

# 次期計画検討シンポジウム

## 講演要旨集

開催日:令和4年5月17-18日 (オンライン開催)

主催:東京大学地震研究所地震・火山噴火予知研究協議会

共催:東京大学地震研究所、京都大学防災研究所

主催： 東京大学地震研究所地震・火山噴火予知研究協議会 共催： 東京大学地震研究所、京都大学防災研究所  
日時： 5月17日(火) 9:00~5月18日(水) 15:00  
場所： オンライン (Zoom)

## 5月17日(火) 9:00-17:00

開始時刻	質疑含 (分)	標題	発表者 [所属] (提案者の名称)
9:00	(10)	主催者挨拶・趣旨説明	谷岡勇市郎 (議長)
<b>1. 全体的な提言</b>			
9:10	(15)	1-1. 地震調査研究推進本部・地震調査委員会が期待する基礎研究	平田 直 [地震調査研究推進本部・東京大学]
9:25	(15)	1-2. 次期火山観測研究への期待 — 火山噴火予知計画で残されてきた課題	森田裕一 [東京大学 名誉教授]
9:40	(15)	1-3. 日本における「防災リテラシー」の動向	田村圭子 [新潟大学]
<b>2. 計画推進部会からの提言</b>			
9:55	(15)	2-1. 現行の地震(現象解明)計画推進部会の成果・問題点と今後に向けて	飯高 隆/望月公廣/岡田知己 [東大情報学環/東大地震研/東北大理] (地震 (現象解明) 部会)
10:10	(15)	2-2. 次期観測研究計画における地震長期予測研究	西村卓也 [京大防災研] (地震 (長期予測) 部会)
10:25	(15)	2-3. 次期計画での中短期地震予測研究に向けて	中谷正生/川方裕則 [東大地震研/立命館大学] (地震 (中短期予測) 部会)
10:40	(15)	2-4. 火山計画推進部会の現状・課題と今後の展望	中道治久 [京大防災研] (火山部会)
10:55	(10)	2-5. 災害誘因評価・即時予測部会	太田雄策/為栗 健 [東北大理/京大防災研] (災害誘因評価・即時予測部会)
11:05	(15)	2-6. 防災リテラシー部会の研究活動から見えてきた課題	高橋誠 [名古屋大学] (防災リテラシー部会)
11:20	(10)	2-7. 次期観測研究計画における史料・考古部会の課題	榎原雅治 [東京大学史料編纂所] (史料・考古部会)
11:30	(10)	2-8. 観測研究基盤部会次期計画	鶴岡 弘 [東京大学地震研究所] (観測研究基盤部会)
11:40	(15)	討論	
11:55	(65)	(昼休み)	

## 3. 研究機関からの提言

13:00	(8)	3-1. 北海道の地震津波火山災害軽減に向けた次期計画	青山 裕 [北大理] (北大理・北大工・北大文・北海道立総合研究機構)
13:08	(8)	3-2. 東北大・理からの提案 (1) 内陸地震研究	岡田知己 [東北大理] (東北大学大学院理学研究科 (1))
13:16	(8)	3-3. 東北大・理からの提案 (2) 海域地震研究	太田雄策 [東北大理] (東北大学大学院理学研究科 (2))
13:24	(8)	3-4. 東北大・理からの提案 (3) 火山研究	山本 希 [東北大理] (東北大学大学院理学研究科 (3))
13:32	(8)	3-5. 東北大・災害研からの提案	木戸元之 [東北大災害研] (東北大学災害科学国際研究所)
13:40	(8)	3-6. 地震現象の包括的理解と地震発生予測の高度化	上嶋誠 [地震研地震予知研究センター] (地震研地震予知研究センター)
13:48	(8)	3-7. 多項目観測と解析高度化による火山活動の定量的理解	金子隆之 [地震研火山噴火予知研究センター] (地震研火山噴火予知研究センター)
13:56	(8)	3-8. 深部低周波地震の化学的検知をめざす深部由来ガスの連続計測	角森史昭 [東大・地殻化学実験施設] (東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設)
14:04	(8)	3-9. 東京大学大学院理学系研究科の次期計画への展望	井出哲 [東大理] (東京大学大学院理学系研究科)
14:12	(8)	3-10. 電磁気学的な地震先行現象の総合的研究	服部克巳 [千葉大学大学院理学研究院] (千葉大学大学院理学研究院)
14:20	(8)	3-11. 災害対応力を補う情報科学に基づく情報戦略手法の確立	井ノ口宗成 [富山大学都市デザイン学部] (富山大学都市デザイン学部)
14:28	(8)	3-12. 名古屋大学からの次期計画への三つの提言	田所敬一 [名古屋大学環境学研究所] (名古屋大学環境学研究所)
14:36	(8)	3-13. 京都大学防災研究所における地震研究に関する検討	澁谷拓郎 [京都大学防災研究所] (京都大学防災研究所 (地震))
14:44	(8)	3-14. JAMSTEC海域地震火山研究	小平秀一 [JAMSTEC海域地震火山部門] (JAMSTEC海域地震火山部門)
14:52	(8)	3-15. 近年の気象庁地震津波火山業務の進展	宮岡一樹 [気象庁地震火山部管理課] (気象庁)
15:00	(8)	3-16. 防災・減災のための高精度デジタル地質情報整備プロジェクト	藤原治 [産業技術総合研究所] (産業技術総合研究所 地質調査総合センター)
15:08	(8)	3-17. 山梨県富士山科学研究所の火山防災研究の取り組み	吉本充宏 [山梨県富士山科学研究所 富士山火山防災研究センター] (山梨県富士山科学研究所 富士山火山防災研究センター)
15:16	(30)	討論	
15:46	(14)	休憩	

## 4. 研究グループ・個人からの提言

16:00	(8)	4-1. 火山熱水系の構造と進化を解明するための地質学、鉱物科学、電磁気探査	大場 司 [秋田大] (秋田大学大学院国際資源学研究所火山熱水系研究グループ)
16:08	(8)	4-2. 日本列島全体を俯瞰する広域的基本場の解明と重要地域での統合研究に向けて	深畑幸俊 [京都大学防災研究所] (基本場解明グループ)
16:16	(8)	4-3. 沈み込み帯プレート境界滑りのモデル化に貢献する海域稠密観測によるプレート間挙動解明	篠原雅尚 [東大地震研] (海域地震・地殻変動観測グループ)
16:24	(8)	4-4. 内陸地震の比抵抗構造再調査	相澤広記 [九州大学] (相澤広記 (九州大学)・吉村令慧 (京都大学)・市原寛 (名古屋大学)・上嶋誠 (東京大学))
16:32	(8)	4-5. 活断層研究の長期予測・災害軽減への取り組み	石山達也 [東大地震研] (石山達也・活断層研究グループ)
16:40	(8)	4-6. 海底活断層と火山噴火の学際的観測研究による災害軽減	朴進午 [東大・海洋研] (東京大学 大気海洋研究所・富山大学 理学部・高知大学 海洋コア総合研究センター)
16:48	(12)	討論	
17:00			

## 5月18日(水) 9:00-15:00

開始時刻	質疑会 (分)	標題	発表者 [所属] (提案者の名称)
<b>4. 研究グループ・個人からの提言 (続き)</b>			
9:00	(8)	4-7. コミュニティ断層モデルの構築とデータ公開	安藤亮輔 [東大理] (コミュニティ断層モデル有志ワーキンググループ)
9:08	(8)	4-8. 火山噴火予測を防災対策に活用するために求められること	秦康範 [山梨大学] (山梨大学 地域防災・マネジメント研究センター)
9:16	(8)	4-9. 学校と地域が連携した複合的地震災害における地域防災力強化の取組み	松多信尚 [岡山大学教育学部] (松多信尚 (岡山大)・廣内大助 (信州大))
9:24	(8)	4-10. 南西諸島北部域における地震発生場の理解の深化	八木原 寛 [鹿児島大学] (八木原 寛・仲谷幸浩・中尾 茂 (鹿児島大学)・山下裕亮 (京大防災研)・中東和夫 (海洋大)・篠原雅尚 (東大地震研))
9:32	(8)	4-11. 巨大災害リスク評価と災害軽減のための研究の提案ーカルデラ火山および海域活断層ー	金子克哉 [神戸大理] (金子克哉・松野哲男・清杉孝司・中岡礼奈・大塚宏徳・南拓人・羽入朋子・石橋純一郎・山本由弦・杉岡裕子・廣瀬仁・島伸和 (神戸大学))
9:40	(8)	4-12. ヒクラング沈み込み帯における海陸統合地球物理観測による沈み込みシステムと多様な断層すべり発生メカニズムの解明	望月公廣 [東京大学地震研究所] (NZ国際共同地球物理観測グループ)
9:48	(8)	4-13. 地震時地すべりの事前予測手法の高度化	土井一生 [京都大学防災研究所/京大理] (土井一生・王功輝・山崎新太郎 (京大防災研)・大倉敬宏 (京大院理))
9:56	(8)	4-14. 地震による土砂災害ハザードマップ作成の新手法の提案	齊藤隆志 [京都大学防災研究所]
10:04	(8)	4-15. 火山地域の崩壊・土石流等の発生ポテンシャルに関する検討	藤田正治 [京都大学防災研究所]
10:12	(8)	4-16. メキシコにおける災害軽減への取り組みと国際研究の在り方	伊藤喜宏 [京都大学防災研究所]
10:20	(8)	4-17. 地震発生の素過程研究の位置づけについて	矢部康男 [東北大学・理]
10:28	(8)	4-18. 阿蘇火山における観測研究のねらい	横尾亮彦 [京都大学理学研究科]
10:36	(8)	4-19. 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	仲田理映 [東京大学地震研究所] (仲田理映・望月公廣・木下正高 (東京大学地震研究所)・山下裕亮 (京都大学防災研究所)・橋本善孝 (高知大学))
10:44	(6)	討論	

## 5. 計画推進部会・総合研究グループ・拠点間連携・次期研究計画検討WG等からの提言

10:50	(10)	5-1. 第三次計画における南海トラフ巨大地震総合研究グループの在り方	伊藤喜宏 [京都大学防災研究所] (南海トラフの巨大地震総合研究グループ)
11:00	(10)	5-2. 総合的な研究として首都直下地震をとりあげるなら	酒井慎一 [東大情報学環・地震研究所] (首都直下地震地震総合研究グループ)
11:10	(10)	5-3. 千島海溝沿いの巨大地震総合研究グループ	高橋浩晃 [北大理] (千島海溝沿いの巨大地震総合研究グループ)
11:20	(10)	5-4. 大規模火山噴火総合研究グループ	中道治久 [京都大学防災研究所] (桜島大規模火山噴火総合研究グループ)
11:30	(10)	5-5. 高リスク小規模噴火総合研究グループからの提案	大湊隆雄 [地震研究所] (高リスク小規模火山噴火総合研究グループ)
11:40	(10)	5-6. 拠点間連携共同研究による地震リスク評価高度化に関する検討	松島信一 [京都大学防災研究所] (拠点間連携共同研究推進WG)
11:50	(10)	5-7. 地震本部との連携強化に向けて	加藤愛太郎 [東大地震研] (長期予測WG)
12:00	(10)	5-8. 定常地震観測WGからの提案	高橋浩晃 [北大理] (定常地震観測WG)
12:10	(10)	5-9. 次期研究計画における防災リテラシー部会の役割	木村玲玖 (次期検討WG 「リテラシー」)
12:20	(20)	討論	
12:40	(60)	休憩 (昼休み)	

## 6. 次期研究計画検討WGにおける検討・総合討論

13:40	(5)	次期研究計画検討WGの設置と次期研究計画の検討の取り組み	西村太志 (企画部戦略室長)
13:45	(10)	6-1. 地震WGにおける議論の報告と第三次計画の在り方	宮澤理稔 (次期検討WG 「地震」)
13:55	(10)	6-2. 次期計画火山WGからの提言	橋本武志 (次期検討WG 「火山」)
14:05	(10)	6-3. 地震予知・災害軽減研究における歴史地震研究	加納靖之 (次期検討WG 「史料考古」)
14:15	(45)	総合討論	
15:00			

## 1-1.

### 地震調査研究推進本部・地震調査委員会が期待する基礎研究

平田直（東京大学）

(hirata@eri.u-tokyo.ac.jp)

地震調査研究推進本部（以下、地震本部）は、阪神・淡路大震災の直後、1995年6月、地震による被害の軽減に資する地震調査研究の推進のために設置された。特に、地震に関連する科学の研究成果を社会に適切に伝えることの重要性が強調されてきた。約10年ごとに、「地震調査研究の推進について - 地震に関する観測、測量、調査及び調査研究の推進についての総合的かつ基本的な施策 -（以下、総合基本施策）が策定され、当面10年間に実施すべき計画が定められてきた。

第1期の総合基本施策（1999年策定）では、「活断層調査、地震の発生可能性の長期評価、強震動予測等を統合した地震動予測地図の作成」が第一に推進すべき地震調査研究とされ、2005年に第1版の「全国を概観した地震動予測地図」が完成された。第2期の総合基本施策（2009年策定、2012年改定）では海溝型地震の発生予測の高精度化と津波即時予測技術に関する研究が強調された。特に、2011年東北地方太平洋沖の超巨大地震の発生と、津波による甚大な被害を教訓とし、M9クラスの超巨大地震の発生の可能性を長期評価に取り組むことと、海底ケーブルによる津波即時予測の研究が推進された。第3期の総合基本施策（2019年5月策定）では、改めて、海域と陸域で発生するそれぞれの地震について、「地震発生の長期評価の高度化」が明示された。

これまでの地震本部・地震調査委員会が行ってきた長期評価は、対象とする地域での大地震発生履歴をもとに統計モデルを作って発生確率を評価する方法であった。一方、緊急地震速報や津波警報などに用いられている即時的な予測では、観測データと理論モデルに基づいて近い将来の揺れや津波を予測する手法である。陸域及び海域での観測網の充実と、沈み込み帯のプレート境界で進行する現象の理解とモデル化手法の知見が高まった現在、理論モデルに観測データを同化して、直近の未来を予測する手法を地震発生の予測にも活用していく必要がある。

第3期総合基本施策では、基本目標として「海溝型地震の発生予測手法の高度化」を掲げ、「プレート間固着・すべりのモニタリングの高度化を図る」とことと、「各種シミュレーション技術の開発・高度化を計算科学・情報科学と連携して進め、大地震後の地震活動の推移予測など、海溝型地震の発生予測手法の高度化を図る。」としている。

しかし、モニタリングによって得られるデータをモデルに同化し、将来の地震発生を予測する手法は、地震防災情報として利用できるだけの技術には成熟していない。この為の基礎的な研究が重要である。1995年阪神・淡路大震災後に全国の地震・地殻変動の観測網が整備され、データが蓄積された一方で、これらのデータを利用した「地震発生予測」の技術は、基礎的研究の段階にある。「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」実施グループに期待することは、この**基礎的な研究の推進**である。第3期総合基本施策では、地震本部と本観測研究計画とは組織的に連携することが求められている。さらに、「新たな科学技術の積極的な活用」がうたわれている。社会の期待を踏まえた成果の創出のために、ぜひ、次期の観測研究計画でも、強力に新知見の創出を進めていただきたい。

## 1-2.

### 次期火山観測研究への期待－火山噴火予知計画で残されてきた課題

森田 裕一(東京大学名誉教授, 防災科研火山研究センター)

(morita@eri.u-tokyo.ac.jp, yu1morita@bosai.go.jp)

大学在職中に噴火予知計画に関わった長い期間を振り返っても、近年の火山観測研究の置かれている環境の激変は過去に類を見ないもので、今後の舵取りをされる皆様の大変さは察して余りある。陸に上がった漁師の一人として次期計画への期待を述べ、エールを送りたい。

約 50 年間続けてきた研究計画で、これまで地下のマグマ溜まりや熱水溜まりの増圧とそれに伴う地表に現れる前兆現象の理解を進め、噴火時期と場所の予測に関して研究成果をあげてきた。これに基づき気象庁は平成 19 年より噴火警報の業務化を始めた。これは噴火予知研究が社会へ技術移転された成果と言える。今後も噴火時期や場所の予測精度の向上を目指す研究もある程度必要であるが、現在では天気予報の研究を研究機関が行わないように、行政官庁が“業務化”したものを必要以上に追いかけるのは賢明ではない。今後は、第 6 次噴火予知計画で課題として示された噴火規模、様式、推移の予測を目指した研究に一層注力すべきと考える。

これまで、噴火規模、様式、推移の予測に関する研究については、噴火履歴を調査して事象系統樹にまとめることを中心におこなわれ、観測研究分野の比重は少なかった。しかし、近年の海外での研究成果から、観測研究の展開方向への示唆が与えられている。例えば、アイスランドのエイヤフィヤトラヨークトル火山やハワイのキラウエア火山、コンゴのニイラゴンゴ火山では、浅いマグマ溜まりだけでなく、深いマグマ溜まりの関与で噴火規模、様式、推移が大きく影響されていることが報告されている。近い将来に噴火が懸念されている桜島大規模噴火や伊豆大島噴火では、山体膨張の主因である浅部のマグマ溜まりの他に深部のマグマ溜まりの存在が示唆され、これらの火山では次回の噴火で深部マグマ溜まりの関与の度合いが噴火規模、様式、推移にどのような影響を与えるかを知る重要な機会であろう。ここで強調したい点は、これまでの火山観測研究で注目していた浅部のマグマ溜まり、火道、火口という単純な火山モデルから、より広域で深部までに及ぶ複雑なマグマ供給系を科学的に理解し、その相互関係を明らかにし、それに基づき噴火規模、様式、推移の予測を目指すことの重要性とそれを目指した研究推進の必要性である。

火山災害の様相は、噴火規模や様式、推移により大きく異なるため、これらの予測を目指した研究は極めて重要である。内閣府の「大規模火山災害対策への提言」(平成 25 年)の報告では、火山防災対策は行政機関のみでの対応の困難さと火山専門家の助言の重要性が指摘され、それぞれの火山に詳しい火山専門家を全国的視点で事前にノミネートして非常時に助言を得る必要性を述べている。ここで言う「大規模火山災害」は、大規模噴火に伴う災害だけでなく中小規模の噴火であっても長期又は広域に社会的影響を与える災害を指している。個々の火山の具体的かつ詳細な噴火事象系統樹の取りまとめは、これまでの建議研究の成果の具体的な応用研究展開として次世代火山研究推進事業のような課題解決型の委託研究として進めれば非常時の火山専門家の助言が得られることが可能になる。また、そのバックグラウンドとなる基礎的研究は建議に基づく観測研究で進めることが適切であろう。上記噴火の 3 要素の予測は今の社会が強く求め、現時点では学術でなければ解決できない課題であり、その成果は大きな社会貢献に繋がるであろう。

## 1-3.

### 日本における「防災リテラシー」の動向

田村 圭子（新潟大学危機管理本部危機管理室）

（ tamura@gs.niigata-u.ac.jp ）

世界では、毎年約 160 百万人が被災し、約 10 万人の命が奪われ、約 400 億ドル以上の被害が発生している。自然災害は人々の命を奪い、社会インフラや生活基盤を破壊するだけでなく、長期にわたって人々の生活を脅かす。日本においては、地震火山災害の発生率は世界に比して高く死者の発生率も低いものではない。<sup>1)</sup>

日本においても、東日本大震災における 2 万人におよぶ死者・行方不明者数の発生を受け、地震火山研究は「災害の軽減」という社会的課題を中心的な目的に据えた。研究計画においては、1) 地震火山の現象解明、2) 地震火山噴火の予測、3) 被害につながる災害の誘因研究、に取り組んできた。研究の高度化は着実に進んでいるが、地震火山災害に関する一般的な知識は必ずしも普及していない。「熊本地震を引き起こした活断層の存在を 7 割が認識しておらず、認識していた 3 割の住民のうち半数以上は地震が起きないと感じていた<sup>2)</sup>」「阿蘇山が活火山であることをはっきりと知っていたのは 7 割であり 3 割ははっきりと認識できていなかった<sup>3)</sup>」等のアンケート結果から推測されるように、被害軽減に必要な知識が人々には届いていない。

他方、日本の科学技術の行く末については、ICT 技術が進展し、狩猟→農耕→工業→情報社会の次にくる社会として、Society 5.0（サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会）の実現が期待されている。災害による被害軽減という社会的課題についても、技術の進展に伴い、これまで実現できなかった減災の課題解決における構造改革の可能性が存在する。人間が根源的にもつ力を発揮して新たな価値を創造するためには「新たな減災を牽引する人材の育成」が必要である。その人材を生み出すための知恵の共通基盤は「1.文章や情報を正確に読み解き対話する力」「2.科学的に思考・吟味し活用する力」「3.価値を見つけ生み出す感性と力、好奇心・探求力」とされている<sup>4)</sup>。

地震火山災害の社会課題解決を実現する人材を生み出すためには、地震火山の専門知識として何を学ぶべきか、また、この人材を生み出すために知識の相乗効果を導出するために「地震火山に係る専門知識」と「減災を実現するための共通知識」を整理・体系化し、総合知とするための防災リテラシーの構築が喫緊の課題である。また同時にリテラシーを浸透させるための学びのスタイルのデザインも必要となる。災害の軽減を目指した地震火山研究は、文理分断からいち早く脱却し、他分野の競い合いに先んじて、まだ誰も実現していない安全安心な Society 5.0 社会を実現するための知識体系の提供を目指すことが災害の軽減への近道である。

文献 1) 内閣府 Web> 防災情報のページ > 国際防災協力 > 世界の自然災害の状況

文献 2) 木村玲欧, 平田直; 熊本地震における余震情報と避難行動等に関するアンケート

文献 3) 大倉敬宏, 阿蘇で学ぶ地震・火山災害への備え

文献 4) Society 5.0 に向けた人材育成に係る大臣懇談会; Society 5.0 に向けた人材育成～ 社会が変わる、学びが変わる ～

## 2-1.

### 現行の地震(現象解明)計画推進部会の成果・問題点と今後に向けて

地震(現象解明)計画推進部会： 飯高隆（東大・情報学環）(iidaka@eri.u-tokyo.ac.jp)

望月公廣（東大・地震研究所）、岡田知己（東北大・理）

この地震(現象解明)計画推進部会は、現在の建議における、“低頻度大規模な現象の事例蓄積を通して、「低頻度大規模地震・火山噴火現象の解明」の研究や観測データの解析、数値シミュレーション、室内実験、物質科学的分析等に基づき、「地震発生過程の解明とモデル化」さらに、構造や、応力場、変形場などを明らかにすることにより、「地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化」の実施”の考え方のもと観測研究が進められてきた。

現行の計画の中に重要な計画の一つと位置づけられた低頻度大規模地震の解明においては、千島海溝沿いや三陸沖において設置された観測危機による海域観測が進められており、データが蓄積されている。これらのデータを用いた解析が、この地域の沈み込み状態のモニタリングに役立つよう観測研究が進められることが期待される。また、近い将来に巨大地震の発生が懸念される南海トラフの沈み込み帯においても、安定したGNSS-Aを用いた地殻変動が観測され、沈み込み状態の把握に大きく貢献している。また、海域の成果においては、観測機材の開発や観測技術の発展も大きな成果と言える。今後も機器の開発や技術の発展は重要と考えられる。

滑りの多様性という観点においては、この部会においては、国内ばかりでなく海外のフィールドを含めた様々な沈み込み帯での微動やスロースリップを対象とした観測研究が進められており、様々な成果が得られている。今後は、それぞれの沈み込み帯で得られた結果を比較検討し、それぞれの地域の特徴の類似・相違点を明らかにしていくことが重要であると思われる。そのうえで、現象を普遍的に捉えた研究が進められることが期待される。また、地震の滑りについては室内実験等の研究も進んでおり、様々な物質における滑りの特性が明らかになってきている。今後は、これらの実験室スケールでの成果を実際のプレート境界のすべりと関連付けることが重要であると思われる。さらには、得られた結果のうち実際のすべり面での現象の本質に関係する要因を明らかにしていく必要がある。また、観測と計算機を用いたシミュレーションの比較研究もなされており、多くの成果が得られつつある。これらのデータを実際のマクロな地震現象にどのようにつなげていくかが次の課題であるように思われる。内陸地震については、様々な地域における観測研究が進んでいる。そして、それぞれの地域での現象が明らかにされ、多くの地域で地殻内流体の存在との関係が示唆されている。電磁気学的手法によって描き出される構造の精緻化が進められ、地殻内流体の定量評価に向けた取り組みも多くみられる。今後は、地殻内流体の定量化についての研究を進めるとともに、モデル化に向けた研究が重要であると考えられる。この部会では、様々な研究対象や分野で多様な成果が得られつつあるが、個々の成果をまとめ、地震の現象解明にむけて全体像を構築していく必要がある。また、その得られた個々の成果や全体像を他部会へとつなぎ、発生の予測や災害軽減にどのようにつなげていくかを考えて進めていくことが重要である。

## 2-2.

### 次期観測研究計画における地震長期予測研究

地震（長期予測）部会 発表者：西村卓也（京大防災研）

(nishimura.takuya.4s@kyoto-u.ac.jp)

現計画における地震（長期予測）部会には、地震長期予測の高度化を目的とする地震学、測地学、地質学、地形学、歴史学などに基づく多様な課題が集まっている。本部会は、研究成果が地震調査研究推進本部の行う地震の長期評価に貢献することを目標の1つとしており、本講演では現計画の開始から3年間が経過した現在までの成果を紹介し、次期計画に向けた提案を行う。

全体としては、新型コロナウイルス感染症によりフィールドワークを主体する課題においては、観測研究の実施に困難が伴う状況下であるにもかかわらず、多くの成果が挙げられている。特に、南西諸島の津波石や津波堆積物に関する研究成果は、2022年3月に公表された「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）」において、この地域の大地震の分類やそれらの評価に反映されている。これらの過去の大地震の発生履歴に関する課題に加えて、沖縄本島周辺におけるGNSS-Aに基づく海底地殻変動観測結果についても報告書に記載されており、実際に本部会の課題が長期評価へ貢献している。活断層における地震の発生履歴に関する研究からは、同じ地点であっても地震の再来間隔や滑り量の多様性が示されている。これは従来の長期評価で用いられている固有地震的な長期予測モデルの限界が明らかにするものであり、断層のセグメンテーション、地震規模、再来間隔などの多様性を考慮したモデルが望まれる。

将来的に長期予測手法の高度化に資する新たな解析手法の構築や新発見も多く得られている。例えば、従来、研究者の経験に依存しがちであった地質・地形データの解釈において、DEMとクラスタリング手法を用いた海岸段丘の客観的抽出手法が開発され、房総半島南部の海岸段丘面とその比高が高精度で検出できることが示された。海域への地震計・水圧計観測網の拡張に伴って観測解析手法も高度化され、地震やスロー地震のモニタリング技術が進展した。地下構造の不均質性やその曖昧さを考慮してプレート境界断層での滑りを推定する研究も進められており、より現実的な条件に近い解析を行う事が可能となりつつある。

重点的な研究とされた「地震発生 of 新たな長期予測」に関しては、GNSS測地観測データや背景地震活動度を用いた内陸地震の長期評価について、本部会と企画部が協力してWGを設置して、継続的に研究の進展と地震本部の長期評価との融合方法を検討してきた。現段階では、測地観測データを用いた予測については、西南日本における大地震の30年確率や歴史地震を用いた検証、地震本部の地域評価との比較が行われた。また、物理モデルと観測データに基づいた応力分布などを用いて、実際の地震の震源過程を説明する研究やエネルギーバランスから巨大海溝型地震の発生シナリオを制約する研究が進展しており、今後実用化に向けた研究を継続する必要がある。

以上のことから、現建議における地震（長期予測）の研究については計画通りの成果を挙げており、次期建議においても方向性や部会の枠組みを継続して研究を進めることを提案したい。ただし、新たな地震長期予測手法の開発、高度化を進めていくためには、現状では実証されていない仮説やアイデアであっても積極的に予測の試行と検証を進めていく必要がある。そのため、多くの課題が積極的に長期予測の高度化を目標として掲げ、本部会に加わることを期待したい。



## 2-3.

### 次期計画での中短期地震予測研究に向けて

中谷正生（地震（中短期予測）部会長、東京大学地震研究所）・

川方裕則（地震（中短期予測）副部会長、立命館大学）

(nakatani@eri.u-tokyo.ac.jp)

地震予測とは所与の大きさの地震の発生確率密度を示すことであり、長期予測の目標が時間変化しない永年(平均)確率の空間分布を求めることであるのに対して、中短期予測では確率の時間変化が焦点である。中短期予測のアプローチとして、断層の物理シミュレーションに基く演繹的なものと、種々の先行現象に基く経験的なものがあり、本部会は両者を扱った。

経験的アプローチによる地震予測の原理は簡単で、着目する現象が起きた後しばらくその近辺の地震発生確率密度を調査し、それが永年値より高い(確率ゲインが有意に 1 を超える)ことを示せばよい。旧来の先行現象研究の問題点は、大地震の前に現象があった例を探すだけで、確率ゲインが 1 を超えているかを調べていないことであった。本部会ではそこを重視し、統計的に有意な先行性をもつ現象をいくつも見出ししている。ただし、現象の出現によって地震発生確率密度が上がると期待する時空間範囲等は経験的に、つまり、高いゲインが出るように設定するので、チューニングに使わなかったデータセットを用いたクロスバリデーションが必要であり、次期計画の課題の一つだろう。いっぽうで、予知率が予測対象地震の大きさに正に依存する例が示された。これは先行現象とこれから発生する地震の間に物理的な関係があることの補強証拠であるだけでなく、地震の初期波形を見てもその地震の最終的な大きさの見当がつかないという事実にも関わらず、大きな地震の起きやすい状態が存在するという重要な含意をもつ。地震サイズに依存するのが、先行現象の起きる範囲の広さなのか、あるいは、シグナルの強度なのかなど、突っ込んだ調査ができるとよい。

演繹的なアプローチに関しては、スロー地震を中心とした滑りのモニタリング、物理シミュレーションと組み合わせたデータ同化の研究が着実に進んでいる。滑りが周辺を載荷するのは物理的に間違いないので、シミュレーションで確率予測はできるはずである。また、細かいことが分からなくても、大地震の必要条件に達しているかは応力蓄積量の観点から理論的に評価できるといっても筋が通っている。しかし、社会実装には必ず経験的なバリデーションが求められる。大地震の前にスロースリップがあって、それは物理的に大地震の発生を促進したはずだ、というのは、予測を行う際の科学的エビデンスにはできない。地震の前を調べてそれらしいことがあったという例を積み重ねても、(例えば薬効のような複雑現象の)予測の観点からは旧来の先行現象研究と変わらない。エビデンスとはメカニズム理解の有無の問題ではなく、客観的・定量的な統計相関を示すことである。滑りモニタリングは大きく進歩し、広い時空間にわたって一様なデータベースが得られつつある。観測事実そのもの、あるいはデータ同化で推定した物理状態と地震発生の相関を統計によって探す(e.g., Uchida et al., 2016)という方向は検討に価するだろう。検定力は予測対象の地震の数によるので、対象地震を小さくする、世界の例を混ぜて検定するなど、本来予測したい地震からは離れてしまう妥協が必要かもしれない。

## 2-4.

### 火山計画推進部会の現状・課題と今後の展望

中道治久（京都大学防災研究所）

(nakamiti@svo.dpri.kyoto-u.ac.jp)

火山の噴火災害を軽減するためには、火山噴火の発生の場所・規模・時期を予測することおよび火山噴火現象に対応する噴火災害の推移を予測することが重要である。また、これらの予測のためには、火山噴火現象を解明することも重要である。「火山」計画推進部会では、「火山活動の事象分岐の条件・論理を明らかにし、火山活動推移モデルを構築し、発災の原因である火山噴火を予測すること」を上位目標にすえ、低頻度で大規模な現象を含む火山噴火の現象の解明とモデル化、火山活動を支配する場の解明とモデル化、中長期的な火山活動の評価、観測手法の開発および体制の整備に関する研究を推進している。

火山に関する計画推進部会は、地震及び火山噴火予知のための観測研究計画（前々計画）にて火山噴火予測システム部会、火山噴火準備過程部会、火山噴火過程部会の3部会構成であり、地震の部会と対応関係にあった。災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（前計画）においては3部会が統合され火山計画推進部会（火山部会）になった。そして、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）（現計画）においても火山部会として活動している。大学の研究課題数は前々計画にて18課題、前計画にて19課題、現計画にて24課題と増加している。特に、現計画にて課題数が増えたのは新規機関の参画があったためである。また、現計画において地震研究所共同研究による公募研究として2019年度に9課題が採択され、2022年度は6課題の研究が実施されている。このように、現計画において最大規模の計画推進部会である。

前々計画、前計画そして現計画では多項目観測を中心に据え実施してきており、現計画から多項目パラメータによる火山活動推移モデル構築に軸足を置いている。現計画の成果として、火山活動の状態や分岐・遷移を表すパラメータ間の相互関係が見えてきたことが挙げられる。例えば、富士山の山体崩壊による地殻への荷重変化によるマグマ浮力獲得の可能性の指摘から、組成比と火山構造の関係の示唆があった。また、伊豆大島にて噴出量と斑晶斜長石の割合に逆相関の関係が見出され、物質化学パラメータと噴出量の関係の示唆があった。さらに、桜島の火山灰量の放出が少ない時期にて、二酸化硫黄放出率が高い状態にあり、地盤変動の変化が小さいが、重力増加が継続していることが明らかになった。重力増加は火口直下の密度増加としてミュオグラフィにて検知されている。つまり、観測から得られる変化量と、密度分布といった火山構造の変化との関係が見えてきた。今後は、観測から得られる物理パラメータ、噴出物分析から得られる物質化学パラメータ、そして火山構造の相互の関係についての議論を深め、火山活動の状態や分岐・遷移の理解から火山活動推移モデルを構築し、そして予測モデルにつなげることが重要である。

現計画のもう一つの成果は、観測手法や分析および解析手法の開発が進展したことにある。観測における無人機の活用方法の進展、放射性同位体分析手法の開発、年代測定の高精度化、3次元比抵抗構造推定法の確立、火山ガス観測装置の高度化、人工衛星データからの火山噴火モニタリングの多様化と高度化が見られた。今後は、開発された手法の高度化とともに標準化と、データ活用のための体制整備をさらに進めていくことが重要である。

## 2-5.

### 災害誘因評価・即時予測部会

太田雄策（東北大学大学院理学研究科）・為栗 健（京都大学防災研究所）

(yusaku.ohata.d2@tohoku.ac.jp)

【現行計画】現行計画では、前計画に引き続き地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究が継続されるとともに、不確実性を大きく含む災害誘因予測を災害情報につなげるための研究が新しく開始され、受け手側に配慮した地震・噴火情報のあり方の検討が進められた。災害誘因の事前評価手法の高度化や即時予測手法の高度化が着実に進展し、得られた知見や開発した技術が一部社会実装されるなどの成果も得られた。これら現行計画を踏まえ、次期計画において災害誘因評価・即時予測の観点から実施すべき内容を以下の通り提案する。

【地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法】強震動の事前予測では、構造調査を継続しつつ、震源近傍強震動特性の把握を進める必要がある。特に大きな被害をもたらす断層浅部大すべりの不均質性を決定論的に設定する手法の開発が必要である。また、新しい知見にもとづき、強震動事前予測情報が持つ不確実性の再評価を行う必要がある。津波の事前評価手法では、大規模津波シミュレーション等を通じた確率論的な津波予測・リスク評価手法の確率が必要である。また現行計画で開始された海底地すべりによる津波について、海底地すべり地形との対比等を通じた津波災害ポテンシャル評価が必要である。大地震による災害リスク評価手法では、リスク評価を実現するために、建物・人的被害の脆弱性評価の研究を取り込む研究が必要である。また地震発生時の切迫性を効率的に伝えるための災害情報モデルとシナリオの構築が必要である。斜面崩壊の事前評価手法では、南海トラフ巨大地震によって誘発される地すべりのポテンシャル評価が必要である。また、地すべりの定量的物理モデルの構築が重要である。火山噴出物による災害誘因の事前評価手法では、火砕流の規模や流下距離を物理的パラメータ規定した火砕流ハザードマップの実現が必要である。

#### 【地震・火山噴火の災害誘因の即時予測手法の高度化】

地震動の即時予測については、観測データの実況把握とシミュレーションによるデータ同化手法の精度向上等を含めて開発の継続が必要である。津波即時予測については浸水予測をも含めて即時予測する手法の高度化が重要である。火山噴出物による災害誘因の即時予測については、噴煙に含まれる物質を定量的に推定する手法の開発を進めるとともに、移流・拡散モデルと結合した降灰予測の高度化が必要である。また降灰後の土石流などの発生リスクの把握手法の開発が必要である。

#### 【地震・火山噴火の災害誘因予測を災害情報につなげる研究】

不確かな災害誘因予測結果を効果的に災害情報につなげるための研究を継続する。災害誘因評価に関する研究課題間において、災害情報への転換に関する情報交換等の試みが必要である。

これらの項目を進め、ハザードに対するリスク低減を実現することを目指す。一方、ロバストなハザード予測には多様な技術開発が平行して行われることが重要であり、社会実装のみに着目せず、独自のアイデアに基づいた萌芽的な技術開発を継続することが長期的な観点から重要である。

## 2-6.

### 防災リテラシー部会の研究活動から見えてきた課題

高橋 誠 (名古屋大学)  
(makoto.takahashi@nagoya-u.jp)

地震・火山噴火現象の理解を災害の軽減につなげるためには、地震・火山噴火といった自然現象に起因する災害誘因だけでなく、地形・地盤などの自然環境や、人間の持つ特性や社会の仕組みといった災害素因を理解し、災害発生機構を総合的に解明することが必要であり、また、それらの研究成果を社会に対して適切に還元することが求められる。このような問題意識で、「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究」では、現行の第2次計画において、防災リテラシー部会が研究推進部会として設置された。この発表では、3年間の部会活動を振り返り、なにが足りないのかを議論することで、次期計画への展望を得ることにしたい。

防災リテラシー部会の目的は、今次の建議に照らせば、①防災・減災に対する社会の要請を意識し、理学・工学・人文社会科学の研究者が連携することによって、災害事例に基づき、災害の発生要因を災害誘因と災害素因とに関連づけて解明する研究を推進することと、②産業界や行政機関、一般市民などのステークホルダーとの連携を深めつつ、社会における防災リテラシーの実態調査や災害軽減に効果的な知識体系要素の探求などを通して、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をおこなうことである。

これまでの研究成果に鑑みると、①特に災害素因（暴露や脆弱性）に関して、行動・認知や土地利用・コミュニティ・生活再建を中心に解明が進められ、歴史災害を含む災害事例の研究も蓄積されている。また、②地震・火山現象にかかわる自然科学的な知識をどのように伝えるかに主眼を置き、知識体系の整理に基づく教育プログラムが蓄積されるとともに、オープンサイエンスやリスクコミュニケーションといった新しい手法をはじめ、自治体のみならず多様な主体を巻き込んだ地域連携が試みられてきた。各課題の研究は、地震・火山噴火災害にかかわる知識のほぼ全域をカバーするが、まずは、欠落した分野を埋める研究が必要である。

それと同時に、①と②との相互連結による体系化はまだ不十分な状況にある。たとえば、災害が起こったとき、往々にして、知識がある場合でも対応に失敗し、大きな損失が生じる。実際の対応に当たる自治体職員、コミュニティやNPOのリーダーは、慢性的な担い手不足、担当者の頻繁な交代、脆弱な財政基盤といった構造的な問題を抱えている。また、防災・減災の問題は、環境、教育、医療や福祉といった広範な社会的課題と密接にかかわる。自然事象のみならず、広範な災害過程・機構について、防災・減災のためにどのような知識が重要であり、それをどのように社会に根付かせ、そのためにどのような施策が有効か、さらに詰める必要がある。

新しい科学的知見の意義は学問体系において学術的に評価されうるが、防災リテラシー研究が学際的であり、社会実装に重点があるために、研究成果の評価の方法や基準はまだ確立していない。しかし、適切な防災リテラシーを適切に向上させるためには、新しい知識が根付き、実際の行動に結び付いているかといった、社会における防災リテラシーの水準を評価するような現行の研究とともに、それらが本当に防災・減災に役に立つか、そして、そこにどのような研究がどのように貢献するかといった、研究成果の評価にかかわる問題について検討する必要がある。

## 2-7.

### 次期観測研究計画における史料・考古部会の課題

史料・考古部会 発表者：榎原雅治（東大史料編纂所）

(ebarah@hi.u-tokyo.ac.jp)

2014年に設置された史料・考古部会では、文献史料や考古資料を活用することによって、近代の機器観測が開始される以前の地震・火山現象を理解することに努めてきた。第1次、第2次の観測研究計画において、それぞれ5～6課題を設定してきたが、その方針の大要は次のようにまとめられる。

①近代以前の地震・火山活動を文献史料、および考古遺跡での被害の痕跡の存在状況を通時代的、全国的に把握しやすくするためのデータベースを構築する。あわせて歴史地震に関する研究文献のデータベースも整備する。②文献史料や考古資料で判明する地震・火山活動の被害状況を地図上に表示する方法で可視化する。③過去に起きた地震の被害状況を個別に解明する。文献史料上の記述から被害の程度を判定する方法についても検証する。

上記①のうちの文献史料については既刊地震史料集の電子化が完了し、公開を開始している。研究文献のデータベースも整備が進んでいる。考古資料については文化庁の支援も受けて、全国的な被害痕跡の収集が進んでいる。また桜島火山を対象とした災害考古資料の収集と災害履歴の再構築・分析も実施している。③についても、それぞれの課題において多くの事例研究が重ねられている。史料記述から被害程度を判定する方法の再検討によって、1855年安政江戸地震の震度分布の見直しを行ったことや、1597年豊後地震の発生日と回数を確定したことなどはその成果である。

このように地震関係史料利用の環境整備は進んでおり、研究状況はこれらを地震像解明に活用していくべき段階に至っていると考える。そのためには、②の史料に記された震動や被害の状況を地図上に示していくことが不可欠であるが、この点については史料記述の中から地名情報を拾い上げて位置情報を与えるなどまだ多くの課題があり、システム設計や情報の整理作業のためにまだ時間が必要である。また、文献史料、考古資料の双方において得られる災害情報を統一的に検索するシステムの構築も検討する。史料の分析によって判明した結果を随時地図上に表示し蓄積していくことができれば、地震像解明が期待できるとともに、史料から判明する結果をより分かりやすく発信することもできると考えている。次期計画においては、これが大きな課題となる。

また地震像の解明を進めるためには、文献史料や考古資料だけでは得られない過去の地震・火山噴火に関する情報を収集して、時間的、空間的な精度を高めることが必要であり、そのためには地質学や変動地形学との連携が欠かせない。東北地方太平洋側では869年と2011年の津波堆積層の間に、さらに津波堆積物の可能性がある砂層が見つかっており、1454年、1611年の地震との関係が議論されているが、当該期の当該地域では文献史料が少ないため、検討を深めるためには地域を広げた地質調査を実施することが必要であろう。次期計画においては、史料・考古部会の枠組みを維持しつつ、現在は地震（長期予測）部会のもとで行われている地質学的な課題と密接な関係をもって研究していくことが望まれる。

## 2-8.

### 観測研究基盤部会次期計画

鶴岡弘（東京大学地震研究所）・観測研究基盤部会

(tsuru@eri.u-tokyo.ac.jp)

観測研究基盤部会においては、次期計画においても

- 地震火山研究にとって不可欠である観測データを安定的かつ継続的に取得するために、日本全国に展開されている陸域および海域の地震、地殻変動、津波、潮位、電磁気、重力等の観測基盤を維持すること（観測基盤の整備 (A)）
- 観測データの解析技術等の開発・高度化（観測・解析技術の開発 (B)）を進展させること
- 観測データをリアルタイムに効率的に流通する基盤（地震・火山現象のデータ流通 (C)）を維持すること
- 観測データの公開や研究成果を共有するシステムの開発（地震・火山現象のデータベースの構築と活用・公開 (D)）

の4つを柱として計画を実施する予定です。(A),(B),(C)の3柱については、現計画でも比較的順調に進められていると認識しているので、次期計画においては、(D)について現在の研究成果共有システムを基礎として、システムのアップグレード等を含め部会内での議論を重ねて次期計画へ反映することを計画しています。研究成果共有システムについては、現行計画において、運用方法と目標について以下のポリシーに従って実施予定となっています。運用責任は戦略室とし、戦略室が中心となってポリシーの検討、コンテンツの調整、課題や部会への関係情報収集や依頼、周知広報を実施する。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で実施する。収集する情報は、課題間連携及び部会間・総合研究グループ間連携で必要となるメタ情報を中心とし、課題間連携や部会間・総合研究グループ間連携で活用可能な関係情報の所在を示すハブ的な役割を目指す。本システム独自のデジタル識別子情報(doi)は付与しないが、既存のデータリポジトリやデータベース、データジャーナルのdoi情報を提供する。収集する具体的な情報として、建議で整備されたデータベースへのリンクやdoi情報、建議で開発されたソフトウェアやdoi、建議で実施された臨時観測や構造探査探査のオリジナルデータ、成果管理システムにある論文情報等である。さらに、前計画で構築したデータベースのポータルサイトについては更新等が停止しているところではありますが、復活させ (D)の機能の強化を実施する計画です。

## 3-1.

# 北海道の地震津波火山災害軽減に向けた次期計画

北大理・北大工・北大文・北海道立総合研究機構

(発表者：北大理・青山 裕)

(aoyama@sci.hokudai.ac.jp)

### 1. 千島海溝沿いの巨大地震の総合研究

現建議から始まった千島海溝沿いの巨大地震の総合研究を継続する。災害対策に必要なリスク評価を支えるアウトカムの創出を目指し、地理情報システムを活用した津波避難方法の多角的定量的な検討・後発地震情報や長期評価に関係する地殻活動の現況把握と評価手法の高度化・リスクカーブ評価につなげる地震動や津波予測の振れ幅と発現頻度の検討・隣接地域との連動性検討等の課題について検討を進める。リスク管理を側面から支えるために、防災対策の現場でのニーズを勘案し、ハザード・リスク評価との連携スキームを検討する。詳細は総合グループからの発表を参考されたい。

### 2. 内陸地震・地震火山相互作用・日本海東縁・広域テクトニクス

内陸地震と地下構造不均質の関係は、地震の原因が応力集中なのか強度低下なのか未解明である。北海道東部内陸部は活火山地域にありながら、M6クラスの地震が集中しており、火山地域特有の地下構造不均質と歪・応力集中機構の解明を継続するとともに、沈み込み帯が及ぼす広域の影響も考慮したモデル化を目指す。北海道西部の日本海東縁部～内陸部は定常的な地震活動と共に年間1cm程度の東西収束が推定されているが、明瞭な活断層が確認されない地域も多く、地震発生可能性や中規模地震の地震動予測の評価が未着である。近年試行されている高密度民間GNSS観測データを用いることで、地下構造と地表ひずみ速度の直接比較によるモデル化が進展する可能性がある。日本列島の地震間地殻変動やM8以上の地震後地殻活動評価には、変動の大きな日本列島の外を基準とする座標系に基づく評価が必要であり、広域変形場解明の観点からも北東アジアの広域テクトニクス評価も引き続き実施する。

### 3. 火山活動推移モデルの高度化と予測スキームの構築

北海道内の一部の火山については、深部からの熱や流体の供給率変化に対する浅部活動の応答を定性的にイメージできるようになり、火山活動推移モデルとして整理するパーツが揃いつつある。一方で、現状では予測すべき現象の種類や精度など基本的な要素が未定義であるために、モデルを予測に活用する具体的な道筋は曖昧なままとなっている。このため次期計画では、モデルを予測向けに整理・高度化しつつ、予測手法スキームを具体化する取組が必要である。静穏期にある北海道内の火山でこれらを進めるには、unrest事象の蓄積が効果的であることから、重要度の高い物理的及び化学的な常時観測や繰り返し観測も着実に実施し、JVVDNシステムの利用も含め観測データを最大限に活用する。

### 4. 低頻度大規模火山噴火現象に関する物質科学的研究

現建議から始まったカルデラ形成噴火に関わる物質科学的研究を継続する。特に北海道内のカルデラ火山を対象に、揮発性成分分析やU-Th放射非平衡分析等に基づき、膨大な量の珪長質マグマの蓄積過程、カルデラ噴火に至る準備過程等を実証的に解明することを目指す。

## 3-2.

### 東北大・理からの提案 (1) 内陸地震研究

岡田知己 (東北大学大学院理学研究科)

(okada.t@tohoku.ac.jp)

今期においては、断層や周囲の不均質構造、応力場・流体と地震発生との関係について、多くの成果がなされた。今後も引き続き、多くの地震・領域に対して同種の研究を継続し発展させていくことが期待される一方で、災害軽減のためには、予測や評価を視野に入れた課題設定が望まれる。東北大学理学研究科および関係機関では、内陸地震などに関し、活断層（大規模地震）や群発地震を対象とした多項目観測を実施する。他の機関提案や個人・グループ提案と連携し、内陸で発生する地震の長期評価・強震動予測や地震活動の推移予測を目指した以下の研究を行う。

#### 1) 活断層などで発生する大規模地震のポテンシャル評価やシナリオ構築

これまでなされた、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、発生した大規模地震についての知見を踏まえ、注目すべき活断層帯や発生した大規模地震およ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。地殻変動観測については、民間GNSS観測点および低廉GNSSシステムの統合利用による内陸活断層におけるひずみ蓄積の高精細把握を行う。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を明らかにする。地震発生層内での断層の端や連続性、地震発生層下部を含む断層への応力蓄積過程について検討を行う。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。断層およびその周囲の構造や応力の特徴と、地震の放射エネルギー・破壊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。

#### 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、発生場の理解をより進める。発生後の推移の把握を応力変化・流体圧変化・非地震性すべりの把握とともにを行い、それらの統合化により予測を試みる。また、群発地震のみならず余震・続発地震の理解・予測も同様に行う。

#### 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/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および、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。レオロジーモデルの構築のため地震活動域・活断層周辺域での地震・電磁気構造モデルの統合化による岩相・温度・含水量推定を行う。

#### 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ついて、物理的・物質科学的視点で研究を行う。



### 3-3.

## 東北大・理からの提案 (2) 海域地震研究

太田雄策 (東北大学大学院理学研究科)

([yusaku.ohata.d2@tohoku.ac.jp](mailto:yusaku.ohata.d2@tohoku.ac.jp))

**【現行計画】** 現行の建議計画において、東北大学理学研究科が関係する課題の推進により、以下のような成果が得られた。海底測地・地震観測の高度化にともなう海域における地殻活動および構造の理解が大きく深まった。また、歴史資料の精査により日本海溝・千島海溝で発生した過去の歴史地震について新しい知見が得られた。限られた観測データから推定される断層モデルの不確実性を定量評価する手法とその現業機関への技術移転が進んだ。これらを踏まえ、東北大学理学研究科および関係部局では以下の項目を次期建議において推進することを提案する。

**【海底測地観測の継続・拡充・高度化】** 現行計画で JAMSTEC と共同で開発を進めた無人機を活用した GNSS-A 海底地殻変動観測を、2011 年東北地方太平洋沖地震の余効変動域とその隣接域において行い、日本海溝―千島海溝に沿った広域地殻変動場の高精度把握を目指す。観測空白域となっている房総沖および島弧会合部 (十勝・青森沖) に海底測地観測網を拡充する。

**【プレート境界の固着・すべり動態把握の高度化】** S-net とそれを補完する稠密海底地震・地殻変動から通常地震・微動・VLFE 混在域のすべり収支を明らかにする。非地震性すべりの時空間変化を多様なすべり現象を複合利用することで高い分解能で明らかにする手法の開発を行う。

**【ゆっくりすべりによる巨大地震発生確率の試算】** ゆっくりすべりと巨大地震の因果関係を明らかにするために、大地震発生前のゆっくりすべり発生事例と未遂事例を系統的・網羅的に調べる。また、すべり速度の変動を繰り返し地震解析から捉え、大地震の発生確率の変動として評価する手法の構築を目指す。

**【プレート境界周辺の構造把握の高度化】** 地震波トモグラフィーによる日本列島周辺および世界の地殻・上部マントルの三次元 P 波・S 波異方性構造推定の高度化、常時微動表面波トモグラフィーによる沈み込み帯浅部の S 波速度構造推定の高空間分解能化を進める。海陸観測網で観測された実体波・表面波の双方を用いたトモグラフィー解析によって、プレート境界やスラブ内地震発生場の海陸のみならず深さ方向にもシームレスな構造推定を実現する。

**【スラブ内断層挙動と水との関係の理解】** アウターライズ正断層を含むスラブ内断層でのすべり現象の多様性・複雑性を明らかにすることを目的に、中小地震の破壊過程の解析、繰り返し地震及びスロー地震現象の探索、地震活動域周辺の地震波速度構造推定を行う。そうした断層のすべり挙動に対するスラブの含水・脱水や水の移動の寄与を明らかにするため、スラブ構成岩石の含水・脱水変形実験を行う。

**【日本海溝の巨大地震に対する歴史資料からの再検討】** 東北地方を中心とした歴史資料の精査を継続し、日本海溝の歴史津波の発生の特徴を明らかにすることで、詳細な被害像を解明する。

**【日本海溝・千島海溝の地震活動長期評価】** 現行で個別に長期評価が行われている日本海溝・千島海溝を一体として評価するための地震発生サイクルモデルの構築を実現する。

**【津波即時予測技術の高度化とその災害情報への変換・社会実装】** リアルタイム GNSS 等を用いた断層モデルの推定手法の高度化とともに、それらを災害情報として昇華させるための技術開発および開発した技術の国土地理院 REGARD 等への社会実装を継続し、ハザード軽減に貢献する。

## 3-4.

### 東北大・理からの提案（3）火山研究

山本 希（東北大学大学院理学研究科）

(mare@tohoku.ac.jp)

火山災害軽減のためには、噴火の切迫性評価や推移予測を科学的根拠に基づいて行い、社会に発信することが必要である。切迫性評価については、これまでの建議計画において観測体制の整備と継続的な観測データの蓄積が進められたことに加え、近年は火口近傍での多項目観測によって火山体内部の微小な状態変化が捉えられるようになり、水蒸気噴火等の小規模な活動についても火山間での比較研究や類型化が進められた。また、推移予測については、噴火活動推移モデルが構築され、桜島等の一部の火山においては観測に基づいた検証が試行されている。今後もこのような火山現象の予測に資する科学的根拠の集積を進め、その質を高める観測研究を継続的に行うことが、火山災害軽減への有効な道筋と考えられる。そこで、東北大学理学研究科及び関係機関では、火山 PJ 等と連携しつつ、次期計画において以下の基礎研究を推進することを提案する。

#### 【火山性流体供給系のマルチスケールでの構造解明】

火山現象発生場の解明および火山噴火過程の理解の深化のために、火山浅部の流体供給系からマントル規模の構造までマルチスケールでの構造推定を進める。地震学的構造の推定にあたっては、解析手法の高度化や機動観測の実施により分解能を向上させるとともに、異方性の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、光ファイバーを用いた 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。

#### 【火山現象定量化の高度化】

推移予測の鍵となる各種火山現象の定量的な把握・理解のために、吾妻山等を中心に火口近傍域における多項目機動観測を継続するとともに、観測手法・解析技術の高度化を進める。特に、地震計や空振計のアレイ観測による振動源のトラッキング、空中電界変動計等による噴火・噴煙の自動検知と挙動分析、3成分磁場観測による熱消磁源推定の高度化などに取り組む。これらの研究は、火山間での系統的な比較等を目指して他機関と連携して進める。

#### 【物質科学的知見と地球物理学的知見の融合】

火山活動推移の多様性を支配する要因 や 流体移動に伴う破壊・破碎現象の素過程を明らかにするために物質科学的な研究も進める。例として、様々な減圧率と最終圧力における減圧実験・組織解析を行うことで噴火推移と火道内プロセスの関係を明らかにし、マグマ噴出率推移の多様性を説明する物理モデルの構築・噴火強度の変化を支配する要因の解明を目指す。

#### 【活動推移モデルの高度化と予測試行】

以上の研究の推進によって得られる火山現象発生場及び火山現象の支配要因についての知見を活動推移モデルの分岐条件の高精度化のために集約するとともに、活動推移を評価するために最適な火山活発化指数 (VUI) の項目等の精査を進め、活動推移モデルの適用を東北地方の火山において試行する。また、噴火間隔が比較的長い火山においては国内外の火山で得られた知見を活用することが不可欠であるため、全国連携での比較研究をさらに進展させる。比較研究のための過去の観測記録のアーカイブ化も火山 PJ と連携して進める。

## 3-5.

### 東北大・災害研からの提案

木戸元之 1（東北大学災害科学国際研究所）

(kido@irides.tohoku.ac.jp)

平成31年度から始まった現行計画における一つの柱として、「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」が取りあげられた。東北大学災害科学国際研究所は文理融合による災害科学の理解・軽減をその設立理念とし、この柱に関連する研究を多く実施していることから、実施機関として現行計画から新規に参加することとなった。実際上記の柱に関する災害研が代表担当する複数の課題を擁する他、その他の柱に関する研究でも、他機関にはない災害研独自の観測や研究手法を生かした代表担当課題、分担課題で成果を上げている。先般公表された現行計画の実施状況等のレビューによる今後の課題を受けて、災害研の特異性を活かした以下の提案を行なう。

海溝型地震の研究で欠かせないデータとなっている海底地殻変動観測について、大規模観測を現行計画より高頻度に継続し基盤的データとして推本に提示していくための技術開発と解析手法の高度化、および観測の空間分解能が不足している房総沖での強化観測による巨大地震発生リスク評価。さらに、高度な津波堆積物調査・活断層調査および分析の継続による将来の活動推移の統合的理解。

現行計画からの継続的な歴史資料の収集・分析および精査による東北地方の地震・火山災害および日本海溝沿いの津波被災の履歴の把握、さらに現行計画で確立した歴史地形復元手法を元にした歴史災害研究の展開とこれを活用した防災活動・教育手法の構築。

現行計画の一つの成果である、防災教育動画の津波避難態度変化につながる脳過について、防災教育の教材として人材教育に活かすための、自己関連性・自己効力感モデル導入等による内容・形式の検討。

不確実性を含む地震予測情報を社会が有効に活用する方法論の検討。これは、現行計画の「地震の事前情報を起点とするハザード事象系統樹の開発」が南海トラフの臨時情報を念頭に、その後発生しうる事象を確率論的に推定し、行政・企業に事前提示できる形での被害分布予測をするものであったのに対し、これまで災害研の独自プロジェクトとして実施してきた行政・企業側のニーズを最大限に取り入れ、社会的影響も考慮した予測、更には対応の提言をすることで、社会に対し情報を有効活用するものである。さらに、南海トラフとは異なる不確実性を有する千島海溝・日本海溝にも対象を広げ、より包括的に不確実性を含む地震予測情報の活用方法の確立を目標とする。社会との繋がりにおいて、現行計画より幅広い分野の災害研の研究者の参加を募る他、千島海溝の地震・津波の予測に欠かせない情報の共有、行政との情報交換のため、北海道大学との連携も考えており、これまでより大きな課題への発展を目指している。

## 3-6.

# 地震現象の包括的理解と地震発生予測の高度化

上嶋 誠 (東京大学地震研究所)・地震予知研究センター

(uyeshima@eri.u-tokyo.ac.jp)

東大地震研・地震予知研究センターでは、地震発生メカニズムの解明と地震発生予測の向上を目指し、災害軽減計画を始めとした研究費・リソースに基づく調査観測研究を実施してきた。本センターの特色として、地震学・測地学・地球電磁気学・熱学・地質学・歴史学など幅広い分野の研究者が共同して研究に取り組んでいることがあげられる。海溝軸近傍から内陸域を経て背弧までを一つの島弧システムとして捉え、海溝と内陸で発生する地震間の相互作用や断層滑りの多様性、震源域への応力載荷過程など、地震現象の包括的な理解の深化を目指す。以下に列記するように、幅広い時空間スケールの地震・地殻変動及び関連現象を観測によってとらえ、そこから得られる新知見に基づいて地震発生の理解と予測の高度化を目指し、災害軽減に貢献する。

(1) 内陸地震については、2011年東北地方太平洋沖地震による地殻応答に焦点を当てた研究を継続することで、応力場・変形場の時空間変化の把握や、地震学・電磁気学的構造推定に基づく地殻・上部マントル構造や震源断層の浅部・深部形状等の解明を進める。また、西南日本においては、南海トラフ・日向灘等を対象とした新規の観測と既存データを組み合わせた海陸統合断面解析や、四国の中央構造線(MTL)に沿う測線での稠密地震観測等を通して、MTLのセグメント構造と沈み込むプレート構造・すべり様式・流体挙動との関係などを明らかにする。

(2) 海溝型地震については、スロー地震に代表される多様なプレート境界滑り現象の理解を深めるために、海陸においてDAS計測や稠密地震観測、電磁気観測等を実施する。地震・地殻変動データに基づくスロー地震や小繰り返し地震のモニタリングに加えて、プレート境界面の形状や境界面近傍の構造不均質を推定し、多様な滑り現象の活動様式の時空間変化が生じる要因を明らかにする。また、地震波干渉法によりスロースリップ時の速度構造の時空間変化の把握を試みる。さらに、上盤プレート内の不均質性がプレート境界滑りの多様性に与える影響や、上盤プレート内への流体供給経路の解明を進める。予測の試行として、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て、断層滑りの時空間発展の予測やスロー地震の発生予測を試みる。

(3) プレート沈み込みプロセスを海溝から島弧・背弧まで一体で捉えて地震現象・地殻活動を理解する視点も重要である。海陸統合構造調査により解明された地殻・マントル構造および粘弾性を考慮した震源断層への応力蓄積による地震発生のポテンシャル評価などにも取り組む。

(4) 歴史地震・古地震は、地震発生予測の基礎となる過去の地震規模・発生時期を解明する上で重要である。内陸・プレート境界で過去に発生した被害地震について、被害や地震動の様相を推定し、震源位置・規模をより正確に把握するとともに、日記史料等に基づき過去数百年間の地震活動をカタログ化する。歴史資料の残存状況などデータの制約を踏まえながら、現代の地震学の知見を踏まえた解釈を行うことで、過去からの履歴を含む地震現象の理解を目指す。これらのために、歴史学のみならず、地理学・考古学・人文情報学など関連研究分野との連携を深める。

(5) これまでも実施してきたニュージーランド・ネパールなど世界の代表的なプレート境界域での国際共同研究を継続し、南海トラフなど国内の調査観測との比較研究やフィードバックに努める。また、国内外の大地震時には、機動的調査観測を実施する。

## 3-7.

### 多項目観測と解析高度化による火山活動の定量的理解

金子隆之（地震研・火山噴火予知研究センター）

(keneko@eri.u-tokyo.ac.jp)

火山災害に限らず、自然災害軽減のための研究は、1) 事実を積み重ねるための観測・調査、2) 「事実」把握能力（感度・精度・機動性・省力化など）向上のための手法開発、3) 「事実」の意味や因果関係の物理化学的理解、4) それらを予測や対策に結びつける方法開発などからなり、どの要素も不可欠かつ恒常的に進化させていく必要がある。現計画のなかで、地震研火山グループは1)として火口近傍での多項目観測の継続や、海域火山の噴火推移の把握を進めてきた。2)では、アクセス困難な火山での観測・調査手法の開発、衛星観測手法の高度化、地震・空振の新たな活用法の開発等を進め、実用化されたものもある。3)では、近年発生した西之島および福徳岡ノ場噴火に対して、観測データと物理化学的な考察に基づき現象のモデルを提案した。また、室内実験や数値計算により理解も進みつつある。4)として、1)、2)で得られた観測情報や解析手法の一部は気象庁とも共有し、監視や判断に役立てられている。また、噴火推移の情報は、噴火事象系統樹の高度化にも役立つ。上記のような研究を、継続的に進めていくことが重要であるが、次の5年間に力を入れるべきものとして、次の3つを挙げたい。

#### I) 多項目観測情報による火山活動のアナログパターン把握

これまでの噴火事象系統樹や活動のレベル化は、情報を量子化することにより明確化を図ってきた。しかし、それは必ずしも連続的に変化する自然現象を表現しきれない。新型コロナウイルス感染症対策においても、各自治体がレベル化を試みてきたが、判定基準が定まらず、最もよく受け入れられたのは新規感染者数などの連続推移表示である。近年、衛星観測を含む良質な映像データも増加し、また噴出物の形状などを効率よく数値化する方法も考案されつつある。地球物理観測データを含む多様な連続データから自動で情報を抽出し表示する各種アルゴリズムを開発することにより、異常の発見や推移予測が効率よく行えるはずである。さらに機械学習などの新たな手法を最大限活用し火山性地震の高精度検出や内部構造変化推定手法の開発を進めるとともに、高分解能な活動パターンの把握を通して現象の背景にある物理・化学過程の理解を進めることも重要となる。また、観測情報の非専門家向けの表示方法開発も有用である。

#### II) 海域火山活動把握技術の高度化と海域火山噴火および災害発生機構の理解

近年多発している海域火山への観測手法はまだまだ限られている。海域火山の噴火機構の理解も、陸上火山に比べて大きく遅れている。引き続き、観測手法の開発と実践を続けることにより、一つ一つのイベントに対して観測データを蓄積していることが必要である。

#### III) 噴火パラメータの定量化と即時把握

確度の高い噴火予知はまだ難しいが、噴火発生後の各パラメータの推定精度を上げることは、次の5年間で手の届く課題がある。例えば、噴火発生火口の即時把握を実用化し対策につなげる。噴火の最重要パラメータであるマグマ噴出率の推定手法の精度向上と推定精度の把握、噴火に伴う波動放出と爆発性の定量化などが挙げられる。これらには、分解能の高い衛星データや、空振、TECなどの新しい観測手法、数値シミュレーションの活用が役立つはずである。

### 3-8.

## 深部低周波地震の化学的検知をめざす深部由来ガスの連続計測

角森史昭（東京大学）・森川徳敏（AIST）・川端訓代（鹿児島大学）

(eqpred@gmail.com)

本提案は、深部低周波地震の活動の推移を化学的に評価する方法を実現し、フィリピン海プレートに関連した地震活動を化学的に監視することを通して、災害軽減を目指すものである。

Morikawa(2016,2019)によれば、マグマや沈み込むスラブから脱水された深部起源流体は、構造線や断層に沿って上昇し、地下水や温泉水の中に供給される。地下水や温泉水には大気も供給されるが、希ガスや窒素などは反応に乏しいので深部由来ガスと大気の混合割合は概ね保存されるので、ていねいに組成を分析すれば混合割合を求めることができる(Giggenbach(1992))。

沈み込みにもなって起こるプレート境界での脱水反応によって生成した流体は、深部低周波地震(Obara(2002))を引き起こし、地表へ向かって上昇する。このときの経路は、Morikawa(2016)が示した構造線や断層を介した深部由来ガスの上昇ルートと同じと考えられるので、地下水や温泉水に溶けているガス中の深部由来ガスと大気混合割合を分析すれば、深部低周波地震の活動を評価できるようになると期待される。

そこで、Morikawa(2016)の結果にもとづいて、和歌山県田辺市本宮に掘削された調査井から採取された地下水と大塔川河床に湧出する温泉について連続観測を行った。残念ながらいずれの地下水も大気の混入が大きく、良い条件での採水ができなかった。現在、三重県大紀町の源泉に装置を移して観測を行う準備を行っている。採水深度 126m または 1200m の温泉水が深部起源流体を含んでいることはヘリウム同位体比とヘリウムネオン比によって証明されている。この場所で大気を含まない条件で採水できれば、熊本・阿蘇地域で得られている観測結果(図 1)と同様に、深部起源流体の割合の時間変化が観測できると期待される。そして、当該地域直下の深部低周波地震との相関を解析することで、深部低周波地震の化学的検知と活動推移の評価の実現を目指す。

また、今後も安定した深部由来ガスの観測を継続して深部低周波地震の化学的検知の実現を目指すためにも、分析に用いている四重極質量分析計を最新のものに交換するなど、計測システムの充実化・高度化もすすめる。

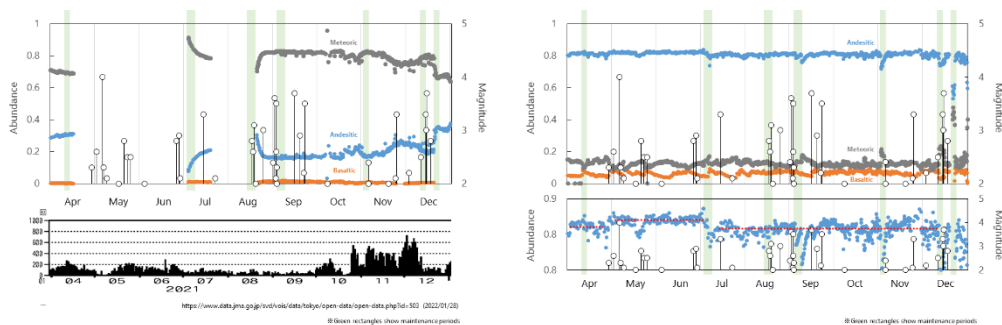


図 1. 深部由来ガスの組成の時間変化。左：ASO の結果、右：KUM の結果

## 3-9.

### 東京大学大学院理学系研究科の次期計画への展望

井出哲・安藤亮輔・後藤和久・田中愛幸（東京大学大学院理学系研究科）

(ide@eps.s.u-tokyo.ac.jp)

東京大学大学院理学系研究科では、地球物理学・地質学的な観測観察を通じて地震発生メカニズムの基礎的理解を深めつつ、地震や津波の予測能力向上を目指して研究計画を推進する。また今後の地震火山分野の研究を支える人材育成のために、学部レベル教育の変革を行う。

巨大地震発生メカニズムの解明に必要な、広域での応力時空間変化の監視は、海底測地計測・人工衛星観測の発達により実現化されつつあり、また光格子時計の登場により重力ポテンシャル変化という新しい測地データの取得も可能となった。現行計画「巨大地震に伴う粘弾性余効変動の解明」はこの推進に貢献している。一方で、これらの観測を定量的に説明するための理論構築は不十分である。次期計画では、球体地球モデルに基づく地球変形理論を構築するとともに、地震サイクルモデルに適用し、列島スケールの応力時空間発展の基礎的な理解を推進する。

巨大地震に至る破壊成長メカニズム理解の鍵を握るのが震源の階層構造である。現行課題「地震発生場のテクトニクスとマルチスケール地震現象の予測可能性」においては、高品質大量の地震データ分析に基づいて地震発生場の階層的構造の存在をより明確にするとともに、実際の場における階層性の定量的評価手法を確立した。また地震・微動現象の予測に用いる統計モデルの開発に一定の成功を収めた。次期計画では、日本周辺の沈み込み帯の階層的構造の実態把握を高度化させるとともに、物理学的知見に基づく統計的予測モデルの改良を試みる。

諸外国では地震現象の全プロセスのモデル化が高度化されつつあり、確率論的地震災害予測への応用も始まっている。現行課題「物理モデルと地形・地質学およびテクトニックな観測データを統合した地震発生長期予測手法の開発と検証」の成果を発展させて、次期計画では、①計算機科学分野と協力した超大規模並列計算環境への最適アルゴリズムの開発、②断層構造や断層素過程のモデルの高度化、シミュレーションへの地質・地形・地物データ入力・同化手法の高度化と実現象の観測データと比較した系統的な手法検証を行う。

現行課題「沿岸巨礫を用いた古津波評価法の検討：南海トラフ～琉球海溝の連動可能性評価に向けて」では、津波堆積物等の地質学的痕跡から、過去の地震・津波の履歴や規模を推定している。但し津波堆積物は高波堆積物等と類似の特徴を持ち、その識別方法は未だ確立していない。また、年代決定精度や地震・津波規模の推定手法にも課題が多く残されている。次期計画ではこれらの手法の高度化に取り組むと同時に、先端技術を活用して我が国沿岸各地を対象とした現地調査と解析を行い、各地域の完新世スケールの地震・津波履歴の全容解明を目指す。

災害の軽減に貢献するためには、広い視野を持って複合的問題の解決を目指す人材の育成が急務である。一方、地震火山研究分野でも、博士課程から研究者を目指す人材の減少が問題になっている。次期計画では、本研究科において、特に学部レベルの学生へ、強い動機付けをするための教育プログラムを開発する。具体的には、地震火山観測関連実習の改良、研究現場でのインターン型実習の充実、分野横断型実習の拡大などである。現在実施中の「臨象理学プロジェクト」とも連携を強化し、効果的な実習運営のノウハウを蓄積する。



## 3-10.

# 電磁気的な地震先行現象の総合的研究

服部克巳（千葉大学大学院理学研究院）

(khattori@faculty.chiba-u.jp)

本提案課題「電磁気学的な地震先行現象の総合的研究」は、これまでに「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」において地震・火山噴火の予測のための研究として実施してきた。具体的には、ULF 帯電磁場や VLF 帯の電磁場観測や観測データの解析などである。主な成果としては、ULF 帯の電磁場変動や電離層電子数変動、大気熱赤外変動等について、地震との有意相関や ROC 的な前兆性と統計的に明らかにし、地震前兆現象の存在を実証してきた<sup>1-6</sup>。また、電離層電子数変動などの物理機構の解明へ向けた電離層擾乱時にも安定した可視化像が得られる解析手法（電離層トモグラフィ）の開発も実施してきた<sup>7</sup>。実際の予測への貢献として、これらの観測事実の検証のための観測の継続と、これらを大地震が懸念される地域（千島日本海溝、東南海地震、内陸歪集中帯、首都圏直下など）に設置し、実効性を検証する必要がある。そのための観測を増強することが重要であると考えている。

また、同時にこれらの前兆現象は、地殻内の応力場の変化によって発生したと考えることができ、地下応力場を数理モデル化した ETAS モデルなどと親和性があると考えている。ETAS モデルにおいて前震が適切に入力できれば、本震が予測できる可能性があると考えている。前震のかわりに種々の前兆現象をパラメータ化し、適切にモデルに同化させることによって確率数理モデルによる本震予測が可能になる可能性を追求する。まずは ETAS モデルの改良を試みる。

手始めに、ETAS に統計的有意性および ROC 的な前兆性が担保された前兆現象を同化させ、従来の結果とどのように変化（改善・改悪）されるかを調査する。その後、本震予測可能なように、データ同化を試行錯誤的に実施する。気象分野で実施されている同化方法を模倣し、振舞いを把握する。下記とも関連するが、ULF 電磁場、電離層電子変動、衛星大気温度以外の前兆パラメータの調査も引き続き行う。

応力場を表すよいパラメータを調査するために、電磁気以外に b 値、GNSS 変位、地中ラドン濃度等も観測・解析しており、これも継続し、ETAS モデルへの同化あるいは ROC における地震が発生しなかった場合の応力場変化と電磁気現象の関連について基礎的な調査も必要と考えている。

参考文献：

1. Kon, S., Nishihashi, M., Hattori, K. Ionospheric anomalies possibly associated with  $M \geq 6.0$  earthquakes in the Japan area during 1998-2010: Case studies and statistical study, *Journal of Asian Earth Sciences*, 41, 410-420, 2011 (doi:10.1016/j.jseaes.2010.10.005)
2. Hattori, K., Han, P., Yoshino, C., Febriani, F., Yamaguchi, H., Chen, C.-H., Investigation of ULF Seismo-Magnetic Phenomena in Kanto, Japan During 2000-2010: Case Studies and Statistical Studies, *Surveys in Geophysics*, 34, 293-316, DOI 10.1007/s10712-012-9215-x, 2013
3. Peng Han, Katsumi Hattori, Maiko Hirokawa, Jiancang Zhuang, Chieh-Hung Chen, Febty Febriani, Hiroki Yamaguchi, Chie Yoshino, Jann-Yenq Liu, and Shuji Yoshida, Statistical analysis of ULF seismo-magnetic phenomena at Kakioka, Japan, during 2001-2010, *J Geophys. Res.*, SPA, 119, 4998-5011, doi:10.1002/2014JA019789., 2014
4. Han, P., Hattori, K., Zhuang, J., Chen, C.-H., Liu, J.-Y., and Yoshida, S., Evaluation of ULF seismo-magnetic phenomena in Kakioka, Japan by using Molchan's error diagram, *Geophysical Journal International*, 208 (1), 482-490, 2017, doi: 10.1093/gji/ggw404,
5. Peng Han, Jiancang Zhuang, Katsumi Hattori\*, Chieh-Hung Chen, Feby Febriani, Hongyan Chen, Chie Yoshino, Shuji Yoshida, Assessing the potential earthquake precursory information in ULF magnetic data recorded in Kanto, Japan during 2000 - 2010: distance and magnitude dependences, *Entropy*, 22, 859, 2020. doi:10.3390/e22080859
6. 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
7. R. Song, K. Hattori, X. Zhang, J.-Y. Liu, and C. Yoshino, Detecting the ionospheric disturbances in Japan using the three-dimensional computerized tomography, *J. Geophys. Res.* SP, 126, e2020JA028561, 2021, <https://doi.org/10.1029/2020JA028561>



# 3-11.

## 災害対応力を補う情報科学に基づく情報戦略手法の確立

井ノ口 宗成（富山大学都市デザイン学部）

（ inoguchi@sus.u-toyama.ac.jp ）

### 1. 災害対応現場における「情報戦略」の重要性

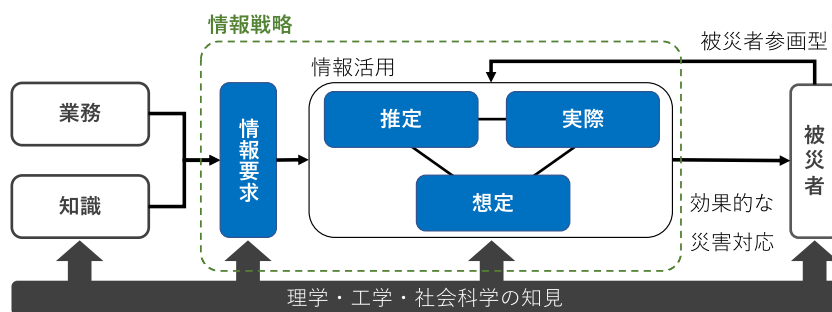
災害対応の現場では、発生した状況に応じて実施すべき業務・手順を遵守しながら、活用できる資源の制約の下で、最適もしくは最善の意思決定が求められる。情報処理技術が高度化する中で、情報収集力は高まっているものの、現場における「情報戦略」の手法はいまだ確立されていない。状況を迅速かつ的確に分析し、実施すべき事項に対して必要となる情報の種類・粒度・質を設定し、収集と分析によって状況を見通す必要がある。これには情報要求の要件定義が必要であるものの、その手法は確立されていない。さらに、情報要求によって得られた情報の効果的・合理的な処理モデルについて科学的に体系化されておらず、その標準化もなされていない。

### 2. 想定・推定・実際の3つの視点に基づく情報戦略

戦略的な災害対応を実現するためには「状況見積（状況の見通し）」に基づく必要がある。状況見積には相応の情報が必要となるものの、災害対応現場では必ずしも情報の質・量が十分でない場合が多い。そのため、地域が事前に準備する「想定」、災害発生直後において災害の種類や規模から妥当性の高い「推定」、現場で収集・集約された結果としての「実際」の3つの視点が鍵となる。「想定」を最悪シナリオとして位置づけ、「推定」から状況を先読みし、「実際」と比較することで課題を正しく捉えて、状況把握が困難な条件下で適切な意思決定を行うことが可能となる。

### 3. 情報科学に基づく情報戦略手法の確立

前述の想定・推定・実際に対する状況分析を実現するには、理学・工学・社会科学の融合による科学的根拠に基づき、情報科学の手法を用いて情報処理モデルの構築と実務者側のリテラシー向上のための知識の体系化が必要となる。現行計画では被災者の生活再建を1つの事例として、対応業務のモデル化と対応時の情報処理支援システムの開発を実施している。次期計画においては、1) 現行計画で実施した枠組みを応急期・復旧期等の他局面へ展開する。くわえて、妥当性の高い推定のためには、対応者側だけでなく被災者側の災害時行動の把握も必要である。そのため、2) 対応者と被災者の双方が参画し、情報流通・情報活用するための共通基盤を整備し、3) 理学・工学・社会科学の知見を活用した新しい情報戦略モデルの確立（下図）を推進したい。この3つを実現することで社会の防災力の1つである災害対応力の向上を図る。



災害対応力を補い高める新たな情報戦略モデル

## 3-12.

### 名古屋大学からの次期計画への三つの提言

田所敬一（名古屋大学大学院環境学研究科）

([tad@seis.nagoya-u.ac.jp](mailto:tad@seis.nagoya-u.ac.jp))

本講演では、名古屋大学における現計画での研究内容とその成果、および今後の計画をふまえて、次期計画の推進に対して三つの提言をしたい。

一つ目は、本計画の出口を見据えた分野間の有機的な融合である。「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究」との看板を掲げた計画も第2次が終わろうとしており、そろそろ本研究計画の「出口」であるところの「災害の軽減への貢献」を見据えた計画作りが求められる。そのためには、理系研究者も積極的に参加しつつ、防災リテラシー研究と理系研究との有機的な融合を推進することが不可欠である。次期計画での体制としては、現計画での体制を発展させ、防災リテラシー研究と理系研究を総合的に担う枠組みを中心に据えることを提案したい。防災リテラシーを災害の軽減に生かすためには、一般的なアウトリーチや学校教育のみならず、地域コミュニティ向けに当該地域の特性をふまえた取り組みを行う必要がある。本学では、地震・津波災害の基本的な事柄に加え、その地域特有の地形や地盤といった災害に関連する理系的知見等を地域コミュニティに提供し、それによって地域住民の防災意識がいかに変化し、地震や津波に対する地域防災力の向上に繋がるかの検討を行いたいと考えている。

二つ目は、海域と陸域、変動等の理解と構造の把握を統合した研究のなお一層の推進である。南海トラフは、海溝型地震の震源域としての役割に加え、陸域へのインプットとしての役割も担っている。本計画期間中には、伊豆マイクロプレートの西端部の境界が明らかになったほか、トラフ軸近傍における複数箇所での海底地殻変動観測体制が整った。また、海陸の測地観測結果と地震活動解析結果の両方を用いて内陸におけるひずみの収支を明らかにし、地震発生確率を算出する手法が確立されつつある。今後のモデリング研究等では、これらの新たな知見や手法、観測結果も活用した海陸統合の視点がますます重要となる。また、活断層等を含む構造や物性の情報なくしては変動やひずみ蓄積等の理解は進まない。そこで、志摩半島沖の陸棚外縁撓曲での地形調査、比抵抗探査によるプレート境界域の物性の空間変化の把握、アクロスによる弾性波速度の経年/地震時変化の解釈と広域の地殻変動との相関、精密重力測定や比抵抗探査による断層破砕帯の物性等の把握などの知見を変動等の理解に取り込む統合研究も必要である。陸域においては火山災害の軽減も重要なテーマである。本学ではGNSSの連続観測化に加えて、地震観測、航空磁気観測、ドローン測量、水準測量といった多項目観測に基づいて御嶽山の現在の内部状態を把握し、活動変化と背後にある物理過程の解明を目指す。

三つ目は、長期モニタリングに基づく研究の継続である。東北地方太平洋沖地震の前には、本震のすべり域の周囲における非地震性すべりの長期的な加速があったことが明らかになっている [Yokota and Koketsu, 2015 ; Mavrommatis *et al.*, 2015]。これと同様の現象が南海トラフ地震前にも起こるとすれば、見逃しは許されない。小林 [2021] によると、直近では2013年頃から南海トラフ地震の破壊開始点の周辺で長期的なスロースリップが継続している。この現象の進展や南海トラフ地震との関連性等を理解するためにも独自の視点からの研究を推進する。

## 3-13.

### 京都大学防災研究所における地震研究に関する検討

京都大学防災研究所（地震研究）

京都大学防災研究所では所内における地震研究者により、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）（仮）に向けた検討を行ったので、その内容を紹介する。議論には現計画の地震分野に関わる大半の所内構成員が参加したが、全員の出席の下では行えなかったため、本発表での紹介にも必ずしも全ての意見が反映されているものではないことに注意されたい。

建議の枠組み全体に関する意見交換を行い、特に防災という冠を銘打った組織としての責任を共有しつつ、次期計画においても災害の軽減を目指す流れは変わらないことを確認した。そのアプローチとして三つの考え方が挙げられた。一つ目は、理工学的基礎研究を通じた貢献である。我々の遂行能力はあくまで基礎研究の実施であり、協議会の枠組みを利用して多くの研究間の連携を図っていこうとするものである。二つ目は、真に災害の軽減に貢献する研究の提案である。建議の目的をより強く意識したものであり、基礎研究ではなく真に災害軽減に貢献する研究課題のみを集めるべきであるというものである。三つ目は、科学発展をベースとしたそれらの連携研究である。研究の上流と下流に位置する課題を繋げる事ができるのが防災研究所の特徴であり、その本所ならではの役割を果たすべきであるというものである。

本所が関わる課題についての情報共有も行なった。特に、南海トラフ巨大地震を中心とした研究は、軸の一つになるであろうと考えている。令和3年度に所内で発足した地震津波連携研究ユニットとの連携は、津波研究を促進させることができる。他の巨大地震発生国との、南海トラフ巨大地震を想定した国際共同研究がある。南海トラフ巨大地震に限らないが、大地震後の地震活動予測研究、地震と火山噴火の実質的な連携研究がある。ボトムアップ計画の枠組みで材料となる課題を挙げていくと共に、南海トラフ巨大地震総合研究グループにおいてこれらを実質的に統合して束ねる役割を果たす課題を作る必要がある。また東京大学地震研究所と京都大学防災研究所による拠点間連携研究との関連の重要性も指摘された。南海トラフ巨大地震に関する研究以外にも、DASや満点機材の活用をした構造物も含めた三次元波動場に関する研究、ビッグデータ処理の知識を活用していくことに関する研究等が、重点的に行うべき研究例として挙げられた。

## 3-14.

### JAMSTEC 海域地震火山研究

小平秀一 (JAMSTEC 海域地震火山部門)

(kodaira@jamstec.go.jp)

海洋研究開発機構(JAMSTEC)では2019年より7か年の第4期中長期計画において、海域で発生する地震及び火山活動に関する研究を進めており、実施にあたっては、「①海域観測による地震発生帯の実態把握」、「②地震・津波の発生過程の理解とその予測」、「③火山及び地球変動要因としての地球内部活動の状況把握と変動予測」、の三つの課題を定めている。

「①海域観測による地震発生帯の実態把握」、では地震活動の現状把握と実態解明のために、広域かつ精緻な観測データをリアルタイムで取得する海底地殻変動・地震活動観測技術システムを開発し展開するとともに、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を中心に三次元地殻構造や地殻活動、断層物性、地震活動履歴等に係る調査を実施する。

「②地震・津波の発生過程の理解とその予測」、では地震発生帯の現状把握・長期評価へ貢献するために、①で取得した各種データと既存データ等を統合してこれまでに機構で構築した地震発生帯モデルを高精度化し、それらモデルを用いた地震発生帯変動の計算結果と観測データの解析による現状把握及び推移予測の手法を確立する。また、これまでに構築してきた即時津波被害予測システムの高度化を進める。

「③火山及び地球変動要因としての地球内部活動の状況把握と変動予測」、では火山活動・噴火の実態解明、火山災害の発生予測に向けて、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ため、調査船等を用いた観測研究を推進し、海底火山活動の地球物理観測、地質調査、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理解を進める。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循環等を推定し、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。

更に、これらの①、②、③の課題によって得られたデータや知見を国等に提供することで災害の軽減に資することを目指す。

今後、2025年までには

- 連続リアルタイム海底地殻変動観測システムの DONET 設置海域等への広域展開
- 南海トラフ、千島海溝・日本海溝等における詳細な構造探査及び海底地震観測
- 海底堆積物に基づく地震履歴調査手法の確立と重要海域への適用
- 三次元地震発生帯地下構造モデルの高度化
- 同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、プレート固着状態の推移予測の試行
- 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と、試料の採取及び分析
- 火山体深部構造を明らかにする地球物理学的探査などを、推進する

## 近年の気象庁地震津波火山業務の進展

宮岡一樹（気象庁地震火山部）

(miyaoka@met.kishou.go.jp)

気象庁では地震活動や火山活動等を 24 時間 365 日、常時観測し、必要な解析を行うと共に、防災に資する各種情報、警報等を発表している。気象庁では、より適切な情報発信となるよう、本研究計画で得られた成果を活用すること等を通じ、最新の技術を取り入れつつこれらの業務を発展させてきている。

近年の気象庁の地震津波業務で大きく変わったものとして、南海トラフ地震に関連する情報の運用開始が挙げられる。駿河湾から日向灘にかけての広い想定震源域内の地震活動や地殻変動等の監視を行い、異常な現象が観測された場合に「南海トラフ地震臨時情報」を発表することとしている。監視にあたっては関係機関のモニタリングで得られた各種データを活用しているほか、活動の評価では常に最新の研究成果に基づいて行っている。一方で南海トラフ地震に関連する情報の運用が始まって3年になるが、この情報の認知度が高まっていないという指摘もある。この情報は国や自治体がとるべき防災対応と一体になっており、その周知啓発にあたっては気象庁だけでは困難であることから、幅広い分野の機関と連携して進めることが重要である。

さらに近年の研究の進展を受け、緊急地震速報や津波予測の高度化を行うとともに、海底地震計の活用による震源決定能力の向上を進めた。

緊急地震速報に関しては、手法の改善や観測点の追加等を通じ、精度向上を図ってきた。手法の改善については、平成 30 年からは、震源を求めなく強い揺れを予測する PLUM 法 (Propagation of Local Undamped Motion Method) を導入し、広い震源域を持つ巨大地震であっても精度良く震度を予想することが可能となった。また観測点については令和元年から2年にかけて順次、国立研究開発法人防災科学技術研究所が日本海溝沿いに設置した海底地震観測網 (S-net) のデータの緊急地震速報への活用を始めた。これにより活用前に比べ、最大 30 秒の猶予時間が生まれることになった。

S-net データは津波予測の高度化にも活用している。沖合の津波観測網で観測された津波波形から津波波源を推定し、沿岸での津波の高さを精度よく予測できるようになった (tFish)。また海域で発生する地震を直上の海底地震計網で捉えることなどにより、震源の深さの精度が大幅に向上したほか、陸域から遠い領域における地震検出能力が向上した。

火山業務については、令和 4 年 3 月、噴火警戒レベルを導入することとしていた 49 の活火山全てについて、噴火警戒レベルの運用を開始した。また降灰予測に用いている火山灰の移流拡散モデルを高度化し、降灰予測の精度向上を進めた。このほか、火山災害に対する防災リテラシー向上の取組として、火山噴火に関する地域の災害特性や過去の災害履歴の把握に資するデータベースの整理を進めている。引き続き最新の火山研究の成果や新たな知見を取り込みつつ、火山活動評価の高度化を進めていく。

気象庁においては引き続き、様々な連携を通じて本研究計画による成果を活用していくこととしている。今後も観測技術、予測技術とともに基礎研究の発展を期待したい。

## 3-16.

# 防災・減災のための高精度デジタル地質情報整備プロジェクト

藤原 治（産業技術総合研究所 地質調査総合センター）

(o.fujiwara@aist.go.jp)

災害対策技術が飛躍的に向上している現在、前提となる高精度のデジタル地質情報の整備が自治体等から求められている。2020年12月に「防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策」が閣議決定され、活断層・火山情報の解析・評価、集約・情報提供が重要施策の一つとして取り上げられた。また、2021年5月に公表された国（経済産業省）の「第3期知的基盤整備計画」においても、国土強靱化に向けて活断層・火山情報の収集・評価と情報提供が重点化・加速化すべき政策とされた。これを受け、産総研地質調査総合センターでは、4年計画で活断層、火山、土砂災害、海洋地質等に関する高精度化・デジタル化した地質情報を整備し、ワンストップな情報発信の強化していくこととした。

### （1）活断層情報の整備

活断層の長期評価に必要な情報の取得を加速するとともに、活断層データベースの高精度化を進める。活断層データベースは、現在の縮尺1/20万程度で表示している活断層の位置情報を縮尺1/5万程度へ更新を進める。これにより、活断層の通過位置を100m未満の精度で特定でき、活断層近傍における強震動評価や断層変位評価への高度化、まちづくり道路・鉄道等のインフラ整備にも貢献する。

### （2）火山情報の整備

これまで進めてきた噴出部の分布や噴火の履歴の情報をまとめた火山地質図からさらに進んで、噴火切迫度が高い火山や社会的影響の大きい富士山や伊豆大島などを対象に、「噴火口図」と火口位置データベースの整備を進める。「噴火口図」は噴火口の位置と形状等の情報を縮尺1/2.5万地形図の精度で提供し、火口位置データベースでは位置情報に加え、活動年代、噴火の規模・様式などの属性情報を表示する計画である。

### （3）土砂災害情報

従来の地形的特徴に基づく土砂災害ハザードマップからさらに進んで、地質調査総合センターが蓄積してきた地質や土壌の特徴を考慮することで、より高度なリスク評価を可能とする情報を提供する計画である。

### （4）海洋地質情報

南海トラフ周辺を中心に、これまで画像で整備を進めてきた海洋地質図や物理探査断面などのデジタル化と図郭間の統合を行うとともに、海底から採取した試料の情報と合わせてデータベース化を進める。南海トラフ巨大地震への対策に加え、沿岸海底の利用・開発にも貢献を目指す。

### （5）DX化の推進

多様な地質情報をコンピュータで処理できる標準データ形式に変換するとともに、整備した情報を流通網に載せるための接続口となる標準APIの整備を進める。

## 3-17.

### 山梨県富士山科学研究所の火山防災研究の取り組み

吉本充宏（山梨県富士山科学研究所 富士山火山防災研究センター）

(myoshi@mfri.pref.yamanashi.jp)

富士山は、最近 5600 年間では 180 回ほど噴火しているが、1707 年の宝永噴火を最後に 300 年以上噴火してない。これまで 30 年に 1 度のペースで噴火してきたが、その 10 倍以上の時間が空いていることから、そう遠くない将来に噴火する可能性が高いと考えられ、しかも次の噴火が大規模になる可能性もある。その場合には、広範な地域に甚大な被害が生じることも予想される。また、富士山は噴火現象や規模が多様で、火口ができると想定される範囲が非常に広いことから、噴火前後の避難のオペレーションが非常に複雑であり、効果的な防災対策を模索している現状にある。

山梨県富士山科学研究所では、火山としての富士山の全容解明だけでなく、将来の噴火の災害を軽減することを目的に、研究・観測を実施している。特に 2020 年度には、組織改変を行い、山梨県防災局所管の富士山火山防災研究センターを設置し、研究・観測だけでなく、行政支援や防災教育にも力をいれている。現在、研究・観測としては、噴火事象系統樹精緻化のための噴火履歴やマグマ供給系の解明の研究、火山防災マップの信頼性向上に資する数値シミュレーション技術の高度化に関する研究、噴火の予兆現象を捉えるための重力観測網の整備、火山観測情報の効果的な発信方法の検討、火山ハザードマップの描画方法、火山防災教育用実験教材の開発などの研究に取り組んでいる。また、富士山火山ハザードマップの改定、避難計画の改定、山小屋や市立病院の避難確保計画の作成など様々な防災行政への支援も行ってきた。火山防災行政担当者や警察・消防に対する研修や一般市民、教育関係者、学生、児童への防災教育や理科教育の支援も実施している。これらの支援活動を通じて検討すべき課題が山積していることが明らかとなっている。登山者から住民にいたるまでの確な避難オペレーションを行うには、噴火後の火口特定に関する観測、噴火推移の予測、被害予測、異なる場所や状況にある方々（自治体職員、登山者、住民）への的確な情報伝達が必要であり、実効的な避難計画、避難訓練のあり方、自治体職員への研修のあり方、地元住民や教育機関での防災教育のあり方なども今後検討が必要なのである。

今後は、引き続き噴火履歴やマグマ供給系に関する研究、噴火シミュレーションに関する研究を継続し、観測研究としては、これまで実施してきた重力観測網のさらなる充実を図る。また、富士山噴火では噴火開始後の火口特定が避難実施の鍵となることから、火口特定を迅速化するための、空振観測やドローン観測に関する研究を新たに実施する。また、行政支援から浮き彫りになった種々の課題についても解決に向けての取り組みを強化する。研究の実施にあたっては、大学や他研究機関等と連携して共同研究を実施していく予定である。

## 4-1.

### 火山熱水系の構造と進化を解明するための地質学，鉱物科学，

#### 電磁気探査

大場 司・坂中伸也・高橋亮平（秋田大国際資源）

(t-ohba@gipc.akita-u.ac.jp)

秋田大学は少人数グループながら継続的に火山に関わる研究を行っており、火山防災協議会や緊急減災計画等の火山防災に関わる委員会への参画し、また火山人材育成プログラムでの教育研究活動に直接関わっている。現観測研究計画へは参加していないが、次期計画には組織的に貢献する予定である。

突発的小規模噴火や、休止期間後の最初の噴火は、水蒸気噴火やマグマ水蒸気噴火が多い。このような噴火は、御嶽山 2014 年噴火のように火口近傍での災害をもたらすうえ、その頻度も高い。詳細な観測と研究により理解を深める必要がある。このような水蒸気噴火やマグマ水蒸気噴火の発生には地下の外来水が重要な役割を果たしており、その外来水は、多くの成層火山の山体内で熱水系（火山熱水系）を構成している。そのため、火山熱水系を詳細に理解することは、火口近傍での突発的噴火の減災に対して重要である。火山熱水系の理解には、火山熱水系内での化学現象、火山熱水系の進化過程、静穏期の火山熱水系の構造といったことが含まれる。

秋田大学では、現在のスタッフの研究実績を元に、火山熱水系の構造と進化過程の解明を目的とする研究を計画している。その実施内容は次の通りである。(1) テフラの層序、放射性炭素年代測定による年代決定、火山灰の構成成分分析、ガラス組成や鉱物組成といった岩石学的分析、噴出物の硫黄同位体分析により、火山熱水系の構造と進化過程を解明する（大場・高橋）。(2) 電磁気学的観測により、静穏火山の火山熱水系構造を解明する（坂中）。現時点では AMT（可聴領域地磁気地電流法）を中心とした比抵抗探査による構造解明を考えている。(3) 上記地質鉱物学的モデルと電磁気学的モデルを統合し（大場・坂中）、かつ成層火山内の火山熱水系の化石である浅熱水鉱床・斑岩銅鉱床の研究から得られている最新知見を併せ（高橋）、モデルの精緻化を図る。

本計画での対象は、現在静穏で、長く噴火活動が無く、比較的データが少ない東北日本の火山とする。静穏時でも火山熱水系の地表兆候（噴気・温泉・熱水変質）が著しい火山と、そうではない火山があり、両者の代表的な火山について調査観測を行う。前者として栗駒山火山、後者として鳥海火山を想定している。



## 4-2.

### 日本列島全体を俯瞰する広域的基本場の解明と 重要地域での統合研究に向けて

基本場解明グループ（深畑幸俊（京大防災研）・岩森光・行竹洋平・臼井嘉哉（東大地震研）・渡邊了（富山大）・中村仁美（産総研））

(fukahata@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp)

地震の発生や火山の噴火、ならびにそれらの活動の推移を的確に予測するためには、基礎研究の充実がそのベースとなる。我々は、沈み込み帯においてどのような物理的・化学的過程が進行しているのか、その基本場を明らかにすることを目指している。災害軽減に貢献する方法として、迂遠な道かも知れないが、正攻法かつ効果的であると考えている。

日本列島は、太平洋・フィリピン海・北米・ユーラシアの合計4つのプレートがせめぎ合う巨大な変動帯に位置している。日本列島における地震・火山噴火として現れる変動現象を的確に把握して予測につなげるには、これらのプレート間の物質・力学相互作用を含めて、日本列島全体を俯瞰する広域的な場の理解が必要である。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、またなぜ異常が発生するのか（例えば破壊、流体やマグマの発生 - 上昇 - 噴火といった時空間での局所的突発現象が発生するのか）、その機構に定量的制約を課することができるからである。具体的に、本研究では、地殻・マントルにおける

\*応力場

\*岩相 - 水 - マグマの分布と物性

\*温度・流動 - 変形場

を列島規模の大構造および重要地域での詳細研究により、定量化することを主目的とする。地震の発生や火山の噴火を理解する上で、これらの場が鍵を握ると考えるからである。この目的を実現するために、機関の枠を越えた多様な分野からなる最適なメンバー（地震メカニズム解と応力場解析：行竹、測地データ解析：深畑、電気伝導度の測定および観測と流体分布の推定：渡邊・臼井、地殻内流体・マグマの分布と循環の把握：中村・岩森、温度場ならびに流動・変形場の推定：深畑・岩森）が集まり、これまでに開発・蓄積してきた地質学・地球物理学・地球化学の各手法と知見をさらに深化・発展させる。

そのようにして推定された各種の場は、島弧で生じている様々な変動現象をある特定の側面から切り出したものであり、それぞれ互いに相互作用をしていると考えられる。そこで、地震・電磁気・地球化学などのデータを基に得られた応力場や変形・流動場、流体やマグマの分布などの理解を統合することで、地殻活動の総合的な描像を得ることを目指す。それにより、地震発生と火山活動の相互作用を含めた地震発生場と流体 - マグマ発生・噴火場の統一的理解へと近付けるであろう。統合研究のフィールドとしては、地震・地殻変動・電磁気・地球化学などのデータが揃っている地域を選定し、研究を進める予定である。

## 4-3.

# 沈み込み帯プレート境界滑りのモデル化に貢献する 海域稠密観測によるプレート間挙動解明

海域地震・地殻変動観測グループ 発表者：篠原雅尚（東京大学地震研究所）  
(mshino@eri.u-tokyo.ac.jp)

2011年東北地方太平洋沖地震の発生により、千島海溝、日本海溝北部、北部伊豆小笠原海溝、房総半島沖相模トラフにおける地震発生リスクの変化が想定されている。また、南海トラフでは大地震の発生が想定され、南西諸島海溝北部でも、大地震の発生が議論されている。日本列島周辺の沈み込み帯では、通常地震に加えて、低周波微動、超低周波地震、周期的スロースリップなど、さまざまな滑り現象の発生が明らかとなっており、これらの現象を詳細に把握することにより、プレート境界における固着・すべり状態の時空間変化、プレート間すべり速度の時空間発展、すべり現象の相互作用などを明らかにできると考えられる。一方、深海掘削から得られた海底の試料などを用いたプレート境界の状態を再現した摩擦実験の結果により、数値モデリングによるプレート境界のすべり挙動を再現するモデル構築の研究が進んでいる。これらの観測と実験の結果を取り入れて、沈み込み帯におけるプレート境界断層の多様なすべりの空間分布、相互作用や時間発展を明らかにするモデルの高度化を行うことは、地震発生長期予測に貢献する。

本研究計画は、以上のような背景から、日本列島周辺のプレート境界において、スロー地震を含む地震活動、スロースリップなどに代表されるプレート間滑りの詳細を明らかにするために、最先端の海底観測技術を用いて空間的に高密度な長期間のモニタリングの実施を提案する。さらに、沈み込み帯におけるプレート境界断層の多様なすべりモデルの高度化をめざして、摩擦の温度・変位速度・間隙水圧・物質（粘土鉱物含有量など）依存性を求めるため、現場試料を用いた摩擦実験も計画の一部として実施する。これらは、プレート境界における固着分布や応力分布などの時空間変化の推測による地震発生長期予測の高度化に寄与する。

現在、日本周辺海域では、海底ケーブルを用いたリアルタイム海底地震観測網が整備され、南海トラフ域西部にも整備される予定である。また、GNSS/A海底測地観測も、準定常的に行われている。今後は、より空間的に密な海底観測によるプレート境界の詳細な情報を基にした地震発生予測研究に貢献できるモデル構築が必要と考えられる。現在運用可能な自己浮上式長期観測型海底地震計は、広帯域地震計を用いるなど高度化が進んでおり、発生頻度の低い滑り現象を捉えるための観測期間も長期化している。また、運用可能台数も数十台規模である。そこで、これらの長期観測型海底地震・水圧計を用いて、地震発生域直上に空間的に密な観測網を展開し、多様なすべり現象のプレート境界上での分布とプレート境界に沿った構造変化を高空間分解能で明らかにする。さらに、すべり活動の空間方向の顕著な変化に対応する構造不均質を解明する。プレート境界物質を用いた実験の成果を活用し、すべり活動の空間変化から摩擦特性の分布を推定する。これまでの地震探査などから蓄積された地震学的構造モデルを統合して、摩擦パラメタの空間変化を制約することにより、より現実的なプレート境界地震発生場のモデル構築に貢献できる。さらに本研究計画を発展させるためには、現在の観測機器の機能維持と高度化だけでなく、新しい海底観測を実現させるための機器開発も継続的に進める必要がある。

## 4-4.

### 内陸地震の比抵抗構造再調査

相澤広記 (九州大学)・吉村令慧 (京都大学)・市原寛 (名古屋大学)・上嶋誠 (東京大学)  
(aizawa@sevo.kyushu-u.ac.jp)

【背景】 1995年兵庫県南部地震から現在まで、日本で発生したM6.5以上の内陸地震のおよそ半数が、事前に活断層の存在が指摘されていない場所で発生した。したがって規模の大きな内陸地震の想定(ポテンシャル評価)のためには、活断層調査に加えた新しい評価手法の確立が望まれる。これに対して最近、広帯域MT探査による比抵抗構造推定から2つのポジティブな結果が得られている。その1つは内陸地震の最大規模が比抵抗構造と関連するという結果である。2018年熊本地震では、前震と本震の破壊が低比抵抗体の端部から始まり、別の低比抵抗体の端部で終わるという結果が報告された(Aizawa et al., 2021)。同様の結果は2017年御嶽山西部のM5.6地震(Ichihara et al., 2018)、2008年岩手—宮城内陸地震(Ichihara et al., 2014, 東工大未公表資料)でも示唆されており、2000年鳥取県西部地震(Umeda et al., 2011)、2007年能登半島地震(Yoshimura et al., 2008)、2017年九寨溝地震(Sun et al., 2020)の比抵抗構造にも同様の傾向が認められる。ポジティブな結果の2つめは規模の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というものである(Aizawa et al., 2021)。地震活動は低比抵抗体の端部付近で活発であるという報告は数多くあったが、地震の規模との関係が新しく推定された。

研究事例が少ないため、比抵抗構造が内陸地震の規模も含めたポテンシャル評価に真に使えるものかどうか結論が得られていない。内陸地震の破壊の終わりが比抵抗構造と関係しているかどうかは、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。比抵抗構造探査も行われているが、上述のように内陸地震ポテンシャル評価が可能かどうかの目をもって探査された例は少ない。

【提案】 過去のM6.5以上の内陸地震発生域のいくつかをターゲットに広帯域MTの再調査を行う。すでに論文で報告されている既存MTデータも利用し、震源断層端も含めた比抵抗構造推定を行い、地震すべり、震源分布との対応を定量的に評価する。これにより比抵抗構造が内陸地震のポテンシャル評価に有効か否か結論を得る。

【実施体制について】 機関横断型の小規模合同観測を行う。このような合同観測は20年前までは積極的に行われていたが、現在はあまり行われていない。複数の機関の研究者が合同で集中的に観測を行うことで目的にかなう観測データが得られ、さらに観測機材、観測手法、解析手法の高度化が期待できる。また、主たる成果発表を学生やPDに限定し、他の参加者が観測、解析両面でサポートする体制とすることで人材育成に寄与する。

## 4-5.

### 活断層研究の長期予測・災害軽減への取り組み

石山達也（東京大学地震研究所）・活断層研究グループ (ishiyama@eri.u-tokyo.ac.jp)

2014年長野県北部の地震、2016年熊本地震など、近年発生した内陸地震を対象に行われてきた調査研究を受けて、地震災害の軽減に向けて今後どのように取り組むべきか、これまでの3年間に研究課題や長期予測部会などで行われてきた議論を踏まえて以下に述べる。

#### (1) 多様な時空間スケールのすべりを考慮した活断層の長期予測

糸静線活断層系北部区間で発生した2014年長野県北部の地震は、活断層の長期評価に様々な問いを投げかけた。地震時変位量は、変動地形・古地震学的研究から予測されたより顕著に小さかった。また、地震を契機として変動地形を再検討した結果、従来逆断層主体と考えられてきた同区間にて、新たに左横ずれ変位地形の存在が明らかになった。これらの現象は、糸静線活断層系のような大規模な活断層では、過去のM>7級の地震活動が固有地震とはサイズ・すべり方向の異なる地震を含む可能性を示唆し、大規模な活断層で発生する多様な地震の規模・発生時期を解読することは長期予測を向上させる上で大変重要である。より複雑になると予想される震源断層との関係を解明することも重要である。一方、地形・地質学的観測からわかる断層変位地形や地質構造・平均変位速度は $10^5$ - $10^6$ 年スケールの累積的な地表変位を表し、より頻繁に発生する地震の平均像を示すと考えられる。しかし、2016年熊本地震以降、布田川断層にて新たに横ずれ変位地形および平均変位速度が明らかになるなど、長期評価にとって必要なスリップレートが未解明である活断層は主要断層帯の中でも決して少なくなく、(2)に代表される新技術を導入した解明が必要である。このような多様な時空間スケールの古地震像の解明・解読の継続的な取り組みが、長期予測の向上にとって重要である。

#### (2) 新しい観測技術の導入・開発による活断層の位置・形状・活動性の解明

近年急速に整備されたLiDARなど航空測量による高解像度地形標高データは、植生に被覆された山地域や人工物に覆われた平野域における活断層の抽出を容易にし、地理院活断層図等のプロジェクトで多くの活断層が新たに見出されつつある。特に<1mグリッドDEMの地形解析は山地域の活断層の発見に大きく貢献すると期待され、本格的な高分解能DEMの導入が望まれる。また、ドローンやLiDARスキャナーなどの簡便な精密測量技術の急速な進展は、断層変位量や地表変位、地表地震断層等の超精密・多点測量を容易にすることが期待され、観測への技術導入・応用が重要である。加えて広帯域バイブレータ震源やDASによる超高分解能探査の確立も伏在活断層や長期間活動履歴の解明に貢献することが期待される。

#### (3) 研究分野・課題間の連携の強化

現計画では各部会での議論に加えて、複数の研究課題間で情報共有を行って研究を進めている。古地震活動や断層トレースの分布・変位様式等を説明する断層破壊の数値計算や、古地震活動や地殻変動・地形変化と歴史・考古資料を結びつける試み、防災リテラシーなど、幅広い研究分野との連携を更に進める必要がある。

## 4-6.

### 海底活断層と火山噴火の学際的観測研究による災害軽減

朴進午\*・山口飛鳥・芦寿一郎・小畑元・高畑直人・秋澤紀克（東京大学 大気海洋研究所）・  
鹿児島渉悟（富山大学 理学部）・佐野有司（高知大学 海洋コア総合研究センター）

(\*E-mail address: jopark@aori.u-tokyo.ac.jp)

日本列島では地震や火山噴火の発生頻度が高く、これまで多くの災害に見舞われてきた。東日本大震災や御嶽山火山噴火をはじめとして近年の頻発する地震・火山災害に対し、オールジャパンの体制で観測の強化が行われつつある。一方、陸上に比べて海域における地震・火山災害に関しては、費用対効果の面から包括的・学際的な海底観測研究が不足し、海底地震計や海底水圧計の設置、また海底測地観測による地殻変動観測など、主に地球物理学的観測研究が主体となっている。最近、海洋地質学、地震学、地球物理学、岩石学、地球化学の壁を超えた分野横断的アプローチが地震・火山災害の観測研究に有効であることを示す研究事例が増えている。本講演では、地震・火山噴火現象に重要な役割を果たすと考えられる地殻流体に注目し、これまでの成果や、次期計画で目指す学際的観測研究について紹介する。

#### 1. 海底活断層の研究：これまでの成果と次期計画で目指す観測研究

・反射法地震探査データを用いた高精度地殻構造イメージング処理により、南海トラフ・日本海溝の前弧域や、日本海溝のアウトャライズに発達する海底活断層の詳細構造が明らかになった。これら沈み込み帯の海底活断層の付近では、マンテル流体の上昇を示唆するヘリウム同位体比（ $^3\text{He}/^4\text{He}$  比）異常が発見され、断層がマンテル流体上昇の通路となっている可能性が高い（Tomonaga et al., 2020, *ACS Earth Space Chem.*; Sano et al., 2014, *Nat. Commun.*; Park et al., 2021, *Front. Earth Sci.*; Park et al., 2021, *Sci. Rep.*）。

・マンテル由来の水は断層面の強度低下をもたらし、巨大地震の引き金になり得るため、今後、マンテル流体変動の定期観測を行い、地震・津波防災の推進に貢献する。また、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、南海トラフや日本海溝において浅部プレート境界断層の地震性すべりに影響する間隙水圧のシームレス分布図の作成を目指す。

#### 2. 火山活動の研究：これまでの成果と次期計画で目指す観測研究

・ヘリウムをメインとした地球化学的手法により海底や陸上の火山を定期的に観測し、その活動度の変化を評価した。火山活動が活発になると、マグマの上昇を示唆するヘリウム同位体比の上昇が見られる。桜島と同じ始良カルデラに存在する若尊カルデラでは2010年から2015年までヘリウム同位体比は安定しており、近年は火山活動が顕著には活発化していないものと考えられる。一方、木曾御嶽山や箱根山では噴火活動に関連したヘリウム同位体の異常を捉えるのに成功した（Nakajima et al., 2022, *GCA*; Kagoshima et al., 2019, *G3*; Sano et al., 2015, *Sci. Rep.*）。

・ヘリウムは火山活動をモニタリングする敏感なトレーサーとして知られ、火山ガスそのものでなくとも周辺の温泉水や海底熱水に異常が出ることが期待されるため、それらを定期的に観測することで火山防災に役立てる。すでに観測している火山を対象にモニタリングを継続し、安全かつ効率的な方法を模索し、効果的な観測手法を構築することを目指す。

## コミュニティ断層モデルの構築とデータ公開

安藤亮輔\* (東大理学系)・石山達也 (東大地震研)・吾妻 崇・内出崇彦 (産総研)・松原誠 (防災科研)・加藤愛太郎 (東大地震研)・関口春子・西村卓也 (京大防災研)・藤原広行・ヤノ トモコ エリザベス (防災科研)・堀 高峰・仲西理子 (JAMSTEC)

断層面の3次元形状は、地震現象の基本的パラメタでありながら観測の難しさやデータ解釈の不確実さによって、これまで全国的な形状モデルの構築と公開は必ずしも進んでこなかった。また、研究分野や手法(変動地形や構造地質、強震動、微小地震、破壊過程、地殻変動、さらに運動学的モデルと力学的モデルなど)によって、対象とする空間スケールや深さ範囲が異なるため、地表から深部まで一貫した断層モデルを構築する機運は従来必ずしも高くなかった。一方、最近の断層近傍の強震動観測や SAR 観測によるデータと大規模計算環境の充実により、震源物理シミュレーションやハザード予測研究、地震・地殻変動の物理過程研究を含む研究において、速度構造や地形などとも整合的なより詳細な3次元断層形状モデルへの要求が高まっている。

このような断層モデルには、断層形状の推定が構造探査や変動地形、地質構造、地震活動など入手可能なデータを最大限利用していること、ピアレビューされてある程度コミュニティでコンセンサスがあること、もしくは(両論併記のような形で)不確実性が可視化され解釈の違いの根拠が示されていること、データ形式や論理構造を含めて使用者にとって使いやすい形でデータが整理されていること、が求められる。本モデルはあくまで研究目的で構築し、使用者が自らの判断でモデルを選択、修正、単純化して使用することを想定する。3次元形状データとメタデータを含むデータベース(DB)を公開し、後々の観測等の進展に合わせて継続的にレビュー・更新するため、組織的に対応することが重要であり、SCECの先進的な事例が参考になる。

全国一律のモデルとして、これまでも地震本部(J-SHIS)により3次元断層形状モデルが公開されているが、断層上端が地表に達しておらず、断層端点をつなぐ矩形で単純化されている。また、課題番号 ERI\_11 では、変動地形・地質構造・構造探査データ・重力異常・D90に基づき、矩形で表される日本列島の震源断層モデルを構築中である。一方、矩形モデルで生じる断層間の非合理的な地下での隙間や交差を排し様々な非平面形状を表すには、三角形メッシュ等による表現が必要であり、CADのデータ形式への対応も重要である。コミュニティ断層モデルでは、従来の様々な成果を包含する形で、次のような基本計画で、地表から深部までのより詳細で合理的な3次元モデルとして断層モデルを高度化し、将来的には速度構造モデルと合わせた「情報共通基盤」の一部として整備することを目指す。

- ・今後 1-2 年 : DB の仕様を策定し Web 閲覧や CAD・ASCII の形式変換などのツールも整備 (SCEC とも情報交換)。ERI\_11 を含む既存モデルと最近の大地震の断層モデルなどから、いくつかの顕著な事例(例えば ISTL と MTL, 布田川-日奈久断層)について先行的に共通データ形式化して DB を構築。
- ・次期計画の期間 : M7 スケール以下の詳細な非平面形状などに対し一定のコンパイル基準(微小地震分布, 測地データも活用)を検討・整備し、次期計画の期間に DB を拡充。
- ・継続的にコミュニティ内でモデルをレビューし、DB の更新を実施。

## 4-8" 火山噴火予測を防災対策に活用するために求められること

秦康範（山梨大学地域防災・マネジメント研究センター）

(yhada@yamanashi.ac.jp)

筆者はソフト防災を専門としているが、2014年御嶽山噴火以降、長野県防災会議委員を務めていることもあり、火山防災に関わることとなった。現在は、箱根山火山防災協議会と焼岳火山防災協議会の有識者委員として参画するとともに、山梨県富士山科学研究所富士山火山防災研究センターと富士山麓の自治体と連携して、噴火時の避難等のあり方を検討している。

本提案では、申請者が火山学の専門家や自治体の火山防災の担当者と意見交換を重ねた経験を踏まえて、火山噴火予測に関わる情報をどのように社会的に活用するかという視点から、特に火山のハザードマップは一般住民にとって読み方が難しく、現象が複合した場合に対応が困難であること、現象を正しく理解できないことにより実効的な避難計画を作成する上で大きな障害となっていることを紹介する。

住民にとって火山のハザードマップの理解が難しいことは、一部の火山を除き噴火の頻度が非常に低く地震や風水害に比べて経験することが困難であること、火山現象そのものが多岐にわたること、各現象の不確実性が非常に高いこと等が原因としてあげられる。こうした課題の解決策の1つとして、山梨大学と富士山科学研究所では、コミュニティや世帯を対象とした噴火マイ・タイムラインの試作を自治体・住民とともに進めている。

一方、噴火災害に対して自治体等が防災対応を行うという視点からは、突然の噴火に対して適切な対応を行うためには、時間経過とともに防災機関がどのような動きをするのかをまとめた噴火タイムラインが有効であると考え。今後求められる研究として、噴火事象系統樹や状態遷移図の高度化への期待を上げる。

### 火山関連の審議会・委員会等

焼岳火山防災協議会有識者委員（令和3年度～）

箱根山火山防災協議会有識者委員（令和3年度～）

山梨県「富士山噴火災害に対する現地対策拠点の在り方等検討会議」委員（令和2年度）

長野県「避難行動を促す情報発信・伝達のあり方検討会」有識者（令和2年度）

内閣府「中央防災会議「防災対策実行会議」大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ」委員（平成30年度～）

長野県木曾地域振興局「御嶽山火山マイスター認定審査委員会」委員（平成30年度～）

長野県「御嶽山噴火災害対応記録集検討委員会」委員（平成30年度～令和元年）

長野県「御嶽山火山マイスター検討会議」委員（平成29年度）

長野県「火山防災のあり方検討会」副座長（平成28年度）

長野県防災会議委員（平成24年度～）

### 参考文献

南沢修，秦康範：火山の噴火事象系統図・状態遷移図に期待すること，地域安全学会梗概集，No. 48，pp. 211-212，2021

南沢修，秦康範：複数の火山ハザードマップの作成及びデータベース化，地域安全学会梗概集，No. 46，pp. 133-134，2020

南沢修，秦康範：自治体の火山担当者の育成及び火山災害経験者の活用，日本災害情報学会，第21回研究発表大会予稿集，pp. 66-67，2019

南沢修，秦康範：緊急時の火山防災協議会と火山専門家の役割，地域安全学会梗概集，No. 44，pp. 77-78，2019

南沢修，秦康範：活動火山対策特別措置法の改正点と運用の課題，日本災害情報学会，第20回研究発表大会予稿集，pp. 78-79，2018

南沢修，秦康範：2014年御嶽山噴火災害における長野県の対応と復興に向けた支援，地域安全学会梗概集，No. 42，pp. 99-101，2018

## 4-9.

# 学校と地域が連携した複合的地震災害における

## 地域防災力強化の取組み

松多信尚（岡山大）・廣内大助（信州大）（matta@okayama-u.ac.jp）

災害時に適切な行動をとることができる判断力を身につけることは、災害が想定外であった時の防災対策として有効だとされる。そのためには、災害に発展する自然現象に対する災害誘因の理解や、その土地がもつ自然や人文的な特徴といった災害素因の理解が必要である。特に地震や火山噴火災害は複合災害であり、多様な自然現象による作用が現代社会のどこにどのように作用して災害になるのか、ということ想像する想像力が求められることになる。

自然現象といった災害誘因に対する理解は科学の発展とともに向上していくのに対し、土地の特徴といった災害素因の理解は場所により異なるため、社会の変化に伴い低下してきたといえる。なぜならば、かつては親から子供、子供から孫へと土地の記憶（履歴）や特徴が伝えられることで、災害時に適切な判断ができる土地固有の災害素因の理解が自然と身についていたのに対し、現代は日常的な活動範囲が広いだけでなく、居住地の移動が激しくなったことで、土地固有の災害素因の理解が、都市的な地域を中心に難しくなったためである。

これを解消しようと、土地の特徴を知るための防災に関する取り組みをしても、参加するのは、比較的時間的余裕がある60歳以上と、特に災害に関心のある一部の人であることが多い。そのため、非常によく知る一部の人々と、土地のことを知らない多くの人々に二極化される傾向にある。関心の薄い人に対し防災リテラシーを向上させるためには、防災ということを意識することなく、知らず知らずのうちに必要な情報を知る仕掛けを作ることが必要だと思われる。

そこで、提唱したいのが、教師から子供、子供から親や地域住民へと学校教育を利用した世代逆行型の伝承システムである。まず、教師から子供への流れとして、児童生徒の防災リテラシーの向上のために、彼らが暮らす地域の様子を、発災時に地域のどこで何が起こるのか、何が危険で何が役立つのか、どう行動するのかについて事前に考え、地図や空間の中で捉えながら自身の行動と結びつけておく。土地の履歴や日常での記憶と実際の地点を、地図を用いて空間的に結び付けながら、発災時に自らが状況判断して行動できる力を養うことを行う。次に、子供から大人への流れとして、児童の取り組みに大人を巻き込むことで、大人の防災リテラシーの向上につながる。たとえば、児童が行うワークショップやフィールドワークに保護者を含めた地域社会の大人達を参加させることで、普段災害を意識していない大人達にも、日常的に見慣れた景観と土地の特徴とを結び付けることができる。より広い大人たちへ、子供が作る防災マップに興味を持ってもらうことで、そのマップを通して、地域の特徴を多くの住人に対しても伝えるしかけをほどこし、地域全体の防災力の向上につながることを計画したい。

具体的には、長野県白馬の神城断層周辺などですでに試みている児童が行うワークショップを、より都市化した地域で実施し、子供を通じた地域住民の防災リテラシーの向上をはかる。その効果検証もセットで行うほか、より効果的な手法開発なども視野に入れることで、学校教育を活用した子供から大人への知識や見方考え方の伝承を確立していくことを試みたい。



## 4-10.

### 南西諸島北部域における地震発生場の理解の深化

八木原 寛・仲谷幸浩・中尾 茂（鹿児島大学）・山下裕亮（京大防災研）・中東和夫（海洋大）・  
篠原雅尚（東大地震研）

yakiwara@sci.kagoshima-u.ac.jp

南西諸島北部の種子島・屋久島と奄美大島間の陸域地震観測点は、空間密度が低だけでなく、浅部微動、プレート境界付近の地震活動、スロースリップイベントといった種々のプレート間すべり現象の発生場から大きく離れており、これらの現象の時空間発展や発生様式は依然としてよく分かっていない。ケーブル式の海底地震・津波観測システムの展開は日向灘までで、それより南側への観測網の敷設計画は無く、巨大地震（M8 クラス）の発生履歴をもつ当該領域のプレート間すべりの特徴等の詳細を把握するためには、自己浮上式海底地震計等を用いた海域における直上観測が不可欠である。

本グループは、前計画の2014年よりトカラ列島東方沖において長期収録型海底地震計（LOBS）を用いた繰り返し観測（観測点間隔：50–60 km）を約5か年実施し、広域での通常の地震および浅部微動活動を捉えた。これらの結果をもとに、2019年からの現行計画では、1911年喜界島近海地震（M8.0）の推定震央を含む奄美大島東方～北東沖にかけての領域をターゲットとし、限られた台数のLOBSを年次的に移動させて取り囲む小スパンアレイ機動観測（観測点間隔：20 km）を実施した。小スパンアレイ機動観測は、観測がほとんど行われてこなかった南西諸島海溝で、解析精度を保ちつつ、広い範囲で観測が行える点で有効な方法である。観測の結果、通常の地震の低活動域に浅部微動の震源が数多く求まること、その浅部微動活動域内にも空白域が存在して空間的な不均質が認められることなどが明らかとなった。また、中長期の陸域地震観測で低地震活動域もしくは空白域とみられていた領域は、強く固着しているのではなく浅部微動活動が卓越することが示唆された。その一方で、この南西諸島北部の浅部微動活動が、観測研究が著しく進展した日向灘の浅部微動とどのように接続しているのかという課題については、観測範囲が限られることもあり未解決である。また、通常の地震活動についても観測網外では震源決定精度が低下し、地震とスロー地震間の相互関係を十分に議論できる状況には至っていない。

以上のことから本グループは、奄美大島北東沖の浅部微動活動域と日向灘の浅部微動活動域との間の領域において、小スパンアレイ機動観測と島嶼域GNSS観測を基盤とした研究を提案する。次期5か年の中でこの対象領域全体を調べることは不可能であるため、中長期の陸域地震観測で推定された平均的準静的すべり速度が空間的に明瞭に変化する領域（例えば、トカラ列島東方沖や種子島南東沖）をターゲットとする。このような領域は、プレート間すべりの様式が遷移している可能性があり、その空間的な変化を詳細に調べることにより、日向灘で示されたすべりモデルとの比較検討に耐えうる観測事実が得られると期待される。島嶼域GNSS観測点で得られるデータは、観測点数の少ないGEONET観測データを補完し、スロースリップイベントの検出とプレート間固着の時間発展を把握する。

極端に知見が不足している南西諸島海溝における地殻活動を明らかにしていくことで、南西諸島海溝沿いの地震についての国の長期評価に資する知見が得られると期待される。また、日向灘より南側のプレート間すべりの特徴をより正確に把握することは、南海トラフ沿いの巨大地震の想定震源域西端部（南端部）を考える上でも重要な知見であり、南海トラフ沿いの巨大地震に関する現象解明、現象予測、災害誘因予測を進める上でも重要と考えられる。

(!%&@)

# 巨大災害リスク評価と災害軽減のための研究の提案 —カルデラ火山および海域活断層—

金子克哉・松野哲男・清杉孝司・中岡礼奈・大塚宏徳・南拓人・羽入朋子・石橋純一郎・  
山本由弦・杉岡裕子・廣瀬仁・島伸和（神戸大学）（katsuya@ruby.kobe-u.ac.jp）

巨大災害のリスク評価およびその軽減に向けた基礎研究として以下の2つの対象に関する研究を提案する。

## カルデラ火山に関する研究

カルデラ火山は、低頻度ではあるが破局的巨大噴火をして巨大災害を引き起こす。現状では、大量マグマの発生過程を始め、多くの基本的な問題に十分な理解が得られていない。これらの問題を解明すべく、第2次計画において、神戸大学はJAMSTECとともに、九州の南約45kmの海域にある鬼界カルデラ火山の地球物理学的および物質科学的調査を行って来た。その結果、鬼界地域の海底地形、マグマ噴出量の推定、地球物理学的構造、マグマ組成の時間変遷などを明らかにした。また、掘削やドレッジにより火山噴出物試料を得て、さらに現在も地球物理学的観測を継続しており、その観測データが追加される予定である。

神戸大学では「鬼界海底カルデラ」に焦点を当てて、以下の点を次期計画で明らかにすることを計画している。(1) これまでの地震・電磁気データに加え、海底光ファイバーセンシングによる歪データおよび海底火山ガスフラックスデータなどを用いた鬼界カルデラ下のマグマ供給系のイメージングの高精度化、(2) 海底岩石及び陸上試料の物質科学的解析（特に微小領域分析手法を用いる）による、マグマ供給系の深部過程と進化過程の解明、(3) 海底コアリング試料を用いた海中噴火噴出物（陸上と大きく産状が異なる）の拡散・堆積過程の解明、(4) 推定されたマグマ状態に基づき噴火規模を想定した計算機シミュレーションによる津波リスクの検討。

## 日本周辺の浅海域の活断層解析

内陸地震は、日本にあって人間の居住地域の近傍で発生し、しばしば巨大な災害を引き起こしてきた。そのリスクは、主として活断層の活動を明らかにすることにより評価され、陸域の活断層ではトレンチ調査が重要な手法であった。一方で、日本周辺の浅海域にも、陸域活断層と連続してあるいは独立して多くの活断層が存在しているが、その活動解析は十分になされていない。

そこで、サブボトムプロファイラーを用いた地下構造探査による海域活断層の解析を提案する。サブボトムプロファイラーは、海底下50 mまで、10 cm オーダーの解像度で、地層一断層構造を明らかにすることができる性能を持ち、神戸大学の新造船「海神丸」に搭載されている。得られる構造データに海底試料の年代測定などを合わせることにより、陸域活断層のトレンチ調査に対応する情報を得て、活断層の活動間隔や変位量を解析することが可能となる。これらの調査を行うのに、(1) 瀬戸内海—大阪湾—紀伊水道（大阪湾周辺は新潟—神戸歪み集中帯に含まれる活断層帯が発達しており、海域にも総変位量約1 kmにおよぶ大阪湾断層がある。また、西南日本内帯では多数の活断層が存在し、都市近郊の瀬戸内海沿岸域にも活断層の存在が疑われている。さらに、当該域の内陸地震の発生は南海トラフ沿い地震とも関連づけられる。）、(2) 北部沖縄トラフ（近年の内陸地震の余震が発生しリフティングによる変形が継続していることが示唆される地域）、などの地域が候補として挙げられる。

## 4-12.

# ヒ克蘭ギ沈み込み帯における海陸統合地球物理観測による沈み込みシステムと多様な断層すべり発生メカニズムの解明

NZ 国際共同地球物理観測グループ 発表者：望月公廣（東京大学地震研究所）

(kimi@eri.u-tokyo.ac.jp)

NZ 北島沖のヒ克蘭ギ沈み込み帯では、その中央部でプレート間固着強度分布が大きく変化していることが、陸域地殻変動観測から明らかになっている（図 1）。強く固着している領域の深部縁辺に沿って、沈み込み帯北部では約 2 年、中部の固着強度遷移域では約 5 年のほぼ一定の周期でスロースリップが繰り返し発生している。陸域に目を向けると、固着強度遷移域の陸側延長では、それより北側の活発な火山地域（タウポ火山帯）と対極的な非火山地域が存在している（図 1）。このようなプレート間固着強度と火山の分布（および地形）の相関は、固着強度遷移域を挟んだ沈み込みシステムの大きな変化を示唆するものであり、変化に対応した現象（ここでは断層すべりや構造の時空間変化）の対比から、システム変化の空間的形成要因、さらには現象の相互作用や発生メカニズムの理解につながることを期待される。このようなシステムの変化は、四国から九州にかけての南海トラフ・日向灘沿いでも見られるなど、日本周辺のテクトニクスと共通の特徴を多く有しており、これら 2 地域の比較による沈み込みシステム、およびそこで発生する現象のさらなる理解が、両地域での災害軽減への貢献に資すると期待できる。

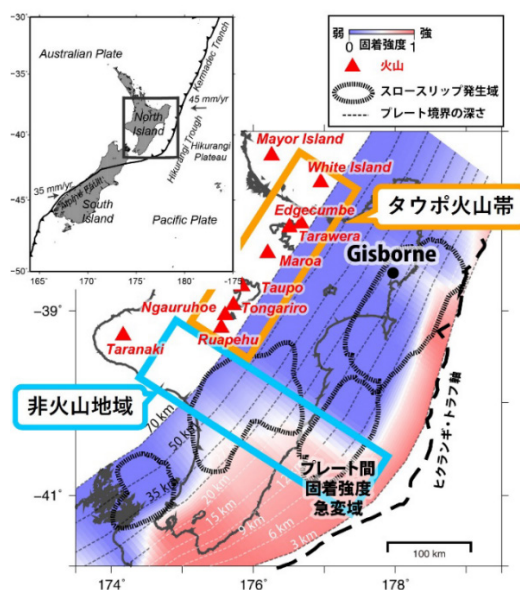


図 1 NZ 北島周辺のテクトニクス。図中の表示は右上の凡例を参照。

回にわたって観測網直下で発生したスロースリップ、およびそれに伴う地震活動やテクトニック微動の直接観測に成功した。特に繰り返し周期が短い北部においては、断層すべりの分布および発生サイクルが、プレート境界周辺における流体の分布とその挙動によって合理的に説明できることを示した(e.g. Warren-Smith et al., 2019)。2021 年からは NZ の電話会社の協力を得て、プレート境界周辺までの比抵抗構造の時空間変化の検出を目指したネットワーク MT 観測の整備を進めている。

本提案では、NZ 研究機関と協力し、海域から陸域にわたる地震学・測地学・電磁気学的観測を、さらに広域のヒ克蘭ギ沈み込み帯に沿って展開し、通常地震からスロースリップまでの多様な断層すべりの時空間分布、それに伴う地震学的・電磁気学的構造の変化を把握する。分野間の連携をさらに強化し、研究成果の共有・相互理解を進め、沈み込みシステムの全体像、さらにシステム中の現象の発生メカニズムの理解を深める。

## 4-13.

### 地震時地すべりの事前予測手法の高度化

土井一生・王功輝・山崎新太郎（京大防災研）・大倉敬宏（京大院理）

doi.issei.5e@kyoto-u.ac.jp

近年、大地震が発生するたびに斜面災害による被害が報告されている。特に、2018年北海道胆振東部地震においては、6000箇所を超える膨大な数の降下火砕物の表層崩壊や大規模な岩盤すべりが発生し、甚大な被害が生じた。発生が危惧される南海トラフ巨大地震においても、過去の地震において大規模な岩盤すべりが複数報告されている。また、都市域の宅地においても、主に谷埋め盛土における斜面災害が繰り返されている。

このような地震による斜面災害の軽減に向けて、斜面崩壊が発生する場所や揺れを把握、評価方法を確立し、対策や政策立案に資することが重要である。我々のグループは、令和元年度からの「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)」の課題番号 DPRI10 において、「火山地域を含む地震地すべり発生場の評価と斜面における強震動及び不安定化の事前予測手法の展開」と題して、地震地すべりの発生場と地震時の振る舞いの評価手法の開発を目指し、地質・地形調査、地震・斜面の観測、室内実験を通じて下記の到達点に達した。

- ・ 過去の南海トラフ巨大地震において発生した大規模な岩盤すべりの地質条件、過去の地震によって崩壊した降下火砕物の特徴を明らかにした。また、南海トラフ巨大地震によって大規模な岩盤すべりが発生しうる不安定化が進んだ斜面、降下火砕物の表層崩壊が発生しうる地域、および、東京都内に分布する谷埋め盛土のマッピングに成功した。
- ・ 個別斜面の地震動の増幅特性や周波数による空間的なばらつきの違いが明らかになった。
- ・ 地震時の過剰間隙水圧の発生や蓄積量、蓄積時間が、地震動の大きさや継続時間、周波数特性と関係づけられることを明らかにした。また、斜面変動を示す最小地震加速度が斜面の安全率に依存することを観測事例から示した。
- ・ 降下火砕物の斜面崩壊に関与した粘土鉱物の微細構造と保水特性の関係を明らかにした。

これらの研究成果によって、危険斜面のマッピング手法の開発や斜面災害の発生メカニズムの理解が大きく進んだが、効果的な対策の実施に向けた危険斜面の遺漏なき把握や優先度の順位付けには、下記のようなより高精度なマッピングや即時予測をおこなう必要がある。

- ・ 事例分析から地震時大規模崩壊の危険度が高いことが判明した、鉛直に近い姿勢を持ち急斜面を深く縦断する亀裂が形成された地質地域を特定することなど、斜面崩壊の発生危険箇所となる地質条件の把握をさらに進める。
- ・ より危険が差し迫った斜面を抽出するため、地下水環境など斜面崩壊に寄与しうる要素を特定する。また、地質・地形調査と物理探査や地震観測を関係づける手法開発を進める。
- ・ 斜面の変形や変位量と地震動の事例収集を継続し、これまでよりも大きな地震動に対してもそれらの関係性を確立する。また、斜面内部の地震動の空間的なばらつきの周波数依存性との比較から、物理モデルの作成を通じ斜面のスケールを考慮し普遍化する方法を探る。
- ・ 降下火砕物堆積斜面における降雨に伴う土層含水量と斜面振動特性の時空間変化を解明し、より精度の高い地震時における崩壊危険度評価手法を開発する。

## 4-14.

# 地震による土砂災害ハザードマップ作成の新手法の提案

齊藤隆志（京都大学防災研究所）

(saitou.takashi.2z@kyoto-u.ac.jp)

これまで実施した拠点間連携共同研究の成果から地震による土砂災害の軽減のために資するハザードマップ作成の新手法の提案をおこなう。

### 研究成果

ハザードマップを作成するには、地すべり・斜面崩壊などの地形変化の初期過程のメカニズムを理解しなければならない。そこで、

- ・詳細数値地形図(1m-LiDAR DEM)を用い、地形を視覚的に理解しやすく示す手法を開発した。
- ・この手法を用い地震前後の地形変化を直感的に把握することができた。侵食量の傾斜量（単位は度）を地震前後で差分することや PIV 手法を用い、同じ点を地震前後で追跡し生じた変位の詳細を三次元で把握することが可能となった。
- ・InSAR 解析では得られない地表の変位の3次元表示や断層検出などが可能となった。
- ・上記の手法を用い、熊本地震時の阿蘇カルデラ周辺の代表的な地形変化（土砂災害）発生地点に適用しそのメカニズムを検討した。
- ・得られた変位には、断層運動による変位と地震動による変位の寄与がある。後者はさらに地形効果分（傾斜量と斜面方向、斜面に存在する不安定土の量とその下部に不安定土を支持する構造がないことなど）と、母材効果分（不安定土周辺の母材の強度や水成地形プロセス（含水量など））に分けられると考えられ、特に地形効果分に寄与する地形的特徴（パラメータ）が明らかになった。この効果の定量化には、今後、事例を増やした検討が必要である。
- ・また、地すべりや斜面崩壊が発生した（母材に破断が発生）箇所周辺の（非発生箇所）でも同程度の断層運動、地震動による変位が生じていることが上記手法で明らかになった。
- ・特に、斜面上の物質の変位方向は、斜面下部方向のみであったことから、斜面上の物質の破壊にいたる初期過程のモデルを考察したのでそれを提示する。
- ・このモデルは、地震による地すべり・斜面崩壊・斜面に生じる亀裂の発生をよく説明することができる。地震動の卓越方向が斜面最大傾斜と一致した場合に効果的に破断を生じること、不安定土の下部に支持する構造がない段差が線状に長く存在したり、不安定土の側方に谷や亀裂がある場合にも効果的に破断することが考えられる。

地震による地すべり・斜面崩壊の発生する可能性の高い箇所の候補の抽出は、1m-DEMを用いた地形を視覚的に理解しやすく表現する方法を用い、上記の地形的効果分の物理量と斜面縦断形状（落水線の縦断形状を含む）をあわせて検討することで、可能であると考えられる。

### 提案

今後、1m-DEMを用いた手法により、地震による地すべり・斜面崩壊・亀裂の発生する可能性が高い箇所を抽出する作業（新手法によるハザードマップ作成）を試験的に実施することを提案する。ハザードマップ作成は広範囲で実施することは効果的ではないので、まず社会的インフラで重要度の高い迂回路のない交通量の多い道路や橋梁、鉄道の近傍から個別に検討を開始したい。

## 4-15.

### 火山地域の崩壊・土石流等の発生ポテンシャルに関する検討

藤田正治（京都大学防災研究所）

(fujita.masaharu.5x@kyoto-u.ac.jp)

火山噴火が関係する土砂災害は、火砕流や溶岩流のような噴火現象自身による災害と、火山噴出物の堆積地域において降雨や地震などが誘因となって発生する崩壊や土石流などによる災害に分類されるが、噴火発生から様々なハザードが時系列的に発生するので、想定されるシナリオのもとで土砂災害情報を作成し、警戒避難システムに提供することが防災上有効である。また、火山性堆積物からなる地域では、その土壌特性から降雨時や地震時に流動性の高い崩壊や土石流が発生し、通常対策ではカバーできないような現象が発生する。最近では熊本地震や胆振東部地震時に、流動性の高い崩壊や土石流が発生している。これらは無降雨時における土砂災害であり、大雨を対象とした土砂災害に対するソフト対策は有効に働かないと考えられる。たとえば、土砂災害警戒区域は地震によるものは指定されていないし、地震時には現在の土砂災害警戒情報も有効でない。火山性堆積物からなる地域の土砂災害対策は今後推進すべき重要課題である。

土砂災害対策を考えるとき、崩壊や土石流などの発生ポテンシャルを明確にすることが基本である。火山噴火後の降雨による土砂災害では、短期的に土石流などの発生ポテンシャルは時間的に変化し、長期的には噴火の直接的影響はなくなり、それぞれの地域の地質特性などに関する発生ポテンシャルに近づくものと考えられる。すなわち、火山噴火直後の発生ポテンシャルは火山噴出量とその堆積分布によって決まり、その後、堆積表面のクラストの形成と破壊のような火山灰堆積物の物性の変化、降雨による侵食、土石流や泥流の発生などによって発生ポテンシャルが徐々に低減し、やがて、噴出物の影響が小さくなり、侵食や崩壊による生産土砂の溪床等における蓄積システムと土石流等による流出システムに応じた発生ポテンシャルに近づいていく。このような発生ポテンシャルの時間変化を明確にする必要がある。一方、火山性堆積物からなる地域の降雨による土砂災害では、発生ポテンシャルを明らかにするためには詳細な地盤構造や地下水の調査が必要であるが、ほとんど情報がないのが現状であり、事前の土砂災害対策の計画が難しい。また、地震による土砂災害については、崩壊や土石流等の発生ポテンシャルは十分明らかにされていないのが現状である。

現在、京都大学防災研究所のメンバーを中心としたグループ（藤田正治、竹林洋史、宮田秀介（以上、京都大学防災研究所）、地頭菌隆（鹿児島大学）、権田豊（新潟大学）、堤大三（三重大学）により、「噴火後の土石流および泥流の発生に関する観測と予測手法の開発」を実施している。この研究では、桜島地域と焼岳地域を対象として、ある噴火ステージから次の噴火ステージにわたる土石流の発生ポテンシャルの変化について議論している。火山噴出物の影響のある地域や火山性堆積物の地域において、降雨や地震による崩壊や土石流などの土砂移動現象の発生ポテンシャルに関する観測研究は、上述したような状況を鑑みるとさらに推進する必要がある。これにより、新たな土砂災害情報を作成する技術の構築が期待でき、火山地域の土砂災害の防止軽減に貢献することができる。

## メキシコにおける災害軽減への取り組みと国際研究の在り方

伊藤喜宏・中野元太（京都大学防災研究所）

(ito.yoshihiro.4w@kyoto-u.ac.jp)

地震・津波災害の軽減に貢献を目指した研究プロジェクトとして、我々はメキシコ・グレロ州の太平洋沿岸部において理学、工学、社会科学が強く連携した総合的研究をメキシコ国立自治大学等と共同で実施した。この国際共同プロジェクトで得られた成果や知見は、南海トラフにおける巨大地震・津波災害の軽減に還元可能である。第三次計画では、海外も含めた災害軽減に向けた学際的研究やその実施グループとの情報交換や連携がさらに必要となる。本報告では、第三次計画における海外のグループとの研究の在り方を、メキシコにおけるプロジェクトの実施事例に基づき提案する。

「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）」は、災害の軽減に貢献することを目標を「第一次計画」からさらに推進することを目指して、観測研究計画が取りまとめられた。特に、地震・火山現象の解明と予測に関する研究を推進し、災害の軽減への貢献を強く意識し、関連研究分野との一層の連携強化により得られる成果の活用により災害軽減に資することが目標とされた。

メキシコ太平洋沿岸部は、南海トラフと同様に、巨大地震や津波による災害が頻発する地域であり地震・津波災害のリスクが高い地域の一つである。特に沿岸部のグレロ州の沖合には1911年以来マグニチュード7以上の地震が発生していない地震の空白域（グレロ地震空白域）が存在するため、近い将来の巨大地震の発生が危惧されている。我々は、国際共同研究プロジェクトとして、グレロ州沿岸部における巨大地震・津波災害の軽減に向けた学際的研究に取り組んだ。このプロジェクトでは陸上・海底の地震・測地観測に基づき地震・津波シナリオを作成し、そのシナリオに即した地震・津波ハザードマップと津波避難ガイドラインや防災教育プログラムの作成に取り組んだ。

この国際共同研究プロジェクトの体制は、第一次の研究観測計画で示された総合的研究グループの取り組みを参考に構築された。つまり、理学的な視点から、日本・メキシコ両国における沈み込み帯の地震活動の類似性・相違性・多様性を支配する要因に着目して、将来の地震発生予測に向けた巨大地震・津波の発生メカニズムの本質的理解に取り組んだ。その上で、地震・津波災害軽減の軽減に向けて工学及び人文科学的なアプローチを含めた学際的な取り組みにより、リスク評価や成果の社会実装、ステークホルダーへの成果の還元を目指した。この取り組みは、南海トラフの巨大地震の発生予測及び災害軽減への適用も視野に入れ研究が実施された。

第三次計画では、海外でも事例も含め、地震・火山災害の軽減を目指した総合研究グループとの連携が、総合的な研究の実施事例の知見・経験を増やす上で必要となるだろう。ここで述べたような災害軽減に取り組む海外の研究グループとの連携により、「災害の軽減に貢献する」研究のさらなる推進が期待できる。第三次計画では、海外等で実施されている研究事例の共有のための国際交流、さらには国際共同研究の検討・実施が必要となる。

## 4-17.

### 地震発生の素過程研究の位置づけについて

矢部康男（東北大学）  
(yasuo.yabe.e2@tohoku.ac.jp)

建議に基づく地震の研究体制は、2011年3月の東日本大震災の発生を契機として、自然現象としての地震現象を理解し、その予知に基づいて災害軽減に貢献することを目指したことから、地震がもたらす災害誘因の予測により災害軽減に貢献することを目標としたものへと大きく変化した。これに伴い、地震現象の物理・化学的素過程を解明するための研究を、部会として推進する体制から、各課題において推進する体制へと変更された。これにより、野外観測の成果と素過程研究の知見がより効果的に連携されることが期待された。しかし、現実には、年度末の成果報告執筆の際に、それぞれの成果を束ねるだけで、課題内で十分な議論をする機会が確保されていない事例が散見される。

また、野外観測の対象は異なるものの、背後にある物理・化学的素過程は共通していると思われる課題の一方には素過程の研究者が参加し、他方には参加していないなど、素過程研究の知見の取り入れ方に課題間で濃淡がある。このことと、前記の課題内での連携不足とが相まって、本来普遍的であるべき素過程研究の成果が個別の課題内にとどまり、建議計画全体で共有されにくい状況が生まれている。

次期建議では、このような状況を改善し、素過程研究の成果を効果的に共有するための仕組みが工夫されることが望ましい。具体的には、現建議で課題や部会をまたいで構成されている総合研究グループに準じた研究グループを、発生事象ではなく、研究手法に基づいても構成し、研究集会を開催するための旅費等の予算措置を講じることが現実的な策であろう。



## 4-18.

### 阿蘇山における火山観測研究のねらい

横尾亮彦（京都大学理学研究科）

(yokoo.akhiko.5a@kyoto-u.ac.jp)

この 10 年間の阿蘇山の火山活動は、2014 年までの静穏期、2014-2015 年のマグマ噴火期、および 2016 年から現在までの水蒸気爆発を繰り返す静穏化期の三つのフェーズに大別される。阿蘇山で発生するマグマ噴火、水蒸気爆発のいずれも、その規模がそれほどおおきくないことから、京都大学では、地震・測地、電磁気・熱などの多項目の火口近傍観測を精力的に継続してきた。

この結果、たとえば、20 年ぶりのマグマ噴火となった 2014-2015 年マグマ噴火期のおおくの研究成果が EPS 誌特集号にまとめられ、また、2016 年以降の水蒸気爆発に関しては、御嶽山や箱根火山、元白根山における事象との比較研究として進められている。近年では、人工電流源を用いた繰り返し電磁探査によって火口浅部熱水系の状態モニタリングができるようになり、また、無人航空機を利用した熱活動や火山ガスの観測・解析手法の高精度化も進められてきた。空振データを利用したマグマヘッドモニタリング、火口底物性推定などの新しい試みもある。また、気象庁らによる火山活動の評価において、われわれの多項目観測結果が果たしている役割は大きい。

一方で、マグマ水蒸気爆発・水蒸気爆発に関する具体的な発生環境とそのモデル化はいまだ十分なレベルに達していない。観光客が火口まで訪れる状況にある阿蘇山では、噴火ハザード・リスクを定量的に評価することが必要であるだけでなく、行政・事業者や観光客を含めた社会へ適切に伝えなければならない。

以上のような状況をもとに、次期計画においてわれわれが提案する研究課題内容は次のふたつを挙げたい。

ひとつめは、これまでの観測研究を継続しつつ、また、既往の観測記録の精査を進めて、マグマ噴火と水蒸気爆発発生分歧条件を明らかにすることにある。とくに、現在でも未解明な部分の大きい、どのような物理条件下でどのような過程をへてこれらの噴火事象が発生するのかを定量的なレベルで明らかにし、モデル化することを目指す。水蒸気爆発のような小規模・高リスク噴火現象は、阿蘇山以外のほかの多くの火山でも研究が進められていることから、同様の視点で比較研究を実施することが肝要である。阿蘇山では高頻度で水蒸気爆発が発生することから、この種の研究実施環境として最適である。また、阿蘇山のこれからの状況は、火口底下の熱水系が回復し、静穏期へ移行することが予想され、次のマグマ噴火発生準備段階に入ると位置づけられる。これまでの研究で明らかにしてきた噴火準備過程や噴火過程そのものの学術知見の妥当性を検証するチャンスとなる。

ふたつめは、火山防災リテラシーに関する研究推進である。阿蘇山では火口見学がおおきな観光資源に位置付けられている状況にあり、直面する火山活動のハザード・リスクについてきちんと認識することが重要であることは明らかである。そこで、阿蘇山をリテラシー向上に資する総合的な取り組みを進める中核的研究フィールドとして位置付け、学術知見を社会へ還元する方法などを多角的に検討する。

### 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

仲田理映・望月公廣・木下正高（東京大学地震研究所）

山下裕亮（京都大学防災研究所）・橋本善孝（高知大学）

(rnakata@eri.u-tokyo.ac.jp)

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。日向灘・豊後水道における巨大地震の発生は確認されていないものの、南海トラフ地震の破壊領域の端に位置し、地震活動や固着メカニズムの解明及び防災計画立案に対し重要海域である。南海トラフと琉球トラフの境界に九州パラオ海嶺が存在し、海山列の沈み込みが、日向灘・豊後水道における地震発生に大きく影響を及ぼしていると考えられる。これは、現在沈み込む海山周辺で、スロー地震が繰り返し発生していることから明らかである。沈み込む海山が周辺のプレート境界断層の滑りに大きな影響を与えることは世界的にも多くの事例が見られている。これは、沈み込む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ている。例えば、茨城県沖は、東北地方太平洋沖地震断層域の南端にあたる場所で、海山と微動発生が見られている。またニュージーランド沖ヒ克蘭ギでも、海山と津波地震との関係、あるいはスロースリップのすべり分布との関係が議論されている。最近ではメキシコでも地震時の断層すべりと海山との関係が指摘されている。南海トラフにおいても、熊野灘沖や室戸沖において海山とスロー地震の関係の詳細が明らかになりつつある。これらの地域では海山はすでに沈み込んでおり比較的深部に位置するのに対し、日向灘は今まさに海山が沈み込みつつある場所である。従って、海山の具体的な位置・形状、プレート境界断層の形状、上盤内部の構造を把握することに適しているとともに、掘削を通じたコア採取・原位置計測・室内実験、孔内観測による物性把握が可能である。すなわち、海山のプレート境界滑りへの影響を定量的なモデル評価することに最適な場所であると考えられる。さらに、京大・東大が中心になり実施してきた海底地震計による観測により、トラフ付近の微動・超低周波地震の時空間分布が他に類を見ない精度で明らかにされ、これは海山を取り囲んでいることが明瞭である。また、地殻構造探査も充実している。特に近年東大が JAMSTEC と共同で実施してきた地殻構造探査とその解析は海山とその周辺構造解明に焦点を当てたものである。また、東大・京大・高知大などが中心となり、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の把握に向け、地震学・地質学・測地学を含む学際的かつ日米欧をはじめとする国際的な掘削・孔内観測計画を、国際深海科学掘削計画の枠組みを通じて実施を目指し、順調に進んでいる。本提案では、まず、日向灘でこれまで実施されてきた構造地震探査データに対し、最新技術による高度再解析を行い、海底直下から沈み込みプレートまでの構造の定量評価を行う。掘削・観測による原位置の物性把握と組み合わせることで定量的なモデル評価を行う。さらに、防災科学研究所による N-net の敷設が予定されているなど、関連研究と連携していく。本提案で得られる知見は、世界各地の海山沈み込みの影響の解明に大きく貢献するであろう。

## 第三次計画における

### 南海トラフ巨大地震総合研究グループの在り方

南海総合 G リーダ 伊藤喜宏 (京都大学防災研究所)

(ito.yoshihiro.4w@kyoto-u.ac.jp)

第二次計画における南海トラフ巨大地震総合研究グループ（以下、南海総合 G）では、第一次計画の地震研究所一防災研究所拠点間連携で検討されたリスク評価手法に基づき、第二次計画の各課題で得られる成果を利用した地震動や津波伝播の計算を目的の一つとして実施している。本報告では第二次計画 3 か年の実施状況に基づき、現在の総合研究グループの利点や問題点を概観し、次期計画における総合研究や体制の在り方について、現行の南海総合 G のリーダーの視点から述べる。

第二次計画における南海総合 G では、第二次計画の各課題の成果、特に地震・測地観測網で得られたプレート間固着やスロー地震の知見に基づき南海トラフ沿いの巨大地震の広帯域震源モデルを構築すること、その上で地震波および津波の伝播モデルに基づき、西南日本地域の強震動および津波浸水モデルを提示することを目的とする。ここでは、これまでの拠点間連携の研究で高度化されたリスク評価手法のフレームワークを利用して、強震動や津波による浸水から構造物等の被害を予測し、地震・津波リスク評価や成果の社会実装・アウトリーチ、さらにはステークホルダーへの成果の還元を目指す。

第二次計画では、南海トラフ巨大地震に関連した約 50 課題が南海総合 G として研究を進めてきた。これらの課題には、震源モデル・シナリオ、地震波速度構造、リスクコミュニケーション、災害リテラシーなど、地震・津波災害の軽減に向けた総合的研究を実施する上で必要な多くの課題が含まれる。第二次計画で目的とした地震動、地下構造及び津波伝播のモデル作成に関連した課題はそれほど多くないにもかかわらず、課題間が連携した成果として、実際に地震動や津波モデルを構築することは容易ではない。

南海トラフ巨大地震・津波災害の軽減に関連した成果として、複数の課題間での連携が困難な要因の一つは、現行の総合研究グループ内の連携の意識が限定されており、有機的なつながりが少ないことにある。現行の体制では、各課題は主として部会に属し、予算配分も部会毎に評価されて決定されている。今後「災害軽減」に向けた研究の目的を達成する上で、各課題は総合研究グループに属して予算配分を受け、その上で総合研究グループの目的に則した成果の提出と連携を強く求める必要がある。

上記の考えに基づき、南海トラフ巨大地震・津波における災害軽減に向けた総合的な研究のさらなる推進に向けて、第三次の南海総合 G の在り方を以下のように提案する。第一次、第二次と継続して実施されている拠点間連携で研究・開発が進められているリスク評価のスキームを具体化する場として第三次の南海総合 G を位置付ける。関連した課題は、主として南海総合 G に属することとし、南海総合 G 内で成果のさらなる利活用を進める。その上で南海総合 G として社会実装に対して利活用可能な成果の提供を目指す。

## 5-2.

### 総合的な研究として首都直下地震をとりあげるなら

氏名 酒井慎一（東京大学大学院情報学環・地震研究所）

(coco2012qlair@g.ecc.u-tokyo.ac.jp)

首都直下地震の総合研究グループ長として8年目ですので、次期計画に向けて提案します。

(グループで相談していないので、個人的な意見です。)

総合研究としての課題をたてる

首都直下地震の研究および対策対応に関する現状把握と課題抽出を目的とする。

長期評価や被害想定等の科学的な根拠を提示する。

そのために、研究集会等で情報交換や議論を行う。

これまでは、「関連があると思われる課題」で、総合研究グループが構成されていたため、課題ごとは独立していた。そのため、総合研究グループに対する関与が薄く、何をこのグループの成果とすべきかが、曖昧であった。総合研究グループとされてはいるが、網羅的に構成された研究課題群ではないので、首都直下地震に対して、全体を通したストーリーを描けず、不十分な研究課題に対する対応ができない体制であった。

次の5年間で、何をどこまで達成するのかを明確にすることが必要である。次期計画におけるグループ長が、建議の策定から、かかわることが必須である。可能ならば、機関としての課題にしない方が良いと思う。

## 5-3.

### 千島海溝沿いの巨大地震総合研究グループ

北大理工文・東北大理・東北大災害研・北海道立総合研究機構・海洋研究開発機構

発表：高橋浩晃（グループ長・北大理）

(hiroaki@sci.hokudai.ac.jp)

【リスク評価現況】千島海溝南部での津波堆積物調査から、過去 6,500 年間に巨大津波が 15-18 回発生し発生間隔は平均 380 年程度、前回のイベントが約 400 年前であることが明らかにされている。地震本部では M8.8 程度以上の超巨大地震の 30 年発生確率が 7-40%で切迫と評価し、M7.8~8.5 程度の地震も根室沖の 30 年確率 80%程度と極めて高い。中央防災会議は 2022 年に千島海溝南部の最大クラスの被害想定最終報告書を公表し、北海道だけで死者が最大 85,000 人とした。後発地震発生に関する情報発信も盛り込まれた。近日中に北海道庁から市町別被害想定が公表される見込みで、自治体等の関係機関の対策が今後本格化する。

【現建議での活動】現建議から、千島海溝沿いの巨大地震総合研究グループによる分野横断の総合研究が始まった。総合研究 G では、地域防災力の向上を支えるハザード・リスク評価につながる基礎的な情報の創出を目標としている。リスク評価関係では、GIS と実地実験を組み合わせ避難困難地域の抽出や、津波緊急避難施設の収容能力の定量的評価等が検討された。S-net を活用した津波即時予測手法の開発から即時的な浸水予測が可能であることが示された。ハザード評価では、海底地殻変動観測が開始され、強震動予測、珪藻分析による長期地殻上下時系列の解明、地殻構造の調査や地震活動の定量的評価、遺跡液化化痕跡調査等の研究が実施されている。地域防災力の向上のため自治体向け講習会や一般向けシンポジウム、報道機関との連携等も行った。

【総合研究グループ】総合研究グループという実施形態をとることで、災害軽減へのルートマップが可視化され、その中で各課題に期待される役割が明確化し、効果的かつ目標を見据えた研究の実施が可能となった。建議は災害科学であり、災害科学は総合科学であるのだから、総合研究体制は合理的な研究推進戦略である。次期建議でも、総合研究 G として千島海溝沿いの巨大地震に関する研究を実施することを希望する。

【今後検討すべき課題】千島海溝沿いの巨大地震の人的被害は津波によるものが大部分である。避難時間は最短で 20 分程度しかなく、効果的な避難方法を地域ごとに定量的に検討し、自治体の避難計画や施設整備、住民のリテラシー向上に貢献していく必要がある。北海道では車避難の要請が極めて強く、地震動や津波のハザード情報と避難モデルの振れ幅の定量的な評価が必要である。現在の被害想定は最大想定であり対策には莫大な財政支出が必要となるが、ハザード評価の科学的根拠を検証し政策合理性を示す必要がある。津波浸水や強震動等のハザード予測のばらつきと発生頻度に人口減少等の人口動態情報を加味したリスクカーブ評価手法の研究が求められる。地殻活動データの定量的評価手法の高度化による後発地震情報に関する研究や、日本海溝北部との運動可能性の評価を目指した観測など未解決な課題の研究も強化する必要がある。

建議は実用科学としての責務もあり、実用化の壁を越え現場での利活用を目指す視点も求められる。新規性のある研究だけでなく、実用試験的な応用研究の課題も積極的に取り入れ、検証を繰り返して「枯れた」エビデンスに落とし込む研究も戦略的に推進する必要がある。

## 5-4.

### 大規模火山噴火総合研究グループ

中道治久（京都大学防災研究所）

(nakamiti@svo.dpri.kyoto-u.ac.jp)

災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（前計画）において4つの総合研究グループが作られ、その一つが桜島火山噴火総合研究グループであった。そして、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）（現計画）において5つの総合研究グループが作られ、火山対象のグループとして桜島大規模火山噴火総合研究グループ（桜島総合G）と高リスク小規模火山噴火総合研究グループがある。前者は前計画の桜島火山噴火総合研究グループの後継であるが、後者との区分けのため、「大規模火山噴火」を主課題に据えた。

桜島総合Gは、大規模噴火の発生が予想される桜島を対象に、住民避難を視野に入れた総合研究を推進している。マグマの動きとマグマ供給系への理解を深め、火山活動推移モデルの高度化を進めている。噴火発生前の規模の予測と、噴火発生直後の噴出物の把握を即時的に行うことで災害予測研究を進めている。そして、災害予測に基づいた、住民への情報伝達など火山災害情報に関する研究と、避難や交通網の復旧などの対策に資する研究を進めている。また、他の火山における研究と連携して、地理的および社会的環境による対策の違いなど幅広い研究を目指している。このように、桜島を中心とした総合研究ではあるが、他の火山の研究成果を積極的に取り入れる試みを行っているのが特徴である。

ここ1年で大規模火山噴火の総合研究に参考となる噴火事例が複数あった。カリブ海のセントビンセント島、コンゴのニイラコンゴ火山、カナリア諸島のラ・パルマ島、インドネシアのスメル火山の噴火により、数千人から数十万人の住民の避難が行われた。2021年8月の福徳岡ノ場の噴火で、同年の秋以降に全国規模での軽石の海岸漂着があり、沖縄や奄美において港湾などにおいて軽石漂着による火山災害が発生した。2022年1月15日のフンガ・トンガ噴火では、太平洋沿岸各国で空振と津波が観測され、噴煙が高度55kmまで上昇した可能性が指摘された。

国内の火山であっても大規模噴火の可能性があるのは桜島火山に限定されることはない。このように、もはや大規模噴火は桜島に限定する必要性はなく、むしろ比較研究の観点から他の火山も積極的に研究対象とすべきであろう。また、桜島以外の火山の研究で得られた知見が、翻って桜島火山の大規模噴火を想定した取り組みを進化させることにも繋がるであろう。よって、次期計画においても同様の総合研究グループを作る場合は大規模火山噴火総合研究グループとすることが望ましい。

福徳岡ノ場の軽石漂着やトンガ噴火による津波によって、前者は日本列島規模で後者は汎地球規模にて噴火の影響が及んだ。したがって、噴火による影響範囲の観点から火山の総合研究グループを広域火山噴火災害研究グループと近接火山噴火災害グループに発展的に構成することは、より災害の軽減に貢献するという観測研究計画の方向性に合うと考える。前者は噴火警戒レベルの範疇でいえば、桜島の全島避難に相当するが、現状の噴火警戒レベルでは扱えない鹿児島市街地避難やより広域の噴火災害も扱う。一方、後者は入山規制および近隣住民の避難を扱う現状の噴火警戒レベルの範疇内である。

## 5-5.

### 高リスク小規模火山噴火総合研究グループからの提案

大湊隆雄（東京大学地震研究所）

(takao@eri.u-tokyo.ac.jp)

2014年9月に御嶽山で噴火が発生し死者・行方不明63人という戦後最悪の火山災害となった。また、2018年1月には草津本白根山で小規模な水蒸気噴火が発生し、噴石による犠牲者が出た。火山周辺の噴気地帯や山頂火口近傍は多くの観光客や登山客が訪れる場所であり、火山周辺には多くの観光施設が設けられていることから、一旦噴火が発生すると、たとえその規模が小さくとも人的・物的被害が生じ得る。御嶽山や本白根山噴火はこのことを如実に示している。噴火規模が小さいほど発生頻度が高いことも併せて考えると、小規模噴火は観光客や登山客等の災害リスクの低減という観点から極めて重要な研究対象である。

2019年度から始まった現行の研究計画である「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）」においては、高リスク小規模火山噴火総合研究グループを設け、関連する課題と協力し、噴火災害に関する史料の収集、地質調査による水蒸気爆発等の噴火履歴調査、各種観測による活動把握、災害誘因である噴石や土石流などの予測研究、災害情報の発信に関する研究等の成果を抽出・整理しつつ、高リスク小規模火山噴火に関する研究の課題や方向性を明らかにすることを目指している。

研究の開始から3年目の2021年度までに、1) 水蒸気噴火が発生する場の特徴的な構造に関する知見の蓄積、2) ハザードマップや噴火警戒レベルにおける小規模噴火の位置づけ、3) 大規模噴火に比して情報量が少なくその信頼性も低い現象に関する情報発信のあり方、などについて検討が進められたものの、明確な研究の方向性を打ち出すには至っていない。また、目標の一つに挙げられている小規模噴火に関する災害事例の収集も進んでいない。

これらを踏まえると、次期計画においては、分野横断型の総合的な研究の形を継続しつつ、より具体的な目標をいくつか設定し、5年間でそれらの達成を目指す課題を複数立ち上げることで、高リスク小規模噴火に関する研究をさらに進めることが妥当と考えられる。

課題の目標の例としては以下のようなものが考えられる。

- 1) 水蒸気噴火の発生場を理解するため、活動的火山での集中的な多項目観測の継続・強化
- 2) 噴火前の活動度の指標となるVUIを小規模噴火へ適用することの可能性を検討
- 3) 小規模噴火における噴石や火山ガスなど具体的なハザードに関する研究
- 4) 火山周辺における観光客や登山客の行動や火山情報に対する意識に関する調査の実施
- 5) 確実性の低い情報を活用するための社会科学研究の活用

現計画の枠組みで考えると、1) は現象解明、2) は現象予測、3) は災害誘因予測、4) と5) は防災リテラシー向上にそれぞれ対応する。

なお、現在の研究実施体制においては理学を専門とする研究者がグループリーダーとなっているが、関連分野全体への目配りが十分であったとは言えない。幅広い分野にわたる本研究を牽引するためには、社会科学的なバックグラウンドを持つ研究者がリーダーまたはサブリーダーとして加わる必要があると考えられる。

## 5-6.

### 拠点間連携共同研究による地震リスク評価高度化に関する検討

東京大学地震研究所・京都大学防災研究所拠点間連携共同研究 WG

松島信一（京都大学防災研究所）

(matsushima@sds.dpri.kyoto-u.ac.jp)

東京大学地震研究所・京都大学防災研究所拠点間連携共同研究の重点推進研究において、これまでに南海トラフ巨大地震が発生した際の地震リスクについて検討してきている。震源から人的・建物被害リスクまでの研究分野を担当するグループが協働して地震リスク評価を行うプラットフォームを構築し、西日本における地震リスクの面的分布とそのばらつきを評価した。このことで、南海トラフ巨大地震が発生した際に予測される地震リスクの多様性を示した一方で、地震リスク評価のばらつきにあたる各研究分野の影響についても検討した。また、防災対策への活用に関する検討も行い、各研究分野へのフィードバックを行う方法に付いて検討するなどしてきた。さらに、研究分野で明らかと課題について集中的に研究を実施して、その結果を地震リスク評価全体に適用するスキームを構築する研究体制を構築して進めている。

次期計画では、これまでの検討の延長として想定していた目的や検討の結果明らかとなった課題などについて検討し、地震リスク評価の高度化を行い、災害の軽減に資する成果を発信することを提案する。概要としては、地震動・津波の統一震源断層モデルと内陸地殻内地震を考慮した地震リスク評価の高度化、地震リスク評価の対象ハザードの拡大（津波、斜面災害、火災）、最終的なリスク評価結果の可視化方法、である。

#### □地震リスク評価の高度化

- ・南海トラフ沿いの巨大地震総合研究グループとの協働、地震（長期評価）部会との連携
- ・南海トラフ沿いの地震のみならず、内陸地殻内地震を含めて、地震発生確率を考慮
- ・地震発生シミュレーション・津波により同定された震源の考慮
- ・地震動と津波の震源モデルを統一したリスク評価
- ・震源と地下構造の不均質性を考慮した時刻歴波形とそれに基づく地盤増幅、建物応答の時刻歴応答解析
- ・対象ハザードの拡大（津波、斜面災害、火災）
- ・大規模地震発生後の情報収集のための調査観測方法およびそれに基づく構造物の耐震安全性・継続使用評価

#### □ばらつきの表現方法

- ・影響度の公平な比較方法
- ・面的なばらつきの表現方法

#### □被害想定の使い方

#### □防災対応の最適化のための研究



## 5-7.

### 地震本部との連携強化に向けて

加藤愛太郎\* (東大地震研)・石川直史 (海上保安庁)

(akato@eri.u-tokyo.ac.jp)

「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)の推進について(建議)」においては、学術研究の成果がより有効に活用されるために、地震・火山災害軽減のための課題に直面している地震本部や行政機関等との連携強化が述べられている。また、地震本部・第3期総合基本施策で列举されている当面10年間に取り組むべき地震調査研究では、長期予測手法の高度化が一つの目標として掲げられている。そこで、建議の研究成果を軸にして地震本部との連携に向けた現状と問題意識を共有し、地震本部の成果に繋がる新たな手法や知見について検討を進めている。令和2年12月には地震長期予測ワークショップを開催し、海溝型地震と内陸地震の長期予測手法の高度化に焦点を絞って議論を行った。内陸地震に関しては、地殻内地震発生確率評価手法検討ワーキンググループを結成し、測地データや地震活動データ等に基づく新たな長期予測手法に関する検討を進めている(Nishimura, 2022; 図1)。

次期計画においても、建議に基づく学術成果を軸とした地震本部や行政機関との連携をより一層強化することが重要である。たとえば、海溝型地震の数値シミュレーション研究に基づく地震発生ポテンシャル評価(Noda et al., 2021; Hori et al., 2021)の長期予測手法への活用や、地殻活動のモニタリング研究の成果を中短期予測手法の高度化(ETAS-modelによる地震発生確率の時空間発展やスロー地震の発生予測など)へ活用することなどが考えられる。このような活用を進めるうえで、査読論文による学術成果公表に加え、学術コミュニティ内での活発な議論と健全な批判を通して、最適な形で実現可能な予測・評価手法を考案し、学術コミュニティからのサポートを得ることが欠かせない。そのためにも、ワークショップや関連学会における特別セッションの開催等により、学術コミュニティにおける共通理解の醸成を促進することが大切である。

#### 測地観測データに基づく内陸地震長期評価手法の開発

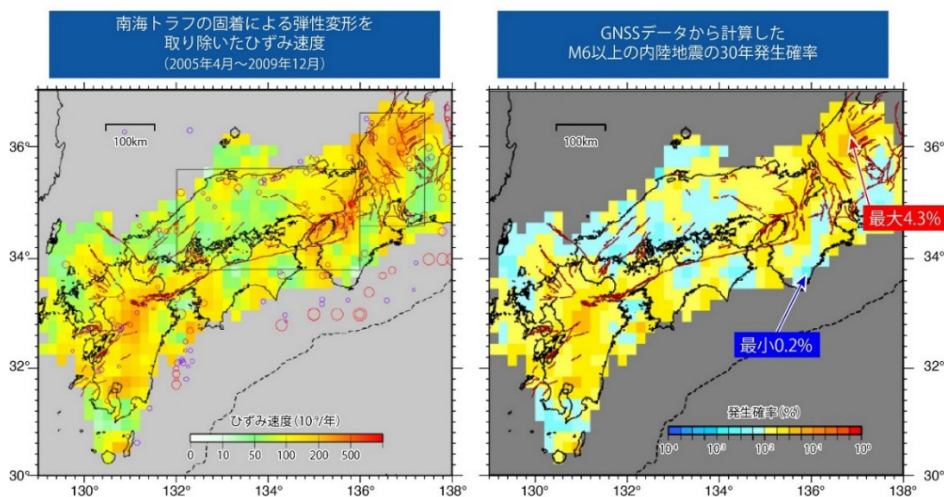


図1. 左) ひずみ速度場, 右) M6以上の内陸地震の30年発生確率(令和元年成果の概要より).

## 5-8.

### 定常地震観測 WG からの提案

地震・火山噴火予知研究協議会 定常地震観測 WG (主査：北大理・高橋浩晃)

(hiroaki@sci.hokudai.ac.jp)

定常地震観測網は、地震の防災情報や調査研究を支える最も重要な基盤である。地震防災情報を目的とする気象庁の観測網や、建議に基づき設置された大学の観測網、地震本部の基盤観測計画に基づき整備された Hi-net、産総研地下水観測網に併設された地震計など、1,500 点を超える地震観測点のデータが全国地震波形データ流通網 (JDX-TDX) を通じてリアルタイムに交換されていることは日本の地震調査研究を支える屋台骨と言える。

日本では、オープンデータという言葉がなかった 20 年以上前から、地震波形データというビッグデータがリアルタイムに流通公開されてきた。地震観測網のデータはいわば誰でも使えて当たり前と思われがちだが、それを支える相応の人的・予算的なりソースの担保が必要であり、コミュニティとして支えていく意思と具体策が必要である。

現実的には、すべての機関で定常観測を行う人員と予算が着実に減少し続けていることに加え、回線料の高騰や回線自体の廃止、センサーや送量器メーカーの事業縮小に伴う機器調達の支障、円安に伴う海外製センサーの高騰など、複合的なマイナス要因が重畳し定常地震観測の危機的状況は今後益々悪化の一途を辿るものと思われる。観測機器や回線の問題は火山観測にも関係し、気象庁の監視観測を含めた日本の地震火山防災対策全般への影響が憂慮される。

協議会は定常地震観測の情報共有 WG を 2017 年に設置した。予算と人員の削減や、アクセス路の途絶等の複合的な要因から、廃止せざるを得ない観測点が大学から多く報告され、順次撤収が行われている。残念なことだが、予算や定員に合わせ事業規模の適正化と運用の効率化を図る観点からは合理的な対応と言える。防災科研の Hi-net や K-NET でも予算と人員の削減は深刻であり、通信事業者による回線網合理化でデータ通信が困難となる点も増加しつつある。自治体から施設移転を求められる事例も多くなっており、地震観測の社会的意義が市町村の防災担当者にさえ理解されていない状況が垣間見える。防災リテラシー部会の啓発研究での対応を期待する。

今後も定常観測に関係する人員と予算の削減が進むことは確実で、更なる観測点の廃止も止むを得ない情勢である。大学の地震地殻変動観測点は、建議と協議会の議決に基づき予算措置され整備されたものであるから、建議は観測網を社会情勢に合わせて持続可能な体制へ最適化していく責任も負うと考える。いつか誰かがやらなければならない仕事であり、将来世代へ負担を先送りすべきではない。観測点の廃止作業にも相当な人的・予算的なりソースが必要であり、実際にそれを実行できる時間は実はあまり残されていないと認識している。

次期建議では、定常観測に関する協議会枠の予算を確保し、観測網の適正化を能動的かつ計画的に進めことで持続可能な定常観測体制への移行を目指すとともに、観測の省力化を実現する新たな機器の概要設計や、関連する通信技術や情報処理の検討を行うことを提案する。

定常地震WG委員：八木原寛 (鹿児島大)・松島健 (九大)・大久保慎人 (高知大)・片尾浩 (京大防災研)・山中佳子 (名大)・酒井慎一 (東大地震研)・三浦哲 (東北大)・前田拓人 (弘前大)・高橋浩晃 (北大)・宮岡一樹 (気象庁)・浅野陽一 (防災科研)・矢部優 (産総研)

## 5-9.

### 次期研究計画における防災リテラシー部会の役割

木村 玲欧（兵庫県立大学 環境人間学部）

（ rkimura@shse.u-hyogo.ac.jp ）

#### 今期計画で立ち上がった「防災リテラシー」を学問・実践として深化させる

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く、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る。防災リテラシー部会は、今期計画で新しく生まれた部会であり、かつ、計画内の研究成果をもとにした「④地震・火山噴火に対する防災リテラシーの向上のための研究」として位置づけられている。防災リテラシーは「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」（本計画用語集）として、部会では、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を柱にして進めている。

次期計画においては、上記1について、a)今期計画で解明された社会素因について、社会素因間の関係性の解明、b)長期的な復旧・復興までを見据えた災害発生機構の解明（図）、c)頻発する最近の地震・火山災害や、特に10年以上が経過した東日本大震災の再評価などの災害事例研究を進めていく。上記2について、a)今期計画で開発される防災リテラシーの研修プログラムを、基礎的な現象の理解や特定の地域や対象者にとどまらず、様々なステークホルダーに対して汎用性の高い教育・研修プログラムに昇華させることや、b)次期計画内で解明された知見を防災リテラシー向上に寄与させるための教育プログラム手法の開発についても進めていきたい。

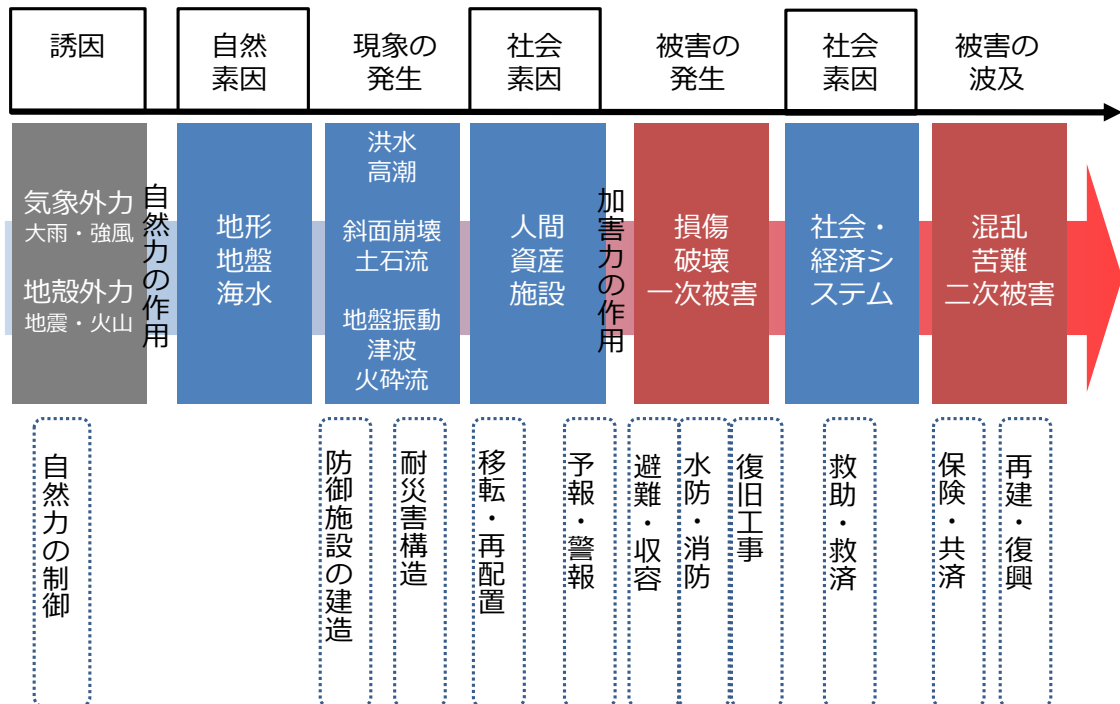


図 災害発生の連鎖(水谷武司(2002)自然災害と防災の科学, 東京大学出版会を基に作成・一部改変)

## 地震 WG における議論の報告と第三次計画の在り方

次期研究計画検討 WG (地震) (発表：宮澤理稔 (企画部戦略室、京都大学防災研究所))  
(miyazawa.masatoshi.5z@kyoto-u.ac.jp)

地震 WG は、計画推進部会を構成する部会のうち「現象解明」、「長期予測」、「中短期予測」、「災害誘因評価・即時予測」、「観測研究基盤」の 5 部会における部会長及び地震分野の副部会長と、総合研究グループのうち「南海トラフ沿いの巨大地震」、「首都直下地震」、「千島海溝沿いの巨大地震」の 3 グループ長とで構成され、3 月に議論を開始した。その後、必要に応じて一部構成員により他部会等も含めて追加の議論を行ってきた。本報告ではそれらの議論の概要を紹介し、次期計画における研究や体制の在り方について WG 調整役の立場からまとめる。

主に議論は戦略室案をたたき台として行われ、次期計画の進め方や体制の議論に多くの時間を費やした。WG で異存のない意見として挙げられたのは、地震・火山噴火の発生から災害誘因の予測を行い地震・火山災害の軽減に貢献するという前建議・現建議の基本方針に基づき、総合的研究は引き続き建議の柱となるべき重要テーマである、という点である。個別意見として、総合研究グループに「内陸地震」がないためテーマを絞って実施する必要性や、国際共同研究の重要性も指摘された。部会間連携については共通テーマの下に方向性を共有できるが、不足していると指摘されている「史料・考古」との連携は、課題レベルで地域やイベントを絞って行う方法が考えられる。「南海トラフ沿いの巨大地震」と拠点間連携は内容が重複するため調整が必要である。一方、建議の大項目の立て方及び実施体制については異なる意見が出た。一つは部会が中心となる従来の体制であり、もう一つは総合研究グループが中心となる体制である。

部会を中心とする考え方は、ボトムアップにより提案される各課題が部会を構成するという概念に基づいた、これまでの考え方である。部会内で分野が多少横断的でもまとまることできることや、多くの課題を抱えている部会でも運用の方法次第で許容可能であるため、合理的である。戦略室の大項目案は現計画の構造を踏襲しており、強化すべき総合的研究が明確である。ここに総合研究グループが位置づけられることは、計画の強化に繋がる。社会実装を実践する地震本部に対しては、より利活用してもらえらる形での成果の提供が必要である。

総合研究グループを中心とする考え方は、建議の目指す災害軽減の社会実装を強く意識する体制を軸とし、横串として部会を差すものである。課題は総合研究グループに属し、予算配分もここから受ける。この体制において部会間連携は既に達成されることになる。ただし参加する課題の事前調整が必要で、これらに入らない課題には配慮が必要となってくる。

最後に WG 調整役として全議論に立ち会った発表者の私見を述べるが、これは WG の総意ではない。地震研究側からみて建議の項目と部会とは一対一に対応しておらず、部会は項目に対し斜め串を刺し、総合研究グループは分野横断の横串を謳っている。つまり建議を説明するために三側面が存在する中で、「リテラシー」を除き建議の項目に対応した活動はなく、項目立て自体に構造的問題を抱えている。各課題についてはボトムアップの自由さ故に、それぞれテーマの立て方の基準が異なっている。部会と総合研究グループのいずれを中心にするにしても、建議の書き方を変更する必要があり、課題提案時のレベルでの対応も要求される。

## 次期計画火山 WG からの提言

火山研究計画検討ワーキンググループ(発表:橋本武志(北海道大学))

(hasimoto@sci.hokudai.ac.jp)

【目指すべき方向性】 限られた人員で研究資源を最大限に活かしつつ、基礎的な観測をおろそかにせず、先端的な研究開発にも取り組み、それらの成果を活用して災害軽減に貢献するにはどうすればよいか。文科省は、プロジェクト事業で応用的研究・専門家人材育成・研究資源の効果的運用の枠組づくり等に取り組んでいる。噴火予知連改革の議論では、役割分担の明確化と実施体制の見直しが行われ、内閣府では、火山災害軽減のための各省庁連携と火山研究がそこに果たす役割に関する議論がなされるなど、火山研究を取り巻くさまざまな取組が進行中である。建議計画を設計するにあたり、こうしたさまざまな動きに対してもうまく噛み合うようにしておくことが望ましい。建議には多くの機関が参画しているが、各々の事業や研究の目的は当然異なる。違いを認識しつつ、分業や連携をより明確にすべきであろうということが WG の議論を通じて共通認識となりつつある。火山研究では、気象庁における活火山の監視・警報業務に、基礎研究の成果(とりわけ、観測技術や評価手法の開発や高度化)が取り入れられることが、重要な社会的貢献のひとつであり、このことをより意識して計画を設計すべきである。現計画では重点項目として「火山活動推移モデルの構築」に取り組んでいる。次期ではそれをふまえた展開が当然期待される。噴火予知の5要素の中でも相対的に難しいとされてきた、噴火様式の予測や噴火開始後の活動推移の予測にも徐々に視野を広げていくべきである。当 WG の議論から、重要項目として以下を列挙する。

- 噴火中の火山では、噴出物の組成分析・組織解析によって、その後の活動推移との関係を調べた研究が増えてきた。データが豊富な火山を対象に、過去データを用いた予測検証実験に踏み出せないか。噴火前については、多項目観測データによる定量的予測スキームの構築から始める段階。
- 活動評価・予測の基礎情報となるのが多項目観測。これがないと始まらないが、火山分野ではデータ取得や観測点維持に継続的な努力が必要。建議計画がここに果たしてきた役割は大きく、次期でも不可欠。一方で、データを定量的活動評価や予測に結びつける研究にも組織的に取り組むべき。そうすることで、建議計画の立ち位置とアウトプットがより明確になる。
- JVDN の利用拡大、火山間比較研究の推進、教育・広報への活用を進めるべき。

【実施体制について】 建議大項目間にまたがる「総合的研究」の枠組は、専門分野の垣根を越えて研究者が相互にフィードバックを与え合う災害軽減研究の場となりつつあり、現計画でも成果が上がっている。次期ではさらにこの枠組での活動を容易にするため、一定の予算枠を確保して、その総合的研究に必要とされる課題を募集する体制も併用することを提案する。一方で、将来の研究シーズを抽出するためのゆるやかな課題間結合の場としての総合的研究の機能も必要であるので、現計画と同じく各部会の課題を束ねる方式も残してよい。基礎的な観測・調査・データベース構築などの実施母体となり、ディシプリンを同じくする研究者集団が専門性の高い議論を行う場としての計画推進部会は必須であり、この枠組は大きく変えるべきではない。また、火山部会はもともと総合的研究の性格をもっている。加えて、公募研究を通じてこの計画に参画する研究者の裾野も広がっており、以前よりも火山の課題が増えてきたことから、総合的研究と従来型の部会に研究課題を振り分ける方式も選択肢として検討してはどうか。

## 地震予知・災害軽減研究における歴史地震研究

加納靖之

(次期検討 WG「史料考古」・東京大学地震研究所／地震火山史料連携研究機構)

(ykano@eri.u-tokyo.ac.jp)

近代的な地震学のはじまりから実施されてきた歴史地震研究であるが、その発展には建議による地震予知計画・災害軽減研究も大きく貢献している。地震について書かれた史料が歴史地震研究のデータとなるが、史料の収集と公刊に果たした役割は大きい。建議「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ついて(第2次)」にもとづく研究では、個別の地震や火山噴火を熱かった研究だけでなく、地震史料集のテキスト化を進めて、地球科学あるいは歴史学による分析に利用可能なデータベースの構築を目指してきた。これまでに、地震史料集テキストデータベースや日記史料有感進データベース、歴史地震史料検索システムなどを公開してきた。考古分野での歴史災害痕跡データベースも公開準備中である。年代記を用いた地震・火山現象の分析など、歴史学における新たな研究のきっかけともなっている。災害軽減研究による歴史学、考古学と地震学、火山学の連携は、ようやくスタートラインに立ったところといえる。

次期検討 WG「史料考古」は、現史料・考古計画推進部会のメンバーを中心に意見交換し、史料・考古データの収集、整理、分析とデータベースの構築を通して、次期計画に貢献していくことを確認した。また、地質や古地震など、過去のイベントを扱う研究領域との連携をこれまで以上に深めていく必要があることは、次期検討 WG「地震」のメンバーとも確認した。

史料・考古のデータベースは、現計画の限られた時間で公開できる状態を目指した形であり、活用するにも史料集や収録されている史資料、発掘調査報告についての知識が必要である。ことば通りの意味で誰でも活用できるというものではない。次の5年間もデータベースの整備が主たる課題となるだろう。データベースへの新たな史料の追加や、火山、地質、地形、地理のデータとのリンクなどにより、研究コミュニティに活用されるデータベースの構築を目指し、

文理融合、分野融合研究を実践的に推進する場として、またそれを個別の研究分野に還元し、研究を活性化していくための場として、災害軽減研究の場を活用していきたい。

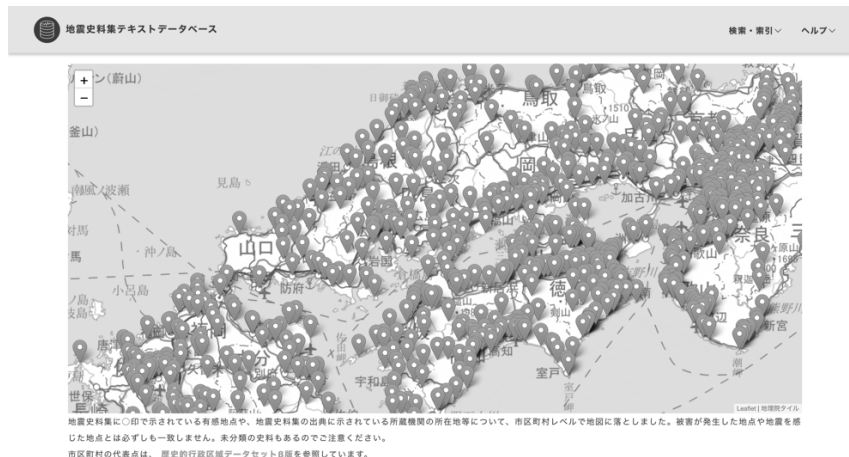


図. 地震史料が存在する地点(西日本の一部)