域において、2023年に実施した地震計ノードを用いた稠密地震観測データに常時微動表面波トモグラフィーを適用し、2024年能登半島地震及び先行した群発地震を規定した不均質構造を明らかにした。また、能登半島地震陸域余震域をカバーする稠密地震観測を新たに実施した。

1-5.地震に伴う地震波速度構造の時間変化（Paris et al., 2024）

臨時観測網のデータも用いて常時微動に伴う地震波速度の時間変化について検討を行なった。

2. 東北地方における成果

2-1.観測に基づく震源物理に関する成果
近地地震波形の単純な時間積分に基づき，直接的に中小地震 (Mw3.3-5.0)地震の破壊過程の複雑性・多様性を明らかにした (Yoshida, 2023, SRL)．（図2-1）
近地波形と合成波形の比較により，地殻浅部の減衰を評価．深さ４kmに，従来考えられていたよりも強い減衰を検知した．改訂した減衰構造により中小地震の放射エネルギーに成功した (Yoshida et al., 2024, JGR)．（図2-2）

2-2.東北地方から北海道にかけての日本海東縁地域および内陸地域の応力場と断層の滑りやすさとの関係（Tagami et al., 2024）
日本海東縁地域の断層は応力場に対して滑りやすい面である一方、内陸地域の断層は応力場に対して滑りにくい面であるが高間隙圧流体により滑りを起こしている可能性を指摘した。

2-3.浅部構造の把握に基づく断層の描像の高度化（岡田真介・他、「内陸で発生する被害地震」2024年度研究集会で報告）
前計画に引き続き、宮城県仙台平野南部の重力異常探査から得られた断層の構造について仙台湾を含む周辺の断層分布を含めて考察・精査を行なっている

2-4. 東北地方南部の比抵抗構造（若尾・他, 2024等）
山形-福島群発地震域を含む広域的地殻比抵抗構造の再解析を行い、山形-福島群発地震域がFault-Valveモデルで調和的に解釈できることを突き止めた。それを反映して群発地震に直接到達するような流体イメージは確認できなかった。

2-5.2011年東北沖地震の余効変動からみた、日本東北地方の第四紀火山周辺における低粘性層（LVZ）の3次元レオロジー推定（図2-3, 2-4）
地質学的・地球物理学的研究により、日本東北地方の第四紀火山の地下には低粘性層（LVZ）が存在することが示唆される。そのようなLVZは、2011年東北沖地震の前後に局所的な地殻変動を引き起こす可能性がある。5つの第四紀火山（秋田駒ヶ岳、栗駒山、蔵王山、吾妻山、那須岳）周辺の低粘性層（LVZ）のレオロジーを理解することを目的として研究を行った。その結果、これら5つの火山周辺で、約80 km幅の局所的な歪み収縮が確認された。
1) LVZは深さ15km付近で狭く（幅20–40 km）、深さ55km付近で広く（幅80–100 km）なる。
2) LVZの粘性:
遷移粘性: 10^{17} Pa・s
定常粘性: 約10^{18} Pa・s
3) LVZの形状と粘性の変動は、火山フロントに沿った弧に平行なレオロジーの不均質性を示唆。また、Cenozoic（新生代）のカルデラ分布および熱流量の分布と整合性を示すとともに、短波長の歪み速度の観測結果と整合する。

2-6. 泥質片岩の強度・すべり速度と間隙水圧との関係（図2-5）
今年度は深部スロー地震発生域に存在すると考えられる泥質片岩の高温高圧変形実験をおこなった。実験条件は温度480☒　C、封圧1000MPaと1250MPa、歪み速度3x10^-4 /s、間隙水圧は0 MPa (乾燥条件)から800 MPaである。間隙水圧の上昇とともに泥質片岩の強度は減少し、ピーク応力から定常応力にいたる応力降下速度も減少した。

2-7. 摩擦特性に対する間隙水の影響
室内実験結果より、摩擦特性に対する間隙水の影響は、間隙圧のような力学的なものだけでなく、岩石－水反応による化学的な過程も重要であることが、摩擦すべりに伴うＡＥ活動の解析から明らかとなった（Yabe, 2025）.

3. アウトリーチ活動
アウトリーチ活動は総合的研究グループの活動として重要であると捉えている。
2024年青森県陸奥湾の地震に関しては、青森県からの要望を受けて、仙台管区気象台と共同で、青森県知事立会いのもと地震活動に関する解説を行なった。内陸の有感地震が頻発した場合には地方気象

台・管区気象台への問い合わせも多く寄せられており、対応を協力して行なっている。仙台管区気象台との定期的な意見交換はメール等で月1回程度に加え、対面で年３回実施することで今年度から開始した。教員・学生等の研究発表も行い、本課題による成果も適宜、仙台管区気象台に提供しているとともに研究者育成の機会としている。また、2024年12月3日に東京大学地震研究所サイエンスカフェにおいて、「内陸地震」に関する話題提供を行った。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

総合的研究グループ「内陸で発生する被害地震」の主要課題の一つとして、本計画に従い、研究成果を得ている。能登半島地震については詳細な震源分布・余効変動・震源域の地震波速度構造・応力場・地震波異方性構造、等を得ており、能登半島地震の理解に貢献している。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Yabe. Y. (2025), Humidity dependence of AE activity in sheared quartz gouges and its implication for the micromechanics of friction, Earth, Planets and Space, 77:4, DOI: 10.1186/s40623-024-02132-2,査読有,謝辞有

Matsumoto, R. & Yoshida, K. (2024), Quasi-Real-Time Earthquake Relocation and Monitoring in the Northeastern Noto Peninsula, Earth, Planets and Space volume 76, 131, https://doi.org/10.1186/s40623-024-02079-4,査読有,謝辞有

Yoshida, K., Emoto, K., Takemura, S., Matsuzawa, T. (2024), Near-Source Waveform Modeling to Estimate Shallow Crustal Attenuation and Radiated Energy of Mw 2.0-4.5 Earthquakes, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 129(9), e2023JB028523, https://doi.org/10.1029/2023JB028523,査読有,謝辞無

Yoshida, K. (2024), Direct Evidence for Diverse Source Complexity in Small Earthquakes (Mw 3.3–5.0) Obtained from Near-Source Borehole Seismic Data, Seismological Research Letters (2024) 95 (4): 2409–2421, https://doi.org/10.1785/0220230431,査読有,謝辞無

Yoshida, K., Takagi, R., Fukushima, Y., Ando, R., Ohta, Y., Hiramatsu, Y. (2024), Role of a Hidden Fault in the Early Process of the 2024 Mw7.5 Noto Peninsula Earthquake, Seismological Research Letters, 51, 16, https://doi.org/10.1029/2024GL110993,査読有,謝辞無

岡田知己・2024年能登半島地震陸域余震観測グループ,2024,令和６年能登半島地震について（序報）（4）能登半島北東部の地震波速度構造と震源分布との関係, 地震予知連絡会会報, 112, 693-696, https://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/report/kaihou112/11_11.pdf,査読無,謝辞無

田上綾香・岡田知己, 2024, 令和 6 年能登半島地震について（序報）（3）震源域の応力場に基づく各断層モデルの活動の評価, 地震予知連絡会会報, 112, 688-692, https://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/report/kaihou112/11_11.pdf,査読無,謝辞無

Tagami, A., Matsuno, M., Okada, T., Sakai, S., Ohzono, M., Katsumata, K., Kosuga, M., Yamanaka, Y., Katao, H., Matsushima, T., Yakiwara, H., Hirahara, S., Kono, T., Hori, S., Matsuzawa, T., Kimura, S., Nakayama, T., 2024. Stress field in northeastern Japan and its relationship with faults of recent earthquakes. Earth, Planets Sp. 76, 39. https://doi.org/10.1186/s40623-024-01986-w,査読有,謝辞有

平松良浩・岡田知己・吉田圭佑・高木涼太・篠原雅尚・酒井慎一・蔵下 英司・西村卓也・太田雄策・木下陽平・宮崎真一・後藤忠徳・笠谷貴史・吉村令慧・田中愛幸・宮澤理稔・荒木英一郎・森下知晃・鹿児島渉悟・石山達也・立石良・安江健一・廣内大助・松多信尚・宍倉正展・岩田知孝・浅野公之・大堀道広・村田晶・石川浩一郎・山岸邦彰・須田達・山崎新太郎・青木賢人・林紀代美・武田公子・田中純一・井口克郎・佐々木大輔・原裕太・吉田浩・松本聡・江本賢太郎・山中佳子・勝俣啓・前田拓人・石瀬素子・古谷元・小林俊一・高原利幸・金澤伸一・保坂吉則・王功輝・卜部厚

志・片岡香子・高清水康博・永松伸吾・由比政年・犬飼直之・楳田真也・有田守・馬場俊孝・二宮順一・郷右近英臣・林豊・多々納裕一・梶谷義雄・中山晶一朗・藤生慎, 2024, 2023年5月5日の地震を含む能登半島北東部陸海域で継続する地震と災害の総合調査その１, 自然災害科学総合シンポジウム講演論文集 61 1-16, https://repository.kulib.kyoto-u.ac.jp/dspace/handle/2433/290615., 査読無,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

Keisuke Yoshida, 2024, The 2024 Mw7.5 Noto Peninsula, Japan, Earthquake initiated in Fluid-Driven Swarm Activity, Seismological Society of America 2024 Annual Meeting

吉田圭佑, 髙木涼太, 福島 洋, 安藤亮輔, 太田雄策, 内田直希, 平原 聡, 木村 洲徳, 岡田知己, 日野亮太, 酒井慎一, 平松良浩, 松本聡，2024，2024年Mw7.5能登半島地震の震源断層において数年間継続した微小地震のマイグレーションと本震の発生過程，日本地球惑星科学連合2024年大会.

吉田圭佑，2024, 地殻流体の移動に関係して発生したと考えられる近年の日本の内陸地震，日本地球惑星科学連合2024年大会.

Keisuke Yoshida, 2024, Rupture Initiation of the 2024 Mw7.5 Noto Peninsula, Japan, Earthquake that Occurred within a Complex Fault Network, International Joint Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes.

Keisuke Yoshida, 2024, Earthquake Swarms in Japan Triggered by Upward Fluid Migration following the 2011 M9 Tohoku Earthquake and the 2024 Mw7.5 Noto Peninsula Earthquake , International Workshop on: Swarm-like Seismicity …What We Know, What We Don’t Know, and What We Need to Learn.

若尾尚幸, 本山葵, 市來雅啓, 小川康雄, 上嶋誠, 浅森浩一, 内田利弘, 長谷英彰, 小山崇夫, 坂中伸也, 山谷祐介, 相澤広記, Boonchaisuk Songkhun, 海田俊輝, 東北地方南部広帯域MT観測網から推定した会津・米沢・吾妻地域地殻比抵抗構造, 日本地球惑星科学連合2024年大会

岡田知己, 2024,「内陸で発生する被害地震」総合的研究グループ, 第43回日本自然災害学会学術講演会, スペシャルセッション２「分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究 ー災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第3次）での取り組みー」.

岡田 知己・Martha Savage Martha・高木 涼太・吉田 圭佑・松本 聡・江本 賢太郎・山中 佳子・勝俣 啓・前田 拓人・石瀬 素子・酒井 慎一・宮澤 理稔・寺川 寿子・大園 真子・八木原 寛・今西 和俊・内田 直希・田上 綾香・藤村 遼太郎・平原 聡・木村 洲徳・澁谷 拓郎・野田 博之・西川 友章・長岡 愛理・船曳 祐輝・平松 良浩, 2024a, 2024年能登半島地震震源域陸域のS波スプリッティングと地震波速度構造, 2024年度地球惑星科学連合大会, U15-P52

岡田 知己・Martha Savage・田上 綾香・藤村 遼太郎・髙木 涼太・吉田 圭佑・松本 聡・江本 賢太郎・山中 佳子・勝俣 啓・前田 拓人・石瀬 素子・酒井 慎一・宮澤 理稔・八木原 寛・今西 和俊・内田 直希・平原 聡・木村 洲徳・寺川 寿子・大園 真子・澁谷 拓郎・椎名 高裕・平松 良浩12, 2024b, 能登半島地震震源域陸域におけるS波スプリッティングと地震波速度構造, 2024年度日本地震学会秋季大会, S06-05

田上 綾香・岡田 知己・Martha Savage・松澤 暢・藤村 遼太郎・立岩 和也・吉田 圭佑・木村 洲徳・平原 聡・高木 涼太・山田 太介・太田 雄策, 2024, 2024年能登半島地震における応力場に対する断層のすべりやすさの評価, 2024年度地球惑星科学連合大会, U15-P05

Nicolas Paris・伊東 優治・Florent Brenguier・Qing-Yu Wang ・Quentin Higueret ・盛 一笑・髙木 涼太・内田 直希・岡田 知己・平原 聡・木村 洲徳・酒井 慎一, 2024, 2024年能登半島地震（Mw 7.5）に伴う地震時地震波速度変化, 024年度日本地震学会秋季大会, S22-06

藤村 遼太郎・岡田 知己・水田 達也・Martha Savage・高木 涼太・吉田 圭佑・酒井 慎一・勝俣 啓・大園 真子・小菅 正裕・前田 拓人・山中 佳子・片尾 浩・松島 健・八木原 寛・木村 洲徳・平原 聡・

河野 俊夫・松澤 暢・田上 綾香, 2024a東北地方の上部地殻におけるS波偏向異方性の起因推定, 2024年度地球惑星科学連合大会, SCG55-P07

藤村 遼太郎・岡田 知己・水田 達也・Martha Savage・高木 涼太・吉田 圭佑・酒井 慎一・勝俣 啓・大園 真子・小菅 正裕・前田 拓人・山中 佳子・片尾 浩・松島 健・八木原 寛・田上 綾香・木村 洲徳・平原 聡・河野 俊夫・松澤 暢, 2024b, 東北地方の上部地殻におけるS波偏向異方性の起因推定（３）, 2024年度日本地震学会秋季大会, S06-04

高木 涼太, 吉田 圭佑, 岡田 知己, 詳細な3次元S波速度構造に基づく先行した群発地震と2024年Mw7.5能登半島地震の関係, 日本地球惑星科学連合2024年大会, U15-P13

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

当初予定通り研究を実施する。
再解析した比抵抗構造と地震波速度構造の相互比較から定量的な流体量の推定を試み、地殻のレオロジー構造についての足掛かりとする。ソフトバンク独自基準点データを含めた稠密GNSSデータを活用した高精細なひずみ分布マップの推定を行なう。今後も内陸のレオロジー不均質性を考慮した地殻変動解析及びモデル化を進めることで、内陸の変動場の理解を進めるとともに、地震活動との関係も探っていく。
泥質片岩の強度・すべり速度と間隙水圧との関係について、来年度は、より幅広い有効圧力下での泥質片岩の高温高圧変形実験をおこなう予定である。特に高封圧下（>1250 MPa）や高間隙水圧下（>900 MPa）での変形実験を実施する予定である。高温高圧下での岩石の変形挙動を理解することにより、地球内部で発生している多様な断層すべり挙動についての理解を深めたい。

能登半島地震についても研究を実施する予定である。
2024年能登半島地震発生前の前駆的活動の特徴を詳細に調べる．2024年度に実施した能登半島地震余震域の稠密地震観測データを活用し、2024年能登半島地震の複雑な滑り分布・余震分布を規定した地下の不均質構造を明らかにする。
能登半島地震については、アウトリーチ活動として重要な対象である。本課題においても、豪雨災害も含めて地元の復興状況を踏まえつつ、金沢大学や京都大学防災研究所で計画されているシンポジウムやアンケート調査に協力するほか、観測でお世話になっている自治体・地元住民に対する研究成果の報告会を、金沢大学や京都大学防災研究所に協力いただきながら、主体的に実施する予定である。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

岡田知己,矢部康男,市來雅啓,太田雄策,内田直希,高木涼太,吉田圭佑,中原恒,武藤潤,三浦哲
他機関との共同研究の有無：有
岡田真介（岩手大学）,芝崎文一郎（建築研究所）,土屋範芳（八戸高等専門学校）,福島洋（東北大学災害科学国際研究所）,蛯名裕一（東北大学災害科学国際研究所）,大園真子（北海道大学）,勝俣啓（北海道大学）,山中佳子（名古屋大学）,片尾浩（京都大学防災研究所）,松島健（九州大学）,坂中伸也（秋田大学）,加藤愛太郎（東京大学地震研究所）,臼井嘉也（東京大学地震研究所）,岡崎啓史（広島大学）,北村真奈美（産業総合技術研究所）,朝比奈大輔（産業総合技術研究所）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東北大学大学院理学研究科　地震・噴火予知研究観測センター
電話：022-225-1950
e-mail：zisin-yoti-aob@grp.tohoku.ac.jp
URL：https://www.aob.gp.tohoku.ac.jp

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：岡田知己
所属：東北大学大学院理学研究科　地震・噴火予知研究観測センター

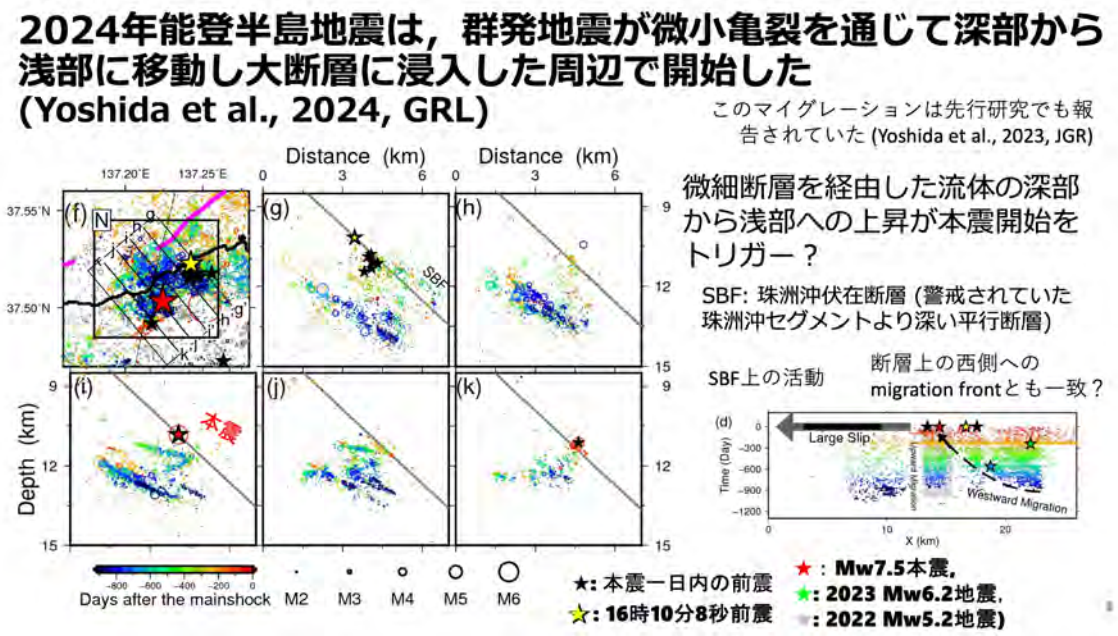


図1-1

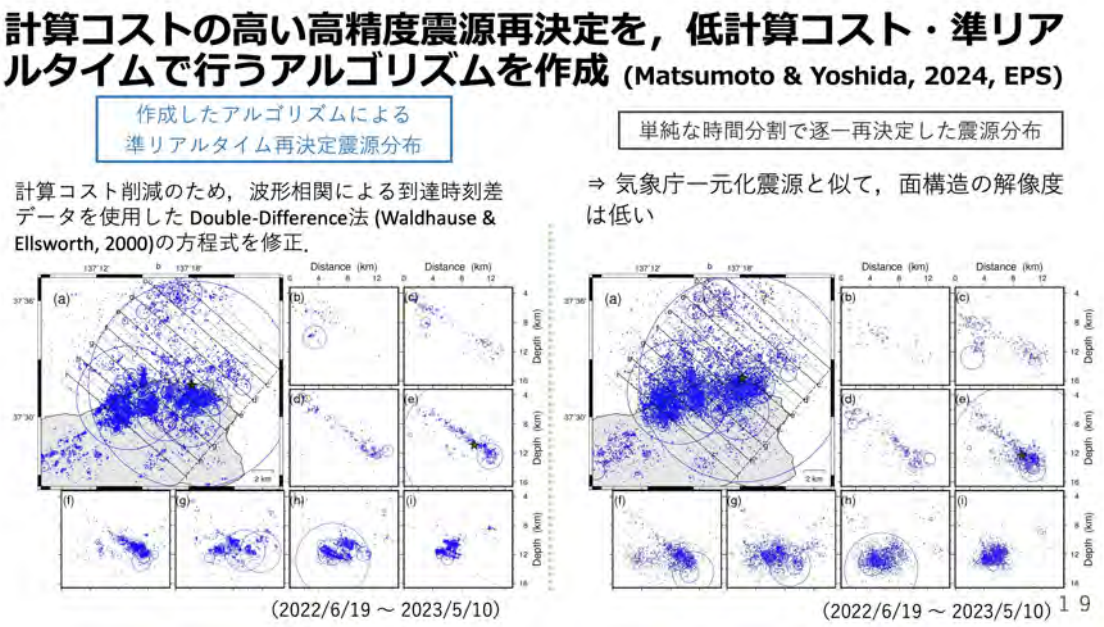


図1-2
同じ領域、同じ期間で、分割せずに通常のDD法で再決定した先行研究のデータをプロットしたものが右図。
今回1日ごとに再決定したものの方がややぶれはある。

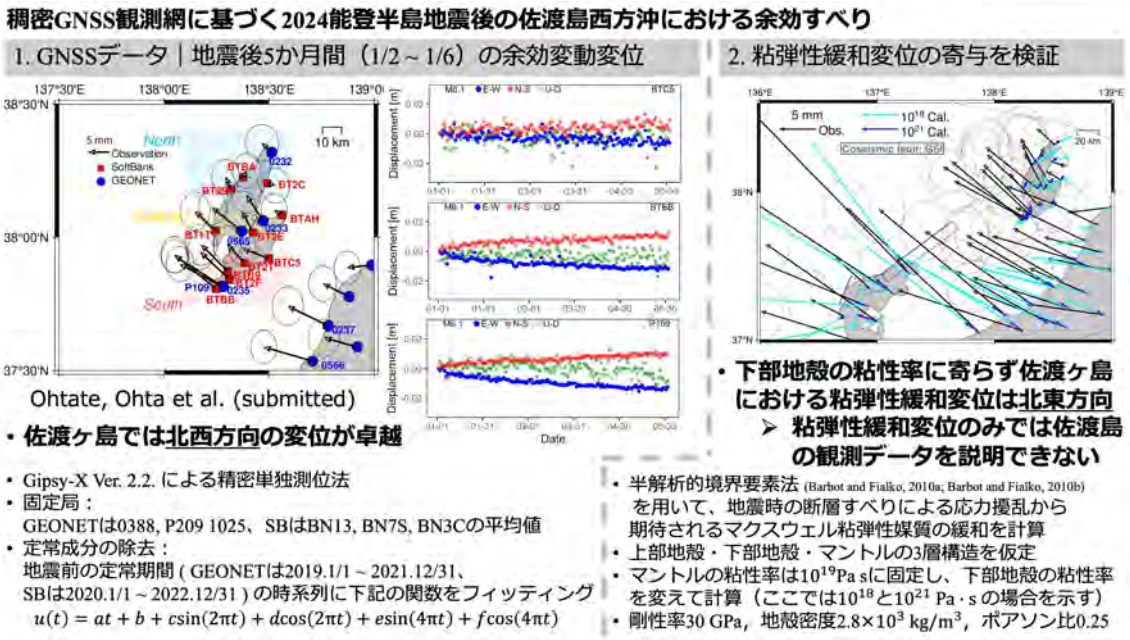

稠密GNSS観測網に基づく2024能登半島地震後の佐渡島西方沖における余効すべり
1. GNSSデータ｜地震後5か月間（1/2 ~ 1/6）の余効変動変位
Ohtate, Ohta et al. (submitted)
・佐渡ヶ島では北西方向の変位が卓越
・Gipsy-X Ver. 2.2. による精密単独測位法
・固定局：
GEONETは0388, P209 1025、SBはBN13, BN7S, BN3Cの平均値
・定常成分の除去：
地震前の定常期間 (GEONETは2019.1/1 ~ 2021.12/31、
SBは2020.1/1 ~ 2022.12/31) の時系列に下記の関数をフィッティング
$u(t) = at + b + c\sin(2\pi t) + d\cos(2\pi t) + e\sin(4\pi t) + f\cos(4\pi t)$
2. 粘弾性緩和変位の寄与を検証
・下部地殻の粘性率に寄らず佐渡ヶ島における粘弾性緩和変位は北東方向
➢ 粘弾性緩和変位のみでは佐渡島の観測データを説明できない
・半解析的境界要素法 (Barbot and Fialko, 2010a; Barbot and Fialko, 2010b) を用いて、地震時の断層すべりによる応力擾乱から期待されるマクスウェル粘弾性媒質の緩和を計算
・上部地殻・下部地殻・マントルの3層構造を仮定
・マントルの粘性率は10^{19}Pa sに固定し、下部地殻の粘性率を変えて計算（ここでは10^{18}と10^{21} Pa・s の場合を示す）
・剛性率30 GPa，地殻密度2.8×10^{3} kg/m^{3}，ポアソン比0.25

図1-3

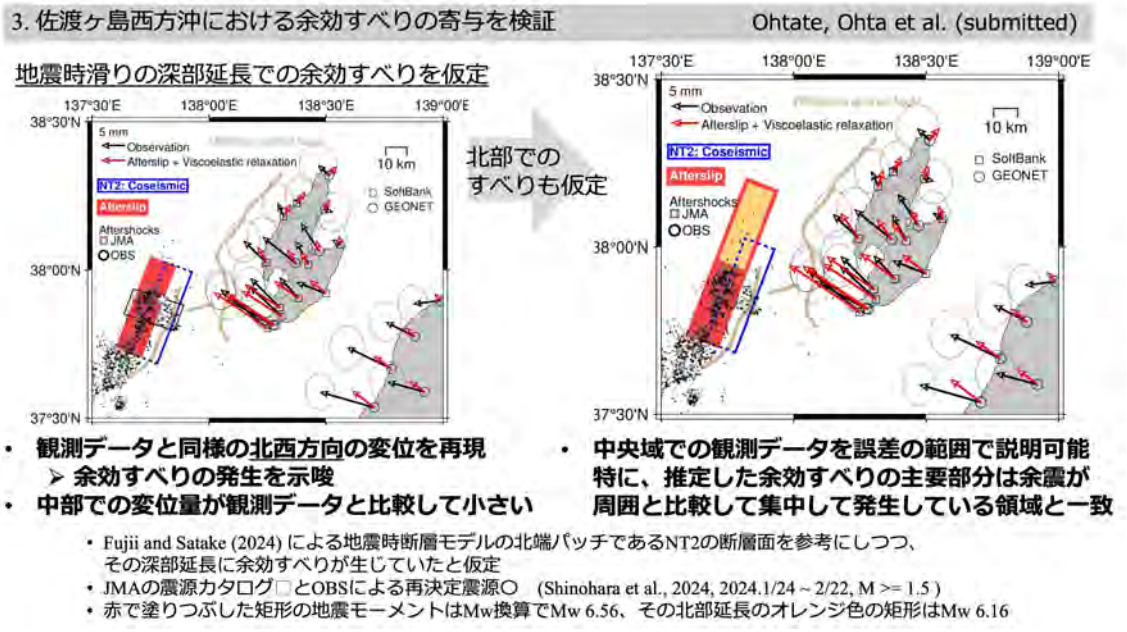

3. 佐渡ヶ島西方沖における余効すべりの寄与を検証
Ohtate, Ohta et al. (submitted)
地震時滑りの深部延長での余効すべりを仮定
北部での
すべりも仮定
・観測データと同様の北西方向の変位を再現
➢ 余効すべりの発生を示唆
・中部での変位量が観測データと比較して小さい
・中央域での観測データを誤差の範囲で説明可能
特に、推定した余効すべりの主要部分は余震が
周囲と比較して集中して発生している領域と一致
・Fujii and Satake (2024) による地震時断層モデルの北端パッチであるNT2の断層面を参考にしつつ、
その深部延長に余効すべりが生じていたと仮定
・JMAの震源カタログ□とOBSによる再決定震源○ (Shinohara et al., 2024, 2024.1/24 ~ 2/22, M >= 1.5)
・赤で塗りつぶした矩形の地震モーメントはMw換算でMw 6.56、その北部延長のオレンジ色の矩形はMw 6.16

図1-4

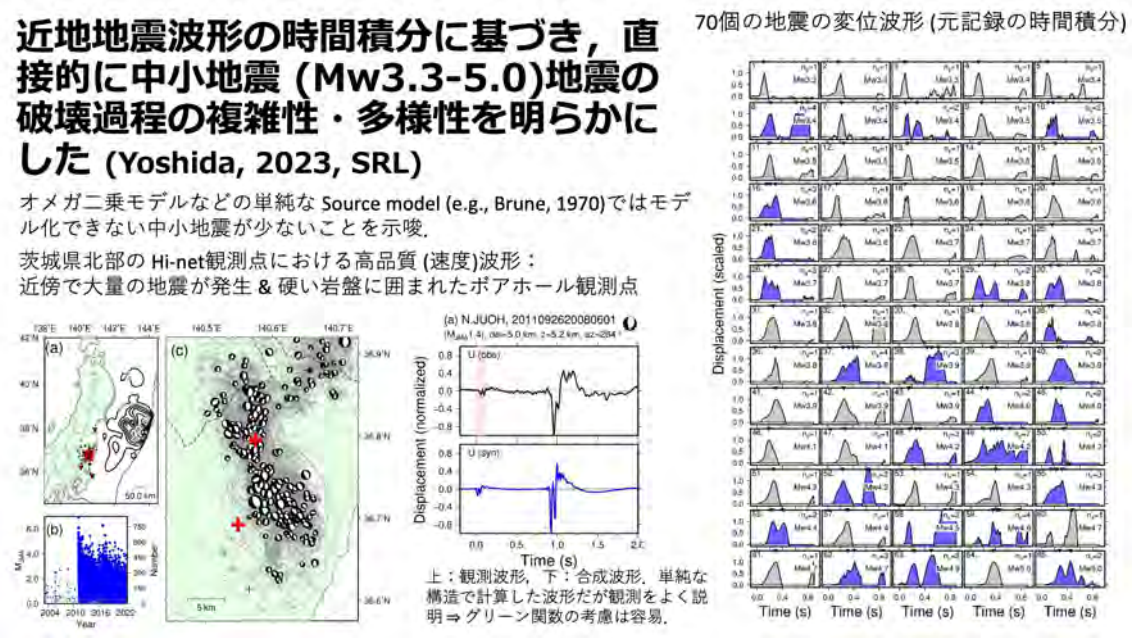


図2-1
変位波形はモーメントレート関数を近似。右の青は複雑性の強い波形。

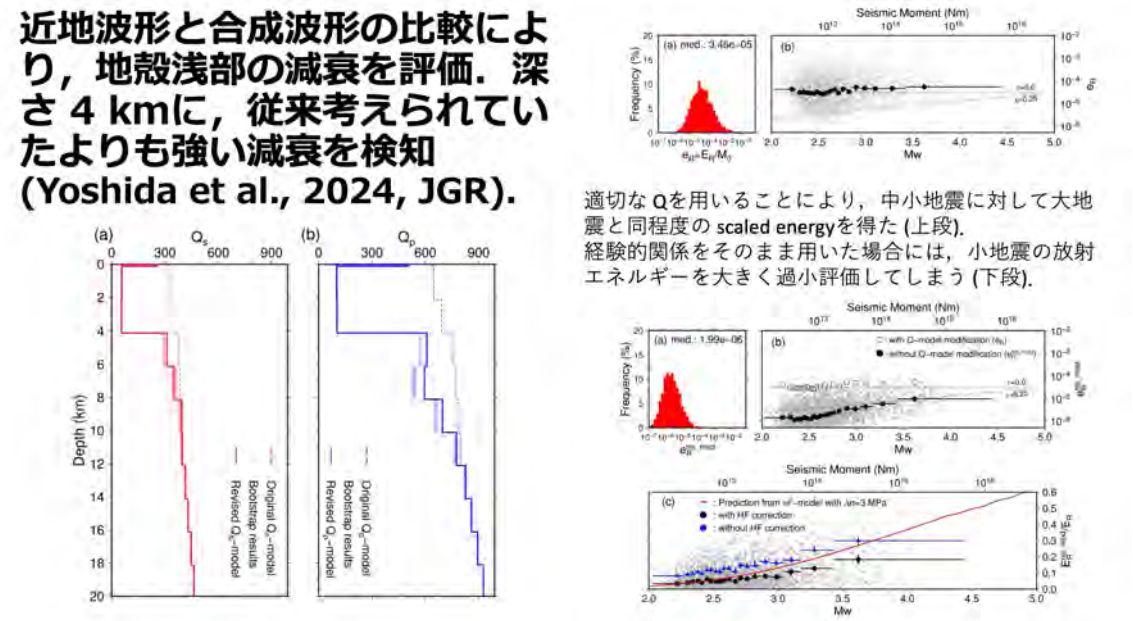


図2-2
茨城県北部のデータを使用。不適切なQの仮定は中小地震に猛威を振るう。おそらく浅部減衰は普遍的である。

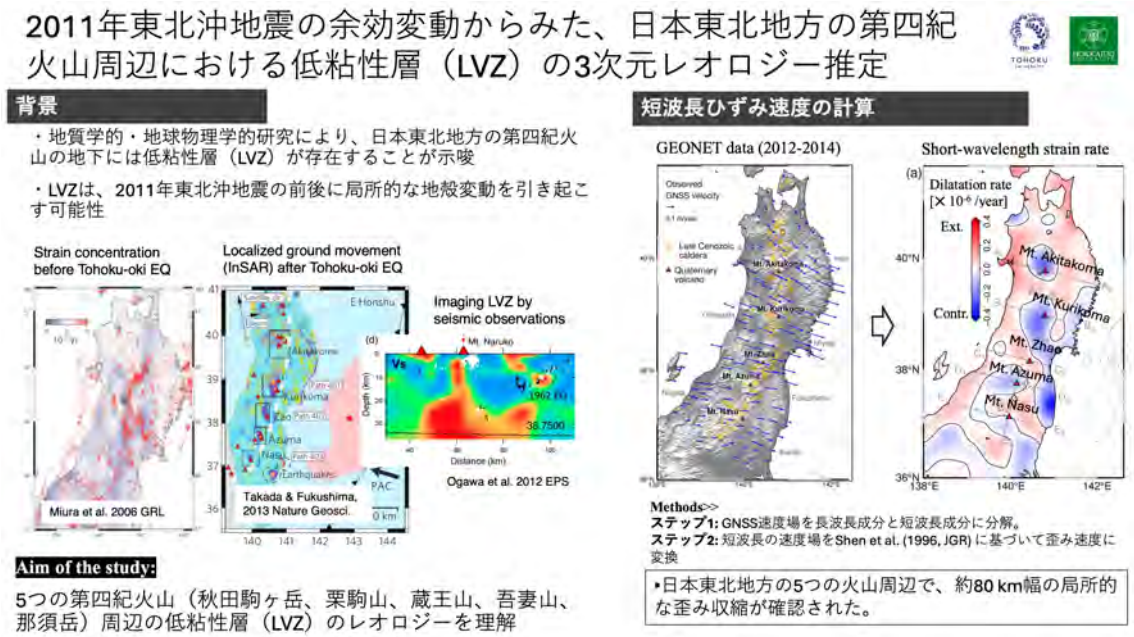

2011年東北沖地震の余効変動からみた、日本東北地方の第四紀火山周辺における低粘性層（LVZ）の3次元レオロジー推定
背景
・地質学的・地球物理学的研究により、日本東北地方の第四紀火山の地下には低粘性層（LVZ）が存在することが示唆
・LVZは、2011年東北沖地震の前後に局所的な地殻変動を引き起こす可能性
Strain concentration before Tohoku-oki EQ
Localized ground movement (InSAR) after Tohoku-oki EQ
Imaging LVZ by seismic observations
Miura et al. 2006 GRL
Takada & Fukushima, 2013 Nature Geosci.
Ogawa et al. 2012 EPS
Aim of the study:
5つの第四紀火山（秋田駒ヶ岳、栗駒山、蔵王山、吾妻山、那須岳）周辺の低粘性層（LVZ）のレオロジーを理解
短波長ひずみ速度の計算
GEONET data (2012-2014)
Short-wavelength strain rate
Dilatation rate [× 10⁻⁶ /year]
Ext.
Contr.
Mt. Akitakoma
Mt. Kurikoma
Mt. Zao
Mt. Azuma
Mt. Nasu
Methods>>
ステップ1: GNSS速度場を長波長成分と短波長成分に分解。
ステップ2: 短波長の速度場をShen et al. (1996, JGR) に基づいて歪み速度に変換
•日本東北地方の5つの火山周辺で、約80 km幅の局所的な歪み収縮が確認された。

図2-3

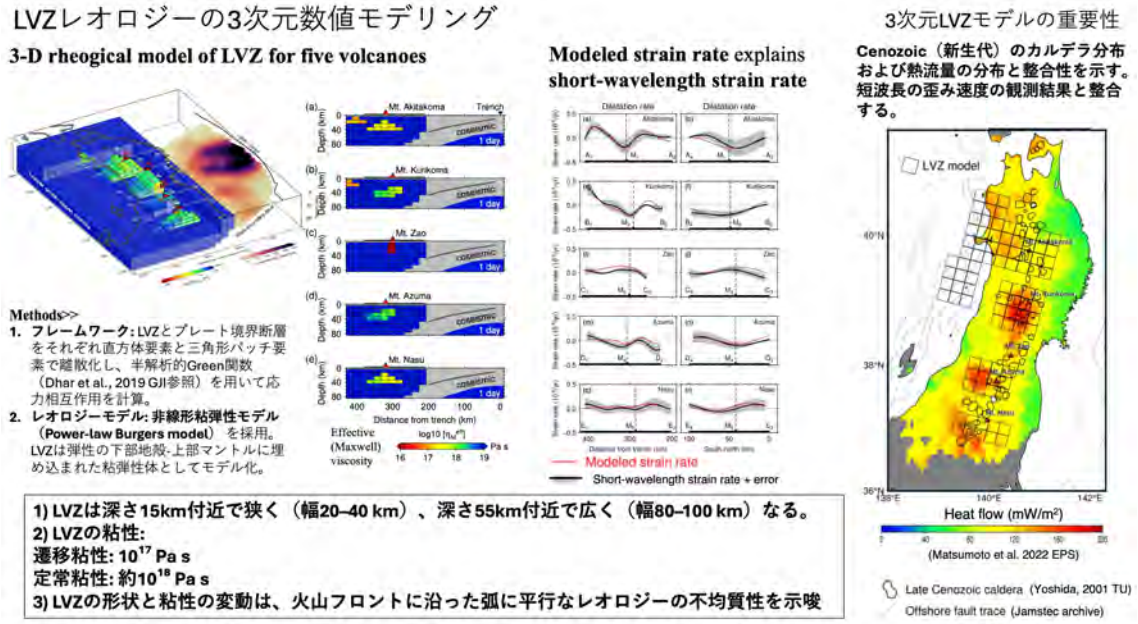
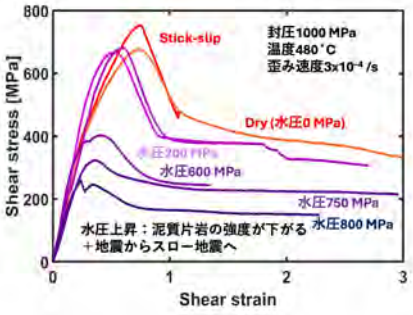
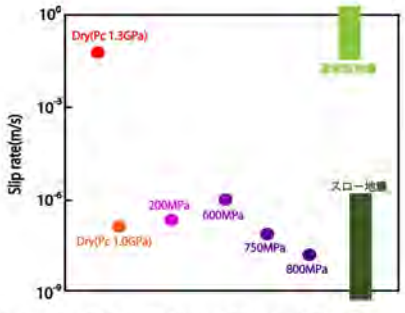

LVZレオロジーの3次元数値モデリング
3-D rheogical model of LVZ for five volcanoes
Modeled strain rate explains short-wavelength strain rate
3次元LVZモデルの重要性
Cenozoic（新生代）のカルデラ分布および熱流量の分布と整合性を示す。短波長の歪み速度の観測結果と整合する。
Methods>>
1. フレームワーク: LVZとプレート境界断層をそれぞれ直方体要素と三角形パッチ要素で離散化し、半解析的Green関数（Dhar et al., 2019 GJI参照）を用いて応力相互作用を計算。
2. レオロジーモデル: 非線形粘弾性モデル（Power-law Burgers model）を採用。LVZは弾性の下部地殻-上部マントルに埋め込まれた粘弾性体としてモデル化。
Effective viscosity
Distance from trench (km)
Modeled strain rate
Short-wavelength strain rate + error
LVZ model
Heat flow (mW/m²)
(Matsumoto et al. 2022 EPS)
Late Cenozoic caldera (Yoshida, 2001 TU)
Offshore fault trace (Jamstec archive)
1) LVZは深さ15km付近で狭く（幅20–40 km）、深さ55km付近で広く（幅80–100 km）なる。
2) LVZの粘性:
遷移粘性: 10^17 Pa s
定常粘性: 約10^18 Pa s
3) LVZの形状と粘性の変動は、火山フロントに沿った弧に平行なレオロジーの不均質性を示唆

図2-4





臨界破壊サイズ: 物質の摩擦特性と弾性特性による。

$$L_c = \frac{GD_c}{(1-\nu)(b-a)(\sigma_n - \alpha P_\rho)}$$

今年度は深部スロー地震発生域に存在すると考えられる泥質片岩の高温高圧変形実験をおこなった。実験条件は温度480°C、封圧1000MPaと1250MPa、歪み速度3x10^-4 /s、間隙水圧は0 MPa (乾燥条件)から800 MPaである。間隙水圧の上昇とともに泥質片岩の強度は減少し、ピーク応力から定常応力にいたる応力降下速度も減少した。
来年度は、より幅広い有効圧力下での泥質片岩の高温高圧変形実験をおこなう予定である。特に高封圧下（>1250 MPa）や高間隙水圧下（>900 MPa）での変形実験を実施する予定である。高温高圧下での岩石の変形挙動を理解することにより、地球内部で発生している多様な断層すべり挙動についての理解を深めたい。

図2-5

令和６年度年次報告

課題番号：THK_12

（1）実施機関名：

東北大学理学研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）民間GNSS観測点及び臨時GNSS観測による超稠密地殻変動モニタリング技術の高度化
（英文）Advancement of dense crustal deformation monitoring using private sector GNSS network and campaign GNSS observations

（3）関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

（4）その他関連する建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(4) 内陸で発生する被害地震
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(6) 次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成

（5）本課題の５か年の到達目標：

地殻変動場を高い時空間分解能で把握することは、地震時の断層モデルの高度化や、地震後の余効変動、地震間のひずみ蓄積過程、さらには火山におけるマグマ供給系や熱水系における物質移動を理解する上で重要である。日本においては、観測点間隔が20～25kmのGNSS連続観測網（GEONET）が国土地理院によって展開され、多くの地震、火山噴火現象の理解に貢献してきた。一方で、M7前後の内陸地震や火山活動にともなう地殻変動の把握の観点からは、この観測点間隔は十分ではない。そのため、GEONETではその空間解像度が十分ではない領域を対象として、大学等による独自のGNSS観測がこれまでにも行われ、地震後の余効すべりの時間発展や、2011年東北地方太平洋沖地震後の大規模な余効変動による地殻応答の不均質性の検出など、多くの成果が得られてきた。
近年、自動運転やドローンなどの技術発展が著しい。これら技術の根幹となるナビゲーション技術はGNSSがその基盤であり、従来のメートル精度の測位に加え、搬送波位相を用いたセンチメートル精度のリアルタイムでの位置情報取得が普遍的に利用できる状況が整いつつある。この中でも、ソフトバンク株式会社 (以下、ソフトバンク)では、3300点を超える独自基準点を2019年11月より稼働させている。Ohta and Ohzono (2022) は、それら稠密観測網が地殻変動観測用途に活用できるかについて、定量的な検証を初めて行い、GEONETと遜色ない精度で地震時地殻変動や地震間地殻変動を把握できることを示した。その後、東北大学が中心となって、地震や火山噴火だけでなく、より幅広い地球科学分野での同観測網の利活用を目指した「ソフトバンク独自基準点データの宇宙地球科学用途利活用コンソーシアム」が設立され、データの利活用が本格的に可能になる準備が整いつつあり、例えばNishimura et al. (2023) は同コンソのデータを活用し、能登半島で発生している群発地震とそれにともなう非定常地殻変動のモデル化を高い精度で実現している。一方で、3300点を超える観測点の網羅的な精度検証や、それらデータを活用した地殻変動モニタリング手法の確立は途上である。
また、これまで上で述べたように、これまでにも全国の大学・研究機関が連携することによって、内陸地震の発生時等、GEONETを補完する稠密キャンペーンGNSS臨時観測網を展開することで、地殻変動監視能力を向上させてきた。一方で、こうした民間GNSS観測点を活用したとしても、数kmスケール以下の微細な地殻変動にはその空間分解能が不足し、研究を目的とした独自のGNSS観測はいまだ重要である。またこれまで、全国連携の枠組みで実施した臨時観測等を通じて、GNSS観測技術の伝承が

行われ、多機関間の大学院生や若手研究者、技術職員の学術的、技術的交流の場として機能してきた。これらを踏まえ、本研究は、民間GNSS観測点および臨時GNSS観測網を併用した超稠密観測により、これまでにない地殻変動把握能力を獲得することをその研究目的とする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

(1)ソフトバンク独自基準点の活用による地殻変動把握能力の向上
ソフトバンク独自基準点とGEONETを併用することによって、特に内陸活断層や火山地域等における微細な地殻変動把握能力の向上を目指す。ソフトバンク独自基準点は携帯基地局に併設されている。これを踏まえ、周辺のマルチパス等の影響を適切に考慮した解析技術の高度化を進める。また、GEONETと合わせると4600点を超える膨大な観測点のデータを日々解析し、日座標値を高い精度で得るためのシステム構築を行う。これらの結果にもとづき、ひずみ集中帯や火山地域を対象として、これまでに見いだされていない10kmスケール以下の地殻変動の検出を目指す。本項目については、2022年8月に東北大学が中心となって設立した「ソフトバンク独自基準点データの宇宙地球科学用途利活用コンソーシアム」で提供されるデータを活用することで実施する。
R6年度：全国3300点のデータを用いた日々の座標値の解析を開始し、プロダクト化を実施する。また、生成プロダクトの品質評価を実施する。
R7～R10年度：GEONETを含めた日々の座標値に基づいて全国のひずみ場の抽出やそのモデル化を実施する。必要に応じて観測点を追加して、より高精細な地殻変動データを得る。
(2)臨時GNSS観測による地殻変動把握能力の向上とGNSS観測技術の伝承
GEONETとソフトバンク独自基準点網を活用したとしても、数kmスケール以下の地殻変動場を正確に把握することは難しい。また、火山周辺域においては、いずれの既存観測網もその観測点密度が低い。こうした点を踏まえ、既存観測点を補完する臨時GNSS観測を1年に1回程度の頻度で実施する。観測対象地域はこれまでに合同観測の実績がある地域を中心として、年毎に異なる場所での観測を実施する。同観測は全国連携の枠組みで行い、特に大学院生や若手研究者の参加を念頭におく。これによって、GNSS観測技術の伝承を進める。同観測の実施中には他の測地観測技術等についての講習会等も実施し、人材育成にも貢献する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要
本研究課題では、ソフトバンク独自基準点(以下、SB点)の活用による地殻変動把握能力の向上に関する研究および、臨時GNSS観測による地殻変動把握能力の向上とGNSS観測技術の伝承の２点をその実施項目としている。以下に詳細を示す。

2024年能登半島地震の震源断層モデルを国土地理院GEONETデータ、SB点データ、大学のキャンペーン点データおよびInSARデータを併用して推定した。SB点を用いることで特にInSARデータでは感度がない南北成分の変位を含めて高い空間分解能で得ることに成功し、それらから地震時断層すべりを推定することで能登半島北岸下の２箇所に大すべり域が存在することをあらためて示した。さらに震源分布等との比較から、断層面がリストリックな形状をしている可能性を考慮した断層モデルも構築し、それらによっても観測データをよく説明できることを示した。
さらに、同地震の余効変動についても検討を進めた具体的には震源域北東端に位置する佐渡島のGNSS観測データを用いて、その余効変動の力源について議論を行った。佐渡島におけるSB点およびGEONET点の余効変動は全体として北西向きの水平変位が卓越し、その変位量は島の北部に向かうにつれ減衰する。この地殻変動パターンは本震による粘弾性緩和ではその変位の向き自体が説明できない。そのため、余効すべりがその力源と仮定し、その断層面を推定したところ、本震の断層面の深部延長およびその北部延長に断層面を仮定することで、観測データをおおよそ説明できることを明らかにした。このように、SB点を活用することで、2024年能登半島地震の地震時および地震後の余効変動をより高い空間分解能で議論することが可能になった。
臨時GNSS観測による地殻変動把握能力の向上とGNSS観測技術の伝承では、全国の大学および研究機関の連携によって、三宅島をその観測対象としたGNSS合同観測を９月２日から６日の日程で実施し、学生・職員を含め全体で50名を超える参加者があった。同合同観測では、主目的であるGNSSキャンペーン観測に加え、雄山への登山および三宅島を対象としたジオツアーを実施することで、特に学生

に対する教育効果の最大化を図った。さらに、一部日程および開催場所を測地学会のサマースクールと同一とすることで、多くの学部生と大学院生・職員との交流の場を設けた。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

ソフトバンク独自基準点を活用することで、これまでにない高い空間分解能で地殻変動を把握する能力を得つつあることは、「6(1)イ観測・解析技術の開発」において要請されている「大学は、民間GNSS観測点及び臨時GNSS観測網を併用した超稠密観測により、地殻変動把握能力を大幅に向上させる。」という部分に直結する成果である。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

Koshimura, S., Adriano, B., Mizutani, A., Mas, E., Ohta, Y., Nagata, S., Takeda, Y., Vescovo, R., Wiguna, S., Abe, T., and Suzuki, T.: The Impact of the 2024 Noto Peninsula Earthquake Tsunami, EGU General Assembly 2024, Vienna, Austria, 14–19 Apr 2024, EGU24-22523, https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-22523, 2024.

太田雄策, ソフトバンク独自基準点データの宇宙地球科学用途利活用コンソーシアム（CSESS）の構築と現状の到達点, 日本地震学会2024年度秋季大会, 2024.

山田太介 , 太田雄策 , 西村卓也 , 平松良浩 , 木下陽平 , 吉田圭佑, 稠密GNSS観測網に基づく 2024年能登半島地震のすべり分布および断層幾何の網羅的評価, 日本地震学会2024年度秋季大会, 2024.

大舘 未来 , 太田 雄策 , 三井 雄太, 2024年能登半島地震の地震後地殻変動における粘弾性緩和とアフタースリップの寄与-超稠密GNSS観測網による検証-, 日本地震学会2024年度秋季大会, 2024.

西村 卓也 , 平松 良浩 , 太田 雄策, GNSS統合解析に基づく2024年能登半島地震(M7.6)後の地殻変動, 日本地震学会2024年度秋季大会, 2024.

山田太介 , 太田雄策 , 西村卓也 , 平松良浩 , 木下陽平 , 吉田圭佑, 稠密測地観測にもとづく2024年能登半島地震の地震時すべり分布と断層幾何の定量評価, 日本測地学会第142回講演会, 2024.

大舘未来 , 太田雄策 , 三井雄太, 2024年能登半島地震の地震後地殻変動における粘弾性緩和と余効すべりの寄与 ー超稠密GNSS観測網による検証ー, 日本測地学会第142回講演会, 2024.

Taisuke Yamada , Yusaku Ohta , Takuya Nishimura , Yoshihiro Hiramatsu , Yohei Kinoshita , Keisuke Yoshida, Coseismic Slip Distribution and Fault Geometry Evaluation of the 2024 Noto Peninsula Earthquake Deduced from Very Dense GNSS Networks, AGU Fall Meeting 2024, 2024.

Miku Ootate , Yusaku Ohta , Yuta Mitsui, Viscoelastic Relaxation and Afterslip Contribution to Postseismic Crustal Deformation After the 2024 Noto Peninsula Earthquake: Verification Using Very Dense GNSS Observations, AGU Fall Meeting 2024, 2024.

Nishimura, T., Hiramatsu, Y., and Ohta, Y.: Deformation of the 2020-2024 Noto Peninsula earthquake sequence revealed by combined analysis of multiple GNSS observation networks in central Japan, EGU General Assembly 2024, Vienna, Austria, 14–19 Apr 2024, EGU24-22539, https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-22539, 2024.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

ソフトバンク独自基準点(以下、SB点)の活用による地殻変動把握能力の向上に関する研究および、臨時GNSS観測による地殻変動把握能力の向上とGNSS観測技術の伝承を継続して実施する。具体的にはSB点を含む超稠密GNSS観測網によって日本列島のひずみ速度マップを構築する。また、全国連携によるGNSS合同観測を継続し、技術の継承や人材育成に貢献する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

太田雄策（東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター）
他機関との共同研究の有無：有
大園真子（北海道大学大学院理学研究院）,青木陽介（東京大学地震研究所）,西村卓也（京都大学防災研究所）,伊藤武男（名古屋大学大学院環境学研究科）,福島 洋（東北大学災害科学国際研究所）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター
電話：
e-mail：yusaku.ohta.d2@tohoku.ac.jp
URL：https://www.aob.gp.tohoku.ac.jp

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：太田雄策
所属：東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター

令和６年度年次報告

課題番号：THK_13

（1）実施機関名：

東北大学理学研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）火山観測１次データの調査・集約と共有

（英文）Survey, compilation, and sharing of volcano observation data

（3）関連の深い建議の項目：

６観測基盤と研究推進体制の整備

(1) 観測研究基盤の開発・整備

ウ. 地震・火山現象のデータ流通

（4）その他関連する建議の項目：

１地震・火山現象の解明のための研究

(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化

(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化

ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明

２地震・火山噴火の予測のための研究

(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）

５分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究

(5) 大規模火山噴火

(6) 高リスク小規模火山噴火

（5）本課題の５か年の到達目標：

近年、大学・気象庁・防災科学技術研究所等の定常火山観測網の火山観測データは、リアルタイムに流通が行われ、JVDNでの公開が行われるようになった。しかしながら、機関間での協定が締結された2011年以前のデータについては一元的な集約は行われておらず、特にこれまでの噴火予知計画において各大学が整備した定常観測点の観測記録については、その管理・保存が大学毎に行われており、データの継続的な保存・共有にやや難がある状況である。一方で、火山活動推移を現在の知見で再検討するにあたり、過去の火山活動活発時期の観測データは重要な情報源であるため、各大学で個別に保存している観測１次データの調査・集約と共有が今後の火山研究の推進のために必要であると考えられる。

そこで本研究課題では、各大学で保存されている火山観測１次データ（主に地震・測地の地球物理学的データ）の現状調査とその集約・共有を行い、将来的なJVDNでの公開とそれを基にした共同研究の活性化を目指すことを第一の目標とする。また、集約した中長期的な火山観測データを活動推移モデルの高度化に活用するために、地震観測データについてMatched filter法や機械学習による検測あるいは地震波干渉法を用いた刻時補正などを試み、火山活動指数 VUI (Volcanic Unrest Index) の検討に必要な中長期的に一貫した基準での火山性地震活動の把握などを進めることを第二の目標とする。

（6）本課題の５か年計画の概要：

この研究課題は、重点項目の一つである「２（３）火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行」を進めていくための基礎データの整備という位置付けである。過去の火山活動時のデータや集中観測のデータ等を整理し、中長期的な火山活動推移の定量的な評価等に活用していくために、以下の年次計画に沿って実施するとともに、研究課題内での成果や観測・解析手法についての

情報交換を随時実施し、各機関で連携して計画を推進する。また、研究計画項目１（４）、２（３）、５（５）、５（６）等に資する成果については、それらの研究課題が開催する研究集会等に積極的に参加し、情報共有を図る。

令和６年度においては、主に東北地方の火山について、過去データの整理・集約を進めるとともに、地震波干渉法による観測点網内での刻時補正等の手法を検討する。令和７年度においては、集約したデータの解析を進め、火山性地震活動等の火山活動指数VUIの高度化に資する基礎データを蓄積する。また、関係機関でのデータ保存状況等の調査を進める。令和８年度においては、集約したデータ及びそのメタデータの共有についてJVDN等との連携を検討・調整するとともに、引き続きデータ集約・再解析を進める。令和９年度においては、データ集約を引き続き行うとともに、集約した定常観測点のデータ及び集中観測等の観測データの再解析手法の検討及びその適用を進める。令和10年度においては、集約したデータの共有・公開を進めるとともに、火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行に資する情報の取りまとめを行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

令和6年度は、計画通りに東北地方の火山を主な対象として、過去の観測１次データの整理・集約を進め、地震波干渉法による観測網内での刻時補正等について検討を行った。

東北大学の火山観測網の連続地震波形データは、1995年から1998年の期間は独自フォーマット、1998年以降はWINフォーマットを用いて収録・保管が行われてきた。これらのデータは５インチMOやEXABYTE, DDS, CD-Rなど多様な記録媒体に保存されている。本年度は、これまでにデータの読み出しを完了していた分に加えて、読み取りエラー等で保留していたメディアの読み出しを行い、保管されていた連続地震波形データのほぼ全てについてハードディスクへの保存と整理を完了した。また、同様に５インチMO等に保存されていた坑井式傾斜計・ひずみ計の連続データについても、読み出しと整理に着手した。

また、読み出した連続地震波形データのうち岩手山周辺の坑井式地震計の記録を用いて過去のデータの刻時精度の確認と補正方法の検討を進めた。1990年代後半の東北大学の火山観測網では、アナログデータを専用線や無線を使って仙台に伝送したのちに時刻情報を付与する集約処理とデータ収録が行われていた。この際、各観測点から仙台までの回線遅延時間は、回線開通時の試験等により決めた値が用いられてきた。一方で、岩手山周辺の坑井式地震計の多くは現在も稼働中であり、観測点でGPSに同期した正確な時刻情報を付した記録も得られている。そのため、1990年代後半と近年の連続地震波形データそれぞれに地震波干渉法解析を適用して推定した観測点間の表面波伝播時間を基に回線遅延時間の検証を進めた。その結果、回線遅延時間に時期的な揺らぎが存在することが分かり、過去の火山性地震の再処理等を今後進める際には留意が必要であることが明らかになった。また、岩手山では、2024年初旬以降に火山活動の活発化が見られているが、各種記録メディアから読み出した地震・地殻変動データは、現在と1998年活動活発化の際の現象の比較にも活用することができた。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本研究課題は、重点項目の一つである「２（３）火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行」を進めていくための基礎データの整備という位置付けであり、過去の火山活動時のデータや集中観測のデータ等の整理を行い、中長期的な火山活動推移の定量的な評価等に活用していくことを目的としている。今年度は、東北大学で保管していた火山観測データの整理を進めることで、岩手山で現在見られている火山活動の理解に資する情報も得ることができた。今後も引き続き過去の火山活動時のデータの整理を進め、そのデータを活用する手法について検討することで、火山活動の評価と予測に貢献できると考えている。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

山本 希, 2024, 岩手山における長周期地震と火山活動推移, 日本火山学会2024年度秋季大会, A1-18

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和７年度は、東北大学で保管していたデータの解析を引き続き進め、火山活動推移把握に重要な火山性地震活動等の基礎データを蓄積する。また、関係機関でのデータ保存状況等の調査を進める。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

山本　希（東北大学理学研究科）
他機関との共同研究の有無：有
青山　裕（北海道大学大学院理学研究院）,大倉敬宏（京都大学大学院理学研究科）,中道治久（京都大学防災研究所）,上田英樹（防災科学技術研究所）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東北大学大学院理学研究科　地震・噴火予知研究観測センター
電話：022-225-1950
e-mail：zisin-yoti-aob@grp.tohoku.ac.jp
URL：https://www.aob.gp.tohoku.ac.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：山本　希
所属：東北大学大学院理学研究科　地震・噴火予知研究観測センター

令和６年度年次報告

課題番号：TIT_01

（1）実施機関名：

東京科学大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）水蒸気噴火を起こし得る火山活動不安定における観測データ理解の深化
（英文）Improving interpretation of observational data on volcanic unrests potentially causing phreatic eruptions

（3）関連の深い建議の項目：

５分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(6) 高リスク小規模火山噴火

（4）その他関連する建議の項目：

（5）本課題の５か年の到達目標：

小規模な水蒸気噴火による人的被害を低減するためには、観測に基づき噴火発生予測だけでなく、不意に噴火した場合の危険性を領域別に事前評価しておくことが重要である。しかし、噴火予測の空振りや過剰な防災対応は、特に観光地化された火山では経済的損失を生む懸念がある。活動不安定（unrest）や噴火危険をより適切に評価するためには、地下浅部熱水の物理・化学状態の変化が、どの観測データにいかに現れるのかを理解する必要がある。そのための基礎的情報として、地下構造の理解は必須である。また、火山ガスや火口湖から得られる地球化学的知見は、熱水貯留域の温度・圧力、マグマガス関与を評価するための重要な手掛かりとなる。そして、噴火による人的被害を左右するのは、噴火地点と観光地との距離である。火口外で噴火が発生するリスクがあるならば、それを事前評価する必要がある。

本課題では、草津白根山において実施する地球物理学的な多項目観測に基づき、熱水貯留域の位置、流体上昇経路を把握することを目標とする。また、地球化学的観測に基づき、流体貯留域の物理・化学状態の時間変動を捉えることを試みる。さらに、熱水流動シミュレーションで観測データの再現を試みるほか、逆に、観測されたデータから地下浅部状態を理解することを目指す。このほか、側噴火危険度を評価するための土壌ガス観測を草津白根山等で行い、地下浅部透水構造を明らかにすることを目標とする

一方で、箱根火山は年間1300万人以上の観光客が訪れる観光地として有名である。噴火口である大涌谷には多数の観光客が常時滞在するが，2015年に水蒸気噴火が発生するなど活発な火山である点で、草津白根山に類似する。本課題では、従来の地球物理観測の継続および解析をすすめるほか、火山ガス観測の高時間分解能での観測システム、および、信頼性向上のための気象補正の仕組みを構築する。得られた結果を地球物理学的観測結果と比較・検討することで、観測データの統一的理解を進め、火山防災に貢献することを目標とする。

研究成果を広く共有するため、地域住民および複数火山もテーマとする公開シンポジウムを開催する。その際、高リスク小規模火山噴火総合研究グループに参画する他課題と共同して課題間連携を深めることを目指す。

（6）本課題の５か年計画の概要：

（草津白根山）

同火山に展開されている地震、地殻変動、全磁力、および火口湖観測装置からなる多項目火山観測網を維持し、得られたデータから震源、地殻変動源、熱消帯磁源の位置を逐次把握する。変動が認められた場合には、地表からの物質放出量と地下体積膨張・収縮量、地表面放熱量と地下浅部蓄熱・冷

却熱量を計算する。
噴気ガスおよび火口湖水を定期的に採取し、その組成や同位体を分析する。活発時にはドローンを用いた遠隔試料水採取やガス観測を機動的に実施する体制を構築する。また、航空機を用いた地表塩温度分布測定を研究期間において1-2回実施する。以上により、物質科学的観点から地下の温度、圧力、および深部流体の関与に制約を与える。
熱水流動シミュレーションを実施する。上記の多項目観測から得られた物理、化学的知見を満足する地下熱水モデルを構築することで、観測データに現れる様々な変化が起きる背景を理解し、最終的には事象系統図として表現することを目指す。
側噴火発生危険度マップの作製を目標として，火口周辺の山体において地中ガスの希ガス同位体を測定するほか、土壌拡散水銀等の放出率をマッピングすることで、火山浅部透水性の大小を議論する。
（箱根山）
噴火警戒レベルでは、火山活動評価指標として地震回数や地殻変動などの地球物理学的観測が主に用いられている。これら指標に、浅部熱水系の物理・化学条件を反映する地球化学的観測を加えることが有効と思われるが、両観測の時系列的比較は実現していない。その理由として、現地調査が必要な地球化学的観測は時間解像度が低いこと、活発化時に立入りできないことが挙げられる。また、SO2放出率測定のように気象条件の制約を受ける観測では、併せて気象観測も実施する必要がある。地震観測についても課題があり、例えば信号が小さい、あるいは同時多発するイベントの詳細は不明である。地震検知や群発時のイベント分離のためのシステムが必要となる。
そこで本課題では、火山ガス組成（主としてCO2とH2S）を高時間分解能で自動観測するシステムの構築および安定運用、火山ガス（SO2）放出量測定の精度向上のための気象観測の手法の改善、機械学習を用いた地震検測技術を応用した地震活動の即時把握システムの構築を目指す。その上で、従来の、地震の機動観測、地殻変動観測・地下水データなどを継続し、地球物理学と化学的観測データを比較、検討することで静穏期も含めた活動の特徴を抽出する。
（その他）
高リスク小規模火山噴火総合研究グループの各課題が対象とする火山などを候補地として、持ち回りで一般向けシンポジウムを年1回程度実施する。本課題はシンポジウム全体の企画や調整を担う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

草津白根火山において物理・化学的多項目を継続した．その結果，2024年5月以降のN型地震多発とともに，湯釜火口湖浅部の膨張が進行したほか，火口湖水温の上昇，および火口内壁に新噴気孔が形成されたことを順次見出した．噴気ガスのC/S比およびHe同位体の繰り返し観測から，2014年，2018年と同様のマグマ起源流体の供給量増加が，小規模ながらも進行したことを明らかとした．
Sentinel衛星が取得したSAR画像を解析した結果，草津白根山でこれまでに知られていなかった圧力減が白根火砕丘の北側に求められた．白根火砕丘周辺で行った土壌気体水銀放出率分布観測によれば，旧火口列に対応する高水銀放出帯とともに，別の水銀放出帯が見出された．2018年に頻発したN型地震を検討した結果，その周波数に明瞭な時間変動が見出され，流体貯た．熱水流動シミュレーションにおける地上側の境界条件となる地表放熱率を定量化するために過去10年間の夜間空中赤外線画像を解析し，2014年以降の放熱量推移を定量化した．
箱根火山において，群発地震等について速報性の高いモニタリングを可能にするために機械学習による地震検出を試みた．この結果，誤検出等が含まれるものの，概ね正確かつ手動検測よりも多数の地震が検出できた．さらに，PhaseNet (Zhu and Beroza, 2019)に準拠した機械学習アーキテクチャをもとに，火山性地震のP波及びS波の自動検測手法を開発した．2021年から2024年までの観測データに適用したところ、神奈川県温泉地学研究所の地震カタログの約３倍の地震が検出された．
箱根火山大涌谷におけるSO_2放出率の推定精度を向上させるため，風向風速観測を２か所で開始した．また，CO_2/H_2Sの自動連続観測システムを継続し，検知管による測定に矛盾しない値が得られるようになったことを確認した．ただし，火山ガスによる装置劣化の進行が顕著であり，長期運用のために対策を確立する必要がある．
近年の水蒸気噴火に関する研究成果および社会対応上の諸問題を議論するシンポジウムを神奈川県温泉地学研究で開催した．研究者，行政機関，および一般から110名の参加者を集めて2日間にわたり議論を行った．草津白根山は草津町役場から草津白根山上空を飛行するドローンを遠隔操縦する試験を行い，草津町長が自らの指示でドローンを任意に飛行させることが可能なことを確認した．

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

草津白根山において，過去10年で3回目となる活発化を定常観測網にて観測した．物理および化学的な多項目観測項目を過去データと比較することで，これまでと何が似て，何が違うのか，定量的な比較に基づき草津町とコミュニケーションを取ることができた．本年度に解析が進んだ衛星SAR，N型地震，および常時微動解析などの結果は，同火山で構築してきた概念モデルの浅部構造を具体的に構成するための重要な成果である．順調に進んだ土壌ガス観測手法の改良により，将来の噴火発生リスクの高い場所を評価することを期待している．

箱根火山においては，活発期に多数の地震が発生し，その震源位置は時間とともに変化することが知られている．本年度開発を進めた機械学習による自動震源決定手法は，現象理解ばかりでなく，同火山の活動評価の信頼性向上に貢献するものである．このように，同火山の活動評価は地球物理学的手法に強く依存しているが，その一方で，火山ガス観測も重要である．すなわち，火山ガスのC/Sが，場合によっては地震活動の変化に先行することや，マグマ関与の指標であるSO_2放出量が顕著に変化することが現地での繰り返し火山ガス観測から明らかとなっている．本年度の成果は，火山ガス現地観測に必要な手間を低減するものであり，特に活動活発期に大きな効果が期待できる．

箱根火山では行政機関を含めたシンポジウムを，草津白根火山では草津町役場と共同して遠隔操縦ドローンを通じた観測試験を行うことで，主に行政機関との情報共有方法について意見交換を行った．現状把握の技術進展と，火山活動評価に対する考え方を整理する必要性は改めて認識された．

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Kawai, T., Y. Yukutake, R. Doke, and R. Honda, 2024, Contribution of aseismic slips to earthquake swarms at the Hakone volcano, Earth, Planets and Space, 76(1), 152, https://doi.org/10.1186/s40623-024-02098-1,査読有,謝辞無

Narita, S., A. Yokoo, T. Ohkura, M. Morita, T. Mori, and S. Yoshikawa, 2024, Heat transport process associated with the 2021 eruption of Aso volcano revealed by thermal and gas monitoring, Earth, Planets and Space, 76, https://doi.org/10.1186/s40623-024-01984-y,査読有,謝辞有

Mori, A. and H. Kumagai, 2024, Explosive eruption processes inferred from high-frequency seismic waveforms of eruption tremor and explosion events, Geophysical Journal International, 240, 46–60, https://doi.org/10.1093/gji/ggae368,査読有,謝辞無

寺田暁彦・小川康雄・金 幸隆・萬年一剛・石坂恒久・萬代洋信・石崎泰男・亀谷伸子・阪本真由美，2024，火山噴火と防災および観光シンポジウム2023－草津白根山、御嶽山、箱根山－：火山危機におけるコミュニケーションの改善へ向けて，火山，69，87-98，https://doi.org/10.18940/kazan.69.2_87,査読有,謝辞有

寺田暁彦・田村正義，草津町役場から遠隔操作可能な全自動ドローンを用いた草津白根火山の監視試験，火山，投稿中,査読有,謝辞有

Terada, A, H. Aoyama, T. Yamada, and M. Yamamoto, Geophysical observations of Kusatsu–Shirane volcano: Conceptual model of the hydrothermal system as a site of phreatic eruptions, In: Ohba T, Terada A (eds) Monograph Kusatsu-Shirane, Active Volcanoes of the World, Springer, Berlin, Heidelberg, in press,査読有,謝辞有

Terada, A. and T. Kuwahara, Yugama crater lake: A sensitive window into the magmatic–hydrothermal system of Kusatsu-Shirane volcano, In: Ohba T, Terada A (eds) Monograph Kusatsu-Shirane, Active Volcanoes of the World, Springer, Berlin, Heidelberg, in press,査読有,謝辞有

Ohba, T. and M. Yaguchi, Volcanic activity cycles of the Kusatsu-Shirane volcano, Japan revealed by the geochemical monitoring of lake water in the Yugama crater and adjacent

fumarolic gases, In: Ohba T, Terada A (eds) Monograph Kusatsu-Shirane, Active Volcanoes of the World, Springer, Berlin, Heidelberg, in press,査読有,謝辞有

Kanda, W., T. Koyama, Y. Matsunaga, Geomagnetic observations at Kusatsu-Shirane Volcano, In: Ohba T, Terada A (eds) Monograph Kusatsu-Shirane, Active Volcanoes of the World, Springer, Berlin, Heidelberg, in press,査読有,謝辞有

Matsunaga, Y. and W. Kanda, Magnetotelluric imaging of the magmatic–hydrothermal system of Kusatsu–Shirane Volcano, In: Ohba T, Terada A (eds) Monograph Kusatsu-Shirane, Active Volcanoes of the World, Springer, Berlin, Heidelberg, in press,査読有,謝辞有

Sumino, H., Spatial and temporal variations in noble gas isotopic compositions of fumaroles and hot/cold spring gases at Kusatsu-Shirane volcano, In: Ohba T, Terada A (eds) Monograph Kusatsu-Shirane, Active Volcanoes of the World, Springer, Berlin, Heidelberg, in press,査読有,謝辞有

Matsunaga Y., W. Kanda, 2025, Critical factors that control hydrothermal circulation within active volcanoes: Constraints from numerical simulation based on a resistivity structure model, J. Geophys. Res.: Solid Earth, 130, e2024JB029833, https://doi.org/10.1029/2024JB029833,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

栗原　亮・萬年一剛・外山浩太郎・本多　亮・安部祐希．長岡　優・菊川城司．宮下雄次．板寺一洋，2024，火山活発化指数の導入による箱根火山の火山活動の定量化，日本火山学会秋季大会2024，A1-14

栗原　亮，2024，複数観測点データを入力とする機械学習による箱根火山での微小地震の検出の試み，日本地震学会秋季大会2024，S21P-03

行竹洋平，2025，機械学習を活用した火山性地震活動の監視，研究集会「箱根山噴火から10年-水蒸気噴火の前兆把握と防災対応の到達点-」

大場　武・谷口無我・沼波　望・豊島誠也・寺田暁彦，2024，草津白根山における火山ガス組成と地震頻度の相関，日本火山学会秋季大会2024，B3-13

森　亜津紗・寺田暁彦，2024，草津白根山における2018年2月から5月にかけての火山性低周波地震の振動周波数の時間変化，日本火山学会秋季大会2024，P38

成田翔平・橋本武志，2024，噴気放熱率の全自動推定ツールの試作，日本火山学会2024年秋季大会，P133

寺田暁彦・髙橋祐希，2024，火山の透水性評価のための土壌拡散水銀放出率測定，JPGU2024，SVC26-18

成田翔平，2025，地盤変動解析から推定される熱水系の流体輸送過程，研究集会「箱根山噴火から10年-水蒸 気噴火の前兆把握と防災対応の到達点-」

成田翔平・大倉敬宏，2024，ひずみ計記録による阿蘇山2021年噴火直前の地盤変動, JPGU2024, SVC26-P16

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

草津白根火山において物理・化学的な多項目定常観測を継続し，モニタリングデータに現れる変化の背景を概念モデルに基づいて解釈しつつ，概念モデルの修正改良を進める．また，衛星SAR解析や土壌ガス観測，N型地震解析に基づく浅部流体貯留・輸送構造の理解を進め，複数想定される熱水貯留

構造のイメージを具体化させる．今後の熱水流動計算に備えて，地表面放熱量の解析を進める．

箱根火山においては，機械学習による地震検知アルゴリズムを引き続き検討し，誤検出の防止，ならびに震源決定誤差など低減を目指す．火山ガスについては，気象補正のための風観測を実施し，SO_2放出率を定量化するための予備解析を行う．長期間の安定観測を行うために，火山ガスによる装置腐食対策を検討する．

箱根地域において，一般市民を対象としたシンポジウムを開催し，予測困難とされる水蒸気噴火のリスク評価，正確かつ迅速な情報伝達，ならびに受け取った情報をどう活かすのかを議論する．

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

寺田暁彦（東京科学大学総合研究院多元レジリエンス研究センター）,行竹洋平（東京大学地震研究所）,神田　径（東京科学大学総合研究院多元レジリエンス研究センター）,成田翔平（東京科学大学総合研究院多元レジリエンス研究センター）

他機関との共同研究の有無：有

大場　武（東海大学理学部）,角野浩史（東京大学先端科学技術研究センター）,谷口無我（気象庁気象研究所）,本多　亮（神奈川県温泉地学研究所）,栗原　亮（神奈川県温泉地学研究所）,安部祐希（神奈川県温泉地学研究所）,外山浩太郎（神奈川県温泉地学研究所）,萬年一剛（神奈川県温泉地学研究所）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京科学大学総合研究院多元レジリエンス研究センター 火山・地震研究部門
電話：03-5734-2515
e-mail：webmaster@ksvo.titech.ac.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：寺田暁彦
所属：東京科学大学総合研究院多元レジリエンス研究センター 火山・地震研究部門

令和６年度年次報告

課題番号：TIT_02

（1）実施機関名：

東京科学大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）二酸化炭素放出率連続観測システムの開発

（英文）Development of a continuous observation system for measuring CO2 flux

（3）関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備

(1) 観測研究基盤の開発・整備

イ. 観測・解析技術の開発

（4）その他関連する建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究

(5) 大規模火山噴火

（5）本課題の５か年の到達目標：

拡散放出CO2自動測定装置を複数用いて、安定的に面的観測を展開し、火山活動の評価に資する

（6）本課題の５か年計画の概要：

令和６年度においては、拡散放出CO2自動測定装置を製作する。
令和７年度においては、拡散放出CO2自動測定装置を製作し、面的観測のテストを行う
令和８年度においては、面的観測を国内の火山で実施する。
令和９年度においては、面的観測を連続観測を実施し、火山活動の評価を行う。
令和10年度においては、計画のまとめを行う。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

１．本研究の背景

マグマの上昇過程において、減圧に伴ってマグマ中のCO2の脱ガスが進行することでマグマの密度が低下し、マグマ溜まりからのマグマの上昇を引き起こされる。CO2は岩石や熱水に対して反応性に乏しいため、脱ガスしたCO2は地表へと上昇して、火山体の地表面から大気中に拡散放出される。従って、マグマの上昇を伴う様なマグマ噴火の前兆現象として、visualに捉えられないCO2の拡散放出を検知できることが鍵となる。これまでCO2の拡散放出を測定する方法はあったが、基本的にキャンペーン観測であった。前計画では拡散放出されるCO2を同時多点観測するための小型可搬式自動観測装置として定体積中のCO2濃度の上昇速度を測定するチャンバーメソッドをベースとして、開発を行った。本計画では、長時間定点観測を行うための装置開発とそれらを実装してモニタリングを行うこととしている。本年度は、長時間の観測を可能にするために小型可搬式自動観測装置をベースに電力供給システムの改良を行い、実装テストを行った。

２．電力供給系の改造と次年度の予定

使用する電力として、市販されて、広く使われている12V蓄電池を用いることとした。小型可搬式自動観測装置の開閉システムと計測システムはUSBコネクタDC/3.7V電源で駆動する仕様なので、DC-DCコンバーター 12V～3.7V 3A 降圧モジュール 電圧レギュレータにUSBケーブルを接続して給電システムを作成した。実装試験を行なったところ、このUSBケーブルで著しい電圧降下が発生して駆動

しないことがわかり、この方式での電源供給は不適であった。USBの電源供給システムインターフェイスを基盤へナイロンコネクタを使う接続に改造した。実装試験を48時間以上行ったところ、問題なく作動した。有珠山北屏風山付近にある地熱異常域において2024年7月と10月に連続観測の実装試験を行ったところ、地表面の熱によって発生した蒸気や微弱な噴気によってチャンバー内部の湿度が100%近くなると、装置が駆動せずフリーズすることがわかった。現在、その試験を行っているが、このシステムを設置するときには、チャンバー内の湿度が上昇しない地点を選択することが重要であり、次年度はそれにも留意して長期間連続観測と可搬式自動観測装置による面的観測を実施する予定である。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
観測研究基盤の開発・整備の観測・解析技術の開発は概ね達成できた。
有珠山では2000年噴火の前にCO_2放出率の上昇が捉えられており、この装置を有珠山で実装することでその兆候を捉えられる可能性がある。

(8) 令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

(9) 令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

(10) 令和７年度実施計画の概要：

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：
野上健治（東京科学大学総合研究院多元レジリエンス研究センター）
他機関との共同研究の有無：無

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京科学大学総合研究院多元レジリエンス研究センター
電話：0279-88-7715
e-mail：nogami.k.aa@m.titech.ac.jp
URL：

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：野上健治
所属：東京科学大学総合研究院多元レジリエンス研究センター

令和６年度年次報告

課題番号：TKU_01

（1）実施機関名：

東京海洋大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）茨城・福島沖での海底地殻変動観測

（英文）Observation of seafloor crustal deformation off the coast of Ibaraki and Fukushima

（3）関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(6) 次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成

（5）本課題の５か年の到達目標：

日本周辺の海域では海溝型地震の発生予測を目標にGNSS-音響測距結合方式を用いた海底地殻変動観測が行われている。プレート境界の固着・すべりの状況を広域に精度よく、また、高時間分解能で把握するためには観測頻度を上げる必要がある。しかし、海底地殻変動データを測定するには観測船などで現地に行く必要があり、人的・経済的負担が大きく、ほとんどの観測点では年に1回の観測しか行えていない。この観測頻度の減少を解消するために、近年では無人自律観測機などを用いた観測手法の開発が進められ、観測コストの削減が図られつつある。しかし、無人機は位置決定精度向上の鍵である海中音速構造の推定に必要な温度構造・塩分濃度の計測を行うことができない。また、黒潮流域などの潮流が速い海域では、船速が遅い無人機では自由に航行することが難しいため、無人自律観測機による観測は主に日本海溝北部を中心として行われている。一方、黒潮の渦などが発生する茨城・福島沖などの日本海溝南部では観測が数年に1度しか行われていない観測点なども存在し、日本海溝北部に比べ海底地殻変動データが不足している。現在の海底地殻変動観測では1回の観測での誤差が大きいため、海底局の長期間の変位を正確に評価するためには複数年に渡る繰り返し観測が必要である。数年に1度の観測で得られた解析結果では、解析結果の評価を行う際、海底変動と観測誤差の判断が難しい。このように観測頻度の低下はプレート境界固着状況推定の広域化・高時間分解能化の大きな妨げとなっている。そこで本研究課題では無人自律観測機による観測が難しい茨城・福島沖において、東京海洋大学の実習航海を利用して海底地殻変動観測を5年間に渡り継続的に実施する。さらに海中音速構造の変化が大きい茨城・福島沖海域の特徴を利用し、海中音速構造が海底局位置決定精度に与える影響を検討する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

本研究課題では、東京海洋大学が練習船「汐路丸」を用いて学生向けに開講する乗船実習を利用し、東北大学が茨城・福島沖周辺海域に設置した海底局アレイを対象とした海底地殻変動観測を行う。観測は令和6～10年度にかけて年1回の頻度で実施する。5年間に渡り観測を継続することで、茨城・福島沖の海底地殻変動を明らかにする。茨城・福島沖の周辺海域において新たに海底局アレイが構築さ

れた場合には新規点も観測対象とする可能性がある。また、茨城・福島沖は黒潮の影響もあり潮流が速く、海中音速構造も短時間で大きく変化する。そこで音速構造を明らかにするために、海底地殻変動観測中に海中のXCTD/XBT観測を行う。得られた海中音速構造の時間変化と解析結果から海底局アレイ位置決定への海中音速構造の影響を検討する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

令和6年度は10月16～19日にかけて東京海洋大学練習船汐路丸を使用し、房総半島沖に2点(G26、G27)の新規海底地殻変動観測点の設置を行った。1つの観測点には4台の海底局を設置したが、G27観測点では投入直後に1台の海底局との音響通信が不通となった。海底局設置後にG26では約15時間、G27では約8時間の観測を行った。観測中には正確な海中音速構造を明らかにするためにXCTD、XBTによる塩分・水温観測を行った。観測で得られたデータを用いて海底局位置の簡易推定を行った。その結果、今回設置を行った海底局は投入点から北東方向におよそ300～400 mほど離れた位置に着底していることが分かった。これは房総半島沖を流れる黒潮の影響であると考えられる。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

房総半島沖は日本海溝中央部や南海トラフと比較して海底地殻変動観測点が少なく、海底地殻変動に関する情報が少ない。今後、新たに設置した海底地殻変動観測点を用いた観測を継続することで、房総半島沖周辺のプレート境界の固着状況推定に資するデータを得ることが出来る。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和7年度は6月に東京海洋大学神鷹丸を用い、G27観測点の海底局再設置を行う予定である。また、10月には汐路丸を用いて海底地殻変動観測を実施する予定である。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

中東和夫（東京海洋大学学術研究院）,稲津大祐（東京海洋大学学術研究院）,古山精史朗（東京海洋大学学術研究院）

他機関との共同研究の有無：有

木戸元之（東北大学災害科学国際研究所）,富田史章（東北大学災害科学国際研究所）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京海洋大学
電話：
e-mail：
URL：https://www.kaiyodai.ac.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：中東和夫
所属：東京海洋大学学術研究院

令和６年度年次報告

課題番号：TTR_01

（1）実施機関名：

鳥取大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）地方自治体の地震災害対策に貢献するための基盤情報の整備と共有
（英文）Development and sharing of basic information for contributing to earthquake disaster mitigations by local governments

（3）関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
エ. 大地震に起因する災害リスクの事前評価手法

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
イ. 内陸地震
3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化
ア. 強震動の事前評価手法
(2) 地震の災害誘因の即時予測手法の高度化（重点研究）
ア. 地震動の即時予測手法
(4) 地震・火山噴火の災害誘因予測・リスク評価を防災情報につなげる研究
地震
4 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

（5）本課題の５か年の到達目標：

鳥取大学が立地する地元自治体である鳥取県と連携し，県が実施する地震被害想定の不確実性を低減するために必要となる，①ひずみ集中帯での震源断層の合理的な設定，②地下構造モデルの充実，③地域固有の条件を考慮した構造物被害，④これらを踏まえたリスク評価，の高度化を全計画を引き継ぎつつ実施する。また，自治体震度計ネットワークの利活用を推進し，リアルタイムで震度を把握できることを災害対応に繋げる仕組みを自治体と共同で構築する。加えて，地域の地震活動，想定すべき地震と地震動および被害想定を地域住民に伝え，「わがこと」として正しく理解されるための方法の構築についても地元自治体と連携して継続実施する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

令和６年度は，地域評価による地震発生確率が高いものの明瞭な活断層が少ない鳥取県での想定地震について，既往調査を整理して震源像を模索する。山間部を含む堆積地盤の地盤震動特性と地下構造モデルの構築を継続し，鳥取県震度計ネットワークからの１秒パケットを用いたリアルタイム震度分布の高度化を試みる。加えて，防災リテラシー向上に資するアウトリーチコンテンツの充実を図る。令和７年度は，微小地震活動を反映した鳥取県での合理的な想定地震の設定を模索する。地震活動を可視化するの構築などで，地域への普及活動を継続する。震度リアルタムシステムでは，被害の簡易想定を試みる。地盤造成地や斜面における地盤調査を継続するとともに，アウトリーチ活動を展開す

る。
令和８年度は，GNSS観測による成果も取り入れた，鳥取県で想定すべき地震像を提案する。地盤震動特性と地下構造モデルを充実するとともに，建物震動特性についても検討を進める。震度リアルタイムシステムの運用，アウトリーチ活動を継続する。
令和９年度は，鳥取県で想定される地震像に基づき，強震動予測に必要なモデル化をおこなうとともに，地盤の非線形応答についての検討を試みる。震度リアルタイムシステムを継続運用し，アウトリーチ活動を継続するとともに振り返りを実施し，活動のさらなる充実を図る。
令和10年度は，得られた地下構造情報をWeb-GISに取り込み，分かり易い形で公開するとともに，成果を総合した強震動評価を実施する。また，震度リアルタイムシステムにも新たな地盤モデルによる増幅率を導入するなど高度化を図る。これらの結果を自治体および県民と共有し，今後の防災活動への課題を整理する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

今年度の実施内容と成果は以下の５項目である。

(1) これまでの地震火山観測研究においてデータを蓄積している，山陰地域の主に南北測線で実施したMT法探査結果を総合的に逆解析することで，鳥取県域の３次元比抵抗構造を推定した。その結果，低比抵抗領域の上部に中小地震発生域(地震発生層)が，また下部に深部低周波地震発生域が対応していることが見えてきた。引き続き解析の精度を上げるとともに，想定活断層また地表からは明瞭ではない震源断層の合理的な設定に向けた検討を続ける。

(2) 令和６年能登半島地震の現地調査を実施し，鳥取県の地震被害想定にも参照できる地下構造と被害の関係について検討した。具体的には，砂丘地の末端部にあたる河北郡内灘町の液状化および側方流動の被災域，日本海沿岸の平地である輪島市内などを対象とした。特に輪島市内では，被害の様相が異なる３地点で地震計５台によるミニアレイ観測を実施した結果，H/Vスペクトルによるピーク周期はほぼ同じであるものの表層Ｓ波速度が大きく異なり，被害の大きかったビル倒壊地点付近に旧河道のような軟弱層が分布していることが示唆された。鳥取市街にも旧堀跡や旧河道が分布しており，地下構造が地震被害に及ぼす影響として考察を深めたい。

(3) 鳥取市鹿野町で1943年鳥取地震に耐えた伝統的木造住宅２棟について，微動を用いた建物振動特性の把握をおこなった。うち築124年とされる２階建てでは，地盤と建物で同時観測した記録から，長手方向と短手方向の卓越周期と減衰係数を，人力加振による振動と微動に基づくRD法を比較し，微動のみでも振動特性を効率的に評価できることを追認した。これらに地盤との応答倍率から耐震性能を評価すると，両方向とも大地震で倒壊の恐れが大きいとの結果になった。2016年鳥取県中部の地震では，鹿野町で震度５強が観測されたが両住宅に顕著な被害は見られていないことも反映して，鳥取県に特有の伝統的木造建築の被害率算定などの検討を深めたい。

(4) 鳥取県の地盤震動特性や地震活動を県民に伝えるため，①鳥取県の地震とは？，②南海トラフ地震で鳥取はどうなる？，③耐震性の重要点！，について学生とのやりとりを含めた14分強の動画教材を作成した。今後，大学・県を通じた配信で県内の防災リテラシー向上を図りたい。

(5) 前計画から引き続き，鳥取県震度計ネットワークを活用したリアルタイム震度分布把握システムを管理・運用し，有感地震のリアルタイム震度および最終推定震度分布を鳥取県危機管理部と共有し，防災部局による知事説明用資料を作成して提供している。今年度は新たな開発を実施していないが，震度暴露人口や被害のリアルタイム把握についても対応を進める予定である。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

上記成果のうち，(1)は「1 地震・火山現象の解明のための研究 の(5) 震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化 の イ. 内陸地震」と関係が深く，その成果を想定震源断層の設定に活用している。鳥取県では，令和７年度より次期の地震被害想定の更新を予定しており，(2)，(3)の成果とともに実務

での検討材料を提供したいと考えている。

(4)は「4 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究 の (2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究」との関連が深く，本県議一連の成果を地元鳥取県に展開するパイロット・プロジェクトとなっている。今後，県をはじめ市町村へも取り組みを広げていきたい。

また(5)は「3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究 の (2) 地震の災害誘因の即時予測手法の高度化（重点研究） の ア. 地震動の即時予測手法」と関連しており，実務で活用する鳥取県のニーズに沿った開発などに取り組みたい。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

野口竜也・西村武・香川敬生，2025，1943年鳥取地震における吉岡断層近傍の地盤震動特性と地盤構造，日本地震工学会論文集，印刷中.,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

Shiozaki, I., Uto, T., Uyeshima, M., Iio, Y., Murakami, H., Oshiman, N.,2024, Magnetotelluric investigations in the Chugoku and Shikoku regions, southwestern Japan: close relationships between resistivity structure and seismic activities, The 26th Electromagnetic Induction Workshop (EMIW2024),4P08.

西本壮汰・香川敬生・野口竜也，2024，微動探査による鳥取市浜坂及び湯山地域の地盤震動特性と地盤構造の推定，土木学会中国支部大会，Ⅰ-15.

香川敬生, 2024, 令和6年能登半島地震による上越市域の被害と地盤震動特性, 土木学会第44回地震工学研究発表会, D22-250.

野口竜也・香川敬生・西川隼人, 2024, 令和6年能登半島地震の被害地域 –珠洲市・能登町・七尾市・輪島市・内灘町– における微動観測, 土木学会第44回地震工学研究発表会, A12-375.

香川敬生・吉田昌平・宮腰研, 2024, 2024年能登半島地震で観測された強震動とスペクトル距離減衰式の比較, 地震学会2024年度秋季大会, S15-08.

吉田昌平・宮腰研・香川敬生, 2024, 震源インバージョン解析および経験的グリーン関数法を用いた2024年能登半島地震(Mw7.5)の広帯域震源モデルの構築, 地震学会2024年度秋季大会, S22P-10.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

鳥取県での想定地震について，比抵抗構造，地震波速度構造に微小地震活動を反映した合理的な設定を模索する。地震活動を可視化するWebページを構築し普及活動に利用する。地盤造成地や斜面および日本海沿岸に特徴的な砂丘地における地盤震動特性と地下構造モデルの構築に取り組み，アウトリーチ活動を継続的に展開する。また，震度リアルタムシステムでは，震度暴露人口や想定被害の視覚化を検討する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

香川敬生（鳥取大学工学部）,塩崎一郎（鳥取大学工学部）,野口竜也（鳥取大学工学部）

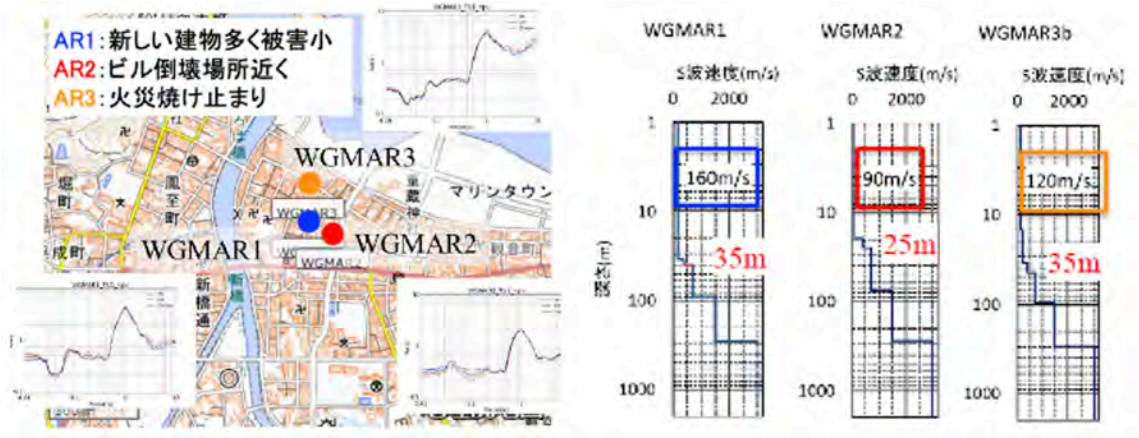
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

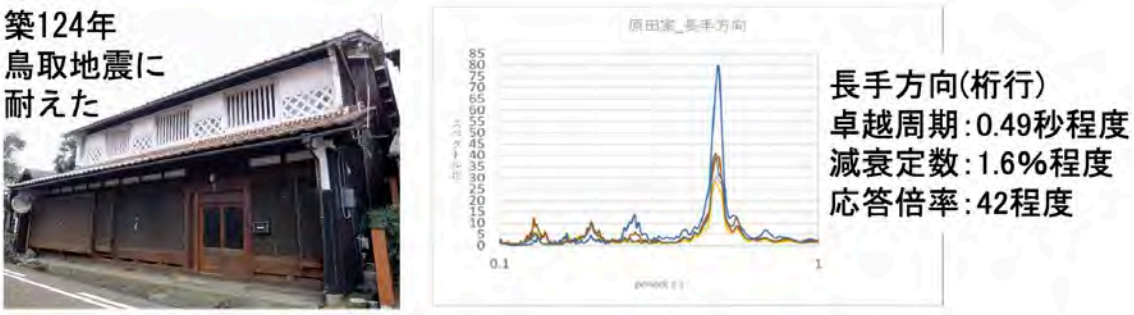
部署名等：鳥取大学工学部社会システム土木系学科地圏環境工学研究室
電話：
e-mail：
URL：https://geosd-tottori-u.jimdosite.com

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：香川敬生
所属：鳥取大学工学部社会システム土木系学科



令和６年能登半島地震で被害を受けた輪島市街での微動探査結果



微動を用いた鳥取市鹿野町における伝統的木造建築の振動特性把握

県民向け動画コンテンツの抜粋

令和６年度年次報告

課題番号：TYM_01

（1）実施機関名：

富山大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）弥陀ヶ原火山およびその周辺における地球物理学的観測による火山・地震活動モニタリング
（英文）Monitoring volcanic and seismic activities by geophysical observation in and around Midagahara volcano, Toyama, Japan

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
イ. 内陸地震
ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(6) 高リスク小規模火山噴火

（5）本課題の５か年の到達目標：

地盤変動観測：地獄谷内において，水準測量やGPS観測を実施し，変動の推移や熱水・ガスだまりの体積の経年変化を明らかにする。また，これまで水準測量で得られた変動源は期間によって変動源が異なる問題があることから，統一的なモデルを構築する。さらに，地獄谷内でレーザー測量や写真測量を実施し，面的に地盤変動を捉えることを目指す。一方で，後述の熱観測から明らかになる熱活動との対応関係についても解明する。

地震観測：飛騨山脈にある活火山の下では深部低周波地震が観測されている。活火山の下で，震源が最上部マントルから中部地殻まで線状につながって分布することから，マグマ活動に関係することが推察される。流体の移動など，火山活動に関連する地震活動を把握するために，震源の時間変化や発震メカニズム，地表活動との関連性を明らかにする。また，マグマ供給源について把握するために火山深部の減衰構造について調査を進める。弥陀ヶ原火山に近い跡津川断層などで発生する非火山性地震についても解析を行う。一方，変動源と地下構造の対応を明らかにするために地獄谷内で地震波を用いた浅部構造探査を実施する。

熱観測：本課題でもUAVによる熱活動観測を継続する。高温域の分布とその経年変化を解析することで，地下の熱水流動経路に時空間的制約を与えるだけでなく，地盤変動との関係にまで踏み込んだ検討を行う。

地中レーダーを用いた浅部構造探査：地獄谷内には多数の温泉湧出孔，火山噴出孔が存在する。隣接する温泉噴出孔であっても，温泉水の化学組成や水位が異なることが分かっている（例えば，Seki et al., 2019）。これらの違いは，帯水層とガス供給系の関係を反映していると考えている。浅部構造探査により帯水層やガスを供給する亀裂を捉え，温泉活動，ガス活動の理解を目指す。研究計画の項目で述べるように，毎年重点地域を決めて地獄谷内で地中レーダー探査を実施する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

令和6年度においては，現行課題の結果に基づき地盤変動観測は変動源があると考えられる百姓地獄～

新噴気帯で，地震観測は特徴的な地震がみられる立山カルデラ・有峰湖周辺でそれぞれ重点的に行う。GPS観測は7～10月に，水準測量は9月に実施する。面的な地盤変動を把握するべく，並行してレーザー測量・写真測量を年1～2回実施する。変動源と地下構造の対応を明らかにするべく，地震波や地中レーダーを用いた浅部構造探査も並行して実施する。熱活動と地盤変動との関係を明らかにするべく，UAVによる熱活動観測を9月に実施する。浅部構造探査は百姓地獄南側で実施する。
令和7年度においては，地盤変動・地震観測を継続して実施し，変動源解析・震源決定・メカニズム解析・減衰構造の解析を進める。熱活動観測や浅部構造探査も継続して実施する。地中レーダー探査は鍛冶屋地獄で実施する。
令和8年度においては，地盤変動・地震観測を継続して実施し，ここまでの結果に基づき地盤変動・地震観測網の拡張を図る。熱活動観測や浅部構造探査も継続して実施し，地盤変動との関係についても検討する。地中レーダー探査は紺屋地獄で実施する。
令和9年度においては，地盤変動・地震観測を継続して実施し，モデル等の改良と解釈を行う。熱活動観測や浅部構造探査も継続して実施し，地盤変動源との関係などについて明らかにする。地中レーダー探査は団子屋地獄で実施する。
令和10年度においては，観測の継続とともに成果のとりまとめ・論文投稿・データの整理を行う。地中レーダー探査は紺屋地獄で実施する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

1．地盤変動観測

2024年9月3・10日に地獄谷内にて水準測量を実施した。2023年8月29・30日からの約1年間のBM. 1に対する地盤上下変動を図1に示す。全体としては隆起傾向であり、最大で0.8 cmの隆起が検出された。一方で、八幡地獄～百姓地獄にかけては最大0.7 cmの沈降が検出された。新噴気帯の一部でも沈降がみられた。2016年から2024年までの8年間の地盤上下変動を図2に示す。この8年間では、鍛冶屋地獄では隆起（最大4.1 cm）、それ以外の地域では沈降（最大6.2 cm）であった。
水準測量のほか、地獄谷内の3か所でGNSS観測を実施している。このうち百姓地獄（MDGE）と新噴気帯（MDGB）のGNSS観測点の時系列変化を図3に示す。併せて近隣の水準点の水準測量から得られた上下変動も示した。GNSS観測から得られる上下変動の傾向は水準測量から得られる上下変動と矛盾しない。
2021～2022年水準測量とGNSS観測から得られた変動をモデル化したところ、地獄谷下深さ3 mに鉛直な開口割れ目が得られた。この割れ目の深さ以下は2023年10月に実施されたレーダー探査で構造を得ることができず、水が多く含まれていると解釈されている。このことから、この割れ目は帯水層に対応していると考えられる。また、この割れ目は2020～2021年の変動も説明できる。一方で、2016～2020年の変動はこの割れ目では説明することができない。2020～2021年は地獄谷の地盤が全体的に沈降から隆起に転じた期間であり、変動源に変化があったのかもしれない（Hotta, Accepted）。
地獄谷ではInSARによる有意な変動はALOS衛星の運用が終了した2011年以降報告されていないが、試みに欧州宇宙機関（ESA）が提供しているSentinel-1のデータを用いて2016～2024年の変動（衛星方向）を解析した（図4）。上述の水準測量で得られた上下変動パターン（鍛冶屋地獄で隆起、他地域では沈降）と大きな矛盾はないように見える。

2．地震観測

2020年9月28日～10月5日にかけて剱岳周辺で発生した群発地震について解析を行った。手動決定の結果、これらの地震は深さ5.5 km付近で集中して発生していた。メカニズム解は正断層型の割合が多かった。
地獄谷内の八幡地獄～百姓地獄に南北に設定した120 mの長さの側線沿いに地震波の減衰について調査した。溶融硫黄の存在している場所では地震波減衰が大きく、地震波伝播速度が遅いことなどが確認された。

3．熱活動観測ほか

地表で観測される、噴気活動、温泉活動、地盤変動を、比抵抗構造から推定されている浅部熱水ガス溜まりと関係づけるためには、経路など浅部構造（深さ100 m以下）の理解が不可欠である。今年度は地下構造を推定する試みとして、小規模な電気探査を百姓地獄で実施した（図5）。東西、南北2測

線での2次元構造を得るための解析を行っているところである。現時点で得られている1次元構造を図6に示す。第1層は水に富む砂礫層、比抵抗の高い第2層は固結した硫黄溶岩の層、比抵抗の低い第3層は帯水層と解釈される。比抵抗が10^{-3} Wmと非常に低いが、これは百姓地獄の温泉湧出孔でみられる塩化物イオンに富む強酸性の温泉水の存在を示していると考えている。また、この第3層が2021～2022年の地盤変動から得られ、帯水層と解釈された割れ目（Hotta, Accepted）に対応するかもしれない。2024年には、火口湖であった大安地獄の湖水が完全に消失するという現象を確認した（写真1）。室堂山荘旧オーナーの佐伯千尋さん（70代、私信）によると、佐伯さんが子供のころには既に大安地獄は火口湖であったとのことである。2023年には、大安地獄の西方にあるソウメン滝で記録上はじめて水が枯れたことを確認している。これらの現象が火山活動と関連しているかは現時点では不明である。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

2021～2022年の水準測量・GNSSを統合解析することにより地獄谷下深さ3 mに割れ目状の変動源が得られた。この深さは昨年度実施したレーダー探査や今年度実施した電気探査とも矛盾しない。また、この割れ目は2020～2021年の変動へも適用可能であるが、2016～2020年の変動にはこの割れ目を適用することがきない。一方で、近年はこれまで集中的に観測を行ってきた地獄谷の中心部ではなく地獄谷の西部で大安地獄の湖水の干上がりなどの異常現象が確認されている。今後はInSARやレーザー測量・写真測量の解析の結果も統合して統一的なモデルの構築を目指すとともに、異常現象が確認されている地獄谷西域での観測も実施していくことが重要である。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Hotta K., Accepted on February 11, 2025, Ground deformation in and around Jigokudani valley, Tateyama volcano, Japan, during the period of 2021-2022 revealed from combined data of leveling surveys and GNSS observations, Earth, Planets and Space.,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

岡田翔矢・勝間田明男・堀田耕平，2024，飛騨山脈及びその周辺における三次元減衰構造の解析，日本地震学会2024年度秋季大会，S06P-05.

中村文哉・石崎泰男，2024，テフラ層序から見た弥陀ヶ原火山の完新世噴火履歴，日本火山学会2024年秋季大会，P43.

金内亜紋・石崎泰男・石川尚人・堀川恵司，2024，地獄谷縞状湖沼堆積物を用いた弥陀ヶ原火山の完新世噴火履歴の精緻化，日本火山学会2024年秋季大会，P44.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

1．地盤変動観測

地獄谷における水準測量、GNSS観測を継続する。異常現象がみられる地獄谷西部での繰り返しGNSS観測を新たに開始する。InSARやレーザー測量・写真測量の解析も統合し、統一的なモデルの構築を目指す。

2．地震観測

弥陀ヶ原火山周辺での地震観測を継続する。今年度は剱岳周辺で発生した群発地震のメカニズムを推定したが、来年度は他地域で発生した地震のメカニズムについて比較検討する。

3．熱活動観測ほか

今年度は温泉湧出孔などを避けて探査を行ったが、来年度は温泉湧出孔近傍で電気探査を行うことに

より表面活動と浅部熱水溜りとの関係に迫るつもりである。
これまでの観測は、噴気活動や熱水活動が活発な地獄谷中心域で行われてきたが、来年度からは異常現象が確認されている地獄谷西域での観測も検討していく。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

堀田耕平（担当者・総括）（富山大学学術研究部都市デザイン学系）,渡邊了（担当者）（富山大学学術研究部都市デザイン学系）,石﨑泰男（担当者）（富山大学学術研究部都市デザイン学系）,勝間田明男（担当者）（富山大学学術研究部都市デザイン学系）,安江健一（研究協力者）（富山大学学術研究部都市デザイン学系）,立石良（研究協力者）（富山大学学術研究部都市デザイン学系）
他機関との共同研究の有無：有
大見士朗（研究協力者）（京都大学防災研究所）,大倉敬宏（研究協力者）（京都大学大学院理学研究科）,早川裕弌（研究協力者）（北海道大学大学院地球環境科学研究院）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：堀田耕平
所属：富山大学学術研究部都市デザイン学系

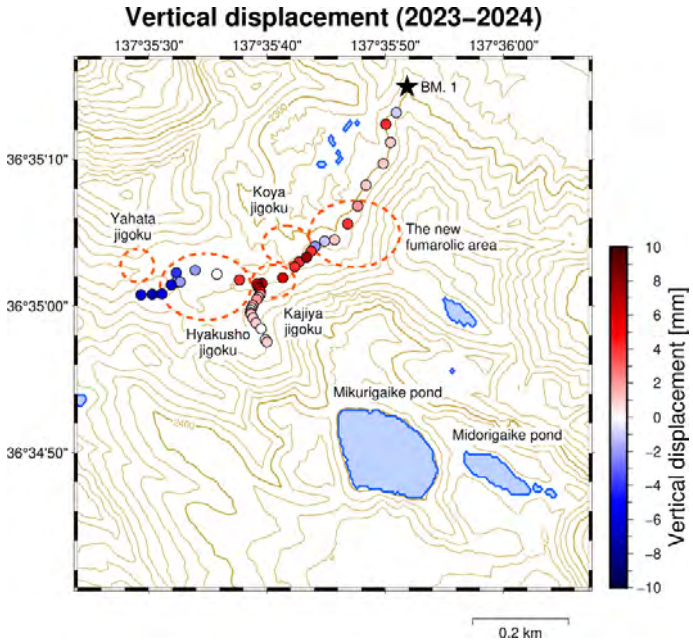


図1：2023年8月下旬から2024年9月上旬のBM. 1に対する上下変動。

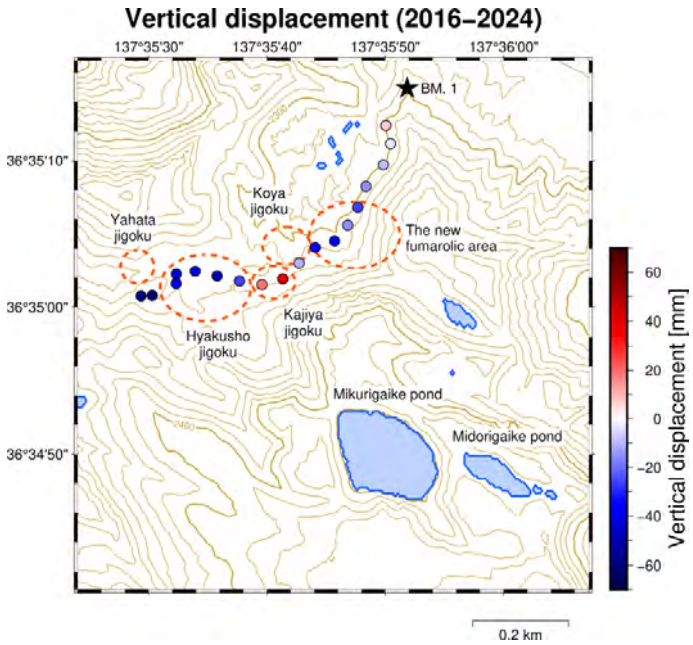


図2：2016年10月から2024年9月のBM. 1に対する上下変動。

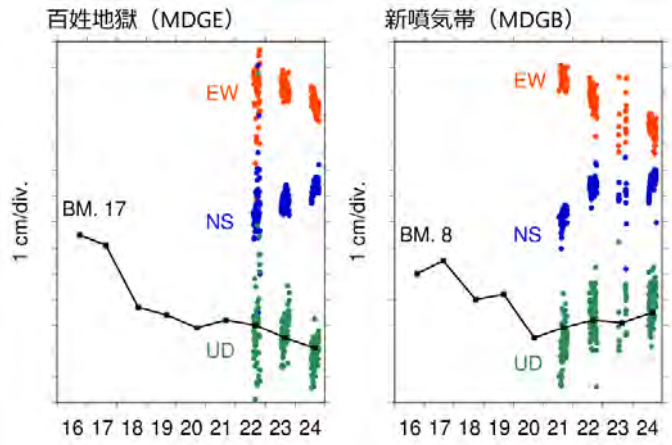


図3：百姓地獄（MDGE）と新噴気帯（MDGB）のGNSS観測点の時系列変化。
基準点はGEONET観測点041138で、オレンジが東西、青が南北、緑が上下成分。黒い折れ線は近隣の水準点のBM. 1に対する上下変動。

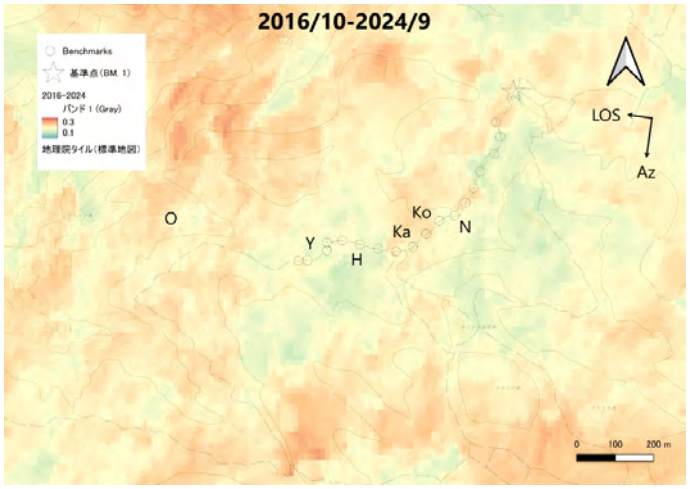


図4：2016年10月から2024年9月のInSAR解析結果。
O、Y、H、Ka、Ko、Nはそれぞれ大安地獄、八幡地獄、百姓地獄、鍛冶屋地獄、紺屋地獄、新噴気帯、☆はBM. 1、〇はBM. 3～20。

図5：百姓地獄で実施した電気探査の測線。

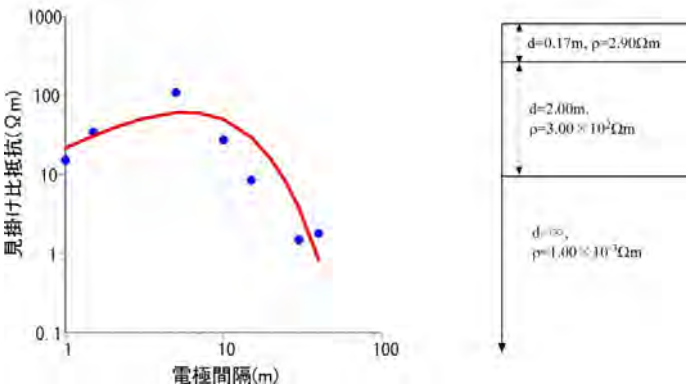


図6：百姓地獄における電気探査から得られた1次元構造。

写真1：2023～2024年の大安地獄の変化。

令和６年度年次報告

課題番号：TYM_02

（1）実施機関名：

富山大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）災害誘因に基づく人の移動行動の想定・推定モデルによる避難リテラシーの向上
（英文）Improvement of Evacuation Literacy based on Assumption and Estimation Model of Human Movement Behavior from Disaster Triggers

（3）関連の深い建議の項目：

４ 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

（4）その他関連する建議の項目：

４ 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明
５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(2) 首都直下地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

災害素因の背景にある社会のレジリエンス力を発揮する対象として、被害量ならびに対応量の想定は必要である。しかし、実災害の過去データに基づく予測モデルが主流であり、理学的な誘因に基づいた予測モデルの研究開発は十分に行われてこなかった。これは理学的な誘因が社会的素因に与える影響および関係性が解明されず、また、単一分野に閉じた単純モデルでの予測手法を中心としたためであると考えられる。
課題担当者らは「想定・推定・実際」の3つの視点に基づく情報を効果的に連携させることで、誘因の変化に対応した一歩先を見越した災害対応を実現することを目標とし、本課題を実施する。具体的には、発災後の人の動きの実態を踏まえ、想定・推定モデルを構築するとともに、人の動きに対する実際を把握する手法を開発し、この実装を通して避難リテラシーの向上を目指す。
発災後の人の動きとは、「避難行動→避難生活→仮住まい→生活再建」と変化するものであり、避難生活についても避難所避難だけでなく在宅避難や施設避難、車避難など多岐にわたる。阪神・淡路大震災と新潟県中越地震、中越沖地震を比較すると、余震の大きさに比して発災後の人の動きが変化していることが実証されている。具体的には、1995年の兵庫県南部地震および2004年の新潟県中越地震の結果を比較すると、兵庫県南部地震では約55％の被災者が自宅にとどまったものの、中越地震では約15％の被災者が自宅にとどまり、その差は大きい事実がある。
本研究では、災害発生後の人の移動行動に対して、その状況を想定・推定するモデルを開発するとともに、実際状態を把握する手法を開発した上で社会においてシステム化し、時間差なくモデル修正ができる仕組みを考える。これまでの準備状況としては、１）人の動きに関する実際の状況把握のための社会調査、２）避難所での行動把握のための情報システムの開発等をおこなっており、これらを活用することで研究の実現性を高める。くわえて、観測研究の科学的知見に基づく訓練等を通した社会実装により、避難リテラシーの向上を推進する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

本課題研究では、情報科学分野におけるデータサイエンスならびに空間統計学を用いた高度な分析によって移動行動の推定モデルを開発するとともに、移動行動の1つとして「避難」に着目し災害対応時

の情報システムへの実装を通して、社会の災害対応力の向上を推進する。あわせて、本研究の成果から地震・火山観測に関する時系列での情報要求を整備し、発展的な地震・火山観測研究の実現に向けたフィードバックを行う。特に、避難状況の実態把握においては、過去災害における避難に関する調査を実施し、地域特性や個人特性等からの避難策パターンを特定する。地震の振る舞いについては、調査対象となる災害時の時系列観測データを収集し、時空間パターンを割り出す。これらを統合的に分析することにより、避難状況を推定するモデルを開発する。さらに、災害後に観測されるデータから準リアルタイムで推定する情報システムを開発・実装し、地域や行政における災害対応の基礎とした活用を推進する。

令和６年度においては、基礎となるデータ収集を実施する。2度の震度7を観測した熊本地震や一定時間をおいて群発する福島県沖地震、令和６年能登半島地震などを事例として、過去災害における避難に関する調査を実施する。地域特性に関しては、災害発生の直近の国勢調査結果や国土数値地図、民間が整備する空間データ等を活用し、地域のパターン分析を実施する。また事例とした地震災害に対して、地震観測データを収集し、データ圧縮・ノーマライズすることで操作可能なデータとして整備する。

令和７年度においては、避難に関する調査結果、地域のパターン分析結果、圧縮済み地震観測データに対して多変量解析により、関係性を解明する。特に避難行動も時間経過にともなって変化することを考慮する。さらに、地震観測データに対しても一連の地震活動であっても、地震の振る舞いは幅を持って発生することを考慮するとともに、それぞれに空間特性を有することから、自己相関および時空間データの多変量解析を実施することで、相関の強いパターンを特定する。これを観測済みデータから導出可能な1つのモデルとして位置づける。

令和８年度においては、避難状況の未来予想を実現することを目的として、2年目に構築したモデルに対し、推定可能なパラメータを設定することで将来予測モデルの構築を実施する。とくに、時系列データの将来予測においては、過去での避難および地震の振る舞いに関する観測実績に対して平準化および現状に関するフィルタリングを行い、状態遷移とベイズ更新を繰り返して推定する状態空間モデルによる推定方式を検討する。避難状況推定に対して適合可能性を検証し、モデル改善を繰り返す。

令和９年度においては、自律型学習の整備を推進する。これは、避難状況の推定において必要となるデータを自動的に収集し、準リアルタイムに推定する基盤を整備するものである。地域特性に関するデータは事前に整備し再利用可能な状態とする。一方で地震の振る舞いに関するデータは、時系列データとして必要分を切り出し、一時的なアーカイブにより分析可能とする。これを自動で繰り返す仕組みとして整備する。各自治体で公開される避難実績と照らし合わせて評価し、有用性の検証を実施する。

令和１０年度においては、モデルを避難の状況想定・推定に反映させた災害シナリオを構築し、様々な自治体や組織、地域での訓練を通して、その有用性を実証する。そのためには、訓練前の研修プログラム、訓練時の実行プログラム等が必要となるため、効率的・効果的な訓練プログラムを設計する。プログラム設計においては、代表的な業務改善モデルであるPDCAサイクルを位置づけ、各フェーズにおける実施項目を整理し体系化する。あわせて、Check（評価）の指標、Action（改善）の主要な視点を整理し、全体をパッケージとしてとりまとめる。実証の対象とする自治体を中心に他自治体・他地域への横展開を促進し、社会全体の避難リテラシーの向上を推進する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

災害誘因に基づく人の移動行動の想定・推定モデルによる避難リテラシーの向上を目指し、本研究では令和6年能登半島地震において被災した富山県を事例として、調査分析を実施した。特に、避難条件として「避難開始判断」にのみ焦点があてられながらも、富山県での避難は長時間の津波警報発令にもかかわらず避難を終わらせる被災者が確認できたことから「避難解除判断」に焦点をあてることとした。

まず、令和6年に発生した能登半島地震では、富山県内で震度5強を観測するとともに、16時12分に沿岸部へ津波警報が発令された。富山県としては、強い揺れに伴う津波警報発令が初めてということもあり、多くの住民は避難行動を開始したと思われた。一部、メディアでも報道されたが、車での避難が中心となったことから、県内の至る所で渋滞が発生した。2011年東日本大震災の際にも同様に、車での避難途上で渋滞に巻き込まれ命を落とすケースが確認されており、問題視され、原則徒歩での避難が推奨されている。しかしながら、富山県では車を中心とした避難となり、これまでの「まなび」

が活かされない現実もあった。そのため、富山県災害対応検証会議においても、車での避難を容認するか、徒歩でのみ避難とするかについて意見が分かれ、議論が重ねられた。しかしながら、富山県の地形特性を考えれば、徒歩で避難できる場所も少なく、かつ津波襲来までの時間が短い中でより遠く・高くへ移動するためには、車での移動を禁止することは現実的ではなかった。これらを踏まえ、渋滞発生の様相や、その他、地域ごとでの避難実態を把握しつつ、確実な避難を実現するための調査分析が必要となった。

令和6年度では、大きく2つの調査分析を実施した。1つめは、「富山市と連携した人流データに基づく分析」であり、2つめは「富山県全域を対象としたアンケート調査による実態把握分析」である。

1)富山市と連携した人流データに基づく分析

人流データ分析では、携帯電話やスマートホンから取得される位置情報データを対象として、富山市内で時系列的にどのような移動がなされていたかを調査した。これは、能登半島地震の発生が「元旦」という1年の中でも特異的な日であることを考慮し、2023年1月1日16時～24時、2024年1月1日16時～24時を対象に、10分ごとの人流データを対象とした。前日が大晦日であること、他の日と比較しても元旦の特異性を排除できないことから、1年前の元旦および直前の状況と比較することで、避難の実態が把握できると考えた。

この位置情報データを対象とした分析では、渋滞の確認だけでなく、沿岸部では近場に集合している状況が確認された。また、津波警報は注意報に切り替わる（翌2日1時15分）までに9時間発令され続け、津波注意報はその後、同日10時までの9時間発令され続けた。津波警報・注意報が完全に解除されるまでの時間は、災害発生から18時間であった。しかしながら、人流データを分析すると、発災直後から沿岸部から市内（内陸・山側）および近隣の山（呉羽山や太閤山）への移動がなされたものの、2～3時間がピークとなり（図1）、その後には移動が分散を始め、元の場所や他の場所へ移動がなされたと見られた。

この調査分析によって、津波警報が解除される9時間でさえも待たずに、避難した住民が避難をやめる行動をとっていたと推察された。これは、津波警報の発令とともに避難を実施すること自体は評価ができるものの、警報が発令され続ける中で避難を終了させることは、被災リスクを高める行動となっており、その理由・根拠を明確にする必要があった。住民が長時間にわたって命を守るための避難行動を継続できない点から、ハザードリスクと避難情報発令の意義が理解されていないことを課題として取り扱う必要性が確認されたと言えた。

2)富山県全域を対象としたアンケート調査による実態把握分析

アンケート調査分析では、富山県を対象とし、ウェブアンケートによって住民の避難行動を調査する。特に、避難開始の条件だけでなく、避難継続および避難解除に至る条件についても調査する。先の人流データ分析から避難解除の条件が津波警報の発令解除でないことから、住民は何を考えて命を守る避難行動を終了したかを解明する。

ウェブアンケート調査による実態把握分析では、「避難開始判断」「避難継続判断」「避難解除判断」の3つの判断ポイントについて調査し分析を実施した。アンケート調査では、事前にスクリーニング調査を実施し、能登半島地震発生時に富山に居住していたこと、能登半島地震を知っていることを条件とした。回収された2,000件のうち、1,522件が該当した。これら1522件の回答者に対して本調査を実施した。本調査では、2024年11月21日～12月4日までの2週間で1,049件（68.9%）の有効回答を得た。本調査の質問は、前述の3つの判断ポイントに基本属性項目を加えた計29問で構成した。（図2）分析では複数項目でのクロス集計から、有意確率が0.01未満($p<0.01$)であり統計的に有意な差が確認された事項に焦点をあてた。以下に結果と考察を記す。

まず避難開始判断においては、海からの距離が影響しており、海から離れるほど避難開始の意識は低いことが明らかとなった。この結果から、今回の避難は揺れに対する避難よりも、津波に対する避難が多かったことが分かった。また避難した際の避難先は「高台」が36.5%で最も多く、続いて公共施設および施設の屋上（15.7%）、学校（12.5%）と続いた。つまり、公共施設を緊急的な避難場所として選定する傾向にあることが分かった。

避難継続判断においては、津波警報解除が発災から9時間後であるにも関わらず、2時間未満で帰宅したのは45.4%、10時間以上は6.2%にとどまった。5時間以上であっても避難した人のうち16.3%にとどまった。一方で、一度避難すると、過半数の人たちは同じ場所で滞在した。また、転々とする人や、一度帰宅する人などが一定数いたことが確認された。避難を長時間継続した理由を探ると、緊急的に

避難した場所に依ることが明らかとなった。長時間滞在可能な安定した場所では滞在時間を長く維持できたものの、高台や近くの建物では長居が出来ず、帰宅傾向にあると考えられた。緊急的に避難した場所に依ることが明らかとなった。安定した場所であれば長時間の避難を実施するものの、近所での一時避難では滞在意識は低いことが分かった。避難解除判断においては、「まわりの人の行動に誘発される」、根拠なく「安全と判断」したことに基づいて判断されていたことが明らかとなった。これは、同調性バイアスと正常性バイアスが顕著に表れたといえる。また、「疲労」「食事・トイレ」などの身体的・生理的な状態から、避難解除する判断に至っていた。これらの調査分析から、長期化する「リスク」が限界を与えており、情報に加えて身体的・生理的な状態を支援する仕組みが必要であると考えられる。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

「4. 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究　(2)地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究」に対して、令和6年能登半島地震を事例とした避難の実態分析を実施し、避難解除判断という新しい視点での現状と課題を明確化した。これは1事例にすぎないものの、今後、巨大災害の発生が危惧されるわが国においては、警報解除に至るまで長時間を要する地域も発生すると想定される。これらの地域で確実に命を守るためにも、本研究の成果は一定の意義を示したと考えている。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

中谷 茉樹,・井ノ口 宗成, 2024, 新聞記事の名詞出現実態からみる地域防災計画の評価手法の開発 －令和6年能登半島地震と富山県地域防災計画を事例として－, 地域安全学会論文集, No.55, pp.435-436,査読無,謝辞有

井ノ口 宗成・田村 圭子, 2024, GISを用いた津波避難困難区域内の既存施設活用にかかる効果分析 –岩手県久慈市を事例として–, 電子情報通信学会 ソサイエティ大会 論文集, pp.1,査読無,謝辞無

中谷 茉樹,・井ノ口 宗成, 2024, 新聞記事の名詞出現実態から見る令和6 年能登半島地震の時系列状況分析, 第23回情報科学技術フォーラム, No.23, pp.435-436,査読無,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

Maki Nakatani, Munenari Inoguchi, 2024, Time Series Analysis of the 2024 Noto Peninsula Earthquake based on Newspaper Articles -Development of a Corpus of Disaster Words Using Natural Language Processing-, Japan Geoscience Union Meeting 2024, HDS10-P06

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和7年度においては、避難に関する調査結果、地域のパターン分析結果、地震観測にかかるデータに対して多変量解析により、関係性を解明する。特に避難行動も時間経過にともなって変化することを考慮する。さらに、地震観測データに対しても一連の地震活動であっても、地震の振る舞いは幅を持って発生することを考慮するとともに、それぞれに空間特性を有することから、自己相関および時空間データの多変量解析を実施することで、相関の強いパターンを特定する。これを観測済みデータから導出可能な1つのモデルとして位置づける。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

井ノ口　宗成（富山大学 都市デザイン学部）

他機関との共同研究の有無：有

酒井 慎一（東京大学大学院 情報学環・学際情報学府）,木村 玲欧（兵庫県立大学 環境人間学部）,池田 真幸（防災科学技術研究所）,高木 康伸（気象庁総務部企画課地域防災企画室）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：都市デザイン学部
電話：076-411-4890
e-mail：inoguchi@sus.u-toyama.ac.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：井ノ口宗成
所属：富山大学 都市デザイン学部 都市・交通デザイン学科

図1　2024年1月1日16時と18時10分の比較（位置情報データ）

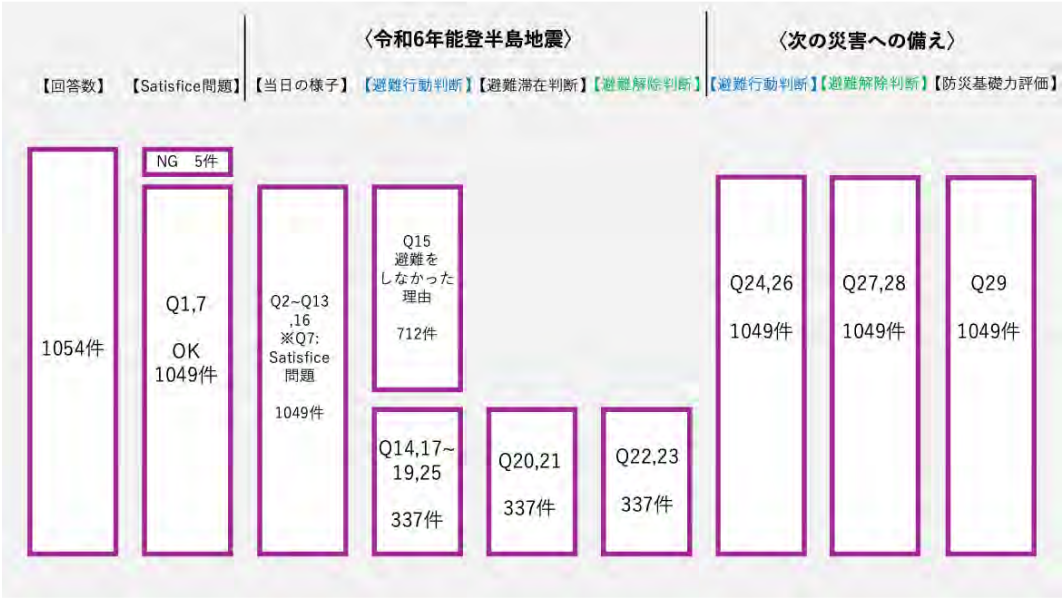


図2　アンケートの設問構図と回答数

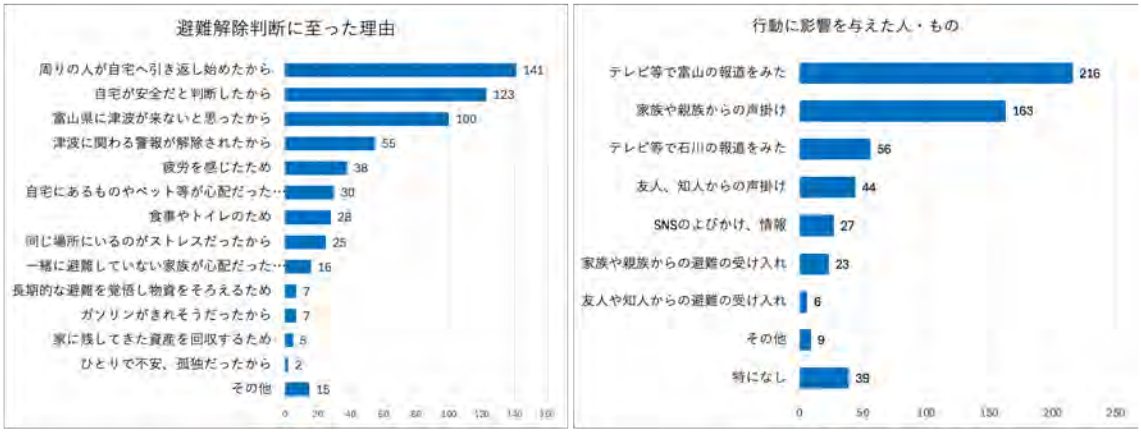


図３　避難行動解除にかかる要因

令和６年度年次報告

課題番号：TYM_03

（1）実施機関名：

富山大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）火口近傍の噴火堆積物の層序と時系列変動にもとづく小規模噴火の噴火履歴・噴火過程の解明

（英文）Understanding the history and process of small-scale eruptions based on stratigraphy and time-series variation of proximal eruptive deposits

（3）関連の深い建議の項目：

５分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(6) 高リスク小規模火山噴火

（4）その他関連する建議の項目：

１地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ウ. 地形・地質データの収集・集成と文理融合による解釈
２地震・火山噴火の予測のための研究
(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）
６観測基盤と研究推進体制の整備
(5) 社会への研究成果の還元と防災教育
(6) 次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成

（5）本課題の５か年の到達目標：

本課題では、従来の地表調査に加え、湖沼・湿原での調査も行い、過去の噴火事象の特定とその時間的推移の解読を進め、高リスク小規模噴火に該当する噴火の発生履歴を明らかにする。各噴火の規模、噴火周期や噴火卓越期の有無、水蒸気噴火とマグマ噴火の発生頻度まで明らかにしたい。噴火堆積物については物質科学的解析を行い、水蒸気噴火の発生源である熱水系やその下部に存在するマグマ系の物理化学的状態とその時間的進化、噴火メカニズムにまで踏み込んだ検討を行う。また近年の阿蘇中岳の１～２年間の噴火活動で採集された火山灰に対して岩石磁気学的分析を行い、岩石磁気学的性質と岩石学的な特徴の関係性、さらには岩石磁気学的性質の時間変化と噴火推移との関係性を評価する。

（6）本課題の５か年計画の概要：

本課題では、従来の地表調査に加え、湖沼・湿原での調査も行い、過去の噴火事象の特定とその時間的推移の解読を進め、高リスク小規模噴火に該当する噴火の発生履歴を明らかにする。各噴火の規模、噴火周期や噴火卓越期の有無、水蒸気噴火とマグマ噴火の発生頻度まで明らかにしたい。噴火堆積物については物質科学的解析を行い、水蒸気噴火の発生源である熱水系やその下部に存在するマグマ系の物理化学的状態とその時間的進化、噴火メカニズムにまで踏み込んだ検討を行う。また近年の阿蘇中岳の１～２年間の噴火活動で採集された火山灰に対して岩石磁気学的分析を行い、岩石磁気学的性質と岩石学的な特徴の関係性、さらには岩石磁気学的性質の時間変化と噴火推移との関係性を評価する。

年度ごとの計画は以下のとおりである。

［令和６年度］

草津においては、通常の地表調査と並行し、火口湖（弓池など）や湿原（芳ヶ平）での湖底または湿原堆積物の採取とテフラの検出を行う。検出された各テフラ及び溶岩体について年代測定・物質科学的解析を行う。阿蘇においては、近年の爆発的噴火に伴う堆積物調査と物質科学的解析を進める。また、噴火履歴に関する地質調査も実施する。また、阿蘇中岳2019-2020年噴火の火山灰試料について、磁性粒子の岩石学的記載を行う。すでに得ている岩石磁気学的データとの統合を行い、磁性粒子の時系列変化を把握する。

［令和7年度］

草津においては、主要調査地点を変えて前年度と同様の調査研究を継続する。白根、逢ノ峰、本白根、志賀の代表的水蒸気噴火のテフラについて物質科学的解析を行い、噴火発生場毎の熱水系の相違を明確にする。阿蘇（噴火履歴調査）においては、前年度の調査研究を継続する。また、阿蘇中岳2014-2015年噴火の火山灰試料の岩石磁気学的分析を行う。

［令和8年度］

草津においては、前年度と同様の調査研究を継続する。阿蘇（噴火履歴調査）においては、前年度までの調査研究を継続する。また、阿蘇中岳2014-2015年噴火の火山灰試料について、磁性粒子の岩石学的記載を行う。すでに得ている岩石磁気学的データとの統合を行い，磁性粒子の時系列変化を把握する。

［令和9年度］

草津においては、前年度までの調査研究を継続する。得られた知見を整理し、階段ダイアグラムと事象分岐系統樹を作成する阿蘇（噴火履歴調査）においては、前年度までの調査研究を継続する。また、阿蘇中岳2014-2015年噴火・2019-2020年噴火におけるそれぞれの磁性粒子の時系列変化を比較して、相違点を把握する。

［令和10年度］

草津においては、前年度までの研究を継続する。また、年度内に成果を取りまとめて、学術論文として公表する。阿蘇（噴火履歴調査）においては、中岳における水蒸気噴火の推移と特徴、さらに過去数千年間における噴火発生履歴をとりまとめて、学術論文として公表する。また、阿蘇中岳2014-2015年噴火・2019-2020年噴火におけるそれぞれの磁性粒子の時系列変化と地球物理学的観測データにみられる時系列変化の関係性を把握する。得られた成果を学術論文として投稿する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

草津白根火山では、弓池マールと武具脱池において層厚約50cmの湖底堆積物を採取し、その連続試料（コア試料）中に2～3層の水蒸気噴火テフラ層を検出できた（図1）。連続試料については高知コアセンターにおいてXRFスキャナーによる分析を行い、現在データを解析中である。また、弓池の連続試料についてはテフラ層直下の土壌の14C年代測定を現在依頼中である。

阿蘇火山中岳第1火口では、2021年10月に爆発的噴火が2回発生し、その降灰調査の結果を整理し、降下火山灰の分布や総量について検討した。10月14日および20日の火山灰ともに同火口から南東方向に分布しており、それぞれの総量は2500トンと47000トンであった（図2）。火山灰中の0.125～0.25 mm画分の粒子を観察したところ、両火山灰ともに構成物の4～5割程度は灰色～白色の岩片であり、ごく一部に新鮮に見えるガラス片も1割程度認められたが、顕微鏡観察や化学分析の結果から大部分のガラス片は変質したものであることがわかった。

熱磁気分析によって確認されていた、阿蘇火山2019-2020年噴火の火山灰試料のチタンに乏しいチタン磁鉄鉱は、マグマに含まれているものか、分析時の高温酸化によるものか（二次生成物）、を判別する必要があった。低温磁気測定を行った結果、チタンに乏しいチタン磁鉄鉱のシグナルが観察され、前者であることが示唆された（図3）。また、2014-2015年噴火の火山灰試料の岩石磁気測定を行った。2019-2020年火山灰試料とは異なる挙動が確認できた。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本課題では、従来の地表調査に加え、湖沼・湿原での調査も行い、過去の噴火事象の特定とその時間的推移の解読を進め、高リスク小規模噴火に該当する噴火の発生履歴を明らかにすることを目指している。今年度は、草津白根火山では湖底堆積物を用いた噴火履歴調査、阿蘇火山では近年のマグマ噴火の噴出物調査と岩石磁気学的解析を実施し、総合的研究「高リスク小規模火山噴火（建議の項目５

(6)」が目指している、「近傍に観光地を有する火山における災害リスク軽減」に貢献するための基礎データを着実に取得した。この2火山では多項目観測（地球物理学・地球化学）や社会調査も実施されるため、得られた成果を相互に参照しあうことで「火山の特性を踏まえた危険地帯の特定や多項目データに基づく客観的な火山活動評価」を進展させていきたい。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

宮縁育夫・長井雅史・中田節也・小澤 拓・古川竜太・石塚 治・南 裕介・コンウェイ クリス・伊藤順一, 2024, JVDNシステムを活用した降灰調査－阿蘇火山中岳2021年10月20日噴火の事例－, 火山, 69, 61-70. https://doi.org/10.18940/kazan.69.2_61,査読有,謝辞無

寺田暁彦・小川康雄・金幸隆・萬年一剛・石坂恒久・萬代洋信・石﨑泰男・亀谷 伸子・阪本真由美, 2024, 火山噴火と防災および観光シンポジウム2023―草津白根山、御嶽山、箱根山―：火山危機におけるコミュニケーションの改善へ向けて, 火山, 69, 87-98.https://doi。org/10。18940/kazan。69。2_87　査読あり,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

亀谷伸子・石崎泰男, 2024, テフラ層序からみた草津白根火山の完新世の噴火様式の推移, 日本地球惑星科学連合2024年大会, SVC30-P10

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

草津白根火山では、湿原域での地表調査に加え、弓池と武具脱池の湖底堆積物について追加での採取を実施し、連続試料（コア試料）から極小規模噴火の検出をおこなう。志賀火山（草津白根火山と火山群を構成する活火山）の大沼池でも同様の調査を実施する。採取した試料については、高知大コアセンター等で物質科学的解析を行う。

阿蘇火山中岳第1火口における2021年10月20日の爆発的噴火では、噴石や火砕流が発生して火口周辺域に甚大な被害を及ぼした。令和７年度は火口近傍域での噴出物の調査を実施し、同噴火の特徴を明らかにする。

阿蘇火山2014-2015年火山灰の岩石磁気測定を完了させ、時系列変化をまとめる。2019-2020噴火との比較を行い、物理観測結果と磁性変化の関係性について検討を行う。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

石﨑泰男（富山大学学術研究部都市デザイン学系）,石川尚人（富山大学学術研究部都市デザイン学系）,川﨑一雄（富山大学学術研究部都市デザイン学系）,横尾亮彦（京都大学理学研究科）,大倉敬宏（京都大学理学研究科）

他機関との共同研究の有無：有

宮縁育夫（熊本大学くまもと水循環・減災研究教育センター）,望月伸竜（熊本大学大学院先端科学研究部）,亀谷伸子（山梨県富士山科学研究所）,寺田暁彦（東京科学大学総合研究院）,穴井千里（高知大学海洋コア総合研究センター）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：富山大学学術研究部都市デザイン学系
電話：076-445-6656
e-mail：ishizaki@sus.u-toyama.ac.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：石崎泰男
所属：富山大学学術研究部都市デザイン学系

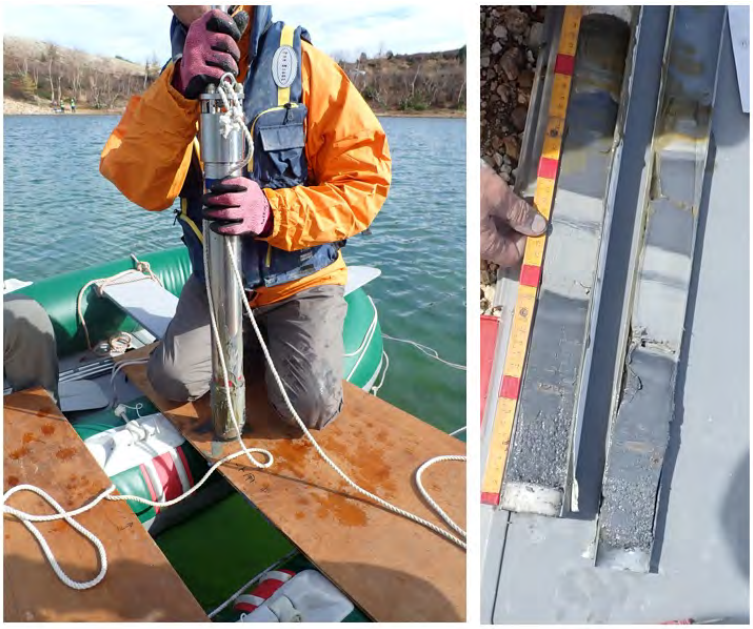


図1
草津白根火山弓池マールでの湖底堆積物の採取の様子（左）とコア試料（右）

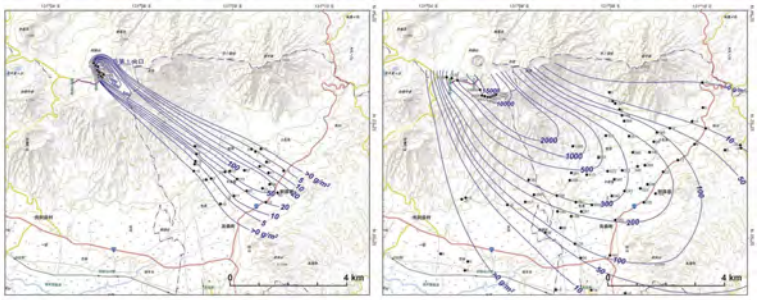


図2
阿蘇カルデラ南東部における2021年10月14日火山灰（左）および10月20日火山灰（右）の分布（単位g/m2）。地理院地図レベル14を使用。

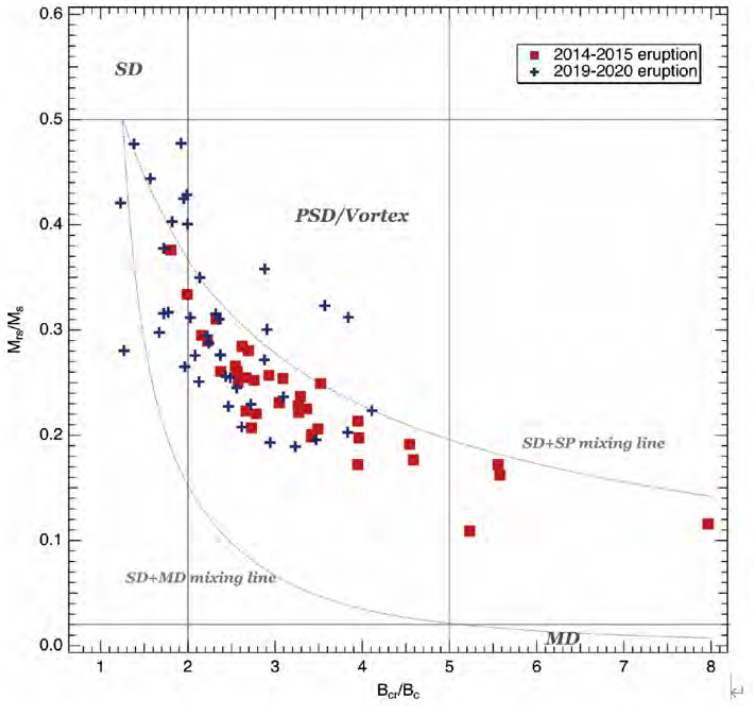


図3
ヒステリシス特性を示した図（Day plot）。縦軸に飽和残留磁化と飽和磁化の比、横軸に残留保磁力と保磁力の比を示す。2014-2015年噴火、2019-2020年噴火の火山灰のヒステリシス特性の分布には違いがある。

令和６年度年次報告

課題番号：UTH_01

（1）実施機関名：

東京大学史料編纂所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）史料による近代以前の地震・火山活動の調査・分析とその公開
（英文）Investigation and analysis of pre-modern earthquakes and volcanic activities based on historical materials and their publication

（3）関連の深い建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ア. 史料の収集・分析とデータベース化

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
地震
火山
４ 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明
６ 観測基盤と研究推進体制の整備
(3) 関連研究分野の連携強化

（5）本課題の５か年の到達目標：

前々期および前期の研究計画では、「機器による近年の記録だけでなく、より古い時代の情報も合わせた長期間かつ広範囲のデータの収集・分析を進める必要がある」との認識に基づき、史料のテキストデータや考古データのデータベース化に注力し、地震・火山噴火現象に関する知見が大きく上積みされた。

こうした状況を背景に、本研究課題は、近代的な観測データが整備される以前の地震・火山噴火に関連する史料を収集し、それに基づいたデータベースを拡充することによって、近代以前の地震・火山噴火に関する情報の基盤を形成し、長期的な地震・火山活動の解明と予測に関する研究に資することを目的としている。

今期研究計画においては、既公開の地震史料の校訂と新たな史料の収集により、前期研究計画で構築・公開した「地震史料集テキストデータベース」を拡充する。これはOCR等を活用して既刊の地震史料集をテキスト化し、データベースとして公開したものだが、既刊の掲載史料には信頼性の劣るものや、誤読・脱漏などもあり、より正確なデータとするためには歴史研究者による校訂が欠かせない。すでに校訂を開始しているが、今後5年間で『増訂大日本地震史料』に由来するテキストについては終了のめどが立つようにしたい。

前期計画では、史料本文中の地名への緯度・経度の情報の付与と地理情報システム上での表示に関するプログラムの開発に着手したが、試験運用に向けてその開発を進めることが、今期計画でデータベースの拡充を図るうえでの目標となる。それによって、他のデータベースとの連携や他分野の知見との融合が図れれば、地震・火山噴火現象についての理解の精度が上がる可能性があり、その点でも重要な研究である。

また、収集・蓄積した史料に基づいて、近代以前の地震・火山噴火の実態や、現代とは異なる社会状況の下で発生した災害のなかでの人々の行動や復興などに関する検討を進める。

（6）本課題の５か年計画の概要：

研究計画期間を通じて、以下の内容について計画を進める。「地震史料集テキストデータベース」の拡充については、東京大学地震火山史料連携研究機構の課題と連携して進める。

①今期研究計画において公開した「地震史料集テキストデータベース」に収録された史料について、原典史料による校訂を継続して実施する（令和6～10年度）。

②全国各地の史料所蔵機関に所蔵される日記史料を中心に地震・火山史料の収集を行い、新発見の史料については「地震史料集テキストデータベース」に順次搭載する。史料調査先として、令和6～8年度は主に西日本、令和9～10年度は主に東日本を予定している。

③蓄積した地震史料によって、19世紀初めから明治初年に至る全国各地の震動状況を分析する（令和6～10年度）。その結果を可視化し、可能なものから公開する。

④「地震史料集テキストデータベース」に収録された地名に位置情報を付与し、地図表示できるようにする。地名数が膨大になるため，史料から自動抽出する方式と、地名に位置情報を効率的に付与する方式の開発を行う。地震史料中の地名を人間文化研究機構の歴史地名データと照らし合わせながら地名データの整備を行う（令和6～10年度）。

⑤史料を活用して、個別の地震・火山活動の実態、人々の行動や復旧・復興などについて検討する（令和6～10年度）。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

1）前計画期間中に引き続き、地震史料集テキストデータベースの原典による史料校訂、およびデータ修正の作業を進めた。今年度は、これまで別々に行っていた史料校訂とデータ修正を一体の作業として行うこととし、増訂3および新収3の史料校訂・データ修正を進めた。

2）史料と史料に登場する地名の関係を、Web GISベースのシステムを介して可視化（地図上に表示）するために、令和3年度より、自然言語処理を専門とする情報工学研究者と連携して、AIによる史料中の地名表現の自動抽出、および地名表現のマークアップに取り組んでいる。今年度は新収3・4・4別を対象に、学習データの追加、および実践的な自動地名付与を行った。学習データを利用することにより、F値（＝適合率×再現率）は約0.54から約0.775（令和4年度）に向上していたが、今年度は0.839へとさらに向上した。人手で修正したデータを追加して学習させた場合は、0.840へと改善がみられた。

3）本研究課題に関連して以下の史料調査、分析を実施した。

①宇和島伊達文化保存会において、「宇和島伊達家文書」のうち『国元日記』（原題：大控、日記ほか）を中心に調査した。史料の分析から、日向灘を震源とする歴史地震の分析時に、宇和島の記録の有無は、震源判断の一助となり得る可能性があることが判明した。

②西条市立小松温芳図書館において、「小松藩会所日記」「高鴨神社日次記録」を調査した。既刊地震史料集未採録の「高鴨神社日次記録」からは、伊予での地震記事のほか、各地の地震伝聞情報などが得られた。

③熊本県立図書館において、「荒木（登志夫）家文書」を調査した。このうち『日記 大地震有之等諸事書付』は、昨年度調査した熊本博物館所蔵「東海道地震記録」に類する史料であることが判明した。この史料は、「東海道地震記録」を記した坂本淳蔵と同行していた人物が嘉永七年十一月四日の東海地震後の東海道の様子を記録したもので、同じ被害状況を別人が見た記録として比較が可能である。なお、「東海道地震記録」はその調査の成果をふまえて、熊本博物館で常設展示されることになった（2025年2月～）。調査・研究によって、地域に所蔵される史料の存在とその内容が広く紹介されるに至ったことは、災害に関する市民の理解や防災への意識を高めるうえでもきわめて重要な成果である。

④熊本大学附属図書館において、阿蘇大宮司家文書『日記』などを調査した。天保年間以降の阿蘇山の火山活動について詳細な記録を有する『日記』は、19世紀前半における阿蘇山の火山活動履歴構築の一助となる史料であることが判明した。

⑤奈良県吉野山桜本坊において桜本坊文書を調査し、家光・家綱期の老中松平乗寿らが寺社・公家とやりとりした書状の控のうちに、慶安二年六月二十一日（1649年7月30日）の江戸大地震に関する記述があることを発見した。

⑥佐伯市歴史資料館において、昨年度に引き続き「佐伯藩郡方町方御用日記」を調査し、地震記事を確認した。

⑦仙台市博物館において、「伊達家文書」を調査した。伊達吉村期の藩政史料をまとめた『獅山公治家記録』の一部、またその後の重村から斉邦に至る『六代伊達治家記録』を調査し、これまで未校訂であった『大日本地震史料』の該当部分の校訂を実施した。「伊達家文書」には膨大な近世史料が含まれており、今後も継続的に調査をする必要があると考えられる。
⑧高鍋町歴史総合資料館所蔵「高鍋城明和六年大地震破損覚書絵図」および東京大学史料編纂所所蔵「高鍋城図」を調査し、明和六年七月二十八日（1769年8月29日）の日向灘地震における高鍋城の被害について検討した。また、明治大学博物館において、この地震の関係史料を調査した。
⑨柳川古文書館において「立花家文書」を調査した。
⑩都城島津邸において、都城島津家文書「山田有長雑集」等を調査した。
⑪山口県文書館所蔵毛利家文庫「浦日記」について、昨年度までに全冊の撮影を完了したことを受け、史料の画像公開と記事の分析を行った。「浦日記」は既刊地震史料集に部分的に採録されているが、既刊史料集に示された記主の所在地（震動の記録された場所）の誤りと未採録の地震事例が多数判明した。
⑫The National Archives (UK)所蔵のCaptains’ logs, including BLOSSOM等の分析によって、小笠原諸島父島での1826年の津波とされる事象には気象災害の可能性が含まれており、発生時期に関する従来の理解にも誤りがあることが判明した。また、国立公文書館所蔵「小笠原島日記」等の史料の分析と数値計算によって、小笠原諸島父島に1854年安政東海・南海地震による津波が到達した時刻に関する史料の記述は概ね正しく、数値計算で求められる津波の振幅は史実を再現できることが判明した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

既刊地震史料集の電子化を完了し、地震史料集テキストデータベースを公開していることによって、建議の計画の概要2-1(1)に「長期間における地震・火山現象とそれに伴う災害を正確に把握するために、史料・考古・地形・地質データの収集と解析を継続するとともに、データベースの改訂や機能拡充を行う」とあることに、また、日記史料を中心に調査を実施し、地震・火山噴火に関する記事を収集することによって、(2)に「機器による記録のない過去の事象を取り扱うことが可能な研究手法として、史料・考古データの分析や、地形・地質学的調査、地質試料の分析・実験等を実施し、低頻度かつ大規模な地震・火山噴火の発生履歴、準備過程、発生過程に関する情報をできるだけ定量的に収集する」とあることに貢献できた。これは、計画の実施内容1-1アに「大学は、地震・火山関連史料集のデータベースを拡充する」とある計画にも該当する。今後は史料テキストの修正・補充、地名への位置情報付与とその地図表示の実現、史料の活用による地震・火山噴火の研究が課題となる。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

榎原雅治, 2024, 東海の災害・環境と交通路, 杉山一弥編『東海の中世３室町幕府と東海の守護』, 吉川弘文館, 192-219

水野 嶺, 2025, 十九世紀前半肥後国下の地震－中小地震記録の集積と分析－, 月刊地球, Vol.47, No.1, 6-14,査読無,謝辞有

杉森玲子, 2025, 小笠原諸島父島における「1826年1月の津波」の再検討, 月刊地球, Vol.47, No.1, 15-24,査読無,謝辞有

林 晃弘・水野 嶺, 2025, 熊本博物館所蔵「東海道地震記録」, 東京大学史料編纂所研究紀要, 35,査読無,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

杉森玲子, 2024, 小笠原諸島父島における「1826年の津波」の再検討, 日本地球惑星科学連合2024年大会, MIS17-O3

杉森玲子, 2024, 小笠原諸島を襲った1854年の津波, 巨大地震・巨大津波に関する国際研究集会 －2004年スマトラ・アンダマン地震から20年間の進歩と今後の展望－

水野 嶺・加納靖之・榎原雅治, 2024, 日向灘を震央とする近世の地震, 日本地震学会秋季大会, S23P-13

楠本 聡・今井健太郎・杉森玲子・堀 高峰, 小笠原諸島父島の1854年安政東海・南海地震津波, 日本地震学会秋季大会, S17-09

杉森玲子, 2024, 1769年明和日向灘地震における高鍋城の被害, 第12回歴史地震史料研究会

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：地震：歴史史料収集
概要：地震・火山噴火の記述がある史料を調査した。
既存データベースとの関係：地震史料テキストデータベース https://materials.utkozisin.org/
調査・観測地域：
調査・観測期間：
公開状況：

項目：地震：歴史史料収集
概要：地震・火山噴火の記述がある史料を調査、収集した。
既存データベースとの関係：日記史料有感地震データベース
http://wwweic.eri.u-tokyo.ac.jp/HEVA-DB/
調査・観測地域：
調査・観測期間：
公開状況：

（10）令和７年度実施計画の概要：

１）前計画期間において公開を開始した地震史料集テキストデータベースの本文について、原史料による校訂を進め、誤りを修正するとともに、収録されていない記事を補充する。
２）地震史料集テキストデータベースに含まれる地名を自動抽出し、位置情報を付与するための研究を進める。また、位置情報を与えて地名を地図上に表示するための方法を検討する。
３）近代以前の地震・火山噴火に関する新たな史料の調査・収集を行う。
４）史料やデータベースを活用して、17～19世紀の地震・噴火の事象についての具体的な事例研究を行う。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

杉森玲子,及川 亘,荒木裕行,林 晃弘,山田太造,小瀬玄士,小林優里
他機関との共同研究の有無：有
古村孝志（東京大学地震火山史料連携研究機構）,鶴岡 弘（東京大学地震火山史料連携研究機構）,加納靖之（東京大学地震火山史料連携研究機構）,前野 深（東京大学地震火山史料連携研究機構）,三宅弘恵（東京大学地震火山史料連携研究機構）,大邑潤三（東京大学地震火山史料連携研究機構）,佐竹健治（東京大学地震研究所）,榎原雅治（地震予知総合研究振興会）,水野 嶺（地震予知総合研究振興会）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：杉森玲子
所属：東京大学史料編纂所

令和６年度年次報告

課題番号：UTS_01

（1）実施機関名：

東京大学理学系研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）先進的な測地観測データの有効利用に向けた広域地殻変動モデルの開発
（英文）Global deformation modeling for effective use of advanced geodetic data

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

（5）本課題の５か年の到達目標：

GNSS, GRACE等の宇宙測地技術や海底測地観測によって，巨大地震の直後から卓越する粘弾性緩和や，巨大地震の数カ月前に発生した列島規模の重力異常といった新しい現象が報告されている。これらに共通するのは変動の空間スケールが100 km以上にも及ぶことである。こうした大規模な変動や重力場の変化を物理モデルで扱うには，地球を自己重力の働く球体として扱うのが自然であるが，国内ではそのようなモデルがほとんど開発されていない。また，固体地球潮汐，海洋潮汐等の比較的空間スケールの大きな変動が，プレート境界に応力擾乱を及ぼしスロー地震を誘発させることも明らかになってきた。球体モデルは，そのような広域的な応力擾乱の影響を調べる際にも有用である。
本課題は，先進的な測地観測技術（海底地殻変動計測，欧米で開発中の新しい重力衛星，一般相対論に基づいて重力ポテンシャルを測る光格子時計）で得られるデータを有効に活用するため，広域地殻変動と重力場変化を正確に計算できる球体モデルを開発する。また，室内実験や地球物理観測から示唆されている非線形レオロジーも取り込めるよう拡張する。このモデルを用いると地殻変動の粘弾性グリーン関数を構築できるため，プレート境界すべりの把握やスロー地震を含む地震発生サイクルモデルの高度化に貢献することが期待できる。5か年で，１）三次元的な粘弾性構造の不均質，自己重力，非線形レオロジーを考慮した球体モデルを実データへ適用するための効率的な計算手法を開発し，２）先進的なデータが加わった場合に得られる効果をシミュレーションおよび実際の観測データを用いて定量的に示すことを目指す。

（6）本課題の５か年計画の概要：

研究期間全体を通してモデル開発を進めるとともに，研究期間後半で新しいデータを用いることによる改善効果を実証する。
１年目：非線形レオロジーの球体モデルへの取り込み

２年目：不均質やレオロジーのパラメータが地殻変動，重力場に与える影響のフォワードモデリングによる調査
３年目：新たな衛星重力データを用いた場合に拘束が可能となる，粘弾性レオロジーやプレート境界すべりの，疑似データを用いたシミュレーションによる特定
４年目：地殻変動の短波長成分の効率的な計算手法の開発
５年目：2011年東北地震の粘弾性緩和モデルと光格子時計データとの比較，南海トラフの測地データを用いたプレート境界すべりの球体モデルによる推定

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

海底地殻変動も含む広域の地殻変動データ、衛星重力観測や光格子時計による重力ポテンシャル計測などの先進的な測地データを有効活用するための、粘弾性変形の計算手法の確立を目指している。前計画では、層構造、自己重力を考慮した球体地球モデルを用いることで東北地方太平洋沖地震の近地から遠地までの地殻変動データをより整合的に説明できることを示すとともに、３次元水平不均質を取り入れた球体地球モデルの開発に取り組んだ。令和６年度は、計画のとおり、前計画のモデルをさらに発展させた、非線形レオロジーを考慮した粘弾性変形による重力変化の計算手法を開発した。計算の結果、線形レオロジーの場合に比べて短波長の変動が増幅されることが分かった。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

今年度実施したモデルの拡張により、衛星重力データやポテンシャル変化のデータと比較するための理論計算結果を提供することが可能となった。また、現在調査中であるが、非線形レオロジーを考慮することで、長期的な粘弾性変形の規模が線形レオロジーの場合と異なる可能性があることが分かった。今後、長期的な粘弾性変形の影響を定量化し、巨大地震発生サイクルにおける粘弾性変形の寄与をより正確に見積もることで、M8-9の大地震の繰り返し間隔の理解を通して長期予測に役立てる。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

田中愛幸 (2024) 衛星重力観測で捉えられた巨大地震数カ月前の重力変化（解説）, 地震ジャーナル, 77, 69-75,査読無,謝辞無

中小路一真 (2025) 非線形レオロジーを考慮した球体地球モデルによる余効変動計算手法の開発, 東京大学大学院理学系研究科 修士論文 2025/2/28,査読無,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

Ge L, Tanaka Y, Nakakoji K (2024) Co- and post-seismic gravitational change of the M9 2011 Tohoku earthquake from GRACE observation and viscoelastic deformation theory, Workshop on Slow-to-Fast Earthquake, P065, Beppu City, 2024/9/17

Nakakoji K, Tanaka Y, Klemann V, Martinec Z (2024) Development of a calculation method for viscoelastic relaxation incorporating nonlinear rheology in a self-gravitating spherical Earth model, EGU General Assembly 2024, EGU24-17911, Vienna, 2024/4/19

Nakakoji K, Tanaka Y, Klemann V, Martinec Z (2024) The effects of a nonlinear rheology on postseismic gravity changes, Workshop on Slow-to-Fast Earthquake, P082, Beppu City, 2024/9/17

Tanaka Y (2024) Gravity changes during earthquake cycles, 2024 Workshop on astrophysics and geophysics using superconducting gravimeters and the 1st ENIGMA collaboration meeting, Seoul, 2024/11/7 (invited)

中小路一真, 田中愛幸, Volker Klemann, Zdenek Martinec (2024) 人工衛星重力ミッション高度化へ

向けた、非線形レオロジーを考慮した粘弾性変形理論の開発（II）：Nonlinear Burgers modelへの拡張, 日本測地学会第142回講演会, 講演番号22, 広島県呉市, 2024/10/30

葛莉麗，田中愛幸 (2024) 2011年M9東北沖地震における地震時および地震後の重力変化パターン～GRACE観測と粘弾性変位理論に基づいて～, 日本測地学会第142回講演会, P30, 広島県呉市, 2024/10/30

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：ソフトウエア開発（その他）
概要：粘弾性余効変動に伴う広域重力場変化を計算するソフトウェア
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：
調査・観測期間：
公開状況：公開留保中（協議のうえ共同研究として提供可）

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和６年度に開発した非線形レオロジーのモデルを用いて、粘性や温度構造等のパラメータが重力変化に与える影響をフォワードモデリングによる調査する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

田中愛幸（東京大学大学院理学系研究科）,中小路一真（東京大学大学院理学系研究科）,Lili GE（東京大学大学院理学系研究科）
他機関との共同研究の有無：有
Volker Klemann（GFZ Potsdam）,Henryk Dobslaw（GFZ Potsdam）,Zdenek Martinec（DIAS）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：田中愛幸
所属：東大院理

令和６年度年次報告

課題番号：UTS_02

（1）実施機関名：

東京大学理学系研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）コミュニティ断層モデルの構築と公開
（英文）Development of open access community fault model

（3）関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
イ. 内陸地震

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
イ. 内陸地震の長期予測
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(4) 内陸で発生する被害地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

コミュニティ断層モデル（CFM）は，強震動計算などの地震災害研究や震源過程のシミュレーションやデータ解析などの基礎研究において幅広く使用することを目的とした３次元非平面モデルである．諸外国で構築が進んでおり，広く研究コミュニティ（米国SCECなど）による評価を受け，継続的な更新がされていることが特徴である．本研究課題では，上流側の活断層地形・地質，地下構造から下流側の地震動，震源物理，地殻変動までの，幅広い研究者が参加して，これら問題を乗り越える日本版CFMを構築し公開することを目的とする．今後５年間で，地震本部で定めた主要活断層帯を目安にして，３次元形状モデルを構築して使いやすい形で公開することを目標とする．さらに速度構造モデル構築の事業とも連携し，地震・津波研究の共通データ基盤を与えられるようにする．

（6）本課題の５か年計画の概要：

1～2年目では，既存データに基づくコミュニティ断層モデルVer. 1の構築と評価を経てオンライン上で公開する．諸外国の例を参考にVer.1はすでに公開されているカタログ値を用いることとし，産総研活断層データベースに収録された地表トレース位置と地震本部の長期評価およびJ-SHISモデルで定められた断層傾斜角を用いて3次元断層モデルを作成する．形状モデル作成のために，GISソフトのArcGISとCADソフトのLeapFrogを使用する．
3～5年目では，個々の断層帯で異なるデータの量と質を考慮して，可能な断層帯についてはより詳細なモデルへの更新（Ver. 2）を行う．また，地下構造について解釈の定まっていない断層については，両論併記するため，オルタナティブモデルも併せて作成して公開する．計画終了時点で，災害誘因予測や地震発生過程の研究での使用状況を踏まえ，モデル化方法や利活用における問題点とその改善を検討し，その後のモデル更新における課題を整理する．

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本課題では、2025年度中の公開を目指して、地震本部の認定する約100の主要活断層帯についての3次元断層形状モデルを作成している。昨年度は、平均滑り速度の大きな方から50断層を選び作業を行ったが、今年は残りの断層について作成作業を行った、ニュージーランドのコミュニティ断層モデルの作成手法を参考にして、活断層の地表トレースを地下に延長する形で、3次元モデルを構築している、今年度の成果と明らかになった課題は以下の通りである。

１）産総研活断層データベースに収録の活断層地表トレースを、できるだけ客観的な基準を用いて単純化し、データの中から副次断層を取り除き主断層のみを抽出した。形状の編集作業は、ArcGISを用いて行った。ここまでの、作業は全断層について完了した。昨年度は、比較的平均滑り速度の大きな地表表現のはっきりした断層を扱ったのに対し、今年度は比較的小さな断層を扱った。そのため、断層線の隔離距離など一定の数値基準を当てはめた単純化には限界がある場合もあり、作業者の判断による単純化を行う必要がある断層もあった。この点については、作業ログとして記録し、後ほど行う専門家による評価の資料とすることとした。

２）次に、J-SHISモデルで採用された各断層セグメントごとの傾斜角の値を用いて、地表トレースを地下まで延長して3次元形状を構築した。この作業には、LeapfrogというCADソフトを用いて行った。報告書執筆時点で、対象のうち約半数の断層について作業が完了した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本研究で作成する3次元断層モデルは、広く一般に公開して、地震と活断層の関連研究に利用できるようにする。建議項目の、現象解明に留まらず、長期予測、災害誘因予測などの基本情報を提供するものであり、それら研究を通じて、広く社会還元することができる。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

安藤亮輔、吾妻崇、青山都和子、前原誠也、綿貫元起、Seebeck Hannu、Howell Andy、McLennan Tim、CFM working group、日本におけるコミュニティ断層モデルの試作、日本地球惑星科学連合、千葉、2024

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

主要活断層帯の3次元形状モデルの試作版の構築を完了する。7年度においては、ここで構築したモデルについて専門家による評価を行い、そこで提出された意見にもとづいて修正を行う。このようにして一定のコンセンサスを得る手続きを経て、数値データとしてモデルを公開する。また継続的なデータ公開のためのプラットフォームを構築する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

安藤亮輔（東京大学，大学院理学系研究科）
他機関との共同研究の有無：有
吾妻崇（産業技術総合研究所，活断層・火山研究部門）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：
電話：

e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：安藤亮輔
所属：東京大学，大学院理学系研究科

令和６年度年次報告

課題番号：UTS_03

（1）実施機関名：

東京大学理学系研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）フィリピン海プレート縁辺の海溝沿いを対象とした古津波履歴と規模の高精度復元
（英文）Reconstruction of paleotsuami histories at subduction zones along the Philippine Plate

（3）関連の深い建議の項目：

２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合
ウ. 地形・地質データの収集・集成と文理融合による解釈

（5）本課題の５か年の到達目標：

本課題では、フィリピン海プレート縁辺を調査対象地域とし、確度の高い識別プロキシを用いた津波堆積物の認定を行った上で、多点放射性炭素年代測定とその統計解析によって、各海溝沿いの基準となる年代モデルの構築を行うことを目的とする。そして、フィリピン海プレート縁辺の各沈み込み帯における津波履歴・規模の最新成果を提示し、巨大地震・津波の長期評価へと繋げる。

（6）本課題の５か年計画の概要：

本研究では、(1) フィリピン海プレート縁辺の複数地点で試料を採取し、(2) 津波堆積物の識別を行ったのちに、(3) 多点放射性炭素年代測定で津波発生年代を特定する。
(1) フィリピン海プレート縁辺での試料採取（令和6-8年度）　調査対象は南海トラフ、相模トラフ、南西諸島海溝、伊豆小笠原海溝沿いの複数地域とする。先行研究、地形判読、および申請者らの既往調査実績等に基づき調査地点を厳選し、網羅的に予備的な調査を行う。予備調査で選別した研究に適した調査地において本調査を行い、長さ数メートルの連続試料や巨礫に付着したサンゴ試料などの採取を行う。
(2) 津波堆積物の識別（令和7-9年度）　(1) で採取した試料に含まれるイベント堆積物が津波で堆積したかどうか識別を行う。津波流入の痕跡は、イベント直後は残っていることがあるものの、生物擾乱や地下水の移動などにより、時間経過とともに失われてしまう。津波堆積物の確かな識別には、長期間（数百年～数千年間）地層中に保存されるポテンシャルを持ち、かつ、信頼性の高い証拠を見つけ出す必要がある。そこで、生物起源の有機化合物であるバイオマーカーや、存在している生物種が遺伝子レベルでわかる環境DNAなども活用し、イベント層の起源を直接的に明らかにすることを目指す。
(3) 多点放射性炭素年代測定による高精度年代決定（令和6-10年度）　(2) で認定した津波堆積物の高精度年代決定を行う。従来、津波堆積物の年代決定には、主に放射性炭素（14C）年代測定法が用いられている。本研究では誤差を極力なくすため、広域にわたる試料を統一した前処理手順、分析機器で測定を行う。また、本研究では同一層準で複数の年代測定を行うことで再現性を確認し、統計的手法を活用して真の年代を絞り込む。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

今年度は，相模トラフ沿い，伊豆小笠原海溝沿い，琉球海溝沿いで重点的に現地調査を行った．相模トラフ沿いでは房総半島東岸で現地調査を行い，3層のイベント堆積物を発見した．この3層のイベント堆積物が津波起源かどうか検討するため，各種分析を実施中である．この地域周辺では津波堆積物の研究例が限られており，同地域の津波履歴を明らかにする上で大きな成果が期待できる．また，三浦半島の干潟や沿岸低地，海食洞で予備調査を行ったが，研究に適した調査地を見つけることができなかった．伊豆小笠原海溝沿いでは，新島および伊豆大島で予備調査を実施した．新島では，表層にイベントで堆積した可能性のある砂層を確認することができた．また，八丈島東岸においても現地調査を実施したが，津波堆積物と考えられるイベント層は発見できなかった．琉球海溝沿いでは，石垣島東岸においてトレンチ調査を実施し，3層の津波堆積物を発見した．このうち，最下層の津波堆積物中から合弁の二枚貝が発見され，年代測定を実施したところ，約1500年前頃であることが明らかになった．この年代結果は，既往研究より確度の高いイベント年代であり，当該地域における津波再来間隔を推定する上で重要な知見と言える．また，先島諸島において海食崖に形成されるノッチの後退点高度分布から，過去にメートル単位の地震性傾動が生じたことが指摘されている．本研究ではノッチの高度分布の再測定を行い，ノッチの高度分布には波浪の強度が大きな影響を与えている可能性があることがわかった．

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本課題は，過去の地震津波履歴や規模を把握するためのものであり，これまで挙げた成果は関連の深い項目（1（1）ウ：地形・地質データの収集・集成と文理融合による解釈）の趣旨に合致している．特に，本課題では各地域の津波再来間隔の推定を重要視しており，かつこの情報は地震津波の長期リスク評価に直結する．今後，同様の推定を行う対象地域を広げていくことにより，災害軽減に役立つ成果が得られるものと考えている．

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

相模トラフ沿い，伊豆小笠原海溝沿い，琉球海溝沿いの地域に関しては，今年度から引き続き現地調査および試料分析を進める．相模トラフ沿いにおいては，今年度旭市で津波堆積物と考えられる地層を発見することができたことから，珪藻分析や年代測定を行い津波堆積物であるか認定を行うと同時に，堆積環境の復元を行う．また，三浦半島沿いで予備調査を行い，適した調査地を見つけ次第本調査を実施し，試料採取を行う．さらに，房総半島南部西岸においても予備調査を実施する．伊豆小笠原海溝沿いでは，新島および伊豆大島で本調査を実施できるか検討する．琉球海溝沿いでは，地殻変動履歴のマーカーとして有効なノッチやサンゴ礁地形の調査を続ける．また，新たに南海トラフ沿いの各地で予備調査を実施し，調査候補地点を絞り込む．

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

後藤和久（東京大学大学院理学系研究科）

他機関との共同研究の有無：有

横山祐典（東京大学大気海洋研究所）,藤野滋弘（筑波大学生命環境系）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：後藤和久
所属：東京大学大学院理学系研究科

令和６年度年次報告

課題番号：UTS_04

（1）実施機関名：

東京大学理学系研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）観測データと物理シミュレーションを統合した地震発生長期予測手法の構築と予測実験
（英文）Integrated model of earthquake source physics and observational data: Development and forecast experiments

（3）関連の深い建議の項目：

２地震・火山噴火の予測のための研究
(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
イ. 内陸地震の長期予測

（4）その他関連する建議の項目：

１地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
イ. 内陸地震

（5）本課題の５か年の到達目標：

大地震の規模と時期についての長期予測手法を，地形・地質学・地球物理学的観測データ，物理モデルを統合し，物理過程を定量的に考慮した手法へと高度化することを目的とする．今後5年間では，国内外のコミュニティ断層モデルの課題と連携することで複数の主要な活断層帯を対象として，観測データを考慮した地震シーケンス（サイクル）シミュレーションおよび動的破壊シミュレーション（予測実験）を実施する．モデルの検証を行い予測性能や不確実性を定量的に評価するとともに，最近発生した地震の観測・調査データと詳細に比較することで手法の改良を行う．また，これまで開発した詳細DEMや年代試料の機械学習を用いた解析手法を，複数の地域に適用して断層の活動性を定量的に推定する．

（6）本課題の５か年計画の概要：

シミュレーション研究では，これまでに開発した超大規模並列計算に最適化したアルゴリズムを用いて，国内外に対象地域を定めて多数サイクルの地震繰り返し過程および大地震の動的破壊過程を計算し，観測データと比較する．シミュレーションについては，5か年の間に概ね2年間で1事例の割合で実施し，期間前半でモデル構築，後半で観測との比較・モデル評価改良を行う．また5年間で，プレート境界地震と内陸地震の相互作用を，応力蓄積過程および粘弾性効果を含めたモデル化を行う．2年目および5年目には，コミュニティ断層モデルと連携して，当該課題で構築される断層形状モデルをシミュレーションに実装する．
また変動地形の数値データを用いた定量化手法を，能登半島などの海成段丘に適用し，段丘の標高分布を明らかにする．あわせて，段丘堆積物から年代試料の採取分析を行い，段丘形成年代や平均変位速度，活動履歴等を解明する．

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要
本年度は、観測データを反映した動的破壊シミュレーションの地震の予測実験を二つの断層について

行い、また能登半島地震の発生履歴を解明するために北岸に存在する低位海岸段丘面の現地調査を行った。以下に概要を記す。

地震発生シミュレーションについては、地震前に得られていた地表トレースの情報に基づいて構築した断層面3次元形状と応力テンソルインバージョン解析で得られた広域応力場の情報を用いた、標準的モデル化の枠組みを構築した。国内の応力場情報はAIST06の課題の成果を活用している。本枠組みを、2011年福島県浜通りの地震と2024年能登半島地震に適用し、本震時の観測データや滑りインバージョン結果と比較することで、再現性や予測性能を検証した。その結果、浜通り地震については、その特徴的なハの字形状をした二枚の断層面上の動的な破壊の乗り移り過程を再現することに成功した。また、インバージョンで得られた滑り過程を、シミュレーションが定量的に再現できることが示された。また、能登半島地震についても同様のモデル化と解析を行い、シミュレーション結果と本震時に得られた合成開口レーダ画像および地震波形記録とを比較した。その結果、合成開口レーダでとらえられた特徴である、半島北西部の５ｍの隆起ピークと北東部の２ｍ程度の比較的小規模な隆起ピークがともに再現できることを示した。また、近地の強震動波形記録および震源時間関数を比較したところ、破壊過程初期の小さなピークと中期の大きなピーク、初期の西向きの破壊伝播と中期から後期の東向きの破壊伝播という観測された特徴においても、シミュレーションで再現できることが分かった。

能登半島の海岸段丘調査においては、最大隆起を記録し、かつ既往研究で2面の低段丘の記載がある半島北西部付近の吉浦地域において、年代試料採取と原生地形復元の把握のために掘削調査を行った。また、ドローンLiDARを用いた精密な標高モデルの作成を行った。掘削は、海岸線と直交方向に日本の測線をおき、各段丘面で2か所の掘削を行った。その結果、掘削した2つの面ともに地表付近の土壌層の下部に砂層堆積物の存在を確認した。この砂層の存在は、原生のビーチ堆積物が過去の地震で隆起したものであることを示唆しているが、隆起や堆積過程を詳細に解釈するために、引き続き、追加の掘削と堆積物の解析、採取した試料の年代測定を行う。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

シミュレーション研究は、建議項目の地震発生長期予測において、将来発生する地震のシナリオ予測にあらたな地球物理観測情報を従来の地質地形情報に合理的に加える枠組みを提供するものと位置づけられる。一方で、現地調査で得られる地形地質情報は、他に得られない古地震の時空間情報を提供するものであり、長期予測に不可欠の発生履歴の解明に資するものである。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

Ryosuke Ando、 Yo Fukushima、 Keisuke Yoshida and Kazutoshi Imanishi、 Effects of the 3D fault geometry、 regional stresses and earthquake history on the 2024 Noto Peninsula earthquake: Insight from dynamic rupture simulations、JpGU annual meeting、 Chiba、 2024

Ryosuke Ando、 Yo Fukushima、 Keisuke Yoshida and Kazutoshi Imanishi、 Non-planar Fault Geometry Controls the Distributions of Slip and Uplift of the M7.6 2024 Noto Peninsula、 Japan、 Earthquake、AGU fall meeting、 Washington DC、 2024

赤井 東・安藤亮輔・宍倉正展・行谷佑一・細矢卓志・ 後藤 慧・松本なゆた・寺田龍矢、能登半島北部沿岸吉浦周辺における低位段丘の詳細地形と表層構造、日本活断層学会秋季大会、長野、2024

綿貫 元起、安藤 亮輔、加藤 愛太郎、2011年Mj7.0福島県浜通りの地震の発生過程に関する動的破壊シミュレーション、日本地震学会秋季大会、新潟、2024

安藤 亮輔、福島 洋、吉田 圭佑、今西 和利、動的破壊シミュレーションが明らかにした2024年能登半島地震の滑り及び地殻変動分布における非平面断層形状の効果日本地震学会秋季大会、新潟、2024

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

2024年能登半島地震のシミュレーション研究を発展させて、2007年および2023年のM6級の地震や群発地震の効果を定量的に取り入れたモデルを構築する。それにより、それら一回り小さい地震がなぜM7規模に成長しなかったのかを理解する。また、能登半島西部の活断層群をモデルに考慮した、動的破壊シミュレーションおよび準動的地震シーケンスシミュレーションを行うことで、それら活断層の今後の活動推移を行うための基礎的な知見を得る。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

安藤亮輔（東京大学，大学院理学系研究科）

他機関との共同研究の有無：有

今西和利（産業技術総合研究所，活断層・火山研究部門）,宍倉正展（産業技術総合研究所，活断層・火山研究部門）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：安藤亮輔
所属：東京大学，大学院理学系研究科

令和６年度年次報告

課題番号：UTS_05

（1）実施機関名：

東京大学理学系研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）階層性破壊すべりモデルの高度化と高速低速地震予測への活用
（英文）Hierarchical earthquake modeling for fast and slow slip process

（3）関連の深い建議の項目：

2 地震・火山噴火の予測のための研究
(2) 地震発生確率の時間更新予測
ア. 地震発生の物理モデルに基づく予測と検証

（4）その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究
(3) 地震発生過程の解明とモデル化
2 地震・火山噴火の予測のための研究
(2) 地震発生確率の時間更新予測
イ. 観測データに基づく経験的な予測と検証
5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(1) 南海トラフ沿いの巨大地震
6 観測基盤と研究推進体制の整備
(4) 国際共同研究・国際協力
(6) 次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成

（5）本課題の５か年の到達目標：

地震の始まりはプレスリップモデル、カスケードモデルの２つのエンドメンバー、もしくはその中間的なモデルで表されるという認識が確立されようとしている。とくにカスケードモデルでは、最終的な巨大破壊に至る過程で、階層的構造を破壊していくプロセスの理解が重要である。
一方、地震発生場に固有な性質があるという認識も広まり、繰り返し地震の特徴や予測についての研究が進歩している。但し単純な孤立的繰り返し地震だけを対象にしていては、理解には限界がある。より複雑な、階層性のある繰り返し地震の理解を進めなければいけない。
当グループは、階層的破壊すべりの特性化において、世界の研究をリードしてきた。また近年階層性のある、準繰り返し地震というべき現象の詳細な分析法に道を拓いた。それでも発見から約20年たつスロー地震などの低速すべり現象は、現在の特性化の枠組みに含まれていない。これは地震準備プロセスのうちプレスリップモデルと特に深いかかわりを持つ現象であり、いかに階層的破壊モデルに取り込むかが、重大な懸案となっている。
災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第３次）では、特に地震発生の物理モデルに基づく予測と検証において、階層的構造の解明が重要テーマに掲げられている。そこで本課題では、階層的破壊すべりモデルの高度化と適切に低速すべりを取り込む方法論、およびそれを用いた地震現象の将来予測手法を目的とした研究を行う。

（6）本課題の５か年計画の概要：

地震の破壊には、ある程度の規則性がある。単純な繰り返し地震はその極端な例であり、最近は繰り返し地震の中に含まれる階層的な構造を使って、大小様々な地震が中途半端に繰り返す例（準繰り返

し地震）も知られるようになってきた。本研究室では、これまでOkuda and Ide (2018)やChang and Ide (2021)によって、階層的構造の特性化手法を開発してきた。この手法を高度化すること、および他の地域に適用することによって、地震発生場の階層性の特徴把握を進める。すでに研究が進んでいる東北沖地域を中心に手法の改良と適用を進めるとともに、同じような手法を日本ほど十分なデータがない世界の他地域に適用するため方法論を明らかにする。具体的作業には、大量の地震・測地データを効率よく利用するためのデータベースの再構築も含まれる。
階層的構造のカスケード的破壊モデル化の高度化も進める。Ide and Aochi (2005)の基本モデルIA05を、様々な摩擦法則と計算条件のもとで、現実的な地震サイクル計算できるように拡張する。その際、背景領域にスロー地震の影響を取り込む。東北沖では階層的地震破壊とスロー地震が近接し、一種の相互作用が期待される。上記データ分析の拡張によって、相互作用の特徴抽出をし、それを階層的破壊すべりモデルで再現するためのモデル改良を行う。
将来予測については、これまでに単純な繰り返し地震への確率的予測モデルがあり、スロー地震についてもIde and Nomura (2022)がプロトタイプ的なモデルを開発している。これらのモデルを改善するとともに、階層的破壊すべりである、準繰り返し地震の確率的予測のためのモデル開発を行う。開発したモデルを実際の現象に適用し、リアルタイムで予測結果を更新できるシステム開発を行う。
年次計画：
令和6年度　東北沖地域を中心としたデータ分析、IA05の拡張、既存データベースの再構築
令和7年度　海外データも含めたデータ解析、IA05拡張モデルの適用、予測モデルの整備
令和8年度以降　データ解析の高度化・多様化、IA05拡張モデルによる予測、リアルタイム化

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本年度は、地震発生場の階層的構造の特徴的手法の開発と適用、およびIde & Aochi (2005, IA05)モデルのサイクル計算への拡張を重点的に行った。前者では、Chang and Ide (2021)の手法を東北地方全域に適用し、繰り返し地震を含む約40の領域において、震源とセントロイドの同時推定を行った。多くの地域で震源、セントロイドはそれぞれが集中的に起きる場所が限られており、震源破壊プロセスの限定的予測可能性を示す。また海外データへの適用に向けて、カリフォルニアの地震について、Ide (2019)のように大きさの異なる地震が同じ波形を持つ例を調査した。後者では、三陸沖をターゲットとして、過去の地震履歴に基づいて4階層の円形パッチの分布を仮定し、IA05のルールに基づいてそれぞれのパッチにパッチサイズに依存したDcを持つすべり弱化摩擦則を与える。このシステムに一定のローディングを与えて、準動的地震サイクルシミュレーションを行った。このシステムではM6弱からM8までの様々なサイズが発生し、M8の地震はほとんどがM6以下の地震をパッチのどれかから始まる。一方で内部に多数の階層性を持っていても、巨大パッチが孤立して存在する場合には、その周期は小スケールの不均質にあまり影響されない。これらの研究成果は現在公表に向けて準備中である。このような階層的な地震破壊プロセスまで含む、包括的な地震の震源についての教科書として、講談社より「地震学」の書籍を刊行した。その他、国内の地震波形データの整頓を行った。概ね計画通りの成果が出た。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

2-(2)-ア. 地震発生の物理モデルに基づく予測と検証、に対しては地震が空間的に一定の予測可能性を持つことを階層的地震発生についてのデータ解析とモデルから明らかにすることができた。1-(3)地震発生過程の解明とモデル化、に対しても基礎的なモデル構築は役立つ。また6-(6)次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成、に対しては震源の物理プロセスについての体系的な教科書を出版したことが大きく貢献する。同教科書は予測の現在についても解説しており、災害の軽減への地震研究の貢献可能性について触れている。沈み込み帯における地震発生地域の階層的特性の理解は、将来の地震シナリオ構築へ貢献する。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

井出哲, 地震学, 講談社, ISBN-10:4065356393,査読無,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

中田令子・堀高峰・青地秀雄・井出哲，マルチスケール円形パッチモデルを用いた準動的地震発生サイクルシミュレーションで得られた大地震の繰り返し，日本地震学会秋季大会, S08-20

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

本年度に基本的な分析や計算が終わっている、東北地方全域へのChang and Ide (2021)の適用、カリフォルニアにおけるIde (2019)の適用、IA05を用いた地震サイクルシミュレーションについて、取りまとめて論文公表を行う。階層的構造を特徴づけるための統計学的計算手法を検討する。地震の初期データから地震プロセス全体の何を予測できるか、階層的構造を念頭に分析する。階層性を用いた確率予測モデルのプロトタイプを開発する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

井出哲（東京大学大学院理学系研究科）
他機関との共同研究の有無：無

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：
電話：
e-mail：
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：井出哲
所属：東京大学大学院理学系研究科

令和６年度年次報告

課題番号：UTS_06

（1）実施機関名：

東京大学理学系研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）熱水系卓越型火山における火山活動評価手法高度化のための地球化学的観測技術の進展
（英文）Improvement of geochemical monitoring techniques for activity evaluation of hydrothermal-dominated volcanoes

（3）関連の深い建議の項目：

５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(6) 高リスク小規模火山噴火

（4）その他関連する建議の項目：

１ 地震・火山現象の解明のための研究
(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化
(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明
２ 地震・火山噴火の予測のための研究
(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）

（5）本課題の５か年の到達目標：

熱水系卓越型火山の活動は、深部マグマからの熱や流体の供給・移動が浅部の熱水系を介して行われるため、マグマ噴火を起こす火山に比べてその過程は複雑で、活動の微細な変化を捉えることが難しい。近年の地球化学的観測の進展により、熱水系卓越型火山における火山性流体の振る舞いとして、マグマ性流体と熱水系流体の量比が活動推移を反映して変化することが明らかになってきた。火山ガスに特徴的な成分には、二酸化硫黄と硫化水素が挙げられるが、前者はマグマ性火山ガス、後者は熱水系火山ガスの代表的な成分である。熱水系卓越型火山での活動状況の把握では、このうち硫化水素のモニタリングが重要なカギになると期待される。また、火山ガスによる活動評価では、化学組成と放出フラックスの情報を入手可能にすることが活動の微細な変化を捉えるために不可欠であり、火山活動が活発化しても安定して火山ガスの情報を提供できる体制の確立が重要である。現状では、硫化水素を中心に放出する熱水系卓越型火山では、従来の観測方法では火山ガス放出フラックスの測定ができないため、火山ガスの量的な情報による火山活動評価や噴気活動の盛衰の評価ができていないのが課題となっている。
本研究課題では、熱水系卓越型火山での火山活動評価の高度化を目指すため、2点の観測技術の開発・確立を目指すものである。
１．安定して火山ガス化学組成情報を入手するための、ドローンを用いたMultiGAS観測技術の向上
２．熱水系卓越型火山における、新たな地球化学的指標の開拓に向けた観測技術の向上
2-1 火口や噴気地帯からの硫化水素放出フラックス観測手法の確立と応用
2-2 硫化水素土壌ガスフラックス測定に向けた硫化水素測定装置の開発と新たな噴気活動指標の探索

（6）本課題の５か年計画の概要：

「１．安定して火山ガス化学組成情報を入手するための、ドローンを用いたMultiGAS観測技術の向上」では、産業用小型ドローンに搭載可能で、熱水系卓越型火山の噴気の主要成分を網羅的に測定できる超小型MultiGAS装置の開発とテスト観測を行い、火山活動の推移過程のモデル化に資する火山ガス組成観測データの充実を図る。

「2-1 火口や噴気地帯からの硫化水素放出フラックス観測手法の確立と応用」では、ドローン搭載用の鉛直硫化水素センサーアレイを開発し、噴煙断面の硫化水素の二次元分布を求める方法を確立することで、硫化水素放出フラックスを求める観測手法を確立する。
「2-2硫化水素土壌ガスフラックス測定に向けた硫化水素測定装置の開発と新たな噴気活動指標の探索」では、硫化水素土壌ガスフラックス測定のための装置を開発し、噴気地帯周辺の二酸化炭素と硫化水素フラックスの時空間的違いを調べ、噴気活動の変化の指標としての有効性を検討する。
各年度の計画は以下のとおりである。
令和6年度：3つの開発テーマの装置の試作機を作製し、基礎実験、テスト観測を行う。
令和7年度：阿蘇山や霧島硫黄山などで、超小型MultiGAS測定や硫化水素フラックスのテスト観測を実施する。硫化水素土壌フラックス測定装置の基礎実験とテスト観測を継続する。
令和8年度：超小型MultiGASの試作機でテスト観測を行いつつ、改良を重ね完成を目指す。硫化水素の放出フラックス測定では、前年度までの試験観測を踏まえ、観測装置の改良や測定方法の検証を行う。また、開発した装置を用いた硫化水素土壌フラックス測定方法を確立し、硫化水素と二酸化炭素の時空間変化の調査を開始する。
令和9－10年度：阿蘇山・霧島硫黄山などの火山で観測を行いつつ、開発した超小型MultiGAS装置を用いたドローンによる火山ガス観測のシステム化を推進する。令和9年度に阿蘇山か霧島硫黄山で、硫化水素フラックス測定を実施し、開発した手法の評価と検証を行い、観測プロトコルを確立する。硫化水素土壌フラックス測定装置の結果と二酸化炭素土壌フラックスを組み合わせた調査を繰り返し、これらの時空間変化が活動指標としての有効性を評価・検証する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

「１．安定して火山ガス化学組成情報を入手するための、ドローンを用いたMultiGAS観測技術の向上」では、ドローンによるMultiGAS測定を十勝岳、阿蘇山などで実施し、超小型MultiGAS装置の開発に向けての基礎データを取得した。この基礎データをもとに、使用するセンサーに必要な性能や測定レンジなどを明らかにし、目標とする装置試作のために機器選定等を実施し、試作の準備を行った。
「2-1 火口や噴気地帯からの硫化水素放出フラックス観測手法の確立と応用」では、ドローン搭載用の鉛直硫化水素センサーアレイの設計と製作を行った。総重量が約3kgの標準版と約1.5 kgの軽量版の2つの装置を同時進行で開発した。試作した軽量版は室内実験を経て、2024年10月に倶多楽火山日和山で手持ち試験を実施したが、結果が良好だったので、計画を前倒しして12月に霧島硫黄山でドローン搭載試験をおこない、正常に動作することを確認した。霧島硫黄山噴気地帯における観測では、大気中の硫化水素濃度分布定量に成功 した。
「2-2硫化水素土壌ガスフラックス測定に向けた硫化水素測定装置の開発と新たな噴気活動指標の探索」では、硫化水素土壌フラックスの測定に向けた装置の開発や基礎実験を行った。装置開発では、硫化水素の検出に化学式センサーを使用するバージョンと紫外分光計を使用するバージョンを検討した。土壌ガスフラックス測定では通常応答速度の速いセンサーが必要となるが、応答速度が遅い化学式センサーを用いての確度の高いフラックス測定を実現するため、応答速度の早い二酸化炭素センサーと組み合わせて使用する方法について検討し、、草津白根山でテストを行った。また、土壌ガス測定では硫化水素濃度が高くなるため、高濃度測定が可能なセンサーを新たに導入した。また、紫外光源と紫外分光計を用い硫化水素を測定する持ち運び可能な装置の実現に向けて、室内実験を行った。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

関連の深い建議の項目である「5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究」の「(6) 高リスク小規模火山噴火」においては、監視観測の充実による客観的な火山活動評価の推進が大きなテーマの一つである。本研究課題で実施している3つのテーマは監視観測の充実や客観的な活動評価の高度化につながる手法の開発研究である。これらの手法の確立とシステム化を目指している本研究課題は、「(6) 高リスク小規模火山噴火」の項目の目的達成に資するものであるとともに、全体の目標である「災害の軽減に貢献する」という点では、火山活動評価の高度化に位置付けられる。今後も、本課題で目標としている手法の開発を進めていく。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Miyagi, Y., U. Tsunogai, K. Watanabe, M. Ito, F. Nakagawa, and R. Kazahaya, 2024, Estimating emission flux of H2S from fumarolic fields using vertical sensor array system, J. Volcanol. Geotherm. Res., 450, 108090, doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2024.108090.,査読有,謝辞無

森田雅明, 2024, Multi-GASによる火山ガス組成測定, 火山, 69, 199–207, doi.org/10.18940/kazan.69.4_199.,査読有,謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

角皆潤・宮木裕崇・渡部紘平・ 伊藤昌稚・中川書子・風早竜之介, 2024, 鉛直硫化水素センサーアレイを用いた火山ガス放 出量定量：固定法（FP 法）による観測の簡易化, 日本火山学会2024年度秋季大会 (札幌), B3-09.

森田雅明・篠原宏志・関　香織, 2024, Multi-GAS連続観測による霧島硫黄山2018年噴火にともなう噴気組成変動, 日本地球化学会第71回年会 (金沢), PR0199.

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

「１．安定して火山ガス化学組成情報を入手するための、ドローンを用いたMultiGAS観測技術の向上」では、超小型MultiGASの試作を行う。試作した装置を使用した試験観測を阿蘇山・霧島硫黄山等で地上やドローン搭載の形で実施し、試作装置の性能評価を行う。性能試験を通して、装置の修正点や改良点を明確にし、装置全体の高度化を目指す。

「2-1 火口や噴気地帯からの硫化水素放出フラックス観測手法の確立と応用」では、まず2024年12月に霧島硫黄山で実施した、軽量版のドローン搭載鉛直センサーアレイによる観測結果を解析する。具体的には、各フライト中に求めた、噴気地帯周辺の大気中における硫化水素濃度の高度分布（時間変化も含む）から、噴煙（プルーム）断面上の濃度分布を推定する手法を開発し、これを元に硫化水素の放出量を求める。また同時に従来法（DOAS-COMPUSSを用いて得られた二酸化硫黄放出量およびMulti-GASを用いて得られた硫化水素/二酸化硫黄比を利用）を用いて硫化水素放出量を求め、ドローン搭載鉛直センサーアレイの結果と比較する。結果を元に軽量版の設計やドローンのフライト方法（時間・高度・噴気孔との相対距離等の選択）に関する反省点をまとめる。また反省点を元に軽量版で十分か、それとも標準版に主軸を移すべきか判定するとともに、必要な改良を施す。その上で、反省を踏まえた第2回のドローン搭載観測を、年度内に実施する。観測は硫化水素と二酸化硫黄を同レベルで放出し、従来法に基づく放出量の定量や検証が可能な霧島硫黄山を基本とするが、火山の活動度やドローンの借用先（現状未定）の都合、利便性、予算、学術的重要性などを総合的に吟味して、選定する。

「2-2硫化水素土壌ガスフラックス測定に向けた硫化水素測定装置の開発と新たな噴気活動指標の探索」では、分光法を用いた硫化水素測定の室内基礎実験を継続するとともに、噴気地帯周辺での野外テスト観測を実施する。また、化学センサーを用いた装置の方では、複数の火山の異なる環境でのテスト観測を重ね、測定法の有効性を確認する。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

森 俊哉（東京大学大学院理学系研究科）

他機関との共同研究の有無：有

森田 雅明（東京大学地震研究所）,横尾 亮彦（京都大学大学院理学研究科）,角皆 潤（名古屋大学大学院環境学研究科）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学大学院理学系研究科
電話：0358414649
e-mail：mori@eqchem.s.u-tokyo.ac.jp
URL：

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：森俊哉
所属：東京大学大学院理学系研究科

令和６年度年次報告

課題番号：YAM_01

（1）実施機関名：

山梨大学

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）火山噴火災害における地域住民や登山者のハザード理解とリスク認識に関する研究
（英文）Research on hazard understanding and risk awareness of local residents and hikers in volcanic disasters

（3）関連の深い建議の項目：

５分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(5) 大規模火山噴火

（4）その他関連する建議の項目：

４地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究
５分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(6) 高リスク小規模火山噴火

（5）本課題の５か年の到達目標：

・火山噴火災害における地域住民のハザード理解とリスク認識を明らかにする
・火山噴火災害における登山者のハザード理解とリスク認識を明らかにする
・火山噴火災害の適切な理解を促進するためのハザードマップを試作する

（6）本課題の５か年計画の概要：

令和6年度は、地域住民のハザード理解とリスク認識を計測するための標準的な質問紙設計を行う。ただし、ハザードマップは火山毎に特性が大きく異なること、特に大規模火山噴火が想定されている火山と高リスク小規模火山噴火の特性の違いに留意する。モデル地域でアンケート調査を実施しその結果を質問紙設計にフィードバックする。

令和7年度は、登山者のハザード理解とリスク認識を計測するための標準的な質問紙設計を行う。モデル地域でアンケート調査を実施しその結果を質問紙設計にフィードバックする。

令和8年度は、令和6年度と令和7年度の成果を踏まえて、モデル地域に調査結果をフィードバックし意見交換を行う。モデル地域の火山の研究者、自治体実務者を集めた研究集会を行い、ハザードマップのあり方を討議するとともに、質問紙の見直しを行う。

令和9年度は、開発した標準的な質問紙を用いて、地域住民のハザード理解とリスク認識を調査する。調査結果をもとに、火山ごとに住民のハザード理解とリスク認識の特徴を明らかにする。適切な理解を促進するための動的なハザードマップの試作を行う。

令和10年度は、開発した標準的な質問紙を用いて、登山者のハザード理解とリスク認識を調査する。調査結果をもとに、火山ごとに登山者のハザード理解とリスク認識の特徴を明らかにする。試作した動的なハザードマップを改良し、その有効性を検証する。

（7）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

今年度は、登山者のハザード理解とリスク認識を計測するための標準的な質問紙調査票を設計し、富士山及び御嶽山の登山者を対象に質問紙調査を行った。なお、申請時時点では、今年度に地域住民の

ハザード理解とリスク認識を計測するための標準的な質問紙設計し質問紙調査を実施する予定であった。しかし、今年度から富士山での登山者への通行料制度が導入されたこと、御嶽山噴火災害から10年という節目の年であることから、登山者への質問紙調査を前倒しで実施した。
富士山登山者への質問紙調査は、富士吉田ルートにおいて富士山から下山してきた者を対象に実施した。調査日は2024年7月28日、8月1日、8月25日、9月８日の4日間である。調査方法は対面調査とし、登山者にWeb上の調査票へアクセスを提示し、google formsから回答を得た。調査項目は、登山者の個人属性（性別、年齢、国籍、登山経験）、富士山登山のルール（通行料制度、弾丸登山の禁止等）や、火山防災意識（富士山噴火の可能性の認知、富士山の噴火警戒レベルの認知等）である。なお、質問紙調査票は日本語の他に、中国語（繁体字・簡体字）と英語で作成し、外国人の意識についても調査をした。
調査の結果、日本人登山者109名、外国人登山者100名から回答を得ることができた。本調査から得られた主な成果は次の通りである。
1)富士山が人生初登山である回答者は日本人登山者が25%、外国人登山者が33%と、日本人、外国人ともに登山初心者が多い。
2)富士山が噴火する可能性がある山であることについて、日本人登山者の9割、外国人登山者の8割が認知していた。
3)安全な登山のために火山情報を事前に確認していた登山者は日本人で14%、外国人で19％であった。
4)「噴火警戒レベル」という用語について、日本人登山者は7割、外国人登山者は5割が認知していた。
5)富士山の現在の噴火警戒レベルを正確に認知していた登山者は2割であった。（日本人のみ調査）
御嶽山の登山者への質問紙調査は、御嶽山王滝登山口において、御嶽山から下山してきた登山者を対象に実施した。調査期間は、2024年7月21日~10月15日である。調査方法は対面調査とし、紙の調査票に記入する形で回答を得た。調査項目は、登山者の個人属性、火山防災意識（富士山噴火の可能性の認知、富士山の噴火警戒レベルの認知等）等である。調査の結果、410名の登山者から回答を得ることができた。本調査から得られた主な成果は次の通りである。
1)御嶽山の登山者の4割以上が年12回以上登山をしており、富士山に比べ登山経験が豊富な登山者が多い
2)安全な登山のために火山情報を事前に確認していた登山者は65％と富士山登山者に比べ高い。
3)御嶽山の現在の噴火警戒レベルを正確に認知している登山者は71%と、富士山の登山者に比べ高い
以上の調査から、富士山と御嶽山では登山者の特性が全く異なることが明らかになった。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
本研究に「関連の深い建議の項目」は、「5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究(5) 大規模火山噴火」である。本研究は、噴火災害発生時に最も近くで被災する可能性のある登山者の活火山に対する意識を計測し、登山者の避難を支援するための基礎的情報を提供いている。そのため、5(5)の目的達成に貢献していると同時に、「災害の軽減に貢献する」という目標にも直接的に貢献している。

（8）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
・論文・報告書等

南沢 修・秦 康範，2024，火山災害の総括支援チームの創設について，地域安全学会梗概集，No.54

中村 美月・佐藤史弥・秦康範，2024，富士山登山者と御嶽山登山者の活火山に対する防災意識の比較分析，日本災害情報学会 第29回研究発表大会予稿集

・学会・シンポジウム等での発表

南沢修・秦康範，2024，火山災害の総括支援チームの創設について，第54回地域安全学会研究発表会（春季）

中村 美月・佐藤史弥・秦康範，2024，富士山登山者と御嶽山登山者の活火山に対する防災意識の比較分析，日本災害情報学会 第29回研究発表大会

（9）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

（10）令和７年度実施計画の概要：

令和7年度は、地域住民のハザード理解とリスク認識を計測するための標準的な質問紙調査票の設計を行い、山梨県富士吉田市を対象に質問紙調査を実施する。富士吉田市では、令和3年に改定された「富士山火山ハザードマップ」を基に、「富士山火山避難マップ」を作成し、今年度に地域住民へ公表、配布をしている。令和7年度は、「富士山火山避難マップ」の認知度や保管状況、マップの判読の可否について調査を行う。
また、登山者への質問紙調査も継続して実施する。令和7年度は山梨県だけではなく静岡県でも、富士山登山者への通行料制度が実施される予定であるため、静岡県側から富士山へ上る登山者の火山に対する意識等について調査する予定である。

（11）実施機関の参加者氏名または部署等名：

佐藤　史弥（山梨大学大学院総合研究部附属地域防災・マネジメント研究センター）,大槻　順朗（山梨大学大学院総合研究部附属地域防災・マネジメント研究センター）,武藤　慎一（山梨大学大学院総合研究部附属地域防災・マネジメント研究センター）,秦　康範（日本大学危機管理学部）,南沢　修（長野県）,吉本　充宏（山梨県富士山科学研究所）,石峯　康浩（山梨県富士山科学研究所）,本多　亮（山梨県富士山科学研究所）
他機関との共同研究の有無：有
久保智弘（山梨県富士山科学研究所）,亀谷伸子（山梨県富士山科学研究所）

（12）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：山梨大学大学院総合研究部附属地域防災・マネジメント研究センター
電話：
e-mail：
URL：https://desire.yamanashi.ac.jp/

（13）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：佐藤史弥
所属：山梨大学大学院総合研究部附属地域防災・マネジメント研究センター