

(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的高度化や防災リテラシー向上への活用の方策に

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や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との関係を踏まえ、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

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7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

2024年1月1日に石川県能登地方で発生した能登半島地震の複雑な破壊過程の理解を目的とし、震源域の高精度な地下構造を明らかにするため、東北大学が能登半島に臨時的に設置した12台の地震計と既存の観測網と合わせた高密度な地震観測データを活用した。この臨時地震観測は能登半島地震の約1ヶ月前（2023年10月から11月）までに実施していたものである。そして、海洋の波浪によって常に発生しているわずかな地面の揺れ（常時微動）のデータを解析することで、地下の地震波速度構造をこれまでにない高い解像度で描き出すことに成功した (Takagi et al., 2025)。その結果、2024年能登半島地震の震源域の下に、地震波が異常に速く伝わる領域（高速度体）が存在することが明らかになった。また、この高速度体は、およそ1500万年前の火山活動の供給源となったマグマが、地下で冷え固まったものである可能性が高いことが、その分布や速度、地質構造との比較から示された。さらに重要な点は、地震発生前の3年間にわたる群発地震が、この固化した古いマグマを避けるように発生していたのに対し、能登半島地震の主要な断層破壊は、その固結マグマの中で発生していたことである。このことから、この固結マグマが、当初は、群発地震を引き起こす地下の流体の移動を妨げる「不透水性の壁」としての役割を果たしていましたが、最終的にマグニチュード7.5の能登半島地震を引き起こす「破壊の中心（アスペリティ）」として機能したことが明らかになった。群発地震発生域のすぐ隣に存在していたこのアスペリティが破壊されることで、断層破壊がさらに東西に伝播し、マグニチュード7.5という大地震に至ったと考える。この結果は、過去の火山活動によって形成された固結マグマと、それによる地下の水の通りやすさ（透水性）の不均質が、群発地震の発展と大地震の発生を支配した要因であることを示している。

2024年能登半島地震（M 7.6）は能登半島東部の深さ約15kmで発生した。本地域に存在する高傾斜角（50°-60°）の断層面は日本海形成時の引張応力場によって形成されたものである。これらの高角断層は現在の圧縮応力場において逆断層（反転テクトニクス断層）として活動している。能登半島地震がどのような条件下で発生したのか、また将来の地震発生の可能性が高い場所を理解するためには、現在の応力場に対する断層のすべりやすさを数値的に評価することが重要である。そこで、本研究では2024年能登半島地震の震源域周辺の応力場を推定し、Slip Tendency (ST) 解析を用いて断層のすべりやすさを評価した (Tagami et al., 2025)。能登半島周辺では横ずれ型のメカニズム解も存在するものの、ほとんどの地震は逆断層型のメカニズム解を示している。推定した応力場は北西-南東方向の圧縮軸を持ち、逆断層運動を支持する。能登半島西部では主応力軸の方向と断層走向が斜交し、横ずれ断層運動を引き起こす可能性がある。最大水平圧縮方向は、西部から東部にかけて時計回りに20°回転する。2024年能登半島地震に関連する断層モデルの解析では大きなST値が示され、能登半島地震発生以前の応力場において断層がすべりやすい状態にあったことを示唆している。また、能登半島地震発生以前に特定されていた能登半島域内の断層も大きなST値を示した。大きなST値の分布は観測された大きなすべり量と一致していた。各断層の過去の活動歴といった他の要因を考慮する必要があるものの、能登半島地震は複数の断層が破壊に適した条件下で発生したと考えられる。

遠地波形を用いて破壊過程をモデル化し、その全体像が5つのサブイベントで説明できることを示した。

特に、陸域観測網では検知が困難な震源東側の海域において、第5の破壊が発生したことを明らかにした。(Yoshida and Yamada, 2026)

4/19に珠洲市高屋地区で観測成果の現地報告会を行った(岡田・平原・他, 2026)

。報告会で行ったアンケートや報告会の際の双方向の意見交換の結果、住民の方々の地震に関する関心は高く、適切な説明は災害軽減に有効であることが伺えた。

2. トカラ列島近海の地震活動(加藤愛太郎・他)

トカラ列島近海では2025年6月下旬から観測史上最大規模の群発地震が発生した。本研究では、悪石島・小宝島・平島の鹿児島大学観測点と基盤観測網のデータを統合し、PhaseNetによる自動検出、イベント検出、震源再決定、マッチドフィルター法を用いて高精度な地震カタログを構築した。その結果、震源域には東西2つのクラスターが確認され、多くが深さ15 km以浅に分布し、気象庁カタログより浅いことが判明した。地震活動は6月21日以降浅部へ移動し、6月29日以降は北東方向への移動と速度増加(20~50 km/d)が顕著となった。西側クラスターも7月2日に南西方向へ急速に拡大した。これらの移動はスロー地震やダイク貫入と整合し、火山性流体の貫入に伴うスロースリップと応力集中が群発地震に関与した可能性が示唆される。

3. 陸奥湾の地震とS波スプリッティング解析(岡田・藤村・他, 2026)

青森県陸奥湾下で、2024年11月に活発化した地震活動の地震波形データを用いてS波スプリッティング解析[Savage et al., 2010]を行い、同地域の応力場や断層との関係を検討した。その結果、青森県陸奥湾下で2024年11月に活発化した地震活動は既存断層に関係する可能性が示唆された。

4. 山口県北部萩市付近の地殻下部の地震波速度構造(岡田・宮澤・他, 2026)

2025年2月から活動が活発化した山口県北部萩市付近の地殻下部の地震活動に対し、地震波速度トモグラフィ解析を実施した。気象庁一元化震源カタログおよび京都大学防災研究所が設置した臨時観測点を用いて、Double-Difference トモグラフィ法[Zhang and Thurber, 2003, 2006]により、2025年2月ごろから群発地震活動が発生した山口県北部地域の地震波速度構造を求めた。活発化した地震活動域の周辺には高い V_p/V_s ・低い V_s 領域が確認できる。高い V_p/V_s ・低い V_s 領域の成因として流体が挙げられ、この地震活動と流体との関わりが示唆される。

5. S波反射面のマッピング(鈴木・他, 2026)

2011年東北地方太平洋沖地震後に群発地震活動が生じた福島・山形県境付近において2011年東北地方太平洋沖地震合同余震観測グループが設置した臨時地震観測点を用いたS波反射波の起源となるS波反射面の空間分布を推定した。

反射面は群発地震震源域直下に位置し、広がり of の小さな反射面が複数存在すると

考えられる。米沢-喜多方地域のS波反射面は大峠カルデラのマグマだまりに由来する流体が原因であり、この流体の流入により群発地震活動が誘発されたと考えられる。

6. 岩手県北部のS波スプリッティング解析(藤村・他, 2026)

2024年7月に活発化した岩手県北部の地震波形を用いて、周波数依存性を考慮したS波スプリッティング解析を行った。折爪断層近傍の観測点と震源域西方の観測点では異方性の方向に顕著な周波数依存性が見られたが、応力起因の異方性に、それぞれ活断層である折爪断層や火山域の局所的な構造的異方性が重畳している構造を反映している可能性がある。

7. 新潟県中越地震、新潟県中越沖地震周辺の地震活動解析(内田晴海・他, 2026)

新潟県中越地震、新潟県中越沖地震、および東北地方太平洋沖地震後に地震活動が活発化した地域を対象に、ETASモデルによる地震活動の再現性とクーロン応力変化との関係を検討した。

新潟県中越地震では、 b 値の一時的な低下に伴う余震活動の活発化に対して、ETAS モデルが地震活動を過小評価する傾向が認められた。一方、震源域では背景地震活動率および余震の生産性の上昇が推定され、これらはクーロン応力の上昇と整合的である。新潟県中越沖地震の余震域は、中越地震によってクーロン応力が低下した領域に位置し、背景地震活動率および余震の生産性はいずれも中越地震に比べて低く推定された。この結果はクーロン応力低下の影響を反映している可能性がある。また、中越地震を補完イベント期間として設定した場合には、活発な余震活動が定常的な背景地震として扱われ、地震活動の過大評価が生じ得る点に注意が必要である。東北地方太平洋沖地震後に地震活動が活発化した地域では、群発地震を含む時系列において、広域・長期間で推定したモデルと実際の地震活動が一致しない期間が確認された。群発的な活動が卓越する領域では背景地震活動率の増加が推定され、この傾向は先行研究と整合的である。

8. 内陸の通常地震と低周波地震における放射エネルギー特性の差異とそれに由来するローカルマグニチュードとモーメントマグニチュードの系統的乖離を定量的に明らかにした (Orimo et al., 2025)。

9. 北上低地西縁断層帯南部における重力探査と地下地質構造 (岡田真介・他)

北上低地西縁断層帯南部の既存反射法地震探査測線 (白石ほか, 2010) に沿って取得されていた重力探査データの一部を再測定し (29点), ブーゲー重力異常から北上低地~北上低地西縁断層帯の地下地質構造の推定を行った。Talwani法による密度構造解析の結果, 中新世の日本海拡大時の正断層とそれを埋めた堆積物を示す地下地質構造と北上低地西縁断層帯との関係が明らかになった。

10. 地殻上部の電気伝導度構造とP波地震波速度構造から岩石物理モデルに従って間隙流体体積分率と塩分濃度を推定する1次元逆問題コードを開発し、山形福島県境付近の群発地震域に適用したところ、Fault-Valveモデルのバルブ深さを定量的に評価できる結果を得ることに成功した (市来・他)。

11. セン断増粘流体(STF)を付加した石英ガウジ層臨界スティフネスのせん断速度依存性 (Wang et al., 2025)

せん断速度が増加すると粘性が急増する機能性流体 (せん断増粘流体、STF) を付加した石英ガウジを用いた摩擦すべり実験を行った。地震の核形成に相当する $1\text{--}100\ \mu\text{m/s}$ の低速すべりでは、STFを付加しないガウジ層の臨界スティフネス(kc)はすべり速度に依らず正の一定値を示すが、STFを付加するとすべり速度の増加とともにkcは低下し、すべり速度 $100\ \mu\text{m/s}$ ではほぼ0になった。このことは、STFを注入すると断層が安定化し、地震の核形成を抑制あるいは遅延させうることを示唆する。

12. 上部地殻を模擬した石英-アルバイト (長石の一種) 混合試料を用いた高温高压せん断実験 (Furukawa et al., 2025)

上部地殻を模擬した石英-アルバイト (長石の一種) 混合試料を用いた高温高压せん断実験をおこない、脆性塑性遷移を含む様々な温度圧力の条件下で岩石の強度 (摩擦係数) とその組織を比較した。温度圧力は、地下の深さを模擬して、岩石の密度 2.7g/cm^3 , 地温勾配 30° 度を仮定して、深さとともに温度圧力両方を変えて実験した。浅部条件では破砕主体で摩擦係数がByerlee則に収束する一方、深部条件ではひずみ弱化に転じ、ナノ粒子化・再結晶を伴うことで地殻強度が大きく低下することを示した。特に、脆性塑性遷移に近い深部領域では、これまでの論文で非晶質として報告されていた低粘性と思われる流動領域が見られた。FIBとTEMを用いたナノ分析から、この非晶質様の物質は、すべてナノ結晶粒子であり、この領域での粒界すべり (+深部での動的再結晶) が、上部地殻の脆性-塑性 (摩擦-粘性) 遷移帯におけるピーク強度と弱化を支配する、という実験的根拠を提示した。

13. 地温勾配を考慮した山陰ひずみ集中帯のモデル (Shibazaki et al., 2025)

山陰地域では、第四紀火山が存在する火山フロントに沿って地温勾配が大きい。本研究では、非線形粘弾性とモール・クーロンの降伏条件に基づく塑性変形を取り入れた有限要素法により、不均一な熱

構造と横ずれ応力場を考慮した山陰歪集中帯（SSZ）の形成過程をモデル化した。その結果、火山フロントに沿った高地温勾配域内に剪断帯が形成されること、局所的に地温勾配が高い領域においてSSZ走向に対して斜め方向に小規模断層帯が生成され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

本研究課題は

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

(4) 内陸で発生する被害地震

に対応し、内陸地震に関する観測研究や実験に基づく研究成果を得た。また、建議項目「地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化」に直接的に資する成果も得られた。

さらに、

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

に関係し、能登半島地震に関して住民への研究成果の還元を行った。

(8) 令和7年度の成果に関連の深いもので、令和7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

Wang, L., Y. Mukuhira, Y. Yabe, S. Sawa, and J. Muto, 2025, Induced Earthquakes Inhibited by Shear Thickening Fluid, *Geophys. Res. Lett.*, 52, e2025GL118281.
doi:10.1029/2025GL118281, 査読有, 謝辞有

Orimo, Masaki, Keisuke Yoshida, Toru Matsuzawa, Taka'aki Taira, Kentaro Emoto, Akira Hasegawa, 2025, Systematic Differences in Energy Radiation Processes Between Regular and Intraplate Low-Frequency Earthquakes Around the Focal Area of the 2008 Mw 6.9 Iwate-Miyagi, Japan, Earthquake, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 130, 3, e2024JB030750, <https://doi.org/10.1029/2024JB030750>, 査読有, 謝辞無

Dhar, S., Takada, Y., & Muto, J., 2025, Inferring 3-D rheology of low-viscosity zone around quaternary volcanoes of NE Japan from postseismic deformation of the 2011 Tohoku-Oki earthquake. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 130, e2024JB029939.
<https://doi.org/10.1029/2024JB029939>, 査読有, 謝辞有

藤村遼太郎・岡田知己・内田晴海・Martha SAVAGE・田上綾香, 2026, 岩手県北部の周波数依存性を考慮したS波スプリッティング解析, 東北地域災害科学研究, 印刷中., 査読無, 謝辞無

Furukawa, M., Verberne, B. A., Sawa, S., Nagahama, H., Takahashi, M., Plümer, O., & Muto, J., 2025, The brittle-plastic transition in quartz-albite mixtures: New insights from shear deformation experiments at mid-to-lower crustal depth conditions. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 130, e2025JB031249. <https://doi.org/10.1029/2025JB031249>, 査読有, 謝辞有

岡田 知己・宮澤 理稔・西川 友章・西村 卓也・長岡 愛理・宮町 凜太郎・大見 士朗・松本 聡・高木 涼太, 2026, 山口県北部の2025年深部群発地震震源域周辺の地震波速度構造・地震活動, 地震予知連絡会会報, 115, 印刷中., 査読無, 謝辞無

岡田知己・藤村遼太郎・内田晴海・木村洲徳・高木涼太・Martha SAVAGE・田上綾香・前田純伶・前田拓人・野口科子・阿部信太郎, 2026, 青森県陸奥湾下の地震のS波スプリッティング解析, 東北地域災害科学研究, 印刷中., 査読無, 謝辞有

Shibazaki, B., Nishimura, T., & Matsumoto, T., 2025, Modeling the San-in shear zone in southwest Japan: development of the immature shear zone along the volcanic front. *Earth, Planets and Space*, 77(1), 182. <https://doi.org/10.1186/s40623-025-02306-6>, 査読有, 謝辞有

鈴木真奈美・岡田知己・2011年東北地方太平洋沖地震合同余震観測グループ, 2026, 東北地方米沢-喜

多方地域における S 波反射面の空間分布, 東北地域災害科学研究, 印刷中., 査読無, 謝辞無

Tagami, A., Okada, T., Savage, M.K. et al., 2025, Evaluation of the favorability of faults to slip: the case of the 2024 Noto Peninsula earthquake. *Earth Planets Space* 77, 107.
<https://doi.org/10.1186/s40623-025-02235-4>, 査読有, 謝辞有

内田晴海・岡田知己・藤村遼太郎・田上綾香, 2026, Epidemic-Type Aftershock Sequenceモデルを用いた新潟県中越地方の地震活動の時空間解析, 東北地域災害科学研究, 印刷中., 査読無, 謝辞無

Yokoyama, H., Ofune, T., Jayawickrama, E. et al., 2025, Kink strengthening and rank-1 connection of crustal rocks. *Sci Rep* 15, 33203,
<https://doi.org/10.1038/s41598-025-17812-6>., 査読有, 謝辞有

Yoshida, K., Yamada, T., 2026, Discrete Radiation Sources of the 2024 Noto Peninsula Earthquake: Linking Teleseismic Pulses and Near-field Observations, *Earth, Planets and Space*, accepted, 査読有, 謝辞無

Takagi, R., K. Yoshida, and T. Okada, 2025, Rupture of solidified ancient magma that impeded preceding swarm migrations led to the 2024 Noto earthquake, *Science Advances*, 11, 42, doi: 10.1126/sciadv.adv5938., 査読有, 謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

Lu Wang・棕平祐輔・矢部康男・澤燦道・武藤潤, 2025, 機能性流体による誘発地震抑制の試み, 日本地球学会令和7年学術講演会盛岡大会

Mukuhira, Y., Application of Functional Fluids to Geomechanical Challenges in various fields, ICDP Workshop “Probing the heart of an earthquake and life in the deep subsurface”

Wang, L., Y. Mukhire, Y. Yabe, S. Sawa, and J. Muto, 2025, Induced seismicity can be inhibited by particle jamming, International Joint Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes

Yabe, Y., S. Sawa, H. Ogasawara, and R. Durrheim, 2025, Frictional properties of the fault, ICDP Workshop “Probing the heart of an earthquake and life in the deep subsurface”

Yabe, Y., 2025, 3D stress estimation by Deformation Rate Analysis, ICDP Workshop “Probing the heart of an earthquake and life in the deep subsurface”

Yabe, Y., 2025, A case study of stress estimation around a seismic source fault by integrating various stress information, AFRIROCK Geotech Workshop

Wakao, N., M. Ichiki, A. Motoyama, Y. Ogawa, M. Uyeshima, K. Asamori, T. Uchida, H. Hase, T. Koyama, S. Sakanaka et al., 2025, Vertical geofluid volume fraction profile through the seismic swarm zone in NE Japan, inverted from electrical resistivity and P-wave velocity, IAGA-IASPEI Joint Scientific Meeting, J02a-02.

市來 雅啓, Siripunvaraporn Weerachai, 2025, 比抵抗モデルにおける対応する t 検定を用いた比抵抗信頼区間推定について, 地球電磁気・地球惑星圏学会, R003-05.

岡田知己・平原聡・木村洲徳・宮澤理稔・西村卓也・平松良浩, 2025, 石川県珠洲市高屋地区における地震観測: 観測成果と2025年4月報告会, 第44回日本自然災害学会学術講演会, A-7-5.

高木涼太・吉田圭佑・岡田知己・福島駿・宮澤理稔・前田拓人・平野史朗・石瀬素子・椎名高裕・平松良浩, 2025, 地震計ノードを用いた高密度観測に基づく2024年能登半島地震陸域震源域の詳細なS波速度構造, 日本地球惑星科学連合2025年大会

(9) 令和7年度に実施した調査・観測や開発したソフトウェア等のメタ情報:

(10) 令和8年度実施計画の概要：

引き続き、東北地方をはじめとした内陸地震の観測研究や関係した実験を進める。

双葉断層北部においてDASと地震計ノードを併用した高密度地震観測を実施する。これによって、断層周辺の浅部地下構造の高精度把握を行う。内陸域で発生した群発地震活動について、高精度地震カタログを用いた詳細な時空間発展の解析を行い、その発生過程と移動特性を明らかにすることで、群発地震活動を駆動する物理過程に関する理解を深める。北上低地西縁断層帯南部における重力探査と地下地質構造の研究においては、2025年度の成果をさらに高精度化すると共に、重力異常の平面分布から、中新世の正断層構造を含む北上低地断層帯周辺の地下地質構造の空間的連続性について検討する。重力異常のデータが不足している地域については、追加測定を実施する。ブーゲー重力異常のフィルタリング手法についても検討する。福島県浜通り地震周辺での比抵抗構造探査の為の観測を展開し、震源滑りの本震すべりと余効すべり、それぞれの分布と比抵抗分布との対応を調査研究する。北海道東部火山地域の応力場の推定と地震活動の評価を行う。日本全域で、通常地震と低周波地震のエネルギー放射特性を網羅的に調べる。

上部地殻や沈み込み帯プレート境界の岩石の強度と組織発達における流体の効果を明らかにする。防災科学技術研究所と共同で、中一高速すべり時のSTFの挙動を調べる。

中部日本における変形過程（歪集中帯と山脈形成過程）のモデル化を実施する。

(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, 市来雅啓, 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, 日野亮太

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）、蛭名裕一（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）、寺川寿子（名古屋大学）、宮澤理稔（京都大学防災研究所）、松島健（九州大学）、八木原寛（鹿児島大学）、坂中伸也（秋田大学）、内田直希（東京大学地震研究所）、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）、田上綾香（産業総合技術研究所・東北大学）、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

能登半島地震を支配した地下構造

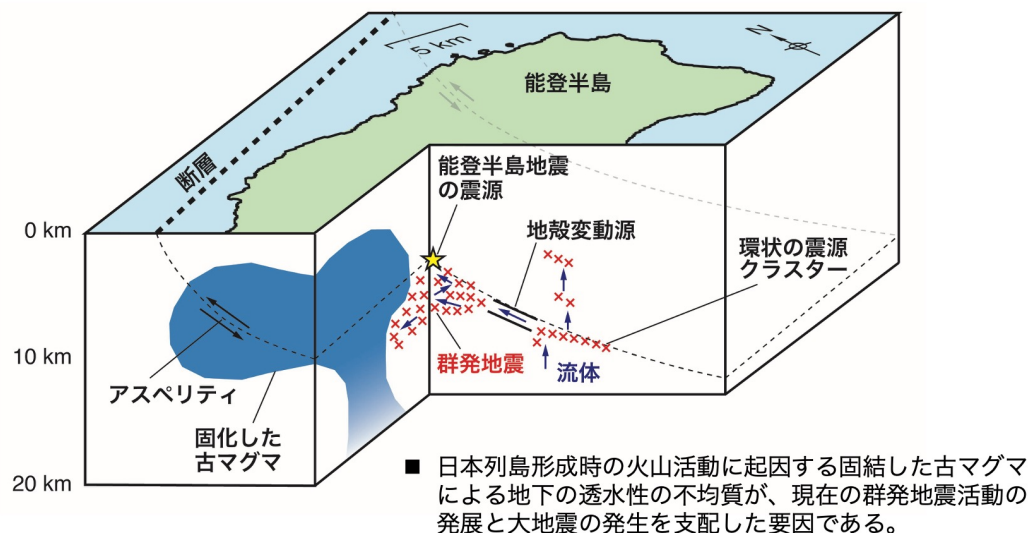
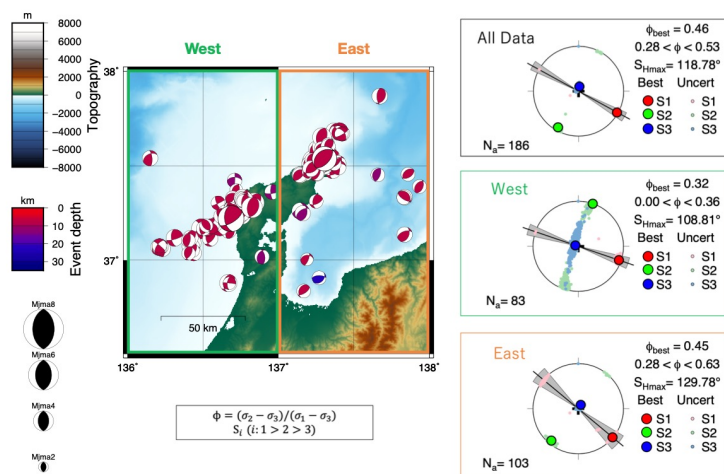


図1. 高密度地震観測に基づく高分解能地下構造イメージングにより明らかになった能登半島下の地下構造と2024年能登半島地震および先行した群発地震の関係 (Takagi et al. 2025)

(1) 応力場



(2) 断層のすべりやすさ

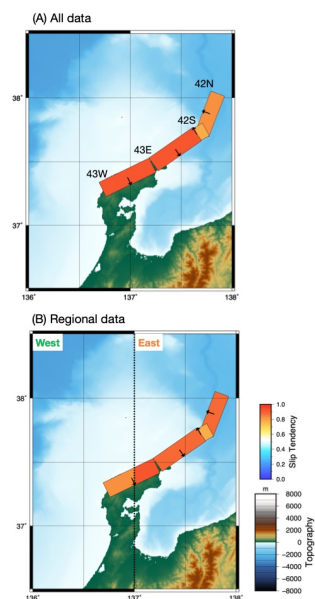


図2. 能登半島地震地域のメカニズム解の分布（2024年より前）と推定した応力場 (Tagami et al., 2025)。応力場の解では赤が最大主応力、緑が中間主応力、青が最小主応力を示す。
 右図：応力場(1)に対する断層面のすべりやすさ (Slip Tendency)。断層のすべりやすさは赤ほどすべりやすく、青ほどすべりにくい状態を示す。

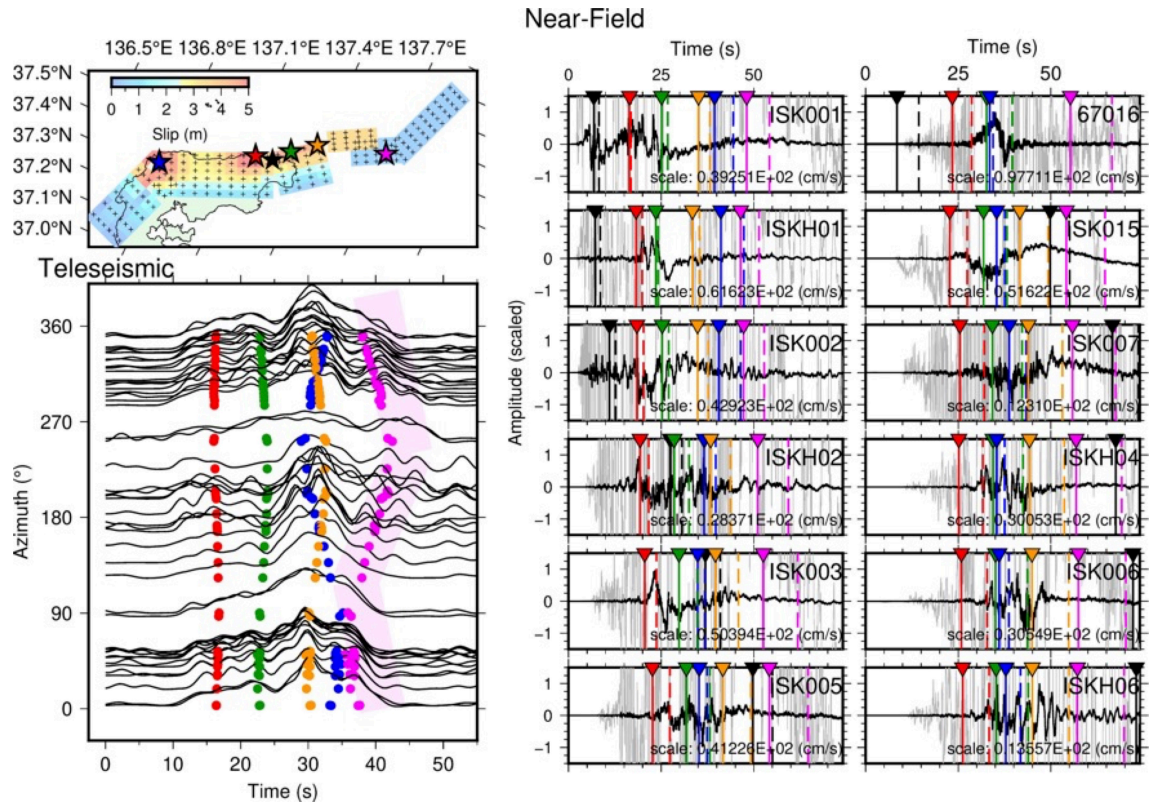


図3. 2024能登半島地震の破壊過程の5つのソースによるモデル化 (Yoshida and Yamada, 2026)
 左上：ソースの位置星印で表す。背景の矩形と色は Yamada et al. (2025)による断層モデルと滑り分布を表す。左下：遠地波形に基づく震源時間関数と5つのソースの関係。右：近地の強震動記録 (積分により得た速度記録)。

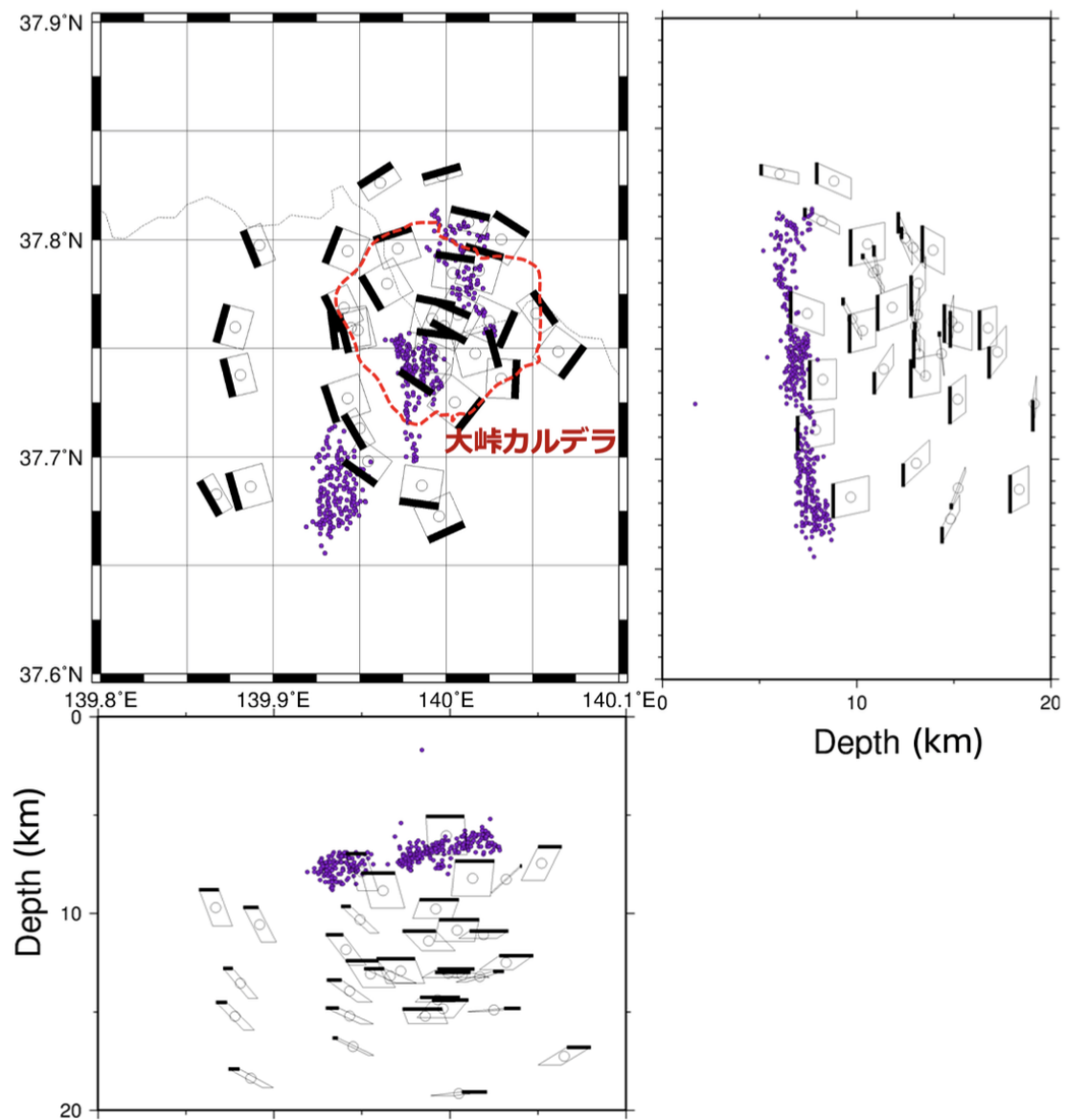


図4. 推定した反射面の空間分布と使用した震源の分布（鈴木・他，2026）
 反射面は浅い方の辺が太くなるようにしている。赤線は大峠カルデラの概形を示す。

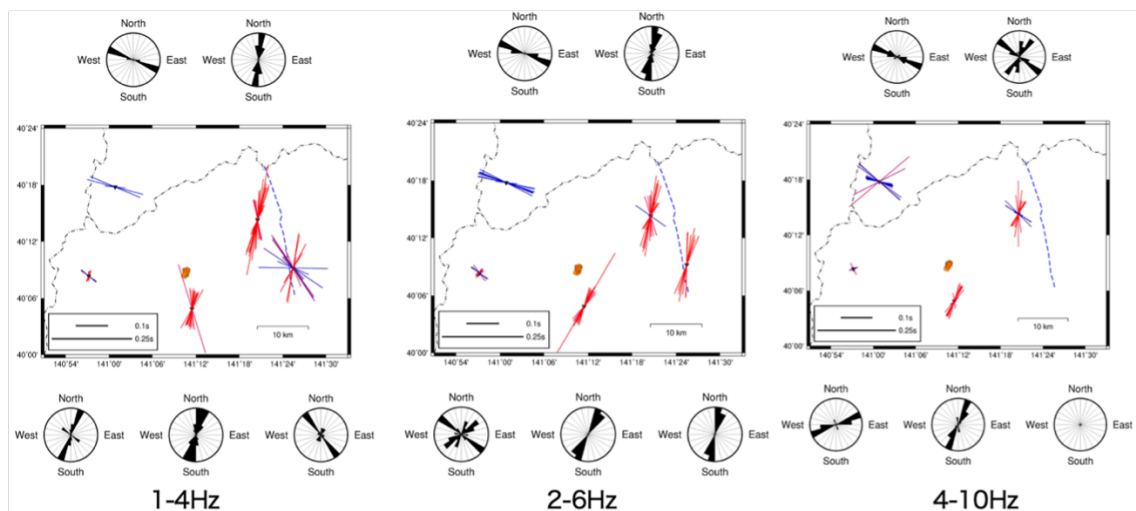


図5. 岩手県北部のS波スプリッティング解析の結果（藤村・他，2026）

(a)1-4 Hz (b)2_6 Hz (c)4-10 Hz のバンドパスフィルタを用いて得られた岩手県北部・折爪断層近傍の異方性と観測点毎の頻度分布. シンボルの色は SHmax 方向との差[°]を示す.

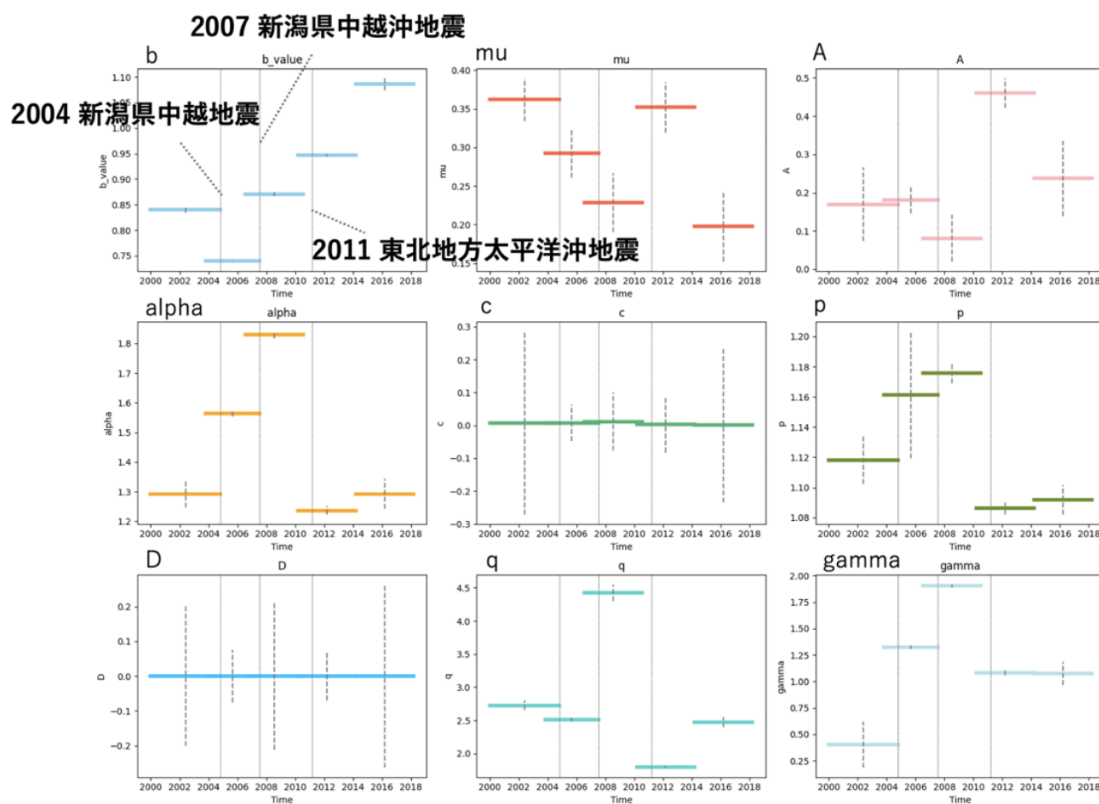


図6. 新潟県中越地震および新潟県中越沖地震両地震震源域を含む領域におけるETAS パラメータの時間変化（内田晴海・他，2026）

北上低地西縁断層帯南部における重力探査と地下地質構造

既存の反射法地震探査測線上の重力探査データの一部を再測定し（29地点）、北上低地～北上低地西縁断層帯周辺の地下地質構造を推定した。

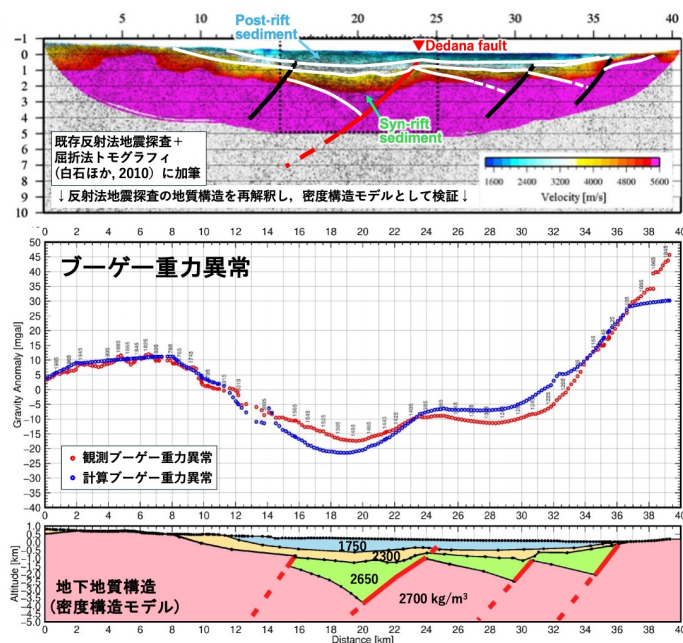
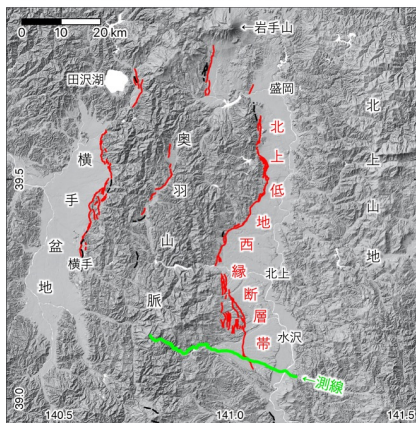


図7. 北上低地西縁断層帯南部における重力探査と地下地質構造 (岡田真介)

北上低地帯南部の地下には、中新世の日本海拡大時の正断層とそれを埋めた堆積物を示す地質構造が複数残っていることが知られている (例えば Kato et al., 2006 など)。

本研究では、重力探査データの一部を再測定し、地下地質構造をTalwani法により推定し、重力異常からも地下に残存する正断層構造と北上低地西縁断層帯の関係が明らかにした。

北上低地断層帯南部では、インバージョンテクニクスによる地質構造が顕著であり、残存する正断層構造の連続性は、現在の逆断層運動のセグメントとも密接に関連している可能性があるため、正断層構造を含む地下地質構造の連続性が重要である。

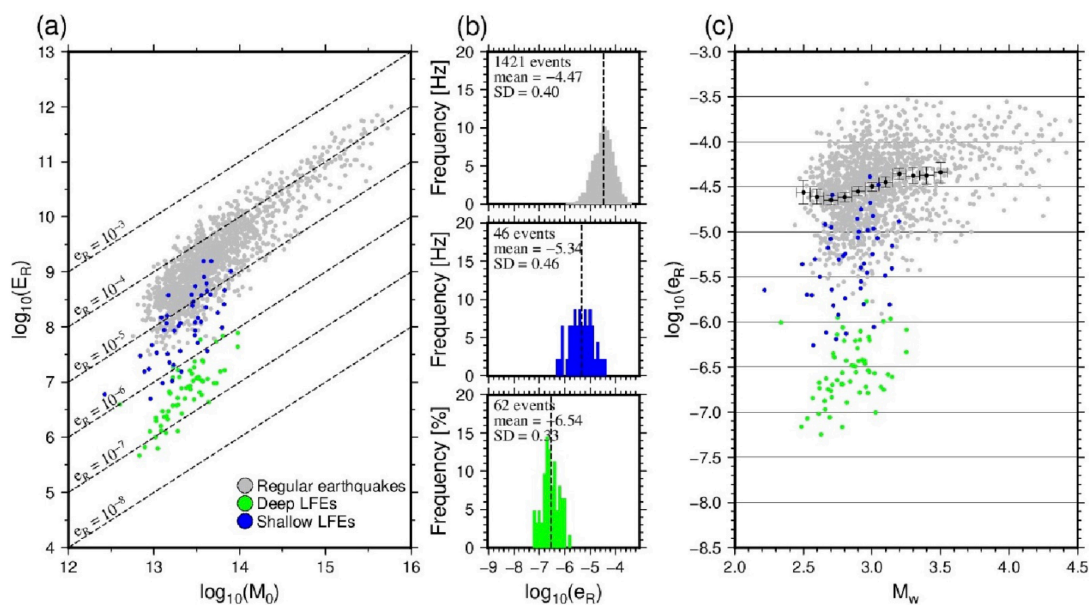


図8. 通常地震 (灰)、浅部低周波地震 (青)、深部低周波地震 (緑)の放射エネルギーと地震モーメントの関係 (Orimo et al., 2026)

(a) 放射エネルギーと地震モーメントの関係。(b) Scaled energy (単位地震モーメント辺りでの放射エネルギー)の頻度分布。(c) M_w と Scaled energyの関係。

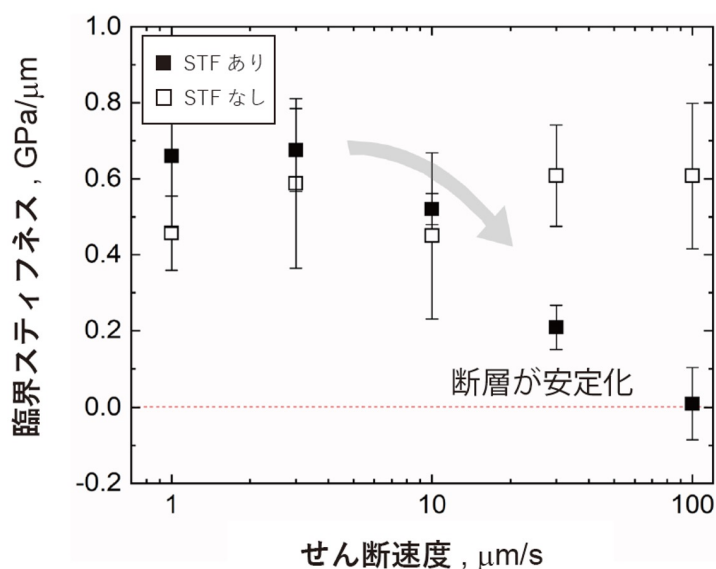


図9 .せん断増粘流体(STF)を付加した石英ガウジ層(黒四角)と付加していない石英ガウジ層(白四角)の臨界スティフネスのせん断速度依存性 (Wang et al., 2025)。
Wang et al. (2025)に加筆。

上部地殻を模擬した混合試料を用いた高温高压せん断実験により、浅部条件では破碎主体で摩擦係数がByerlee則に収束する一方、深部条件ではひずみ弱転じ、ナノ粒子化・再結晶を伴うことで地殻強度が大きく低下することを示した。特に、ナノ粒子領域での粒界すべり（+深部での動的再結晶）が、上部地殻の脆性-塑性（摩擦-粘性）遷移帯におけるピーク強度と弱転を支配する、という実験的根拠を提示した。

Furukawa et al. (2025JGR)

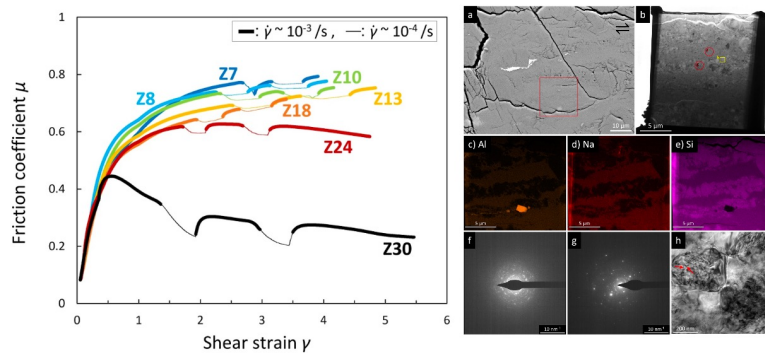


図10. せん断ひずみ γ と摩擦係数 μ の関係 (Furukawa et al., 2025)

(左、Furukawa et al. (2025JGR) Fig. 13)

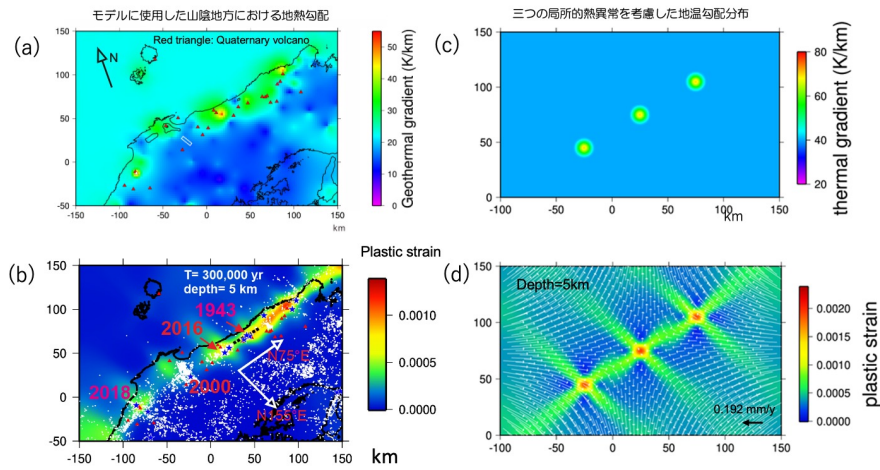
せん断ひずみ γ と摩擦係数 μ の関係

せん断ひずみ γ と摩擦係数 μ の関係を示す。摩擦係数 μ は、せん断応力と拘束圧（平均値）から算出した。データは、せん断応力-せん断ひずみ曲線 (Fig. 2) と同様に、移動平均（窓幅 30）で平滑化した。太線はせん断ひずみ速度 $\approx 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ 、細線は $\approx 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ を表す。色分けは、青：Z7（7kmに相当する温度圧力条件、以下同様）、薄青：Z8、薄緑：Z10、黄：Z13、橙：Z18、赤：Z24、黒：Z30

(右、Furukawa et al. (2025JGR) Fig. 10、試料 Z30 (900°C, 870 MPa) の微細～ナノ組織を示す。

(a) FIB（集束イオンビーム）による薄片作製位置周辺のSEM-BSE像。矩形がFIB薄片の作製位置で、矢印はせん断方向を示す。(b) FIB薄片のTEM全体像（視認性向上のため明るさを調整）。円は (f) (g) の回折パターン取得位置、矩形は (h) の拡大領域。(c-e) EDSマップ：Al (c)、Na (d)、Si (e)。(f) (g) それぞれアルバイト領域 (f) と石英領域 (g) の回折パターンで、いずれも多結晶性を示唆する。(h) (b) で示した領域の明視野TEM像。粒子内に結晶欠陥が観察される（赤矢印）。

山陰歪集中帯のモデル化



Shibazaki et al. (2025, EPS)

図11. 地温勾配を考慮した山陰ひずみ集中帯のモデル (Shibazaki et al., 2025)

(a) モデルに使用した山陰地方における地温勾配。第四紀火山からなる火山フロントに沿って地温勾配が大きい。(b)変形のシミュレーションの結果。火山フロントに沿った高地温勾配域内に剪断帯が形成される。累積せん断ひずみが小さい場合、局所的な高地温勾配域においてSSZ走向に対して斜め方向に小規模断層帯が生成される。(c)三つの局所的熱異常を考慮した地温勾配分布。(d) 変形のシミュレーション結果。局所的な高地温勾配域周辺に共役断層が形成される。