

「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）」

令和4年度年次報告

【成果の概要】

（案）

令和5年9月

科学技術・学術審議会測地学分科会

地震火山観測研究計画部会

目 次

【令和4年度の成果の概要】

1. はじめに.....	
2. 能登半島北東部の継続的地震活動と2023年5月のM6.5の地震.....	
3. 令和4年度の成果の概要.....	
3-1. 地震・火山現象の解明のための研究.....	
3-2. 地震・火山噴火の予測のための研究.....	
3-3. 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究.....	
3-4. 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.....	
3-5. 研究を推進するための体制の整備.....	
4. まとめ.....	
用語解説.....	
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） 実施機関.....	
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） 令和4年度研究課題一覧.....	

【参考資料】

計画推進部会および総合研究グループ等別の成果.....	
1 (1) 地震（現象解明）.....	
1 (2) 地震（長期予測）.....	
1 (3) 地震（中短期予測）.....	
1 (4) 火山.....	
1 (5) 災害誘因評価・即時予測.....	
1 (6) 防災リテラシー.....	
1 (7) 史料・考古.....	
1 (8) 観測研究基盤.....	
2 (1) 南海トラフ沿いの巨大地震.....	
2 (2) 首都直下地震.....	
2 (3) 千島海溝沿いの巨大地震.....	
2 (4) 桜島大規模火山噴火.....	
2 (5) 高リスク小規模火山噴火.....	
3 拠点間連携共同研究.....	

[令和4年度の成果の概要]

1. はじめに

「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）」（以下「本研究計画」という。）は、科学技術・学術審議会において平成31年に建議され、平成31年度（令和元年度）から5か年計画として実施されている。本研究計画は、平成26年度から5年間実施された「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」の方針を踏襲して、地震・火山現象の根本的理解、発生予測、災害誘因*予測、災害情報の活用に関する研究を実施する。加えて、防災対策の推進について、国民や社会の共通理解の醸成を効果的に図るための手法開発に関する研究を新たに開始した。本研究計画では、災害の軽減に貢献することを意識した研究を推進するという視点をより明確にし、関連研究分野との一層の連携強化を通じて、観測研究の成果を最大限に活用して災害軽減に役立てるための方策の研究等を進めている。

本研究計画は以下の5つの大項目で構成される。

1. 地震・火山現象の解明のための研究
2. 地震・火山噴火の予測のための研究
3. 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
4. 地震・火山噴火に対する防災リテラシー*向上のための研究
5. 研究を推進するための体制の整備

上記大項目のうち、1は地震・火山災害の根本原因である地震・火山現象そのものの理解を深めるため、低頻度大規模現象を含む多様な地震・火山現象の特性を把握し、それらが発生する仕組みの解明を目指した研究を行うものであり、次の中項目からなる。

- (1) 地震・火山現象に関する史料*、考古データ*、地質データ等の収集と解析
- (2) 低頻度大規模地震・火山噴火現象の解明
- (3) 地震発生過程*の解明とモデル化*
- (4) 火山現象の解明とモデル化
- (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

2は、1で得られた科学的理解に基づき地震・火山噴火の予測手法や活動の推移予測手法の開発を目指した研究を行うものであり、次の中項目からなる。

- (1) 地震発生の新たな長期予測
- (2) 地殻活動*モニタリングに基づく地震発生予測
- (3) 先行現象*に基づく地震発生の確率予測
- (4) 中長期的な火山活動の評価
- (5) 火山活動推移モデル*の構築による火山噴火予測

3は、地震・火山噴火が引き起こす地震動や津波、火山噴出物*、斜面崩壊などの災害誘因を事前及び発生後即時的に高精度に予測する手法の開発を進めるとともに、災害誘因予測を災害情報につなげる研究を行うものであり、次の中項目からなる。

- (1) 地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化
- (2) 地震・火山噴火の災害誘因の即時予測*手法の高度化
- (3) 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

4は、過去の地震・火山噴火によって引き起こされた災害誘因が災害素因*へ与える作用に焦点を当てながら、その災害発生の仕組みや要因を解明するとともに、災害の軽減に結びつく効果的な知識要素を特定し、防災リテラシー向上に資する実践的な開発・研究を行うものであり、次の中項目からなる。

- (1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明
- (2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

5は、計画全体を組織的に推進する体制の整備や、基礎的な観測体制の強化を図るものであり、本研究計画全体の研究基盤の開発・整備が含まれ、次の中項目に分けられている。

- (1) 推進体制の整備
- (2) 分野横断で取り組む総合研究を推進する体制
- (3) 研究基盤の開発・整備
- (4) 関連研究分野との連携の強化
- (5) 国際共同研究・国際協力
- (6) 社会との共通理解の醸成と災害教育
- (7) 次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成

本研究計画においては、成果の社会実装を将来的に目指すとともに、地震学・火山学的な見地のみならず災害科学的な観点も重視する。そのため、大項目2の「地震・火山噴火の予測のための研究」においては、研究成果の出口が意識されている。このような観点から、「地震発生の新たな長期予測」、「地殻活動*モニタリングに基づく地震発生予測」、「火山活動推移モデルの構築による火山噴火予測」の3つが重点的に取り組む研究として位置づけられている。その背景には、蓄積されつつある地震・地殻変動*等の観測データや基礎的な研究成果を、過去の大地震の発生履歴の知見に依存してきた地震発生の長期評価*に活用するための手法や、プレート境界*での滑りの時空間変化の推定等を通して中短期での大地震の発生確率の計算に活用するための手法の開発が期待されていること、噴火事象系統樹*における分岐確率や論理の根拠となり得る観測・分析データが本研究計画等を通じて徐々に蓄積されてきたことなどがある。

さらに、地震・火山災害が災害誘因と災害素因の相互作用により発生することを考慮し、本研究計画では、地震学・火山学の研究者と災害や防災に関連する理学、工学、人文・社会科学などの分野の研究者の協力を深化させ、災害科学としての取組を図る。これを具体化するため、大項目5の「研究を推進するための体制の整備」の中に「分野横断で取り組む総合研究を推進する体制」を中項目として位置付け、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、桜島大規模火山噴火、高リスク小規模火山噴火、という5つの課題設定を行い、それぞれに対応する総合研究グループを組織した。本研究計画から、大きな災害につながる低頻度大規模地震として千島海溝沿いの巨大地震を総合研究の対象とすることになった。また、高リスク小規模火山噴火は、火口や噴気地が観光スポットになっている場合などにおける、規模は小さくとも災害リスクの高い火山現象に着目する、本研究計画で新設された課題であり、これに対応する総合研究グループでは、予測困難性と社会的要因に着目して、まず研究の方向性から検討を始め、文理融合研究課題のシーズを育てることを目標としている。

令和4年度の本研究計画は、国立大学法人等、国立研究開発法人、独立行政法人、政府機関、公設試験研究機関¹が策定した約170の実施計画（個別課題）、公募による10の実施計画（個別課題）、及び拠点間連携共同研究^{*2}としての17の実施計画（個別課題）からなっている。また、この個別課題の成果は、年次報告【機関別】（文部科学省及び地震・火山噴火予知研究協議会^{*3}のホームページに掲載）に取りまとめられている。これらの個別課題による研究成果をもとに、本研究計画の項目別に令和4年度の成果を取りまとめたものが本報告書である。

本報告書の作成にあたっては、難解な学術用語をなるべく避け、平易な文章で学術的成果を記述することを心がけた。説明が冗長となることを避けるためにやむを得ず専門用語等を使用する場合には、本報告書付録の「用語解説」⁴のページで当該用語を解説しているので、必要に応じて参照されたい。

¹ 国立大学法人等（北海道大学、弘前大学、東北大学、秋田大学、新潟大学、東京大学、東京工業大学、千葉大学、富山大学、名古屋大学、京都大学、神戸大学、鳥取大学、高知大学、九州大学、鹿児島大学、兵庫県立大学、立命館大学）、国立研究開発法人（情報通信研究機構、防災科学技術研究所、海洋研究開発機構、産業技術総合研究所）、独立行政法人（国立文化財機構）、政府機関（国土地理院、気象庁、海上保安庁）、公設試験研究機関（北海道立総合研究機構、山梨県富士山科学研究所）

² 「地震・火山科学の共同利用・共同研究拠点^{*}」である東京大学地震研究所と「自然災害に関する総合防災学の共同利用・共同研究拠点」である京都大学防災研究所が連携して進める共同研究。南海トラフ沿いの巨大地震を対象とし、重点的に推進すべき防災・減災に資する研究を募集する「重点推進研究」と、地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究に関連する研究課題を公募する「一般課題型研究」からなる。

³ 東京大学地震研究所には、本研究計画で立案された研究を推進する目的で地震・火山噴火予知研究協議会が設置されている。

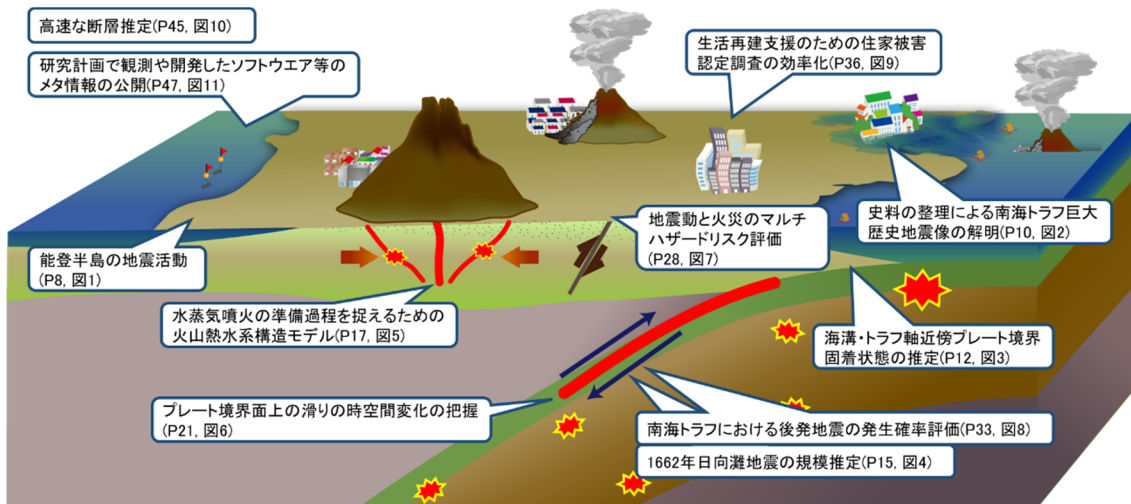
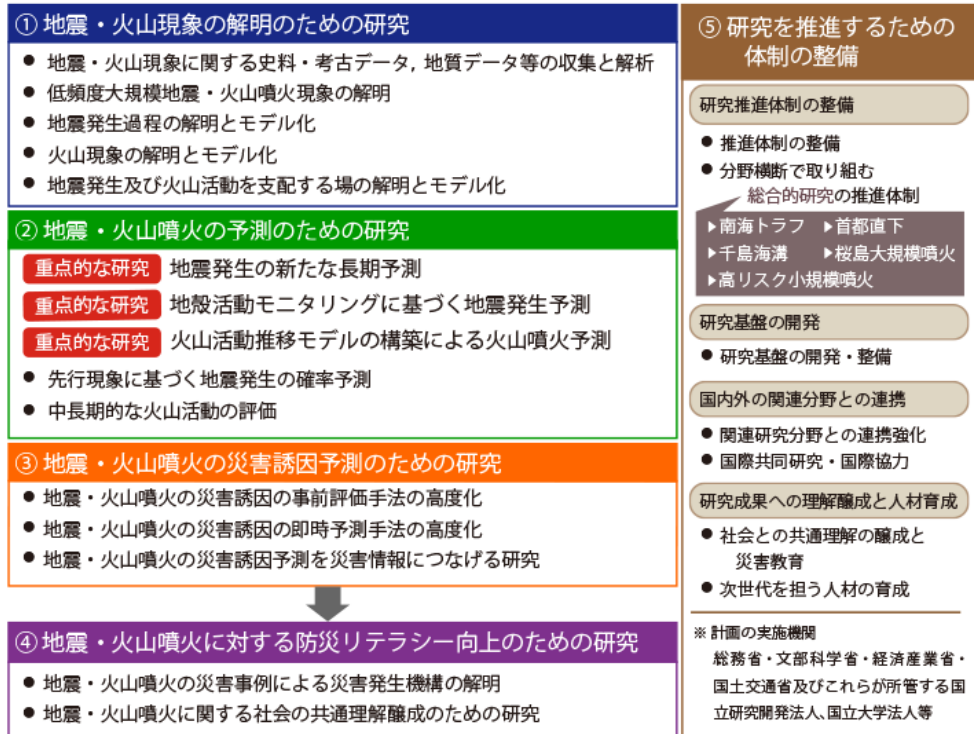
⁴ 用語解説に掲載している用語に、下線（破線）と*を付記している。

また、本報告書では、研究課題を [xxxx01] のように課題番号で示している。それぞれの研究実施機関・研究課題名・研究代表者については「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（令和4年度）研究課題一覧」のページを参照されたい。

参考資料には「地震・火山噴火予知研究協議会が取りまとめた計画推進部会及び総合研究グループ等別の成果」を添付した⁵。これは本研究計画の項目別あるいは研究テーマ別に学術報告として成果を取りまとめたものであり、より詳細な成果が報告されているので参考にされたい。

⁵ 研究分野毎に効率的かつ調和的に研究を推進するために、地震・火山噴火予知研究協議会には8の計画推進部会と5の総合研究グループが設置された。

災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究



成果の概要概念図

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）令和4年度成果のまとめ。災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究の全体像を描き、その主要な成果を吹き出しで記述した。詳しくは吹き出しに記載されたページと図を参照。

2. 能登半島北東部の継続的地震活動と 2023 年 5 月の M6.5 の地震

石川県能登半島の北東端部 (図 1a) では、2020 年末頃から地震活動度が急激に増加しており、2022 年 6 月 19 日にも $M_{\text{JMA}}5.4$ の地震が発生したことから、地震活動の推移に注目が集まっていた。2022 年度には科学研究費助成事業 (特別研究促進費) による総合調査および地震・火山噴火予知研究協議会からの各課題への追加予算により、その発生原因を調べる研究が進められていた。その中で 2023 年 5 月 5 日に、この領域で $M_{\text{JMA}}6.5$ の地震が発生し、石川県珠洲市では震度*6 強を観測、各地で被害も生じた。この地震の震源*は、それまでの地震活動域の北端部付近に位置している。地震波形を用いた滑り分布の推定によると、その主破壊域は震源よりも更に北側、これまでの地震活動域から連続する面構造の浅部延長に位置する (図 1b, d)。

これまでの研究から、一連の地震活動が発生する原因を知るための手がかりとして、2 点の特筆すべき観測結果が挙げられる。1 点目は、この地震活動中にみられた微小地震の発生位置の移動である (Amezawa et al., 2023; Yoshida et al., 2023)。高精度震源再決定の結果から、2023 年に発生した $M_{\text{JMA}}6.5$ の地震発生より前の期間では、地震活動の群発的な特徴が強く表され、複数の地震発生集中域に分かれて地震が発生していることが明らかとなった。またこの地震活動では、地震の発生場所が深部から浅部に移動していく傾向が見られた (図 1c, d)。この微小地震の移動が、地殻*内で複雑に入り組む複数の面構造を用いて、ゆっくりと生じていたことを示している (Yoshida et al., 2023)。このようなゆっくりとした微小地震の震源の移動は、自然の群発地震*活動や注水実験からもしばしば報告されており、流体の移動や非地震性滑り*の伝播に起因すると考えられている。今回報告された複数の面構造を用いた地震発生域の深部から浅部への移動は、特に 2011 年東北地方太平洋沖地震 (東北沖地震) 後に東北日本内陸部のいくつかの領域で誘発された地震活動とよく似ている。これらの地震活動の発生は、様々な状況証拠から、深部から浅部へ向かう流体の移動が影響した可能性が示唆される。この地域の地殻深部に流体が存在していたことは、地震活動域深部における地震波低速度域や S 波反射面の存在からも示唆されている (図 1, Yoshida et al., 2023; Nakajima, 2022)。

特筆すべき観測結果の 2 点目は、群発地震活動中に観測された顕著な地殻変動である (Nishimura et al., 2023)。この水平変位の向きが群発的な地震活動域を中心とした放射状になっていることと、変位の大きさが震源域*から遠ざかるにつれて小さくなっていることから、この変位場は地震による単純な断層滑りだけでは説明できず、今回の群発地震活動と密接に関わっていることが強く示唆されていた。そのような大きな変位が地殻内の群発地震活動時に広域的に観測されることは珍しいものの、過去には 1965 年に始まった松代の群発地震時にも同様の報告があった。その際には、地下水の湧出や既存の温泉水の増加も観測され、“水噴火説” と呼ばれる、火山のマグマが果たす役割を地下水が代わりに演じることで、一連の変動が生じたとする考えが提案されており (中村, 1971)。今回の地震活動の

発生にもこのような地殻内の流体の上昇が関与していた可能性がある。なお、近年世界的に流体が断層に貫入*した際に生じる非地震性滑りの影響に注目が集まっており、今回の地表変位の成因には、そのような非地震性滑りの影響も含まれていたかもしれない。

2023年5月5日に発生した $M_{JMA}6.5$ の地震は、2022年6月19日に発生した $M_{JMA}5.4$ の地震の余震の震源が分布する面構造の最浅部付近で開始し、更にその浅部側で大滑りを生じさせた(図1b、d)。このことは、2023年5月5日の $M_{JMA}6.5$ の地震が、地殻深部から既存の断層帯を通して流体の上昇と、それに誘発された非地震性滑りに伴う地殻の変形により引き起こされたことを想起させる。この地震の主破壊域の周辺では、1993年に $M_{JMA}6.6$ の地震が発生している。しかしながら、その震源域は陸上の観測点から離れているため、震源の深さの推定精度が悪く、現在の地震活動との3次元的な位置関係は明確ではない。2023年5月5日の $M_{JMA}6.5$ の地震後の地震活動の多くは、同じ面構造の浅部延長(北部側)で発生しているように見える。この地震時の断層破壊により、更なる浅部の領域に流体が供給されるようになった可能性が考えられる。

能登半島の地震活動

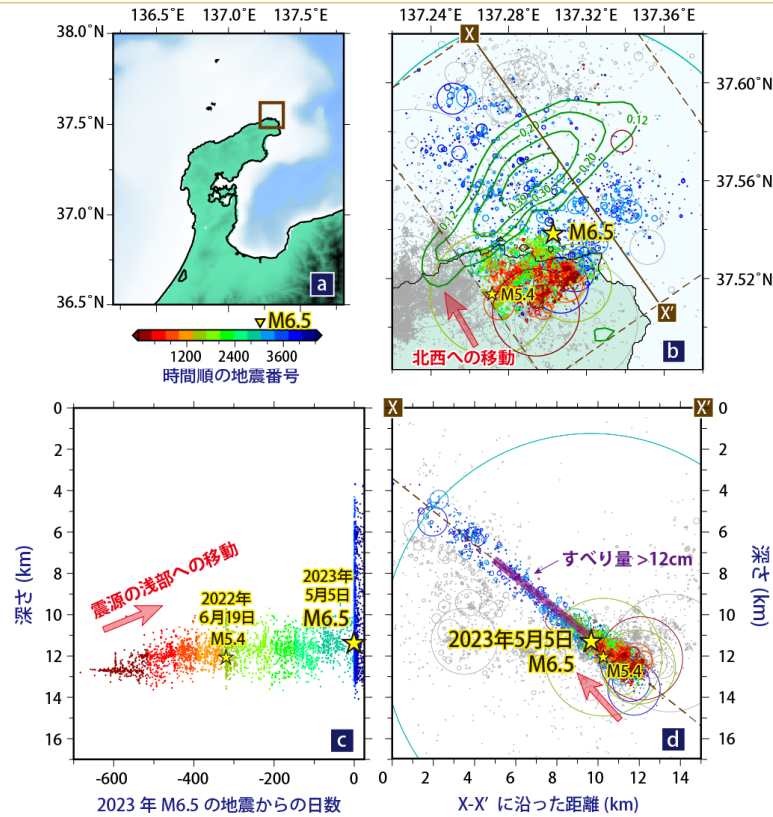


図1. 能登半島の地震活動。能登半島の北東端部の地震活動について、震源分布を調べると、2023年M6.5の地震前に浅部への移動がみられた。一連の地震活動の発生には地殻内流体*の上昇が関与していた可能性が示唆される。(a) 解析領域。(b) 震央*分布と2023年M6.5地震の地震時滑り分布(緑のコンター)。丸の大きさは断層のサイズに相当する。M6.5地震の震源を含む面構造内(dの破線から1 km以内)で発生した地震の発生順をカラースケールで表している。緑コンターの単位は m。(c) 地震の発生時と震源の深さとの関係。M_{JMA} 6.5地震の震源を含む面構造内で発生した地震のみを示す。(d) 震源の断面図。測線の位置と範囲は、それぞれ(b)の実線と点線により示される。紫の線で2023年M6.5地震の主滑り域(≥0.12 m)を表す(Yoshida et al., 2023をもとに作成)。

3. 令和4年度の成果の概要

3-1. 地震・火山現象の解明のための研究

地震・火山現象の包括的な理解と解明を進めることで、発生予測や災害誘因予測の高度化を実現することを目指し、史料*・考古・地質データ等に基づく低頻度大規模現象に関する研究や、観測・数値シミュレーション*・実験等に基づく地震・火山現象の解明とモデル化、現象が発生する場の地下構造や応力*等に関する研究を継続した。

(1) 地震・火山現象に関する史料・考古データ、地質データ等の収集と解析

長期間における地震・火山現象とそれに伴う災害を正確に把握するために、史料・考古データ、地質データ等の収集・集積と分析を行うことで、データベース化を進めた。

ア. 史料の収集とデータベース化

東北地方で発生した地震について、各地の史料等の調査から、1454年に東北地方の太平洋沖で発生した享徳地震は関東でも大地震と認識される地震であったこと、1611年の会津慶長地震で形成された山崎新湖の形状、安政江戸地震の江戸より東方の被害地域の境界などが明らかになった^[NGT_01]。また、1616年の仙台地震における津波の記述は、慶長奥州地震津波(1611年)に関する記述が伝わったものであり、現段階では仙台地震によって大きな被害をもたらした津波は発生しなかったと考えるのが妥当であると考えられる^[IRID01]。阿蘇山において、熊本県の阿蘇高森で書かれた瀬井家日記から、1830年8月12日に新火口とスコリア丘が形成されたことや、1854年の安政南海トラフ地震の4～9カ月前に阿蘇山の火山活動が活発化していたことを確認した^[HMEV02]。

情報工学研究者と連携して人工知能(AI)による史料中の地名表現の自動抽出を試行した^[UTH_01]。安政東海・南海地震、安政江戸地震、濃尾地震等についての歴史史料翻刻、および目録作成を行った^[NGY01]。Web-GIS*を活用して南海トラフ巨大地震史料の現在地点を地図上に表示するとともに各史料の情報が表示されるようにした。これをもとに宝永地震、安政東海地震、昭和東南海地震についての比較検討を行い、宝永地震と安政東海地震は異なる震源域で発生したことが示された(図2)^[NGY_01]。歴史地震*のカタログや震度分布を活用したツールの開発、デジタルアーカイブを活用するためのWebアプリの改良、歴史地震IDに基づくポータルサイトの試作を行った^[ERI_01]。

研究会の開催、書籍の刊行、勉強会の開催を通じて、歴史地震に関する研究コミュニティの構築・教育・市民への普及を図った^[NGT_01, IRID01, ERI_01]。

史料の整理による南海トラフ巨大歴史地震像の解明

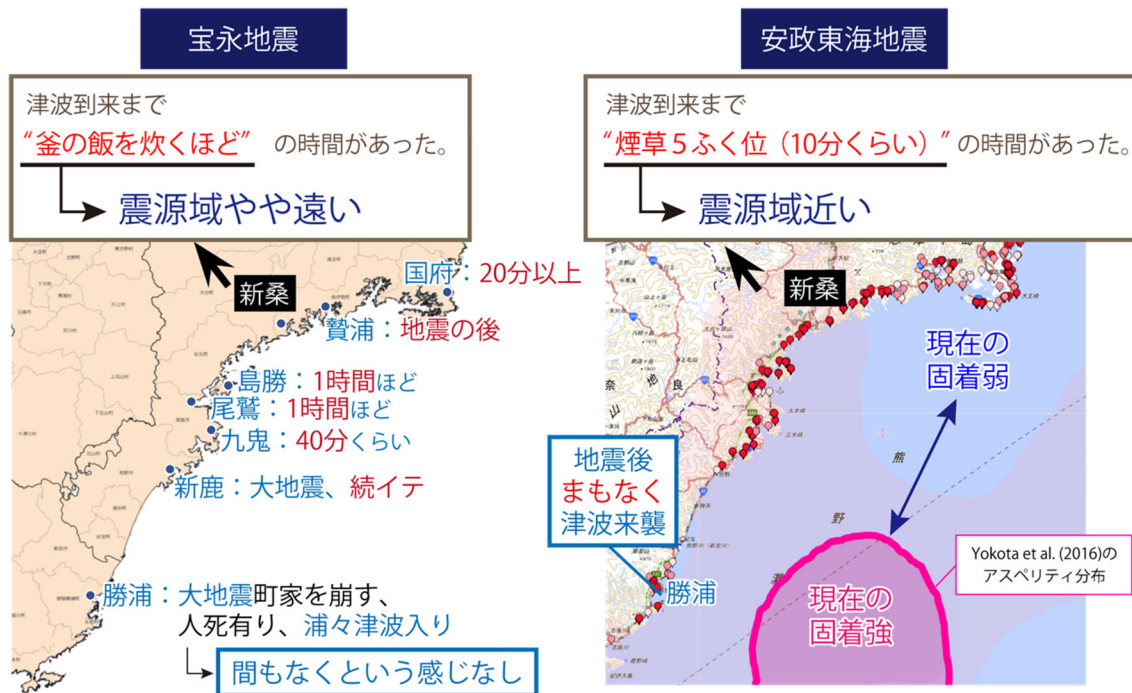


図2. 史料の整理による南海トラフ巨大歴史地震像の解明。史料からみえる宝永地震、安政東海地震の違いを示す。史料データは e コミマップ*上で整理しており、史料の存在地点を地図上のマーカー（右図の沿岸地域にある赤色や桃色などのバルーン）で示し、マーカーをクリックすると史料の情報が表示される。この比較により、例えば宝永地震（左）と安政東海地震（右）による津波到来までの時間は同じ地域でも異なることが分かり、2つが異なる震源域で発生したことが、史料からも明示された。

イ. 考古データの収集・集成と分析

「歴史災害痕跡データベース (Historical Disaster Evidence Database: HDE-GISdb)」の試作版を作成し、調査地点単位で災害痕跡情報を収集することで、過去の災害発生時期を捉えることができるようになった^[NAB_01]。縄文集落の分析から本州東部で発生した地震活動について考古年代の特定等の基礎的な検討を行った結果、縄文時代前期（約6000年～5000年前）後葉の時期に房総半島先端部の隆起を伴う相模トラフの地震、および津波をとまなう三陸の大地震が発生したと推測される^[NGT_01]。瀬井家日記の調査から、1854年（安政元年）12月24日の安政南海地震と、12月26日の豊予海峡地震の際の阿蘇南郷谷の被害状況が明らかになった。また同年3月に、阿蘇山中央火口付近で突然熱水が噴出し、死者が出ていたことが確認された^[UTH_01]。

ウ. 地質データ等の収集・集成と分析

千島海溝・日本海溝周辺域では、17世紀に発生した巨大津波をはじめとした過去のイベントに関する地質調査を行うとともに、17世紀巨大津波の波源に関する予察的な計算を行った^[AIST08]。その結果、北海道胆振地方東部の厚真町で発見された津波堆積物^{*}は、1611年の慶長奥州地震津波の痕跡である可能性が高く、津波は内閣府の17世紀型巨大地震の想定よりも小さくなることが明らかになった^[HKD_01]。

南海トラフ周辺域では、和歌山県串本町の橋杭岩の巨礫の運搬条件についての数値解析から、過去に1707年宝永地震の津波よりも大きな津波が発生していたことを明らかにした。また、宮崎県日南市での津波堆積物の分布と数値計算から、1662年日向灘地震の断層モデルを構築した。南西諸島海溝沿いでは、石垣島における掘削調査から1771年明和津波由来の可能性のあるイベント堆積物を発見した^[UTS_01]。

内陸活断層^{*}について、愛媛県の石鎚山脈北縁西部区間では、トレンチ調査^{*}によって西暦1596年文禄（慶長）の大地震群、その中の伊予地震に対応する可能性がある撓曲変形が認められた^[AIST02]。糸魚川―静岡構造線断層帯では、北部木崎湖地区周辺での浅層反射法地震探査^{*}により、横ずれ断層が比較的地下浅部で逆断層^{*}に収斂する可能性が示唆された^[NGY_03]。

火山については、富士火山御殿場山体崩壊^{*}後の噴出物の斑晶^{*}、メルト包有物^{*}、石基^{*}ガラス組成の分析から、山体崩壊直後は山体の荷重が減少するためにマグマの噴出経路が容易に確立し、噴火しやすい状態であったと推定された^[ERI_02]。草津白根山では、完新世^{*}テフラ^{*}の岩石磁気分析から熱水変質^{*}鉱物を同定し、噴火様式^{*}を推定できる可能性が見出された^[TYM_01]。また、草津白根火砕丘^{*}群北側の2地点では、テフラ調査、テフラのX線回折分析、土壌の放射性炭素年代^{*}測定から、1つの地点のテフラについて約5400～1700年前、もう1つの地点のテフラについて約7600年前および約700年前の年代値が得られた^[TYM_01]。このほか、日光白根及び三岳火山では地質図が出版され、秋田焼山火山では地質図及び原稿がまとめられた。また、大規模火砕流^{*}分布図シリーズとして「支笏カルデラ支笏火砕流堆積物分布図」がweb公開された^[AIST03]。

（2）低頻度大規模地震・火山噴火現象の解明

近代的な機器観測によるデータと史料・考古・地質データ等を統合し、近代的な観測開始以前の低頻度大規模現象をはじめとした地震・津波・火山噴火の発生履歴の解明を進めるため以下の研究を実施した。

海底地殻変動観測^{*}の継続により、根室沖のプレート境界の浅部まで固着していることが示唆された（図3右）^[ERI_05]。東北沖の日本海溝では、浅部プレート境界断層（デコルマ）の間隙水圧^{*}が異常に高いことを発見した^[AORI01]。メキシコ・ゲレロ州沖合では、残差重力・地形の明瞭な異常域では微小地震とテクトニック微動^{*}のいずれも発生していないことがわかった^[DPRI01]。

霧島山 13 世紀御鉢噴火の堆積物の層序区分と、粒子物性（密度、粒径、粒子形状、連結空隙率）、および岩石組織の定量解析から、マグマ上昇過程・噴火強度の詳細な時間変化が明らかにされた^[ERI_03]。始良カルデラ噴火およびその先行噴火の噴出物の分析から、珪長質マグマの大部分は U-Th 放射平衡に到達しており、マグマ生成から約 40 万年以上の時間が経過していることが示された。他方、溶岩流として噴出した珪長質な先行噴火のマグマは U-Th 放射非平衡であることから先行噴火のよりも新しいマグマであることが分かった。^[HKD_02]

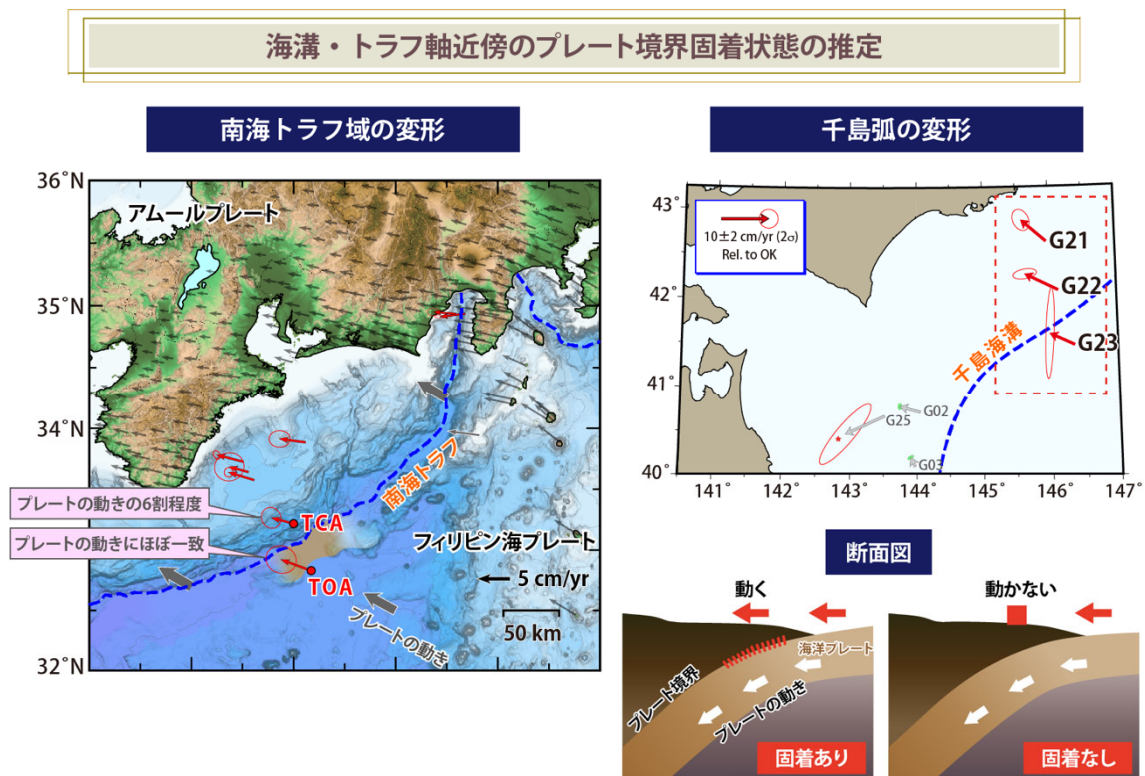


図 3. 海溝・トラフ軸近傍のプレート境界固着状態の推定。継続的な海底地殻変動の観測により明らかとなったプレート境界の固着状況。（左図）南海トラフ域におけるアムールプレートに対するフィリピン海プレートの年間移動量を、方向とともに赤矢印で示す。南海トラフより外側（南東側）では、これまで知られているプレート相対運動と同じであるが、内側（北西側）ではその約 6 割程度の移動が観測された。（右図）オホーツクプレートに対する千島海溝根室沖における年間移動量を赤矢印で示す。海溝より内側（北西側）でプレート収束速度と同程度の年間約 7 cm の移動が観測された。これらの結果は、いずれの領域でもプレート境界浅部ではプレートが固着しており、この固着域の周りではひずみが蓄積していることを示す（右下図参照）

（3）地震発生過程の解明とモデル化

多様な断層滑りや地震活動に関する研究を通して地震発生過程の解明を進めた。また、

地球科学的観測や調査、室内・数値実験などを通して、地震断層滑りの物理・化学モデルの構築を行った。

ア. 地震発生機構の解明

水圧計と地殻変動のデータから 2011 年東北沖地震の断層モデルの推定を行った結果、宮城県沖では海溝軸付近の応力降下*は小さく、この地震を引き起こしたひずみエネルギーは、深部のプレート間の力学的固着により蓄積されていたことが示唆された [NIED02]。南西諸島北部域では、上盤*内で M3 イベントを含む微小地震が震源移動しており、活動域の終端付近から微動*イベントが開始していることが明らかになった [KGS01]。

GNSS*データおよび発震機構解*による広域応力場のデータを反映した地震サイクル*シミュレーションを行う物理モデル化手法を構築し、中央構造線活断層帯を対象に適用したところ、トレンチ調査による推定値と概ね一致する平均変位速度*と地震発生間隔が得られた [UTS_05]。アスペリティ*での破壊を伴いながらゆっくり滑り*が伝播した場合について、断層の摩擦パラメータ*と滑りの伝播速度の関係を与える理論式を導入した [JAMS01]。深部での地殻変形を実験的に理解するため、温度 800 °C、封圧 0.8 GPa における試料の内部摩擦を求め、差応力*を精密に決定する手法を確立するとともに、転位クリープの力学特性と密接に関係する動的再結晶組織の発達過程が、石英結晶の滑り系に依存することを明らかにした [ERI_06]。

イ. 地震断層滑りのモデル化

日本列島内陸域の Mw3~7 の地震のモーメント*レート関数を系統的に推定・解析することにより、中小地震の破壊の複雑性の多様性を明らかにした [THK_07]。セメント強さ試験標準砂として売られている石英砂 (SiO₂ が約 98%) をすりつぶし、目開き 106 μm のふるいを通したものを用い、乾燥、室内、湿潤、加水の 4 条件で、速度ステップの摩擦滑り実験を行った。その結果、乾燥環境でも速度弱化*特性を示すことが分かった [THK_02]。二つの異なる断層面の粗さで実施したメートルスケールの超大型摩擦実験*から、断層の表面形状と断層強度や震源核*形成過程、破壊伝播速度の関係を明らかにした。これは自然の断層でのこれらのパラメータの推定結果を解釈する上で重要な成果である [NIED03]。

(4) 火山現象の解明とモデル化

多様な火山現象を理解するために、活火山*周辺や火口近傍において多項目高密度の地球物理・地球化学的観測を実施し、火山下で進行する現象を時空間的に定量化した。さらに、火山噴出物の分析、マグマの流動・破碎・脱ガス*・結晶化などの物理・化学的な実験及びマグマ上昇過程などの数理モデルによる理論解析を進めた。深部マグマ溜まり*から火山体浅部へのマグマの上昇、浅部での火山活動から噴火の発生を一連の過程と捉えて噴火規模や様式を定量的に理解し、火山活動や噴火機構のモデル化を進めた。

ア. 火山現象の定量化と解明

2007年から2017年に得られた浅間山の多項目データの再検討により、N型地震*の出現時期に火口下の帯磁*傾向が停止することが明らかになった。N型地震多発時には熱水もしくはガスが火口浅部に供給され、そのため火口下の帯磁域の冷却が停滞することが示唆された^[ERI_07]。三宅島におけるドローンによる繰り返し空中磁気観測から、カルデラリム直下の磁化が非常に低い一方、沈降するカルデラ内の磁化は平均的な値を示し、2000年噴火時のカルデラ形成による破碎はカルデラリム付近に局在していることが示唆された^[ERI_07]。2012年から2020年に発生した桜島の爆発的噴火*に伴う地震を対象に、過去の人工地震探査による速度構造と山体地形を考慮した震源再決定が行われ、震源の深さは従来の推定よりもはるかに浅い火口底数百メートル下という極浅部であることが示された^[THK_03]。2019年8月から2020年6月の阿蘇中岳噴火に伴う火山灰*の岩石磁気測定が行われ、飽和残留磁化*と飽和磁化*の比が高い期間が火口底において火映が確認された期間に対応しており、火道*のマグマヘッドの物理条件の変化を反映していると推定された^[KOB023]。

イ. マグマ溜まりと火道内過程のモデル化

浅間火山天明軽石の分析から、斜長石斑晶とマイクロライト*の組成範囲がほぼ一致し、バイモーダルな分布を示す組成の頻度分布も酷似していることが明らかにされた。マイクロライトは、マグマ溜まりで混合前のマグマから晶出したものと、マグマ混合後に均質化したメルトから晶出したものとの半数ずつで構成され、火道上昇中の減圧結晶作用*で晶出したマイクロライトは極わずかであることが示された^[THK_04]。ニカラグアのMasaya火山で実施した火山ガス*組成観測データの解析からは、火山ガスの大気中での酸化作用についての知見がまとめられた^[AIST06]。

(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

地震や火山噴火が発生する場のモデル化を進めるため、プレート境界域、海洋プレート*内部、内陸域及び火山地域において、地震波速度構造や比抵抗*構造、応力や変形場*等を明らかにするための研究を実施した。また、地震活動と火山活動の相互作用についての研究を進めた。

ア. プレート境界地震*と海洋プレート*内部の地震

宮崎県沿岸部における津波堆積物の調査結果と断層モデルを用いた津波による浸水シミュレーションにより、1662年日向灘地震がM8級巨大地震であった可能性を科学的に初めて示した^[DPRI01, AIST04] (図4)。潮岬沖～四国沖で得られた反射法探査の断面から、1946年南海地震の滑り域やプレート間の固着が強い地域と、スロー地震が観測される地域の境界に、トラフ軸に沿った上盤プレート*内の低速度帯(構造異常)があることを見出した^[JAMS02]。紀伊

半島沖のDONET*で蓄積された地震波初動の読み取りデータから、短期的スロースリップ*イベント（SSE）の発生期間に地震活動が活発になることを明らかにした [JAMS01]。温泉溶存ガス濃度の継続的な観測から深部低周波地震*を検出するシステムを製作し、紀伊半島の本宮、川湯、大紀で観測を実施したが、深部低周波地震に伴う変化は検出されなかった [UTS_04]。ニュージーランドヒ克蘭ギ沈み込み帯*北部のテクトニック微動の多くは、SSEが発生した直後からバースト的に発生し、SSE発生期間の前後ではその発生域が拡大していたことがわかった。また、この海域で発生するテクトニック微動のエネルギーは、南海トラフ浅部、東北沖、十勝沖と比較して1桁以上小さいことがわかった [ERI_08]。

地震波トモグラフィ解析から、2003、2021、2022年に福島沖～宮城沖で発生したM7級のスラブ*内地震*の余震分布に沿ってP波の低速度域が局在していることが明らかになった [THK_06]。また、太平洋スラブの上面付近にスラブ内の含水断層を反映した低速度・高ポアソン比の異常体が見られた。その破壊で2021年と2022年福島沖地震(M7.1, M7.4)のようなスラブ内地震が起こると思われる [THK_05]。

2011年東北沖地震後10年間の余効変動*から、マントルウェッジ*や火山前線の下での低粘性*領域など、個々の領域がもたらすレオロジー*不均質性の寄与を明らかにした。 [THK_07]。

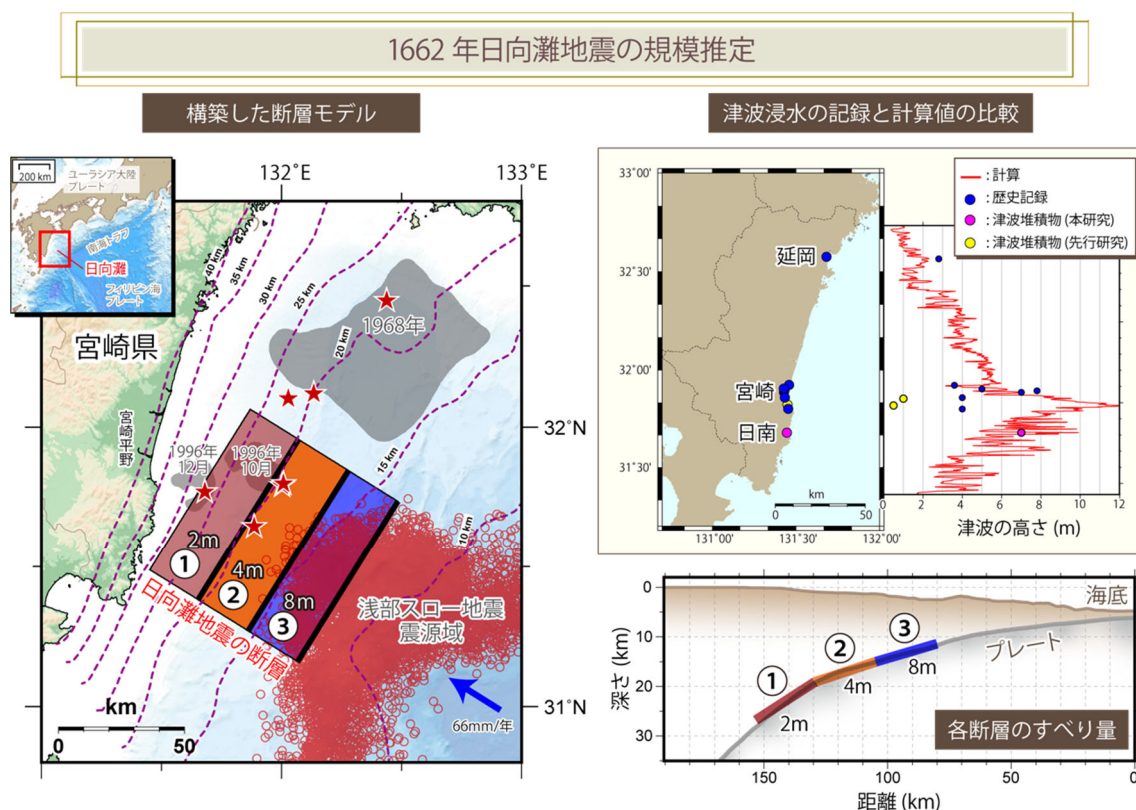


図4. 1662年日向灘地震の規模推定。浅部スロースリップ地震*発生域やプレート境界位置などの最新の知見をもとに新たな断層モデルを構築し、1662年日向灘地震がM8級の巨大地震であった可能性を科学的に初めて示した。左図の①～③は本研究で構築した断層モデル。赤星は

1923年以降のM7級プレート境界地震の震央、灰色領域は主なプレート境界地震の震源域、赤丸は浅部低周波微動*の震央、紫破線はプレート境界位置の等深線をそれぞれ示す。右上図は津波浸水シミュレーションから断層モデルを評価した結果。①～③の3断層を用いて計算された津波高は、本研究で新たに津波堆積物が発見された地点（日南）の浸水を説明する。右下図は深さ方向の断面図で示す断層の位置と滑り量。太い灰色線はプレート境界、細い茶色線は海底地形を示す。本成果は地震調査研究推進本部*が2022年3月に発表した「日向灘及び南西諸島海溝周辺の地震活動長期評価（第二版）」に反映されている（Ioki et al., 2022に加筆修正）。

イ. 内陸地震*

有馬高槻断層帯の北方の下部地殻*内に存在する地震波反射体は、厚さ5 km以下の薄い地震波低速度の層と解釈され、深部低周波地震の震源域から有馬高槻断層帯へ向かって南上りに分布していることがわかった [DPRI03]。長野県西部地域の地震メカニズムの逆解析*により、2017年6月のM_{JMA}5.6の断層付近において、長野県西部地震による応力変化と背景応力場、および地震発生域より深部の逆断層における非地震性滑りによる応力変化で説明できる最大主応力軸の回転が検知された [DPRI03]。

地震波トモグラフィ解析の結果から、2007年能登半島地震、2007年中越沖地震、2019年山形県沖の地震はP波の高速度域と低速度域の境界で発生したことが明らかになった [NIED02]。

GNSS観測データの解析から、九州の内陸地震が下部地殻の非弾性*変形の影響を強く受けていることが示された。また、警固断層の北西端付近（2005年福岡県西方沖地震の地震断層の南東端）と南東端付近に低比抵抗体の存在が推定された。低比抵抗体が破壊に対するバリアとして働き、警固断層の走向と約10°ずれた方向に2005年福岡県西方沖地震の破壊が進展したことが示唆された。内陸地震発生域が2つの低比抵抗体に挟まれた場所にあるという結果は、2016年熊本地震や北海道東部での解析結果と類似している [KYU_01]。

2020年末ごろから能登半島北東部で発生している群発地震の震源分布を高精度に決定し、地震が面構造上を深部から浅部へ移動していたこと、震源域付近において高間隙圧流体を示唆する高 V_p/V_s *領域が存在することが確認された [THK_02]。箱根火山で相似地震*から非地震性滑りの履歴を推定し、傾斜計*記録との比較を行ったところ、非地震性滑りの加速と同じ時期に有意な傾斜変動が観測されており、群発地震に伴う非地震性滑りの発生が示唆された [THK_02]。

ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系*・熱水系*の構造の解明

鬼界カルデラを対象に調査・探査航海が行われ、広帯域海底地震計、海底電位差磁力計*、海底磁力計等の長期海底観測機器の回収・設置が実施された。また、火山噴出物の化学分析とその時間変化から、鬼界アカホヤ噴火以降のマグマ供給系とその変遷についてのモ

デルが提案された [KOBE0, JAMS03]。草津白根山では湯釜火口北側噴気のヘリウム/アルゴン比 ($^3\text{He}/^{40}\text{Ar}$ 比) *が地下でのマグマ発泡度変化を反映していることが提案され、さらに発泡度変化が浅部熱水だまりの膨張・収縮と同期していることから、マグマ発泡がその上部の浅部熱水系*に影響を及ぼすことが示された (図5) [TIT_03]。阿蘇山周辺と雲仙岳周辺のヘリウム同位体比調査と両者の比較から、阿蘇山は雲仙岳よりもマントル起源のマグマの寄与が少ない一方で、浅部ではより発達した熱水系を持っていることが示唆された [AORI02]。

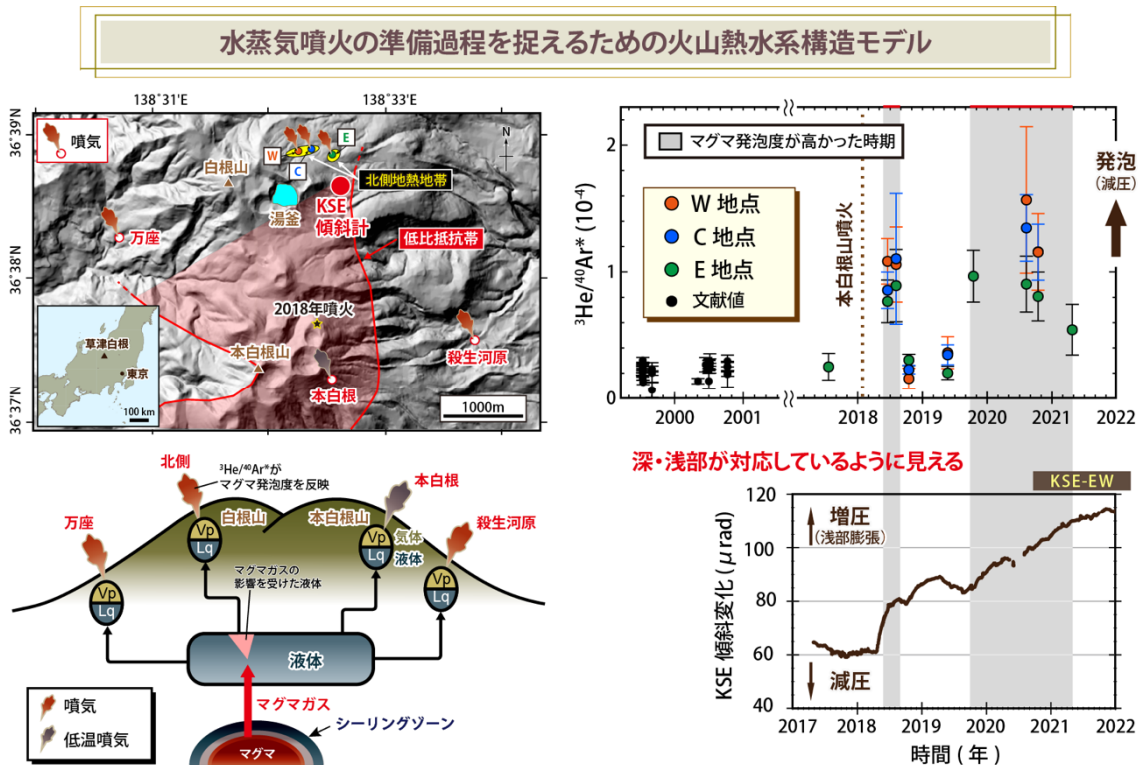


図5. 水蒸気噴火*の準備過程*を捉えるための火山熱水系構造モデル。草津白根山の湯釜火口北側の噴気について、 $^3\text{He}/^{40}\text{Ar}$ 比に基づきマグマ発泡度の変化が検出された。発泡度変化のタイミングは浅部熱水だまりの膨張・収縮とよく一致しており、同火山の活動の活発化を駆動するマグマ～浅部活動の物質学的な繋がりが確認できた。 $^3\text{He}/^{40}\text{Ar}$ *比 (^{40}Ar *はマグマ由来の ^{40}Ar を意味する) というこれまで使われていなかった指標が火山活動活発化と関係していること、さらにマグマの発泡で説明できることを示した。草津白根山のような熱水が卓越している火山の活動活発化にマグマ (おそらく熱水系より深部) の寄与を示唆した意義もある。希ガスなので複雑な反応を考える必要がなく、今後、火山活動モニタリングの指標の一つとして活用が期待できる。

エ. 地震発生と火山活動の相互作用の理解

阿蘇カルデラを含む九州中部、および始良カルデラを含む九州南部のそれぞれの領域に分布する地下水について、溶存元素組成データを統計解析し、カルデラ内外における浅部の流体循環、火山性成分の循環、および沈み込んだプレート由来と考えられる深部流体を見分

け、それらの分布と地質学的構造との間の関連性を捉えることに成功した [DPRI04]。熊本地震による粘弾性*変形を補正した上で余効滑り*とマグマだまりの体積変化の同時推定を試み、地震後に顕著に見られた阿蘇カルデラ内の沈降が、阿蘇カルデラ内の正断層*的な滑りで説明できること、また阿蘇山のマグマだまりの体積には地震前後で顕著な変化は見られなかったことがわかった [GSI_01]。

いわきの地震活動域から新潟に延びる測線上において、火山フロント*の背弧側のマントルから地殻にかけて顕著な低比抵抗域が見られた [ERI_09]。

オ. 構造共通モデル*の構築

全国の地殻内応力に関するデータセットを産業技術総合研究所の地殻応力場データベースで公開した [AIST07]。

3-2 地震・火山噴火の予測のための研究

地震・火山噴火現象の観測・実験・理論研究に基づき、地震発生や火山噴火の予測手法の構築に関する研究を実施した。長期的な地震・火山噴火発生履歴に加えて、地殻変動や地震活動等の観測データを活用することで、地震発生の新たな長期予測手法の構築及び中長期的な火山活動評価手法の開発を行った。また、地殻活動のモニタリングや物理的解釈・数理モデル化、様々な自然現象の変調と地震発生の相関調査を通して、地殻活動モニタリングに基づく地震発生予測及び先行現象に基づく地震発生確率予測に関する研究を行った。さらに、想定される火山現象を網羅してその時間的連関を整理した噴火事象系統樹の高度化を進めるとともに、火山活動推移モデルの構築に向けた研究を進めた。

(1) 地震発生の新たな長期予測

ア. 海溝型巨大地震*の長期予測

日本海溝および千島海溝根室沖や、南海トラフ沿い、南西諸島海溝沿いにおける海底地殻変動観測を実施し、新たに取得したデータと既存データを再解析することで、プレート境界浅部における固着・滑り状態の定量的評価を進めた(図3) [ERI_05, JCG_03, IRID_02, NGY_02]。

大地震発生シナリオの構築手法で重要となるプレート境界でのせん断応力蓄積速度を直接的に推定する手法を開発し、南海トラフ沿いの海陸測地データに適用した。推定された応力蓄積速度およびプレート境界における地震性・非地震性滑りの摩擦特性*を想定することで、M8クラスの前震*・M8地震の余効滑り・本震発生、という一連の地震シナリオを作成した [NIED_03, JMA_01]。

イ. 内陸地震の長期予測

測地データから推定されるひずみ速度*分布に基づいて、北海道を対象にM6以上の30年地震発生確率の計算を行った。1919~2020年に発生したM5以上の震源分布と比較すると、統計的に有意とは言えないまでも、地震発生確率の高いところで地震が発生している傾向が認められた。しかし、地震発生数の絶対値は実際の地震数より予測値の方が過大(2.2倍)であった。この要因として、最近100年間の地震発生率が長期的なものより低いことや、北海道では非弾性変形が卓越していることが考えられる。また、従来報告した西南日本を対象に、M6以上の30年地震発生確率を求める際の地震発生層の厚さと平均剛性率の2つのパラメータについて、全国一様の場合と不均質な場合の違いを調査した。その結果、パラメータを変えても大規模な構造線・変動帯(糸魚川-静岡構造線、新潟-神戸ひずみ集中帯*、四国の中央構造線等)沿いや九州中部において、比較的高い地震発生確率が得られた [DPRI05]。

(2) 地殻活動モニタリングに基づく地震発生予測

ア. プレート境界滑りの時空間変化の把握に基づく予測

地殻変動データから南海トラフ域の SSE の時空間変化を調べ、日向灘北部・豊後水道や四国中部等において 2019 年初め頃から開始した長期的 SSE の時空間変化を推定することに成功した (図 6)。2020 年半ば頃から本格的に始まった日向灘南部の長期的 SSE は、2021 年半ばころに終了している。さらに、四国中部の長期的 SSE が短期的 SSE と連動していることや、2019 年種子島地震 (M6.4) の余効滑り後に短期的 SSE が起きていることなど、スロースリップに関する新たな知見が得られた [GSI_02]。

2011 年東北沖地震の大滑り域周辺における繰り返り地震*の解析から、福島県沖～宮城県沖で 2021 年から 2022 年にかけて発生した M6～7 クラスの地震発生に伴う非地震性滑りが検出された [THK_09]。また、豊後水道で発生している深部微動の潮汐*相関について調べたところ、長期的 SSE の隣接領域では潮汐への感度が高いことが示された [JMA_01]。さらに、紀伊半島南東沖における浅部超低周波地震*によるモーメント解放量の空間分布を調べたところ、沈み込んだ古銭州海嶺の西端でモーメント解放量が多いなどの特徴が明らかになった [ERI_12]。

南海トラフのプレート形状を模擬した地震発生サイクル*シミュレーションにおいて、摩擦特性や有効法線応力の分布を調整することで、巨大地震に加えて、固着域深部で繰り返す長期的・短期的スロースリップイベントの発生間隔や規模を概ね再現できた [JMA_01]。

プレート境界面上の滑りの時空間変化の把握

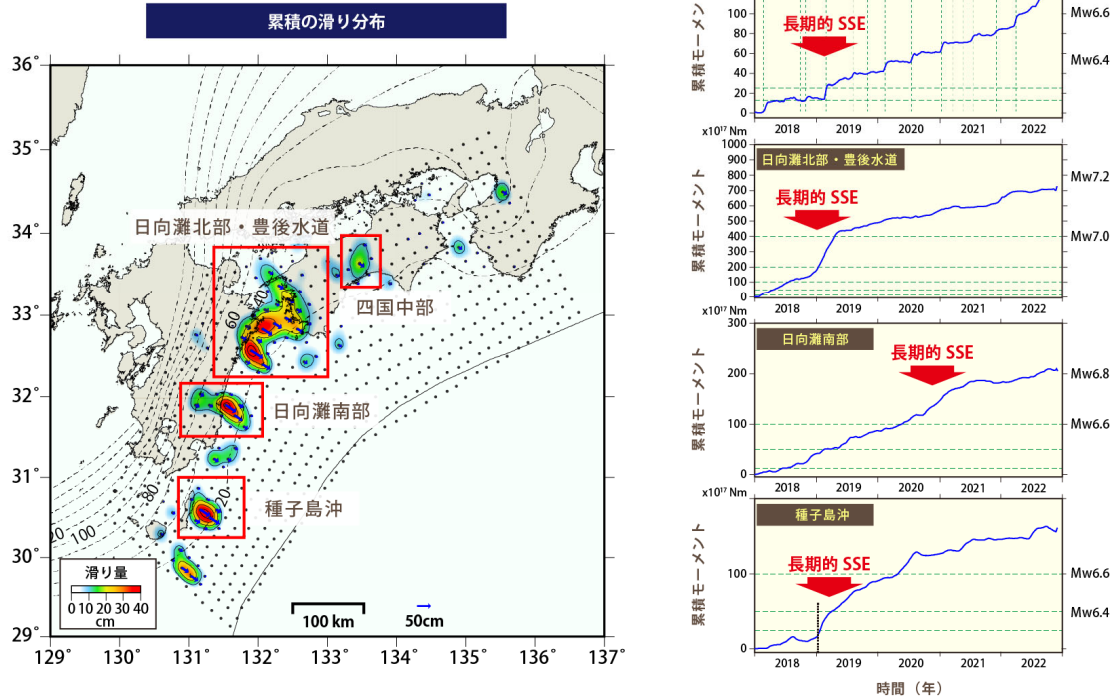


図6. 長期的 SSE の時間発展。(左図) 2018 年から 2022 年の間に南海トラフ沿いの非定常地殻変動*から推定したプレート境界での累積の滑り量分布。青い矢印は滑りの方向を、赤枠は右図のグラフそれぞれの範囲を示す。(右図) 左図の赤い領域ごとの累積モーメントの時間変化。右側の縦軸は、地震モーメント*で示した値である。四国中部の縦線は短期的 SSE の発生を示す。四国中部、豊後水道で 2019 年始めに長期的 SSE が発生したことがわかる。また、日向灘南部では長期的 SSE が 2020 年半ばから 2021 年半ばにかけて発生したこと、種子島沖では 2019 年種子島沖地震 (M6.4) [黒点線]の余効滑り後に短期的 SSE が発生したことがわかった。なお四国中部では、2019 年以降、長期的 SSE の発生期間中に短期的 SSE が発生し、両者が共存していると考えられる。

イ. 地震活動評価に基づく地震発生予測・検証実験

2011 年東北沖地震の本震前約 13 年間と最近 5 年間 (2016 年 3 月 11 日-2021 年 3 月 10 日) の地震発生率の時空間変化を明らかにした。最近の地震活動は、大滑り域で本震前よりも顕著に低下しており、それを取り囲む青森東方沖～房総半島沖で高い状態が続いている。大滑り域における余震活動は約 2-3 年程度で終息し、その後は東北沖地震前よりも静穏化*している。周辺部における地震活動の活発化は、今後少なくとも 20-30 年は継続するとみられる。この時空間変化は、摩擦状態の非線形特性を考慮した応力伝播モデルで上手く説明でき、大滑り域での地震活動静穏化は百年以上継続する可能性が高い。またこの傾向は、スケ

ールダウンすると M8 や M7 地震後の地震活動推移にも当てはまり、地震の空白域や地震活動の時空間変化を評価するうえで重要である。同様の視点で熊本地震前後の地震活動変化を調べた結果、断層面上の余震活動は約 7 年で元に戻るのに対し、断層面外の余震活動は 20 年以上にもおよぶことがわかった [DPRI_05]。

繰り返し地震の周期性に加え、2011 年東北沖地震後の応力蓄積率の時空間変化を考慮したモデルを作成し、2020 年四半期毎の繰り返し地震の予測実験を行ったところ、ポアソン過程*に比べて優れた予測性能が示された [THK_09]。

2021 年 3 月に宮城県沖で発生した Mw7.0 のプレート境界型の地震が、Mw5-6 の準繰り返し地震の震源域から開始したこと、さらに Mw5-6 の準繰り返し地震の震源域内部には更に小さい繰り返し地震が複数発生していたことが明らかとなり、震源域の階層性*に関する知見が得られ、地震発生予測に向けて震源域の構造に関する理解が深まった [THK_09]。

(3) 先行現象に基づく地震発生の確率予測

過去の地震活動からの時空間距離と活断層からの空間距離をもとに大地震発生確率を評価する手法を中国の四川-雲南地方の地震活動に適用し、M6 以上の地震 14 個の予測性能を調べたところ、ランダム予測よりは優れた予測結果を示した [ERI_13]。

任意の地震群内にあるイベントのマグニチュード差や時空間的距離に着目する前震識別モデルを、ニューラルネットワークやランダムフォレストなどの様々な機械学習*手法で作成し、アンサンブル学習を導入して複数の特徴量を学ぶことで、従来の前震識別手法に比べて精度を少し向上させることができた。また、前震活動のメカニズムに関する研究や地殻流体や電磁気的な先行現象に注目した研究も実施した [ERI_13]。

(4) 中長期的な火山活動の評価

ア. 火山噴火の長期活動の評価

富士山星山期（約10万～1万7000年前）の岩屑なだれ堆積物に含まれる火山礫*の斑晶鉱物組合せや斑晶量、石基組織の分析から、複数の溶岩流を含む山体が崩壊したことや、星山期におけるマグマが多様であったことを示した。また、富士山北麓～東麓のテフラ層の分析から、約4000年前以降の比較的規模の大きなテフラの層序を確立した。さらに、富士山に関する学術文献収集の分類・リスト化、地質情報を地理情報システム（GIS）への組み込み、噴出物データベース作成を進めた [MFR1_01]。伊豆大島の山頂からの大規模噴火（準プリニー式噴火*）では時間とともに斜長石斑晶に富むようになり、より爆発的な活動に遷移するというパターンがある。これを大規模噴火に遷移するかどうかの判断基準を事象系統樹に組み入れ、改訂版伊豆大島噴火シナリオ*を提案した（前野・池永，2023） [ERI_03]。また、桜島の大規模軽石噴火の噴出物の層序・分布・噴出物の解析から長期的な噴火活動の推移とそのメカニズムを明らかにした（Nishihara et al., 2022） [AIST10]。

イ. モニタリングによる火山活動の評価

火山活動を観測データから評価するための火山活発化指数 (VUI)*について、吾妻山では各種データにおける量や活発化を示す基準を記載するワークシートの作成を終えた。阿蘇山ではワークシートの作成を継続し、草津白根山では作成方針を策定した^[HKD_04, KUS_02]。霧島山の硫黄山2018年小規模水蒸気噴火と2021年噴騰現象に伴って観測された地電位変化の発生モデルを提示した (Aizawa et al., 2022)^[HDK_04]。阿蘇山において実施した相対重力測定の数値に対してスケールファクター補正を施すことにより、高精度の重力変化量を求め、火口周辺域での陸水あるいは熱水の影響と思われる年周変化を捉えた (若林・他, 2023)^[KUS_02]。多成分火山ガス連続観測装置のセンサー感度変化を室内実験により調べ、リアルタイムで補正する手法を開発した (北川・他, 2022)^[JMA_05]。国内外の歴史記録にある大規模噴火の噴火推移を収録した「噴火推移データベース」ならびに、日本で発生した火山噴火の噴出物の大部分を網羅した「火山灰データベース」を公開した^[AIST10]。

(5) 火山活動推移モデルの構築による火山噴火予測

桜島火山の総合的な観測研究を進め、最近1年間は、地殻変動の傾向や起震応力場に時間変化が見られずマグマ供給率はほぼ一定である一方、桜島直下の圧力源は減圧傾向を示し脱ガスが継続していると推察した。この間、2023年2月8日の約5年ぶりに発生した昭和火口での噴火では、噴火に前駆してハーモニック微動と昭和火口の白色噴煙が観測されたことから、微動や噴気現象に着目することで活動火口の分岐を理解・予測できる可能性が示された^[DPRI07]。国内火山を対象とした火山観測データ解析や噴出物分析及び理論的研究をもとに、火山活動推移のモデル構築や火山活動・噴火現象の分岐判断指標に関する研究成果について発表と意見交換を行い、共通点および相違点についての議論を進めた^[THK_11]。蔵王山の約800年前以降の噴火活動について水蒸気噴火、水蒸気噴火から小規模マグマ噴火*、そして準プリニー式噴火後小規模マグマ噴火となる3ケースについて堆積物の解析から相違点および類似点を抽出し、噴火事象分岐*の要因を検討した (Ban et al., 2022; Sato et al., 2022)^[KOB028]。

3-3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(1) 地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化

ア. 強震動*の事前評価手法

強震動の事前評価手法を高度化するため、震源のモデル化手法の高度化やそれに資する知見を得るための実地震の震源過程*の分析、震源から地表までの地下構造のモデル化、震源や地下構造との関連における強震動の生成メカニズムの分析、地震波伝播シミュレーション手法の高度化を引き続き行った。

既往の震源断層モデル*の特徴を調べるため、国内の地震で強震波形記録が使用されている震源インバージョン*を対象に、地殻内地震、プレート境界地震、全ての地震について、方向統計学の方法に基づき、滑り角の平均が概ね 20° 、標準偏差が 5° であることを求めた。 [DPRI09]。

地震波形解析と地震波伝播シミュレーションから、琉球海溝沿いで発生するスラブ内地震について、沈み込む太平洋プレート上面でのS波反射が、中部日本で帯状の強い揺れを起こすことを確認した。これまでトモグラフィ解析においては、この深さでの太平洋スラブの高速異常が認められず、スラブの断裂または薄化の可能性が議論されてきたが、太平洋スラブからの明瞭なS反射波が存在することから、スラブは完全には消失(断裂)していないと考えられる [ERI_14]。

野外調査による詳細な地表地震断層*をモデル化して強震動計算に反映させることで強震動ハザード評価の高度化に資するため、断層近傍の地震動について検討を行った。屏風山・恵那山断層を対象として、詳細な地形データにもとづく活断層トレースデータの作成と、それにもとづく活断層周辺の詳細な地盤構造モデルを断層モデルに反映させ、強震動計算に組み込むためのツール整備を行った。またその強震動予測の試算を実施した [NGY_05]。

大阪堆積盆地3次元地盤構造モデルの高度化の一環として、新たなデータを用いた地質構造モデルの改良と、堆積層のQ値*モデルの再検討を行った。浅層ボーリングデータの追加により、小さい空間スケールの変化をモデル化することに成功した。堆積層のQ値モデルの再検討では、大阪平野の平均的な振幅比を用いて合成波形のエンベロープを補正し、観測との比較により最適なQ値を得た [DPRI08]。

能登半島北部では、2022年6月19日に発生した $M_{\text{JMA}}5.4$ の地震で震度6弱を記録したK-NET*正院(ISK002)の水平動の卓越周波数*は約1 Hzであった。当該サイトにおいて微動アレイ*探査を実施し、浅部地盤構造を推定すると、工学的基盤面相当以浅の浅部地盤構造モデルによりこのサイトが約1 Hzの卓越周波数を持つことが明らかになった [DPRI09]。

震源過程および強震動予測について、プレート間巨大地震の強震動生成域に対する距離減衰の特徴をまとめた。震源像を推定するために、断層面におけるP波の反射・透過係数の違いから、摩擦強度を推定するための理論研究を拡張し、SH波が任意の角度でプレート境

界に入射して反射する時に観測される反射波の振幅変化から、摩擦強度の推定をした。また、時刻歴発展問題を対象として、シミュレーション内で生成される過去時間ステップにおける解析結果を学習することで、解析効率を高めるアルゴリズム*を開発し、地殻の粘弾性応答解析へ適用した。高詳細な実地殻構造モデルを用いた有限要素法*による地殻変動の順解析が本手法により効率化されることを確認した^[CTOC01]。各種模型振動実験で用いられることの多い豊浦標準砂を対象に、傾斜地盤における初期応力状態を再現するため、圧密後に排水条件で初期せん断を載荷し、液状化*試験（非排水繰返しせん断試験）を実施したところ、初期せん断の影響により液状化発生回数が相対的に小さくなる傾向が示された。また水平2方向の入力地震動を与えた振動台実験の結果、1方向入力よりも2方向入力とした場合の方が、液状化の度合いが大きくなることが確認された。地盤・構造物（杭）系の模型振動実験に対して数値シミュレーションを実施し、その結果から妥当とされる地盤の構成モデル、および地盤と杭間の相互作用のモデル化手法を導入した2次元解析を実施すると、斜面下に向かって最も遠くに位置する杭が流動する地盤から最も大きな応力を受けることを明らかにした。一方、3次元解析からは杭の破壊位置と破壊の種類を決定するのは、慣性力の大きさであることを示した^[CTOC20]。

既往の文献調査に加え古文書の調査などに基づき、1894年（明治27年）庄内地震の被害について調査した。1894年庄内地震の被害と地震動およびそれに大きな影響を与える基盤構造との関係を調査するためには、庄内平野東縁部のみならず、盆地全体の基盤構造を詳細に調査する必要があることがわかった。また、1830年文政京都地震の震央は京都盆地北西端付近と推定されているが、建物・人的被害は京都盆地東縁部に沿って南北に被害が集中していた。その原因を検討するために盆地端部構造との関係について調査した結果、盆地境界の直上ではなく盆地端部から数百m西に離れた地域に盆地境界に沿って被害地域が続いていることがわかった。京都盆地東縁端部を模した単純な基盤構造モデルによる地盤増幅特性*のシミュレーションでは、建物被害に大きな影響を与える周期1秒前後の地震動の増幅が盆地端部より西側に数百m離れた場所で最も大きくなることを示した。このことから、1830年文政京都地震の際の被害の集中は、盆地端部におけるエッジ効果*によるものと推察された^[CTOC35]。

熊本平野での強震動のブライントテストの結果について詳しく調べたところ、微動及び表面波*探査の観測データの分析とS波速度モデルの推定において、複数の参加者による位相速度の推定結果は類似するが、S波速度構造モデルは大きく異なることがわかった。この事例は、速度構造モデル推定時の合理的な仮定の設定に関するコンセンサスの必要性を強く示している^[CTOC37]。

2003年十勝沖地震によるKiK-net*厚真の強震記録*を、開発した実大1層縮約試験体に入力した振動実験を行った。解析的な結果が確認され、得られた変形角と第一層の地震層せん断力係数（ベースシア係数）の関係から、最大変形角は1/10近くに達し、内外装材が剥落後、両筋交が座屈して全壊に至り、非常に大きな被害となることがわかった^[CTOC40]。

イ. 津波の事前評価手法

2018年アナク・クラカタウ島火山噴火（インドネシア）では、地すべりにより津波が発生しジャワ島西岸からスマトラ島東岸に津波が押し寄せ被害をおよぼした。このような火山島の地すべりによる津波の即時予測手法の開発を行った。具体的には、地すべりが終了した時点でブシネスクモデル*に切り替えて津波計算を実施する枠組みを構築した。さらに、周辺の諸島の仮想観測点で津波波形が得られるものとして、ジャワ島西岸やスマトラ島東岸での津波を予測する手法を開発した。仮想観測点での波形と3地域での津波（波高・速度分布）をデータベース化すると共に、データベースにない方向への地すべりによる津波が予測可能かどうかを検証した結果、高い精度で予測できることが明らかになった^[HKD_05]

津波増幅率について、高速で簡便に沿岸域の津波水位を求めるため、メキシコ太平洋側で発生する海溝型地震を対象に地形の効果による津波の増幅率を推定し、波源の情報を表すパラメータと当該地点での津波の増幅率を表す回帰係数への分離が可能となった。この津波増幅率は、波源の特性に依存しない周辺地域との相対的な津波ハザードの大きさを表す指標として有用であることが示唆された。また、南海・東南海地震想定域で多数の地震津波シナリオ*にもとづいた津波計算を行い、駿河湾内部およびその周辺沿岸域の地形による津波の周波数応答特性を求め多数のシナリオによる結果から、津波伝播過程でのそれぞれのスケールに対応した卓越周期が抽出された。また、抽出した応答関数は単純化した地形条件での理論的な共振周期と一致し、本手法の妥当性が示された^[CTOC22]。

ウ. 大地震による災害リスク評価手法

広帯域地震動プラットフォームの構築に関する国際共同研究を行った。米国南カリフォルニア大学に本部を置く南カリフォルニア地震センターにおける、断層面と地下構造モデル*を入力情報として、複数の強震動予測手法に基づく検証を行う広帯域地震動プラットフォームに対して、日本で開発された強震動予測手法を実装し、国際展開を図った^[ERI_16]。

北海道庁の地震防災対策における減災目標策定に関するワーキンググループと連携し、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震における津波及び地震動による北海道の地域特性を反映したハザード評価および物的ならびに経済リスクの地震被害想定をおこなった。津波避難のリスク評価*結果を避難行動に反映させるために、市町村と共同で防災教育を実践し、自動車避難での課題把握、住民と避難に関する課題認識を把握・共有した^[HR0_02]。

構造物被害予測の高度化のために、フラジリティ曲線*の高度化と、地震被害発生時に即座に建物・インフラ施設の被災度を判定する技術の概要を調査するとともに、これまでに蓄積された膨大な地震被害写真を機械学習させる被害判定システムの構築を試みた。リスク評価の高度化のためには、対象となるエクスポージャ情報*の精密化が必要不可欠であり、地上設置型3Dスキャナにて取得した高密度点群による高精度な建物3D形状推定や赤外線カメラを用いた壁内の筋交い位置推定の可能性を検討した。様々な地震動想定を表示可能と

する防災リスク情報のためのシステム構築を継続しており、今年度は地表における内閣府の南海トラフ地震動想定で評価を行った。前年度の成果にもとづき改良したシステムを用い自治体職員に対するヒアリングを実施し、災害シナリオの多様性があることの理解を深めるための方策を検討した。また、地盤物性の空間的不均質性を考慮した有効応力解析により、液状化に伴う直接基礎建物の沈下・傾斜評価においては地盤物性の空間的不均質性の影響が無視できず、振動後の過剰間隙水圧の消散過程が地点により異なるため、建物の不同沈下や傾斜といった被害が誘発されることがわかった〔CTOC01〕。

近年のフラジリティ曲線の検討例とともに、地震被害ではなく非線形地震応答解析を援用したフラジリティ曲線の作成方法の開発についてもその可能性を検討した。また、目視調査に代わる新たな被害把握の方法として、①衛星画像を用いた広域の被害把握、②ドローンなどの飛行体を用いた地域の被害把握、および③センサーを用いた構造物の被害把握の3つの新技術に着目し、その概要と実現可能性について調査を行った。災害対応策として採用するためにはその精度評価が重要となるため、特に精度に関する情報の整理を行った〔CTOC21〕。

確率論的地震リスク評価について、地震火災を含めた手法に拡張し、京都市上京区の木造密集市街地を対象に様々な不確実性を考慮した地震動と火災のマルチハザードリスク評価を実施した。地震動と火災の複合効果を考慮した損失超過確率曲線*は、超過確率が高い領域では地震動だけを考慮した時の曲線に、超過確率が低い領域では地震火災だけを考慮した時の曲線に支配され、超過確率が中位の領域では両方の曲線に大きく依存する(図7)。すなわち、地震動だけを考慮した従来のシングルハザードのリスク評価では、損失の超過確率が過小評価され、特に、頻繁には起こらないものの地震後の火災が地域に壊滅的なインパクトを及ぼし得る点が見落とされることになることがわかった。この結果は、マルチハザードリスク評価の重要性を強調している。一方、地震と洪水による複合災害の事例として、1830年8月19日(文政十三年七月二日)に発生した京都盆地北西部付近を震源とする地震による被害を調査した。京都盆地南部の巨椋池周辺の堤防に亀裂や堤体の沈下が発生し、これらの地域は地震発生の半月後に豪雨に見舞われ、堤防が決壊して宇治川が流れを変え巨椋池に流れ込む状況となったことがわかった〔CTOC32〕。

1923年関東地震の木造建物被害率に基づく震源破壊プロセスの解明をするために、計算対象となる強震動評価地点を決定し、その計算地点中で大被害地域内にある各地点において微動観測を行い微動の水平上下スペクトル比(MHVR)を計算した。当該地点でのサイト増幅特性を求めたところ、この地点では卓越振動数が1 Hz付近にあり、その増幅度も大きいことから、大被害の発生に当該サイト特有のサイト増幅特性が寄与していたものと考えられる〔CTOC39〕。

地震動と火災のマルチハザードリスク評価

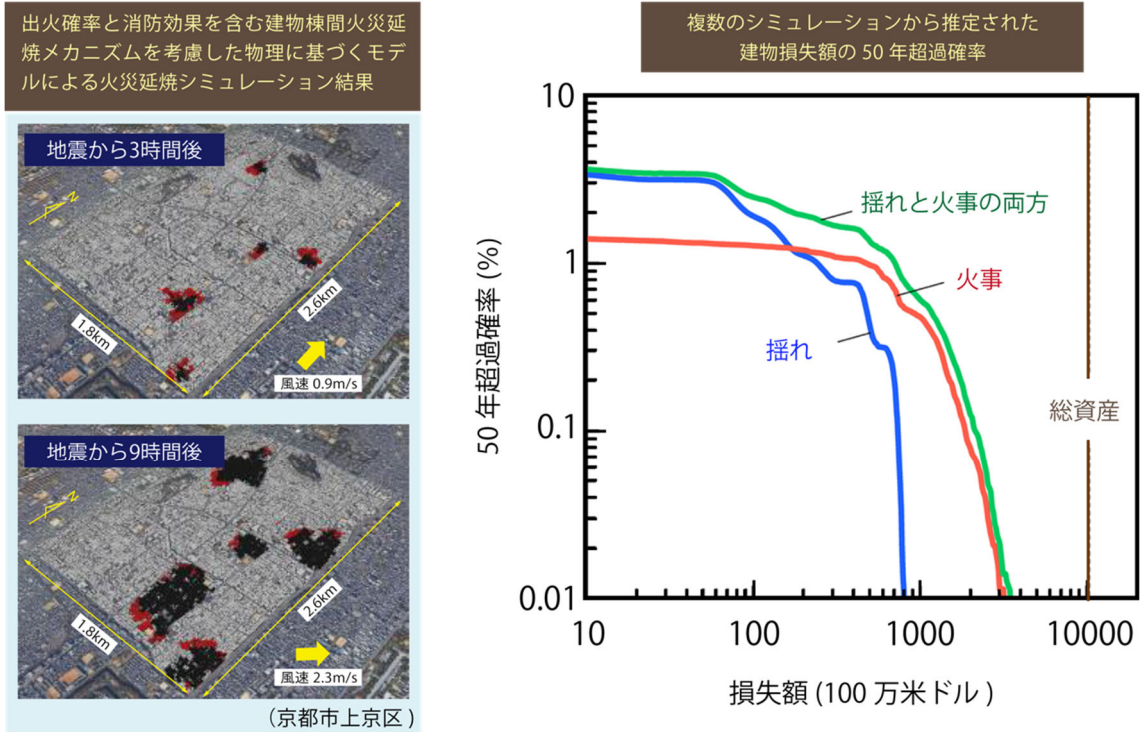


図7. 地震動と火災のマルチハザードリスク評価。(左) 経験的出火予測式による予測地震動強さに対応した出火確率と消防効果を含む建物棟間火災延焼メカニズムを考慮した物理に基づくモデルによる火災延焼シミュレーション結果。灰色、赤、黒の立体物は、それぞれ燃えていない建物、燃えている建物、焼けた建物を表す。(右) 青線は地震動だけ、赤色は地震火災だけ、緑線は地震動と地震火災を考慮したときの建物損失額の50年超過確率*。総資産は、対象地域全体での建物構造別の延床面積から算定される建物価値の合計 (Nishino, 2023に加筆修正)。

エ. 地震動や火山活動による斜面崩壊の事前評価手法

四国山地中央部の地震と関係する深層崩壊地およびその周辺環境の検討調査を継続し、重力斜面変形によって、斜面の伸長、亀裂の開口が発生し、深層崩壊の準備段階が形成されるという共通の性質を持つ崩壊地が、(1) 泥質片岩または珪質片岩であること、(2) 褶曲作用に伴う軸面劈開*が発達している場所であること、(3) 河川の攻撃斜面または谷の遷急点付近で特徴付けられることを明らかにした。また、深層崩壊地の1つである高知県大豊町のトウジ山斜面において、前年度観測された斜面における地震動の増幅の成因を明らかにするため、崩壊物の厚みと弾性波速度を推定した結果、崩壊物が徐動性の地すべり*を呈する地点における地震動の増幅特性は崩壊物内における地震波の多重反射で説明できることを明らかにした [DPRI10]。

斜面内部の地震動の不均質性の有無を観測から明らかにするため、ブロック化が進行した北海道釧路町の地すべりにおいて稠密地震観測を実施し、斜面内部の変形が示唆される結果が得られた。同結果は、斜面内部での地震波の伝播特性を抽出することで、斜面安定計算の高度化を実現できることを示唆する [DPRI10]。

宮城県栗原市でのモニタリングを継続し、荒砥沢の地すべりモニタリング結果を栗原市が運営する栗駒山麓ジオパークビジターセンターでリアルタイム公開を開始した [IRID03]。

高速道路、新幹線などの社会インフラが集中する地域で、土砂災害予測基本図と既往のCS立体図*、また現在の技術で作成され公開されている土砂災害ハザードマップ*との比較から、現状のハザードマップでは被害予測には不十分でありCS立体図も個別の現象予測には情報不足であることを明らかにした [CTOC01]。

土砂災害の端緒となる土砂移動を起こす箇所を土砂災害予測基本図をもとに特定する手法をいくつかの災害事例に適用した結果、豪雨と地震と外力が異なっても、現象の端緒となる箇所には共通する地形的特徴があることが判明した [CTOC31]。

変位が継続している徳島県三好市西井川の地すべり地において、末端、地すべり土塊*内部、その隣接する谷部、谷部の地下水位の高い部位で、長周期速度計により地震に対する応答の比較観測を実施し、地すべり土塊の特徴的な地形を有する地点の地震波への応答を比較し、各部位の地震に対する危険度の評価をおこなった [CTOC26]。

富山県立山カルデラの大鳶池や大鳶小池は1858年飛越地震時の鳶崩れ（山体崩壊）発生時に形成されたものではなく、これに先立つこと少なくとも8000年以上前に開始した山体重力変形によって形成され、その後長い準備期間を経たのちに鳶崩れにいたったことが明らかとなった。また、跡津川断層の活動のたびに大鳶山の山体重力変形が間欠的に進行したのち、ついに1858年の飛越地震時に大規模崩壊にいたった可能性があることを示した [CTOC33]。

オ. 火山噴火による災害誘因の事前評価手法

火砕流の発生予測に関して、地盤変動*、火山性地震*、空気振動、火山ガス、映像等の観測データを収集し、火砕流発生に関わる物理パラメータを明らかにした。具体的には、噴火直前に見られる地盤変動の膨張継続時間、前駆地震の発生頻度と振幅の増加から火砕流の発生危険度のリアルタイム予測の検討を行い、火砕流の発生危険度判定ロジックを構築した [DPRI11]。

（２）地震・火山噴火の災害誘因の即時予測手法の高度化

ア. 地震動の即時予測手法

震源域近傍での強震観測波形から、遠地の平野での長周期地震動*の波形を予測する深層学習モデルを構築した。2011年東北沖地震とそれ以降に発生した多数の地震の地震波形を予測したところ、1) 応答スペクトル、2) 弾性エネルギー積算量、3) 地震動継続時間、

4) 波形エンベロープ相関係数の4つの評価指標において、いずれも四分位範囲が0.5~2倍に収まることを確認した。また、地震波伝播シミュレーションオープンコードOpen SWPCの機能拡張を進め、最新コード(Ver 5.3.0)を2023年2月にGitHubにおいて公開した[ERI_14]。

鳥取県内の計測震度観測点からリアルタイム震度と最大加速度値を受信し、PLUM法*に震度の距離減衰と全予測点を2次震源とする改良を加え、P波振幅による震度予測を加えて県内のリアルタイム震度をWebベースで県庁と共有した[TTR_01]。

地震波動の伝播方向や伝播速度を地震動の実況把握に活用するため、Wave gradiometry法*の利用を検討した。予備解析の結果、観測点が多く存在する関東地方では長周期地震動の伝播方向や伝播速度が即時的に推定できる可能性があることが明らかになった。深層学習によって、単独観測点の地震波形から地震波動の伝播方向の観測情報を得る手法の開発を行った。開発した手法によって、連続して地震が発生するケースでもP波検測をせずに波形の形状から直接伝播方向を推定可能であることがわかった。地震波の逆伝播を用いた震度分布の事後推定手法の開発を進め、逆伝播時にも観測地震動を同化*することにより、観測値が得られなかった領域でもある程度地震動分布が復元できる見通しを得た[JMA_06]。

建物の図面が現存していない、1970年代以前に竣工されたL字型平面を有する低層RC造*病院建物を対象に、モード情報を踏まえた振動解析により建物各部の詳細な応答を予測した。また、地盤モデルを考慮した数値解析モデルの構築方法を検討した。病院建物を観測対象とし、構築した解析モデルを用いて、拠点となる建物の強震記録から対象地域の地表面地震動の評価方法を検討した[CTOC23]。

西南日本で発生した再活動型大規模地すべり地において、6台の地震計により連続地震動観測、ほぼ全体をカバーするような稠密微動観測、高精度表面波探査及び電気探査などを行った結果、大規模地すべりにおける地震動特性を推測する場合には、斜面の地質特性と地形特性による影響を別々に考える必要があることを明らかにした。また、貞享安芸・伊予地震(1686)、安政東海・南海地震(1854)、安政安芸・伊予地震(1857)と関係しているとされる大規模崩壊が発生した地域(徳島県大歩危南方地域)を調査し、その地形・地質条件をまとめた。その結果、調査した崩壊地では断層、節理、劈開などの不連続面構造が存在する場合に、そこが分離面または滑り面となることが示された[CTOC36]。

イ. 津波の即時予測手法

アジョイント方程式に基づく新たな波動場現況推定手法の定式化ならびに数値実験による精度検証を実施した。現在時刻を含む一定時間幅の間の観測と予測の残差を最小にするという目的関数を持ち、有限の時間区間内で仮定する波動方程式(浅水波方程式)にもっとも適合するような波動場を推定する新しい手法を開発した[HRS_02]。

リアルタイムGNSS*による震源断層即時推定における不確実性の定量評価をマルコフ連鎖モンテカルロ(MCMC)法*で行うための技術開発、および同技術の国土地理院リアルタイ

ム地殻変動監視システム (REGARD) *への技術移転を継続して進めた。観測網が十分に断層面をカバーしている場合、断層すべりの制約として用いた自己相関関数について相関距離を正しくかつその誤差の幅とともに推定できることを初めて実証した。また、MCMC法を用いた1枚矩形断層推定では、2022年福島県沖の地震に対し、断層モデルを自動推定することに成功した。同アルゴリズムは今後REGARD内の1枚矩形断層推定のメインアルゴリズムとして実装・運用されることが予定されている [THK_12]。

2016年福島県沖の地震津波について、長時間津波伝播計算を行い、近地の沿岸での津波減衰過程の再現度を調べた。その結果、再現度は地点ごとに異なること、観測値と計算値の差は波源推定誤差の影響を上回り、沿岸域パラメータ等の伝播過程の表現方法に改善の余地があることを示した。また同地震において、小名浜の検潮所で観測された津波第一波の波形に着目し、津波伝播計算におけるエネルギー散逸について調べた。その結果、津波伝播過程における非線形性の1つである移流*の計算で生じる数値散逸が、現実の物理散逸の代替を担い、観測波形の再現に寄与している可能性があることを示した。さらに、2022年のフンガ・トンガフンガ・ハアパイ火山の噴火に伴う水位変動について、日本の沖合水圧計観測網の観測データを用いて火山カルデラの空間スケールを持つ固体地球現象に伴う津波の規模を概算したところ、日本へ到来した津波全体に占める割合としては大きくないことを示した [JMA_06]。

ウ. 火山噴出物による災害誘因の即時予測手法

火山泥流*を対象として、水路実験によって粘着力の強さが泥流の流動特性に与える影響を検討するとともに、粘着性を考慮した泥流の数値シミュレーションモデルを構築し、泥流中の固体材料の粘着性が泥流の流動特性に与える影響について検討を行った。その結果、粘着力の増加によって溪床が浸食されにくくなり、土石流*・泥流はあまり発達せず、非粘着性材料の場合と比較して斜面勾配が急な場所で土石流・泥流が停止することがわかった [DPRI12]。

二重偏波気象レーダー等による噴煙の観測結果から、噴煙に含まれる火山灰等の分布を定量的に推定する手法の開発を行った。また、二重偏波化された一般気象レーダー（福岡）のデータを用いて、2021年阿蘇山噴火の解析を行った。その結果、10月14日・20日の噴火は共に水物質の寄与が大きかったが、20日の噴火の方が噴煙内部の火砕物*の量が多いことがわかった。2021年福德岡ノ場噴火と2022年トンガ海底火山噴火について、気象衛星ひまわりの画像解析を行った。衛星視差の影響による傘型噴煙の位置ズレが傘型噴煙の面積・半径の解析に与える影響については、衛星天頂角が極度に開いていない限り、無視できることを示した。大気との相互作用や各種保存則など火山噴煙の力学を考慮した1次元噴煙モデルの開発を進め、本モデルの性質調査を行って、現実の噴煙でみられる特徴を再現していることを確認した [JMA_07]。

(3) 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

地震波形・GNSS・傾斜計等のデータを即時解析して震源や地盤変動源を表示するシステムの構築のために、参照サーバ側の立ち上げ作業をより簡便する目的で、サーバへの表示データ保存に関するソフトウェアの整備を進めた。また、ソフトウェアの開発・配布環境の構築試験のために、Gitサーバの運用テストを開始した。表示コンテンツのひとつとして、茂木+ダイク*の圧力源をMCMCでリアルタイム推定するプログラムの開発を継続した^[HKD_06]。

地震災害に関する住民調査を前提に、地震災害・火山災害の発生確率、被害想定、関連する災害情報（火災情報や降灰情報）などの住民の受け止め方に関する詳細な解析を行った。内閣府（2013）が公表した被害想定をもとに、4日間にわたって放送されたドラマ「パラレル東京」の前後で行った、縦断型のアンケート調査結果を解析した。調査の結果、まず「パラレル東京」を視聴したことの効果として、考えられるいくつかのリスク事象について、番組視聴前よりも自分が被害に巻き込まれると思う確率が上がった。さらに3か月が経過しても、4つの事象は「恐ろしさ」因子が高く、被害想定情報は、元々リスクイメージとして感情的に恐ろしいと考えられていた事象を刺激したということがわかった^[III_01]。

M8クラス以上（半割れ*）およびM7クラス（一部割れ）の地震発生後に後発するM8以上の地震の発生確率計算結果に関して、南海トラフにおける地震発生履歴を考慮し、一日以内、一週間以内、三年以内の後発地震発生確率を評価した（図8）。また半割れ地震発生後の後発地震による津波リスクマップ作成手法の開発も実施し、成果の想定利用者との意見交換会も実施しながら、後発地震の発生確率評価や津波リスクマップの表現方法を検討した^[IRID04]。

地表面における地震波速度を用いて地震動シミュレーション結果のばらつきについての評価を行っている。内閣府が公表している地震動推定結果は、地表面では震度で示され、速度については工学的基盤の強震波形のみが公開されている。そのため、内閣府のシミュレーション結果を、地表面での最大速度に変換する作業を昨年度から実施している。第一段階として観測上の最大値である約240 cm/sを地表最大速度（PGV）の上限値として、内閣府による地震動シミュレーション結果の変換を行った。さらに検討を進め、既往の表層地盤*モデルを用いて南海トラフ巨大地震に対して地震応答解析を実施し、新たな最大地表速度分布を得た^[CTOC30]。

大量軽石火山灰降下の被害の恐れがある鹿児島市街地の八幡校区の住民を対象に令和3年度に引き続きワークショップを6月と10月に実施した。6月には、同校区の広域避難先に指定されている南さつま市の現地視察を行った。その結果、参加者は都市部の住民を受け入れるだけの収容能力が不足していることを明確に認識するに至った。10月には参加者に事前に避難するか、自宅にとどまるかの意思決定をしてもらい、その判断のもとで懸念される事項について考える機会とした。興味深いことに、昨年度のワークショップ終了時点では「事前避難」の選択が多数派だったが、6月の現地視察後は「自宅にとどまる」との選択が多数派となった。言うまでもなく、これは正しい答えがあるような問題ではない。しかし、こう

した思索を通じて、住民、研究者が状況改善の糸口を見いだすことが可能となる [CTOC34]。

火山災害誘因（ハザード）について住民の認知度を調べるための標準的な調査項目として、1. 火山現象の特性の理解、2. 対象とする火山が噴火した場合に発生する各噴火現象の理解、3. 溶岩流、火砕流、融雪型火山泥流・土石流の移動速度の理解、4. 避難等に係る用語の認知、5. 各噴火現象と居住地域への影響の認識、6. 避難先や移動方法、を設定した。常時観測火山の近くに立地する9道県15市町村を対象として、作成した調査票の質問項目をもとにオンライン調査を実施し、各地域住民の火山災害に関する意識を明らかにするとともに、設計した調査票の有効性について検討した。今後詳細な分析が必要だが、設計した調査票は火山に関する標準的な質問紙として機能すること、本調査票を用いることにより地域間の火山に関する住民意識の比較が可能であることが確認された [CTOC38]。

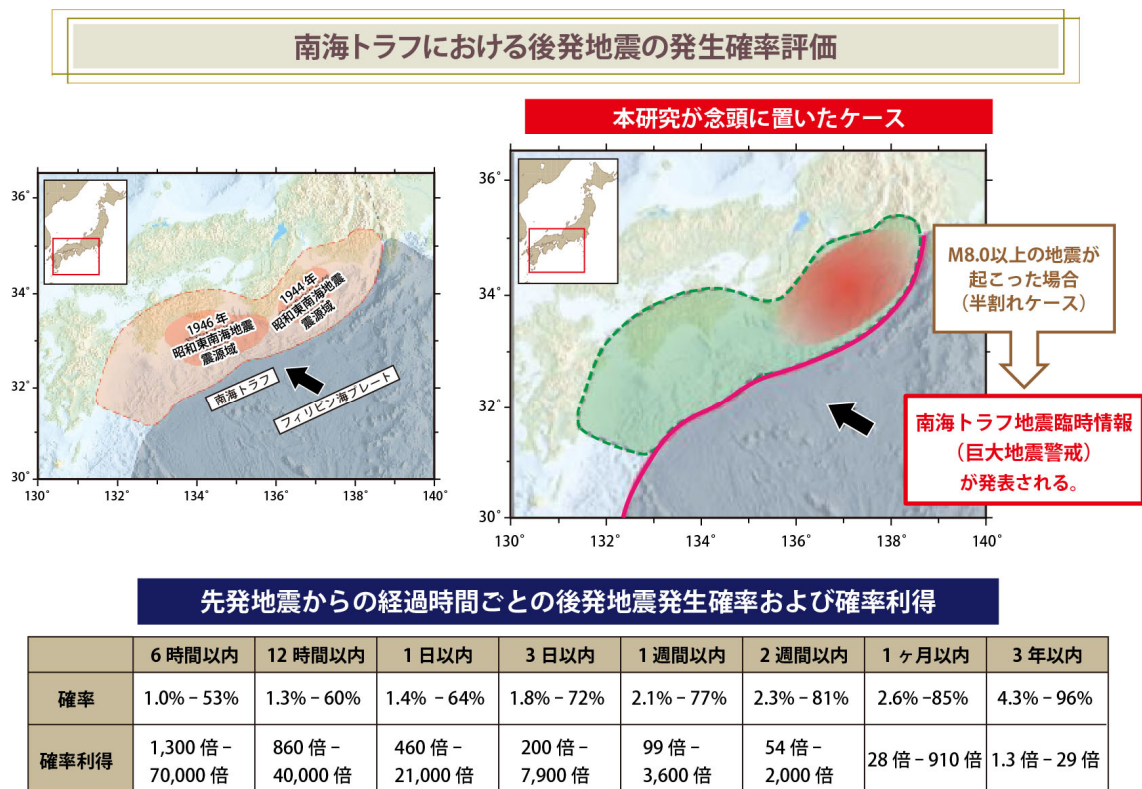


図8. 南海トラフにおける後発地震の発生確率評価。M8クラス以上（半割れ）およびM7クラス（一部割れ）の地震発生後に後発する地震の発生確率を、南海トラフにおける地震発生履歴を考慮し、評価を行った。例えば、M8クラス以上の地震発生から1週間以内に、M8以上の後発地震が発生する確率は約2%~77%、平時の約100~3,600倍と算出される（Fukuhima et al., 2023に加筆）。

3-4 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究

(1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明

地震・火山噴火災害の発生機構を理解するためには、災害事象を、それが生じる場所や地域の歴史的・地理的・社会的特性と関連づけ、記録の信頼性も踏まえて分析することが重要である。近世初期の蝦夷地（北海道）に関係する史料は限られるが、1640年北海道駒ヶ岳噴火の関係史料を書誌学的に整理し、火山学の知見と照らし合わせながら内容を精査した。その結果、ブラストや火砕流など、噴火中に起きた高温の流れ現象を示す史料が確認され、降灰で暗くなった時間や降灰の範囲など、従来の理解とは異なる噴火当時の状況や認識が判明した^[UTH_02]。津波災害はとりわけ地形環境とその変化に大きく影響を受ける。岩手県宮古市を対象として、幕末・明治の絵図史料や旧版地形図により当時の地形を復元し、山奈宗真『岩手県沿岸大海嘯*部落見取絵図（丙）』により1896年明治三陸地震津波の浸水範囲や家屋や道路の配置情報を可視化した。その結果、2011年東北沖地震の津波浸水範囲は、1896年のそれに含まれない市街地を多く含み、それらは戦後から高度経済成長期に拡大した市街地部分に当たることが明らかになった^[TRID05]。

2007年新潟県中越沖地震における柏崎市の生活再建に関する相談データ（主として仮設住宅入居者）の共起ネットワーク*分析から、被災者自身の抱える生活再建上の課題を抽出した結果、被災者の再建を推進する上で住宅再建の方法や方針についての情報を提示する必要性が明らかになった。また、住家被害認定調査や罹災証明発行業務において「行政職員が学ぶべき知識」の体系化と行政職員向けの効果的な教育プログラムの構築を進めてきた。2022年3月の福島県沖地震では、被災地の新地町に、本プログラムを受講した応援体制「チームにいがた」が派遣され、3週間弱で約5500棟の調査が効率的に遂行できた。図9は1年前の災害時の新地町職員による調査と本事例の調査件数の日次推移の比較である。調査の開始も早く、日別調査件数も多く、現場において効率的に調査ができたことが確認された^[TYM_03]。南海トラフ地震で被害が想定される尼崎市内の中小企業の災害対策の実情を把握するために、質問紙調査（無作為に抽出、回答者数754）を行った。その結果、被災によって事業活動中断に至る事由としては、建物（事業拠点）損傷やライフラインの寸断、従業員の被災や通勤困難と考えている企業が多い。また、災害誘因予測の精緻化に伴い、企業の立地を分散してリスクを低下させる施策の可能性が示唆されるにもかかわらず、主として資金面の課題により多くの企業が現在の立地場所での事業継続しか考慮していない状況が明らかになった^[HGY_02]。南海トラフ地震により甚大な津波被害が予測され、新想定によって津波浸水想定*地域からの人口転出が顕著になった高知市において、小地域統計データを分析し、災害リスクを逃れるための人口・事業所の移転が階層的格差と関連し、災害に脆弱な零細事業所、高齢層、借家層の偏在が進んだことを明らかにした。防災リテラシーにとって重要である科学知が脱文脈化し、予期しないネガティブな社会的影響をもたらすことがあり、防災

リテラシーを生活構造や災害文化、土地利用といったローカルの文脈と関連づけてとらえる必要性を指摘した [NGY_06]。

地震・津波・火山噴火に関する地域の災害特性や過去の災害履歴等の把握に資するデータベースの整理を進めることは、地域の特性や災害リスクの認知、防災リテラシーの向上につながる。シナリオベースの長期間平均ハザードを評価するためのモデル構築を進めるとともに、2022年起点の確率論的地震動予測地図を地震ハザードステーション (J-SHIS) *より NIED 作成版として公開し、応答スペクトルに関する地震動ハザード評価 (試作版) が地震本部より公表された。千島海溝・日本海溝・相模トラフ・南海トラフ沿いで発生する地震を対象に、4 海域を統合した確率論的津波ハザードを試算した [NIED04]。気象庁の発表する防災情報の改善や高度化に係る知見・成果を共有し、長周期地震動に関する観測情報のオンライン配信や推計震度分布図を 250 m メッシュに高解像度化するなどの情報内容の改善を行った [JMA_16]。地震・津波及び火山に関する知識や防災行動について一般の人々への理解を深めるために、地方自治体や教育機関、報道機関等と連携して地域の状況に合わせた方法を構築した。 [JMA_17]。

生活再建支援のための住家被害認定調査の効率化



調査手法、調査ツールに関する知識を深める講義型研修と、調査員の目線をあわせる現場実地研修を含めた効果的な研修を実施

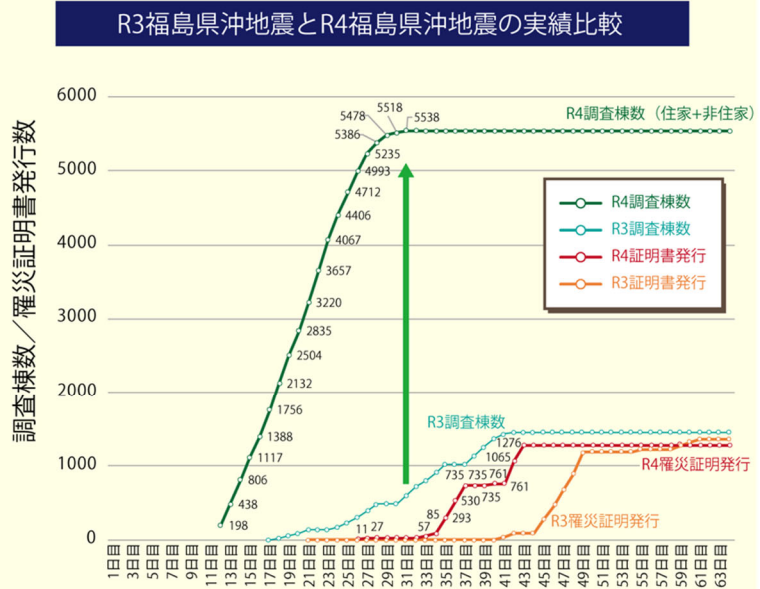


図9. 生活再建支援のための住家被害認定調査の効率化。住家被害認定調査や罹災証明発行業務において「行政職員が学ぶべき知識」の体系化と行政職員向けの効果的な教育プログラムの構築を進めてきた。2022年3月の福島県沖地震では、被災地の新地町に対し、本研修を受講した応援体制「チームにいがた」が派遣された。共通理解の下で効率的な調査が実施され、3週間弱で約5500棟の調査が完了した。図は1年前の災害時の新地町職員による調査と本事例の調査件数の日次推移の比較である。調査の開始も早く、日別調査件数も多く、現場において効率的に調査ができたことが確認された。

(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

将来発生が懸念される地震・火山災害に着目し、応急期を想定したシナリオに基づいて、個人および集団レベルにおけるリスク認知や避難行動の量的分析を行う研究が蓄積された。例えば、GISなども利用しながら、災害の社会素因*である脆弱性*を個人レベルで評価・可視化する手法を開発するとともに、様々な地域や集団を対象に社会の防災リテラシーの実態把握を蓄積した。また、オープンサイエンスやリスクコミュニケーション*など新しい手法を取り入れ、行政機関や一般市民などと連携しながらリスク認知能力を涵養したり知識レベルを向上させたりする取り組みを展開し、具体的に研修プログラムの体系化と教材コンテンツの作成をほぼ完成させた。これらの取り組みの中では、人文社会科学の研究者が地震学や火山学の研究者と連携して研究を進め、行政機関や地域の学習施設などとの協働に

本格的に乗り出した。

北海道太平洋沿岸部の津波浸水想定区域の更新に伴う集団避難時の課題を抽出するために、苫小牧市を事例に、準天頂衛星に対応した津波避難支援ナビゲーションシステムを用いて、集団の疑似的津波避難に関する移動軌跡データを収集して、避難距離・歩行速度・避難時間に着目した分析を行った。その結果、歩道の狭さや歩道脇の植物の繁茂、公園敷地入口の杭や路上駐車といった障害物、公園敷地内の地面状況（砂）など、ミクロな地物が集団による円滑な歩行を妨げており、豪雪や凍結といった冬季の路面状況によっては、比較的短距離であっても、津波到達までに全員の避難が完了しないことが示唆された^[HKD_07]。

災害予測情報等を災害対応に効果的に活用できるか否かを考えるためには、意思決定にかかるメカニズムを理解することが重要である。こうした観点から、災害情報が被害の発生抑止に資する過程についての認知仮説に基づいて、健常大学生を対象に、津波避難意思決定課題にかかる機能的MRIを用いた脳活動計測実験を行った。その結果、定量シナリオでは、より高い脳活動が右大脳半球優位に頭頂間溝周囲皮質において、定性シナリオでは、より高い脳活動が両大脳半球の側頭頭頂接合部および腹外側前頭前野においてそれぞれ認められた。この実験結果は、定量シナリオと定性シナリオがそれぞれ異なる思考処理を特徴とすることを示しており、避難意思決定過程や教育介入過程において戦略を区別することにメリットがあることがわかった^[IRID06]。

2014年に深刻な御嶽山噴火被害を経験した長野県木曽地域のように、日本の多くの火山地域では、登山客や観光客を対象とした防災・減災策が課題となっており、併設されるジオパーク・博物館・ビジターセンターの学習施設としての役割が期待されている。昨年度に引き続き各火山地域における学習施設を調査し、比較表を完成させた。その結果、火山防災教育に関する考え方の共通点として、防災をあまり前面に出さずに火山の恵みを伝えることを通じて、火山特有の景観を形作った噴火災害について考える契機をつくっていること、子供に対する啓発教育を通じて、周囲の大人の火山防災意識の向上をねらっていることがわかった^[NGY_07]。

日本の火山地域の中でも、桜島や阿蘇には大学の観測研究施設が所在し、地域の火山防災に対する基幹的な役割が期待されている。京都大学防災研究所桜島火山観測所では、鹿児島市と連携して桜島住民を対象とする火山防災勉強会を開催してきた。2020年6月4日未明の噴火による火山岩塊（噴石*）の居住地近傍への着弾に関連して、噴石飛散による噴火警戒レベル引き上げの認知度に関する質問紙調査（回答 340名）を行った結果、噴石飛散で噴火警戒レベルが引き上げられることの認知度は高いが、基準となる飛散距離の認知度が低いことが明らかになった^[DPRI13]。また、人文社会系の研究者や京都大学防災研究所阿武山観測所と連携して、桜島火山のジオガイドも巻き込んだアクション・リサーチを実施し、歴史的に貴重でかつ稼働中の観測装置に着目して防災リテラシー向上のための説明資料の作成を進めた^[DPRI13, DPRI14, HYG_01]。

一方、全国的な火山観光地に位置する京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設

火山研究センターでは、阿蘇ジオパークや阿蘇火山博物館といった地域の様々な学習施設と連携して、火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための実践的な研究を進め、2016年熊本地震によって被災した研究センター本館の復旧作業の一部を、ジオパークガイドと協力して行うことによって、地震観測の歴史や災害復旧過程などについての知識を地域社会と共有した。また、総合研究グループ「高リスク小規模噴火」とも連携して、昨年度実施した「阿蘇への観光客に対する火山防災に関する意識調査」の結果を分析した結果、火口周辺での火山ガスの危険性に関する音声ガイド・掲示板の存在や噴火の痕跡が、観光客が退避壕に入るという安全確認行動を促進することが明らかになった [KUS_03]。

京都大学防災研究所阿武山観測所は、科学者と一般市民との連携手法としてオープンサイエンス手法（市民参画型科学、市民参画型データ収集・管理）を取り入れながら先端的な取り組みを行ってきた。とりわけ本年度は、地震・津波避難訓練支援ツール「逃げトレView*」のパイロット版を完成させるとともに、過去の地震・津波災害の記録と推定される記述が含まれる歴史資料（古文書等）を主として市民参加で解説する「みんなで翻刻*」について、向こう 1150 日間安定的に運用できるようにシステム更新をおこない、登録者数が当初目標（1万人）に迫る 8350 人に到達した [DPRI14]。

地震・火山噴火災害に対する社会の共通理解の醸成のための研究プログラムの作成において、対象・目標を明確化した上で内容を精選し、方法の吟味、評価・検証とフィードバックを行った。これまでの評価検証において、それぞれの知識項目について説明できる人と説明できない人の割合に研修前後で統計的に有意な差が見られ、この研修によって参加者の理解が促されたことがわかっている。本年度は、要素化した「地震・火山研究者が理解してほしいこと」を、自治体職員のニーズをもとに再構成し、地震の基礎知識習得にかかる研修プログラムを1編、火山の基礎知識取得にかかる研修プログラムを8編、シナリオ作成、収録を実施した。また、関東地震（関東大震災）100周年に向けて、特に津波を伴った地震災害としての側面に着目し、南海トラフ地震との比較の中で、より理解を深め、また観測研究への関心の喚起をねらいとしたコンテンツを作成した [NGT_02]。

3-5. 研究を推進するための体制の整備

本研究計画で得られる研究成果を災害の軽減に効果的に役立てられるように、参加機関間で緊密な情報共有を図った。また、基盤的な観測網*の維持・整備を行うとともに、観測データや研究成果をデータベース化し、これらを共有することにより効率的に研究を進めた。同時に、観測技術の開発及び高度化に取り組んだ。さらに、学際的に研究を進めるため関連分野との連携を強化するとともに、地震・火山噴火現象や災害に関する知見を広げるために国際的な共同研究を推進した。

(1) 推進体制の整備

本研究計画は地震学・火山学の成果を災害軽減に活用する観点から、地震学と火山学を中核とし、災害や防災に関連する理学、工学、人文・社会科学などの分野を含む、総合的な学際研究として本研究計画を推進している。また、地震本部や行政機関等と連携し、基礎研究の成果を発展させ、社会実装につながることを目指している。測地学分科会*は、計画の進捗状況を把握し行政や社会のニーズを踏まえた計画の推進につとめた。地震・火山噴火予知研究協議会は、大学、行政機関、国立研究開発法人等の委員から構成され、密接に情報交換をしながら計画を推進している。協議会には企画部*が設置され、専任教員が研究の進捗状況の把握や研究者間の連絡調整に従事している。企画部内の戦略室では、計画全体の方向性について検討し、研究成果の取りまとめを行っている。協議会には研究内容で分類した8つの計画推進部会を設置し、すべての研究課題はいずれかの計画推進部会に所属し、情報交換を行いながら研究を進めている。年度末には協議会主催で成果報告シンポジウムを開催し、計画全体の進捗状況を確認するとともに、情報交換を行った。今年度は、昨年度に引き続き、新型コロナウイルスの観測研究計画への影響を調査し、計画の変更等の適切な対応を行った。また、地震本部との技術的・制度的な連携強化の一貫として、地震本部が「当面10年間に取り組むべき地震調査研究*」の一つとしている「内陸で発生する地震の長期予測手法の高度化」に関連して、「地殻内地震発生確率評価手法検討ワーキンググループ」を結成しており、検討会を継続実施した。

地震予知連絡会*は、モニタリング手法の高度化に資する役割を担うため、年4回定期的に会議を開催し、地震活動・地殻変動などに関するモニタリング結果の情報交換を行い、関係各機関の情報の共有を行っている。

火山噴火予知連絡会*は、定例会を2度開催し、全国の火山活動の状況についての検討を行った。また、火山噴火予知連絡会のあり方について検討を行い、令和4年8月24日に「あり方検討作業部会最終報告」にて将来的に目指すべき体制を提言、令和4年12月27日にその提言を踏まえた「あり方報告の具体化作業部会報告」にて、令和5年度から始める体制を提言としてとりまとめた^[JMA_08]。

・ 拠点間連携共同研究

災害や防災に関連する研究者と協働して計画を推進するためには「地震・火山科学の共同利用・共同研究拠点」である東京大学地震研究所および地震・火山噴火予知研究協議会と、「自然災害に関する総合防災学*の共同利用・共同研究拠点」である京都大学防災研究所および自然災害研究協議会とが連携して計画を進めることが有効である。このため、前研究計画から両研究所が牽引役として各分野での連携を図り、共同研究を進めている。両拠点の研究者が中核となってテーマを決め、それを実現するための研究について全国の研究者からの提案課題を募集して全国規模の共同研究を進める「重点推進研究」と、ボトムアップ研究を公募する「一般課題型研究」を実施している。

重点推進研究では「巨大地震のリスク評価の不確実性に関するパラダイム構築の推進^[CTOC01]」を総括研究として実施し、「不確実性を考慮した浅部地盤の非線形応答評価手法の検討^[CTOC20]」、「即時建物被害予測技術の高度化^[CTOC21]」、「地震および豪雨による斜面災害発生個所の事前予測方法の統合^[CTOC31]」、「巨大地震によるマルチハザードリスク評価手法に関する検討^[CTOC32]」を特定型として進めた。一般課題型研究では、地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化の研究、即時予測手法の高度化の研究、および災害誘因予測を災害情報につなげる研究を実施した。

(2) 分野横断で取り組む総合的研究を推進する体制

以下の5項目については、それらが発生した場合の社会への影響の重大さに鑑み、研究分野横断による総合的な研究として実施している。

・ 南海トラフ沿いの巨大地震

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。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。今年度は、日向灘で過去最大級とされている1662年日向灘地震について、浅部スロー地震の海底地震観測の成果や人工地震波を用いたプレート境界の位置情報、2011年東北沖地震で得られた浅部スロー地震と巨大地震大滑りの関係など最新の地球物理学研究の知見を基に、新たな断層モデルを構築した(図4)。並行して実施した宮崎県沿岸部における津波堆積物の調査結果と断層モデルを用いた津波による浸水シミュレーションにより、この断層モデルの妥当性を評価し、1662年日向灘地震がM8級巨大地震であった可能性を科学的に初めて示した^[DPRI01]。

・ 首都直下地震

首都直下地震は、一旦発生すれば首都機能や我が国の経済活動全体に深刻なダメージを

与える可能性が高い。想定される多様な震源について、発生メカニズムや発生可能性を評価できるようになることを目標とする。現代の地震観測で得られる知見を用いて、歴史地震の震度を検証および定量化する狙いで、東京都文京区根津周辺の11点で稠密観測を実施中であり、暫定的な解析結果では観測点ごとの卓越周波数や振幅の違いが確認された^[ERI-15]。また、地震被害想定が住民に周知された場合の住民の被害に関する認知面に及ぼす影響と、住民の首都直下地震の被害に関する認知体系を明らかにするために、アンケート調査・分析を実施し、被害想定情報が、元々リスクイメージとして感情的に恐ろしいと考えられていた事象を刺激したことがわかった^[III-01]。そのほか、首都直下地震に関連する課題の研究者による意見交換会をオンラインで行った。

・ 千島海溝沿いの巨大地震

千島海溝沿いでは、津波堆積物の調査により、2011年東北沖地震と類似した巨大地震が繰り返し発生していることが明らかにされている。政府の地震本部はM8.8程度以上の超巨大地震の発生が切迫している可能性が高いと評価しており、津波や地震動による大きな被害が予想される。

千島海溝南部に設置した3か所の海底地殻変動基準局において船舶及びウエーブグライダー*を用いた4回目の測定を実施し、プレート境界浅部においても太平洋プレートと陸側プレートの相対運動速度に調和的な変位量が得られ、プレート境界浅部までの固着率*

が高い可能性が示唆された。応力条件を拘束したプレート境界の滑り欠損*推定を複数の期間を区切って行い、2003年十勝沖地震前後のプレート間固着の時空間変化が推定された。北海道から東北北部の長期広域的な地殻変動場を調査し、M7.5程度以上の大地震の余効変動が長期間継続し、プレート間固着率の推定等で留意する必要性が示唆された^[ERI-05]。十勝沿岸・当縁川周辺の珪藻群集の解析を詳細に実施し、17世紀初頭の超巨大地震時の隆起はそれほど大きくなく、その後1.5 m程度隆起したことが明らかになった。胆振地方東部厚真町や苫小牧勇払の津波堆積物の空間分布を調査し、17世紀初頭の津波浸水深さが最大でも標高5 m程度までしか分布していないこと、津波堆積物は17世紀初頭以前となると2500年前まで存在しないことが明らかにされた^[HKD-09]。千島海溝からカムチャツカ海溝にかけての広域的な1977年以降の地震活動を調査し、色丹島沖～択捉島沖にかけての津波地震*が発生している領域にのみ統計的に有意な静穏化が見られることが明らかになった^[HKD-09]。強震動による地盤液化化痕跡を考古資料から抽出する作業を継続し、5.5～4 kaイベントによる痕跡が広域かつ規模が大きいことが明らかになった。一方、石狩低地帯でも広域的にみられる噴砂*イベントが同定されたが、近隣の活断層系の地震による可能性が高い^[HKD-09]。千島海溝・日本海溝地震津波に関して、北海道庁の地域減災計画策定、自治体の津波避難緊急事業計画策定において専門的な助言を行った。津波避難計画策定に関する勉強会を北海道日高振興局等の関係機関と連携して実施した。ライフライン対策について産業保安監督部と連携し専門的な助言を行った^[HKD-09]。

・ 桜島大規模火山噴火

活発な噴火活動を60年以上続け、今後、大規模噴火の発生が予想される桜島を対象に、各研究項目間で緊密な連携と成果の共有を図り、住民避難を視野に入れた総合的研究を推進している。本総合研究グループには異なる部会に属する27の研究課題が参画しており、令和4年度も12月にハイブリッド研究集会を開催し、参画する各課題の成果から大規模噴火研究に資する知見を取りまとめた。本研究集会では、次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト*課題や京都大学防災研究所火山防災連携研究ユニットからも研究発表を行い、総合研究グループにおける議論を活性化させた。

令和4年度研究集会の議論の要点は以下の4点に集約される。

- ① 現在の観測データは脱ガスした重いマグマが蓄積していることを示すことから、次の大規模噴火はプリニー式噴火で始まる歴史時代の大規模噴火とは異なり、溶岩流出から開始することを想定しなければならない。噴火シナリオの多様化が望まれる。
- ② 2022年7月24日噴火時の対応を通じて、情報発表までの意思決定の遅さと発表された情報に警戒を要する範囲の情報が含まれない、という2つの問題点が露呈した。
- ③ 火山性微動*と地盤変動データからリアルタイムで降灰を予測することにより、火山灰ハザードを評価できるようになるなど、モニタリングデータに基づくハザード予測の高度化が図られたが、警戒を要する範囲の設定は依然として重大な問題である。
- ④ 桜島の大規模噴火では市町村の境界をまたぐ広域避難が想定されるが、広域避難の認知度は低い。認知度を上げる長期的な視野の取り組みが必要であり、リスクコミュニケーションが重要である。

観測・研究の立場から、ハザード予測を行うことで噴火発生前に警戒を要する範囲を設定することが最大の課題である。この課題は噴火の発生の時期、場所、規模、様式の予測性能の向上が本質的に関わるものであり、今一度、火山噴火予知研究の原点に立ち戻る必要がある。

・ 高リスク小規模火山噴火

噴気地帯や山頂火口近傍には、多くの観光客や登山客が訪れるため、小規模な噴火でも人的・物的被害が生ずる場合がある。また、小規模な噴火は発生頻度が相対的に高いことから、観光客や登山客等の災害リスクの低減という観点から重要な研究対象である。

災害情報の発信に関する研究に関しては、吾妻山について VUI の試作を進めており、気象庁や国土地理院のデータを活用したワークシートを試作した^[THK_08, HKD_04, KUS_02]。数値指標で示す VUI が専門外の人々にどう見えるか、活動シナリオの想定や火山活動評価はそれほど自明ではないのではないかと、など予測可能性とリスク評価に関するいくつかの問題が指摘された^[HKD_04, KUS_02]。御嶽山火山マイスター*の火山防災・火山リテラシー向上の取り組みの位置づけを明確化するために、阿蘇火山博物館、富士山科学研究所、箱根ジオミュージア

ムの火山防災に関する取り組みに対する調査・比較を進めた^[NGY_07]。御嶽山噴火の事例から、市町村の災害対応のボトルネックとなる事項の抽出と対応策の検討を行い、マンパワーが限られる小規模自治体の対応に関する問題点や噴火の影響が複数自治体にまたがる場合の連携などの課題を指摘した^[HYG_01]。

小規模噴火の発生する場の把握に関しては、草津白根山において土壌ガスに基づく側噴火*リスクの評価を進めており、ガスフラックスの強弱と希ガスの同位体分析を組み合わせることにより側噴火の危険度が高い場所を同定できる可能性が示された^[TIT_03]。

観測による火山の活動把握に関しては、吾妻山において地震・地殻変動の連続観測を継続的に実施しているが、大学から現地関係者へ提供される観測情報が過多とならないよう工夫する必要があることが、防災関係者とのやりとりを通じてわかった^[THK_08]。空中電界変動*を活用する手法の開発も継続している。霧島火山観測所での観測を新たに開始したが、2022年11月の硫黄山での泥噴火では顕著なシグナルは検出されなかった^[THK_03]。弥陀ヶ原火山において、活動状態を把握するための多項目地球物理観測を継続している^[TYM_02]。

噴火の予測に関する研究に関し、極小規模噴火を含めた見逃がしのない「真の噴火履歴」解明を目指した取り組みとして火口内や火口近傍の湖沼堆積物を新たな情報源とする調査を開始し、弥陀ヶ原での予備調査では微小噴火と思われる火山灰層を検出した^[TYM_01]。

(3) 研究基盤の開発・整備

ア. 観測基盤の整備

防災科学技術研究所は、陸海統合地震津波火山観測網* (MOWLAS) 及び首都圏地震観測網* (MeSO-net) を安定して運用し、地震・低周波地震・超低周波地震・スロースリップイベントについてイベント検出、震源位置、震源メカニズム解*、断層モデルの推定、余震活動の予測等を行った^[NIED05]。

国土地理院は、全国に展開されたGNSS連続観測システム (GEONET) *を維持するとともに国際GNSS事業 (IGS) へ参画し、観測データの提供を行った。加えて、最新のGPS衛星およびITRF*に対応したGEONETの新しい解析ストラテジの運用を着実に継続した。また、GEONETによる日本列島全域の地殻変動・火山活動のモニタリングを行い、結果を速やかにホームページなどで公表するとともに、地震調査委員会*、火山噴火予知連絡会等に報告した^[GSI_04]。また、ALOS-2の合成開口レーダー (SAR) *データを使用して北方四島を含む国土全域を対象に定常的にSAR干渉解析を行ったほか、ALOS-2の蓄積された観測データを用いた干渉SAR*時系列解析を国内の火山を対象として行い、国土地理院のHPで解析結果を公開するとともに、火山噴火予知連絡会に提出し火山活動評価に活用された^[GSI_07]。このほか、リアルタイムで地殻変動を観測し、巨大地震後数分での断層推定を目指す、電子基準点*を用いたREGARDを継続的に運用しており、断層パラメータの不確実性の評価も取り入れるなど、従来法からの置き換えに向け、試験運用中である (図10)^[GSI_08]。

気象庁は地震観測網や地殻変動観測網などの観測基盤の維持を継続し、関係機関の地震

観測データを一元的処理した結果を公開し、南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会*や地震調査委員会において報告を行った^{〔JMA_09〕}。また、全国の50火山について全国4か所の火山監視・警報センターにおいて連続的な監視観測を継続するとともに、50火山と他の活火山のうちのいくつかの火山について、地震観測・GNSS繰り返し観測、熱観測等の調査的な機動観測を計画的に実施し、噴火警報*・火山の状況に関する解説情報*・火山活動解説資料等の防災目的の情報や資料として公表した^{〔JMA_12〕}。

海上保安庁は、航空機による南方諸島及び南西諸島における海域火山の定期巡回監視観測を実施するとともに、西之島、噴火浅根、海德海山及び福德岡ノ場において監視体制を強化した。また、測量船により硫黄島の海域火山基礎情報調査を実施した^{〔JCG_04〕}。

大学は、観測データ流通網IDXnet*の安定的な運用を継続し、TDXへの移転対応を実施した。また、大規模並列計算機を利用したリアルタイム地震データ解析の開発を継続した^{〔ERI_19〕}。高知大学は、3成分広帯域地震計*と常時微動*アレイの運用を継続し、常時微動アレイによって常時推定している位相速度の時間変化からは時間雨量 5 mm 程度の降雨に対応した変動を抽出することができた^{〔KOC_01〕}。

高速な断層推定

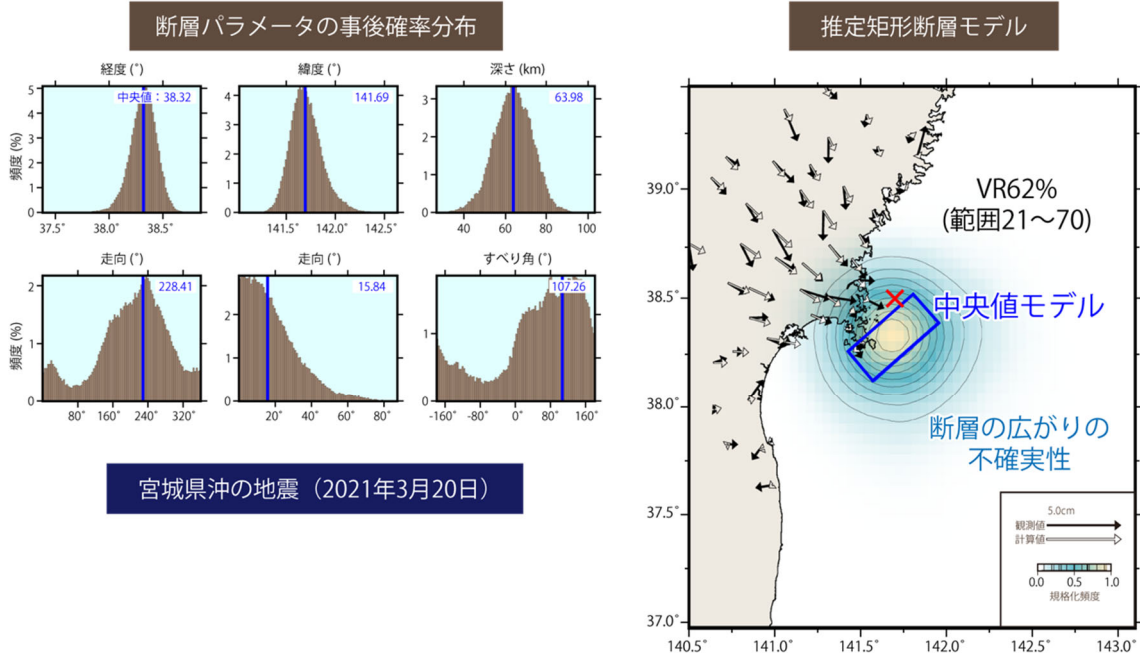


図10. 高速な断層推定 (REGARD) による断層推定結果の例。2021年3月20日に発生した宮城沖地震のときの地殻変動から断層パラメータを推定したもの。左は断層パラメータの事後確率分布、右は推定された矩形断層モデルの位置とその不確実性の広がりを示す。左の青線は中央値で、右上にその数値を示す。東北大学で開発された推定パラメータの不確実性を評価できるプログラムを国土地理院に技術移転した。従来法からの置き換えに向け、試験運用中である。

イ. 観測・解析技術の開発

東京大学地震研究所は、三陸沖光ケーブル式海底地震津波観測システムの予備の光ファイバーケーブルにDAS計測*を適用することにより、空間的に高密度の海底地震観測を実施した [ERI_22]。東北大学は、無線システムと接続を行う携帯系の通信の検討のため、情報通信研究機構のIoTゲートウェイと学術情報ネットワーク (SINET)*の広域データ収集基盤のプロジェクトに引き続き参加し、能登半島の群発地震の臨時観測にて携帯テレメータ*装置を運用し、データ流通を行なった [THK_13]。情報通信研究機構は、Pi-SAR X3*の初期機能・性能確認試験を実施して、来年度からの各種実証観測を行える体制を整えたほか、富士山等の試験観測で15 cm分解能での地表面画像取得に成功した [NICT01]。

ウ. 地震・火山現象のデータ流通

北海道大学は、地殻変動連続観測データおよびGNSSデータサーバを運用し、地殻変動等

多項目データの全国流通・一元化・蓄積・公開を行うデータサーバの安定的かつセキュアな運用のためサーバの更新作業を行った [HKD_08]。東京大学地震研究所は、次世代の対話検測処理系システムについて試作を引き続き進め、昨年度試作したソフトウェアを試用するとともに、震源決定プログラムや地図表示機能を実装した。また、伝送系システムの仕様について検討を継続した [ERI_24]。

エ. 地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開

気象庁は、地震カタログ*の作成及び震源過程解析を実施し、関係機関へのデータ提供、一般への公開を実施した。2020年9月より一元化処理*にS-net*、DONET2のデータの活用を開始している [JMA_14]。産業技術総合研究所は、大規模噴火の特徴・推移、中長期的前駆活動を取りまとめた大規模噴火データベースを公開した。また、目撃事例のある噴火の中長期的・短期的前駆活動、噴火推移情報を取りまとめた噴火推移データベース、日本国内外の噴火で噴出した火山灰粒子の顕微鏡画像などの情報を収録した火山灰データベースを公開した。加えて、アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システムの構築を継続した [AIST11]。国土地理院は、六日町断層帯、高田平野東縁断層帯、阿寺断層帯及び長良川上流断層帯、佐賀平野北縁断層帯、糸魚川ー静岡構造線断層帯など8面の1:25,000活断層図を公開した。また、長町ー利府線断層帯、会津盆地西縁・東縁断層帯、長野盆地西縁断層帯、伊那谷断層帯、屏風山・恵那山断層帯及び猿投山断層帯、弥栄断層、糸魚川ー静岡構造線断層帯について整備を実施した [GSI_09]。また「諏訪之瀬島」の火山土地条件図・数値データ及び「御嶽山」「神津島」「有珠山」「倶多楽」の火山基本図・数値データを公開した。「蔵王山」の火山土地条件を調査し、「北海道駒ヶ岳」「白山」「鶴見岳・伽藍岳」「九重山」「諏訪之瀬島」の火山基本図を整備した [GSI_10]。地震・火山噴火予知研究協議会では、令和3年度における観測や開発したソフトウェア等のメタ情報を整理して研究成果共有システムにて公開した (図11) [ERI_25]。

研究計画で観測や開発したソフトウェア等のメタ情報の公開

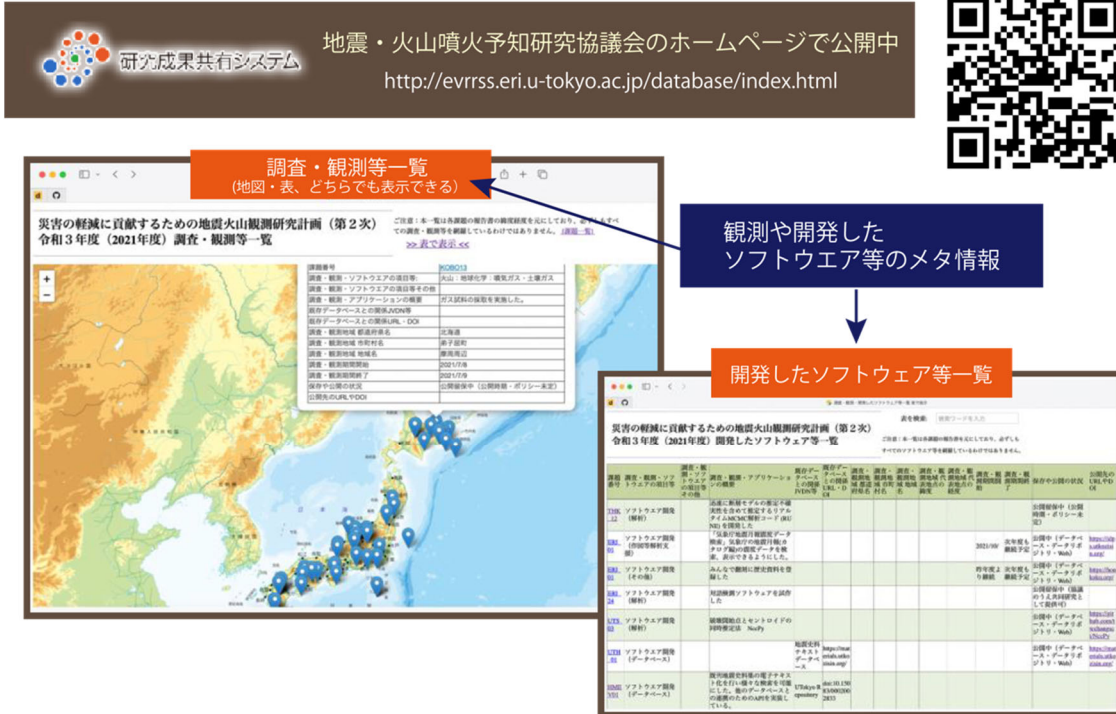


図 11. 研究計画で行った観測や開発したソフトウェア等のメタ情報の公開。本年度から作成・公開を始めた調査・観測等一覧（地図表示、左上）および開発したソフトウェア等一覧（右下）。各課題の成果をとりまとめ作成したもの。各課題の報告書へのリンクも貼られており、そこから成果の詳細も確認できる。地震・火山噴火予知研究協議会の研究成果共有システムの中で公開している。

(4) 関連研究分野との連携強化

理学、工学、人文・社会科学などの関連研究分野間で連携し、地震・火山研究の成果を災害軽減に役立てる。低頻度大規模地震・火山噴火現象の具体的な規模、発生頻度、発生機構等を明らかにするために、近代観測以前の地震・火山現象の解明を目指し、eコママップの整備を続けるなど、引き続き歴史学・考古学と連携して計画を進めた。また、日向灘での大規模地震の規模推定では、歴史記録と津波堆積物データを組み合わせることで、これまで見積もられていたものより大きな地震の存在が示唆された。進展の著しい数理科学、情報科学、計算機・計算科学等の研究分野の成果も取り入れた。例えば、大規模数値モデルによる火災延焼見積もりにより、地震動と火災のマルチハザードリスク評価の重要性が示された。

(5) 国際共同研究・国際協力

新型コロナウイルス感染拡大の影響を受け、海外への渡航、海外からの研究者の受け入

れ等が厳しく制限されている中でも、オンラインを活用するなど、制限下でも可能な観測研究を実施した。

日本と同様に沈み込み帯に位置するニュージーランドにおいて地震観測を実施し、地震発生機構の解明のための国際共同研究を進めている。今年度は2016年ニュージーランド・カイコウラ地震の震源域の Slip Tendency 解析*や地震波速度構造推定等を行った [THK_01]。2020年11月にヒ克蘭ギ沈み込み帯中部に位置する固着強度遷移域周辺に設置した海底観測機器について、2021年5月に観測網直下で発生した短期的 SSE の観測に成功した。微動活動の時空間分布を把握することを目的として、観測全期間にわたる海底地震計観測記録のみを用いた解析を実施した [ERI_08]。

プレート沈み込み帯周辺の国際共同研究においては、メキシコ・ゲレロ州沖合で、2022年3月末から4月初めにかけて海底地震計の設置回収作業を実施した。また、海底地震・測地観測網のデータを解析し、観測されたテクトニック微動と微小地震の活動域を残差地形及び重力異常*と比較した [DPR101]。近地地震と遠地地震のP波走時データの同時インバージョンを行い、東北アジア地域の3次元P波速度構造と異方性*分布を求め、マントル遷移層に停滞する太平洋スラブ上の big mantle wedge (BMW) 内の構造不均質とマントルの対流パターンを調べた。その結果、中国大陸東部を南北に走る Tanlu 断層帯を境にして BMW は東西方向に二つのブロックに分けられ、その東部ブロック直下の熱い上昇流によって日本海が開き、東北アジアのプレート内部火山が生まれたことがわかった [THK_05]。

インドネシアの火山を対象とした国際共同研究では、火山活動推移モデルを構築に向けて、VEI*4の規模に達した2014年ケルト火山噴火と2010年メラピ火山噴火に至る地震活動、地盤変動、火山ガス等に関するインドネシアの火山地質災害軽減センターのデータを再検討した。噴火の準備過程として、まず地盤変動が観測され、そして地盤変動の進行とともに地震活動の活発化が両火山で見られた。また、メラピでは土壌からの二酸化炭素濃度の急増、ケルトでは火口湖水温の温度上昇が見られた。噴火直前の現象としては、両火山とも急速な地盤の隆起・膨張、低周波地震発生数の急増から連続発生への移行から、溶岩ドーム*の破壊を経て、プリニー式噴火の発生という推移をたどった [DPR106]。

国際 VLBI*事業 (IVS) の観測計画に基づき、石岡 VLBI 観測施設において VLBI 国際共同観測を238回実施した [GSI_07]。石岡局の水平速度は約20.6 mm/年 (方位角136° 方向) であった。これは、通常のプレート運動の成分に2011年東北沖地震の余効変動を含んでいるものと考えられる。

(6) 社会との共通理解の醸成と災害教育

社会との共通理解の醸成を図るために、地震・火山噴火現象及び地震・火山災害に関するアウトリーチ活動を積極的、かつ組織的に展開した。

地震・火山噴火予知研究協議会は地震研究所広報アウトリーチ室と共同で、報道関係者等を対象とする地震・火山噴火予測研究のサイエンスカフェを開催するなど、地震・火山噴

火現象の予測研究や研究活動の現状を理解してもらうための取組を継続的に行っている。

大学は、小中高生、住民、行政等の防災担当者、報道関係者等に対して、地震・火山現象の基礎的な理解を深めてもらうための公開講義、セミナー、ラボツアーなどを行った。

気象庁は、関係機関と連携し、地域の状況にあった様々な手段を用いて地震・津波及び火山に関する知識や防災行動についての普及啓発に継続的に取り組んだ。

(7) 次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成

大学や研究機関は、観測研究に携わる研究者のキャリアパスを確保するための若手教員・研究員のポストの確保に務めている。地震・火山噴火予知研究協議会は、令和4年度に2名の特任研究員を雇用し、人材育成の一端を担っている。また、火山分野においては、次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト*において、本研究計画に参画する大学や研究機関が、火山研究者を志す全国の大学院生に実習や講義などを行い、若手育成に取り組んだ。

阿蘇ジオパークガイドと熊本地震の震災遺構ガイド（計44名）を対象とした勉強会を実施した^[KUS_03]。その際、本計画の課題 NGT_02 にて製作中の教育用ビデオのうち2本（「地震と災害」「地震の観測」）を参加者に視聴させた。また、前年度に実施された「阿蘇への観光客に対する火山防災に関する意識調査」の結果を分析し、「火口周辺での火山ガスの危険性に関する音声ガイド・掲示板の存在と噴火の痕跡を認識させることにより、観光客が退避壕に入るという安全確認行動が促進される」という結論を得た。この結果は、阿蘇火山防災会議協議会*の対策に有効活用されており、また熊本地震の震災遺構の意義づけにもつながることから、震災遺構ガイドの勉強会でも有効活用されている^[KUS_03]。

まとめ

「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4年目となった令和4年度は、この2年間オンラインのみでの開催だった「成果報告シンポジウム」が、現地とオンラインのハイブリッド形式による開催になるなど、徐々に新型コロナウイルス感染症の影響から解放され、フィールドでの調査・観測の再開も進んだ。観測研究を中心とした本計画は、コロナ禍の間に得たオンラインツールに関するノウハウなども活用しつつ、今年度も5つの大項目・3つの重点研究・5つの総合研究で多くの成果を得た。

今年度は歴史史料の整理や調査が進み、過去の巨大地震の震源像や、地震と火山噴火の時系列の関係が明らかになったことで、史料から新たな地震・火山噴火の現象解明につながる知見が多く得られた。多項目の観測データが着実に蓄積され、それぞれのデータや複数の視点に基づく理論・実験・数値計算が行われたことで、現象のモニタリングや予測につながる成果が得られた。強震動や地震波伝播シミュレーションでは計算手法の高度化が、また災害誘因予測に関しては、各種データのリアルタイム解析やそれに基づく推定モデルの開発が進んだ。多様な種類のデータベースの公開が行われ、地域の災害特性や過去の災害履歴の把握に資するものから、歴史災害痕跡、地殻応力場、大規模噴火のデータベースなどが整備されたことから、今後はこれらを研究へ積極的に活用していくフェーズに来たといえる。

重点研究の1つである「地震発生の新たな長期予測」については、「地殻内地震発生確率評価手法検討ワーキンググループ」での検討が進み、地震本部との連携が進んだ。また、「火山活動推移モデルの構築による火山噴火予測」においては、これまでに蓄積されたデータの解析、噴出物分析や理論的研究の成果を集約して議論することにより、火山活動推移モデルの構築と火山活動・噴火減少の分岐判断についての理解が進んだ。

本計画から始まった防災リテラシーの向上のための研究では、地震災害に関する知識の体系化が進み、構築された教育プログラムを受講した自治体職員が2022年3月の福島県沖地震の後の住家被害認定調査に従事することにより、調査の効率が向上したことが定量的に示された。研究成果が自治体職員の防災リテラシーの向上に繋がったことは、本研究計画の社会的な直接的な貢献となった好例といえよう。

総合研究グループもそれぞれ分野横断の研究活動が続けられている。「南海トラフ沿いの巨大地震」では、1662年日向灘地震の震源域周辺がフォーカスされ、津波堆積物の調査結果と断層モデルを用いた津波による浸水シミュレーションにより、新しい断層モデルが提案された。「首都直下地震」では、歴史史料による震度と現在の同地点での地震観測の比較による震度の検証が継続的に行われ、また首都直下地震に関するアンケート調査からは、恐ろしさの感情が住民の被害の印象を持続する結果が得られた。「千島海溝沿いの巨大地震」では、海底地殻変動観測などの科学的な観測研究から、自治体との津波避難計画の検討まで、一気通貫型の総合研究として着実に実施されている。「桜島大規模火山噴火」では、関連する研究プロジェクトなどに重視する研究者も参画し総合研究グループにおける議論が

活発化することにより、火山噴火ハザード予測における成果の意義と課題が明確になった。「高リスク小規模火山噴火」では、火山学者と社会学者との協働による研究がより進展した。

令和4年度は、比較的地震火山災害が少ない1年ではあったが、トピックとして掲げた2020年頃から継続している能登半島北東部の地震活動は現在も活発であり、今年度地震や測地、地球電磁気など多項目の観測研究が継続して行われたことにより、地下の深部から浅部にかけての流体供給が関与している可能性が示唆され、現象のメカニズムの解明が進んだ。火山活動も比較的定常的な活動が続いたが、桜島火山においては、2023年2月に約5年ぶりに昭和火口での噴火があり、今後、微動や噴気現象に着目することで活動火口の遷移を予測できる可能性が示された。4年目の本計画は、コロナ禍を乗り越えて確実に各課題の観測研究が進展し、まとめの5年目を迎える体制が整ってきたといえる。

用語解説

[用語解説]

アスペリティ

プレート境界や断層面の固着が特に大きい領域のこと。この領域が地震時に滑ると、滑り量が周りよりも大きくなり、大振幅の地震波を放出する。アスペリティがどのように連動して滑るかによって地震の大きさが変化する。いろいろな大きさのアスペリティが混在する場合には、それらの相互作用が地震サイクルに大きく影響すると考えられている。

アルゴリズム

問題を解いたり、目標を達成したりするための計算手順や処理手順のこと。

アレイ

地震計などの観測機器を比較的狭い範囲に数多く並べること。地震計のアレイによる観測では、それぞれの地震計の波形を重ね合わせることによりノイズが除去されて微弱な信号を検出することや、観測点ごとの地震波の到着時間の差から地震波の到来方向を推定することができる。

一元化処理

気象庁・防災科学技術研究所・大学などの各機関で管理・運営している地震観測データをリアルタイムで収集し、それらを利用して震源の決定などの処理を一元的に行うこと。気象庁において実施している。

異方性

物質の物理的性質が方向によってことなることをいう。例えば、P波の伝わる向きやS波の振動方向によってその伝わる速さが異なる性質（P波とS波についてはそれぞれの項を参照）。前者は方位異方性、後者はS波偏向異方性と呼ばれる。これらの異方性は、地殻内の亀裂やマントル内の鉱物結晶が一定の方向に配向することで生じると考えられている。前者は地殻内の応力場を、後者はマントルのダイナミクスを解明する手掛かりとなる。

移流

物質や温度などの物理量が流れによって移動する現象のこと。

インバージョン

インバージョン解析（逆解析）の略称。結果から原因を推定する数学的解析法のことをいう。推定したい事象（原因）をモデル変数で表現し、物理モデルを介して事象と観測データ（結果）と結びつけ、観測データを合理的に説明できるモデル変数を推定する。

ウェーブライダー

自律航走型海洋プラットフォーム。波の力を推進力に換えて航行するため、燃料を必要としない。任意の地点に移動できるほか、一定の範囲内にとどまることもできる。多様な観測機器や発電・蓄電システムを搭載できるが、航海速度が小さいために、速い潮流に逆らって航行することはできない。

上盤

地殻内部にかかる力の状態は複雑で、その状況によって様々な型の断層運動が生じる。断層面が傾いている場合、断層面を挟んで浅い側を「上盤」、深い側を「下盤」と呼ぶ。断層面を境として両側の岩盤が上下方向に動くときを「縦ずれ断層」と呼び、このうち、上盤側がずり下がる場合を「正断層」、のし上がる場合は「逆断層」と呼ぶ。

上盤プレート

沈み込むプレートよりも上側に位置するプレートのこと。

エクスポージャ情報

ある時刻に発生した地震動・津波など（ハザード：災害誘因）にさらされるもの（エクスポージャ：曝露）に関する情報。具体例としては、建物のフットプリント、建物の高さ、建物の固有周期などがある。

液状化

地震による振動により、地盤が液体状になる現象。地上の建造物は沈下や傾斜し、地中の水道管などが浮き上がったりする。

エッジ効果

水平に伝播する盆地生成の回折波・表面波と鉛直下方から伝播してくる直達 S 波の干渉により盆地の端部において生成される特異な増幅効果のことをいう。

応力

岩盤などの物体内部に考えた仮想的な面に作用する、単位面積当たりの力。応力の単位は Pa（パスカル）。面に対して垂直な方向の力を垂直応力または法線応力、面に平行な力をせん断応力とよぶ。物体内部の応力の分布を応力場という。震源域の応力が岩盤または断層の強度に達したときに地震が発生すると考えられている。地球科学が取り扱うほとんどの範囲では、応力は 6 つの独立な成分を持つ 2 階の対称テンソルとして記述できる。一般に、応力テンソルは対角化が可能であり、3 つの固有値と固有ベクトルを、それぞれ主応力と主応力

軸と呼ぶ。特に3つの主応力を、圧縮が大きい方から順に最大主応力、中間主応力、最小主応力と呼ぶ。最大主応力と最小主応力の差を差応力と呼ぶ。

応力降下

蓄積されたひずみエネルギーが断層滑りによって解放され、断層面にかかる応力が低くなる現象。

海溝型巨大地震

プレート の項を参照。

海嘯（かいしょう）

河口に入る波の前面が高い垂直な壁となり、砕けながら川上に進む現象のこと。かつては津波も海嘯と呼ばれていた。

（震源域の）階層性

地震発生場には様々な長さスケールの不均質構造が含まれており、断層の滑りは複雑となるが、統計的にはフラクタル的性質を持つ。断層滑りが極小スケールから始まり、次第に大きなスケールの構造へと広がり、どこかで停止して最終的地震サイズが決まる。このような地震発生領域の構造を階層的構造といい、地震活動が階層性を示す要因と考えられている。

海底地殻変動観測

海底の地殻変動を観測すること。以下のような手法がある。

- ・GNSS-音響測距結合方式：海上の船舶やブイの位置をGNSSによって精密に決定し、それらと海底に設置された音響トランスポンダー（基準局）との距離を、音波を用いて測定することにより、地殻変動による基準局の絶対位置の変化を長期間にわたって観測する手法。GNSS-Aと略されることもある。
- ・海底間音響測距：音波を用いて海底の基準点間の距離を測定することにより、地殻変動による2点間の相対変位を連続的に観測する手法。
- ・海底圧力観測：海底の圧力変化を測定することにより、地殻変動による上下方向の相対変位を連続的に観測する手法。
- ・孔内観測：海底下に掘削された孔（ボアホール）の内部に設置した機器により、地殻変動による地殻のひずみ・傾斜や、間隙水圧の変化を長期間にわたって連続的に観測する手法。

海底電位差磁力計

低ノイズの海底で地磁気3成分の時間変化を捉える磁力計の機能に加え、耐圧容器の外に腕を拡げるように展開した電極間の電位差の時間変化を捉える機能を合わせもつ観測機器。

海洋プレート

プレート の項を参照。

火砕丘

小規模な噴火を繰り返すことで火口のまわりに火山砕屑物が積もってできた円錐形の地形。

火砕物

噴火に伴い、破碎されて放出された固体物質のことで、火山砕屑物（さいせつぶつ）ともいう。粒径により、2 mm 以下は火山灰、2～64mm は火山礫、64mm 以上は火山岩塊に分類される。一方で、多孔質で淡灰色のものを軽石、暗色のものをスコリアということもある。

火砕流

高温の火山砕屑物が、高温の火山ガスや取り込んだ空気とともに高速で火山体斜面を流下する現象。噴火によって火口から噴出した噴煙柱の崩壊や、溶岩ドームの崩落により発生し、火口から長距離にわたって流下して大きな被害を及ぼす。

火山ガス

地下のマグマに溶けている揮発性成分が、マグマの上昇に伴う圧力低下などにより発泡して地表に放出されたもの。火山ガスの主成分は水蒸気であり、その他に、二酸化炭素、二酸化硫黄、硫化水素、塩化水素、フッ化水素、水素などの成分が含まれる。

火山活動推移モデル

火山噴火に先行する現象、噴火発生、噴火の規模や様式の時間変化、さらに終息までを一連の現象として示したモデルのこと。起こりうる火山活動や噴火現象を網羅的にまとめその時系列を整理した噴火事象系統樹をさらに発展させたものに位置づけられる。

火山活発化指数（VUI）

VUI は Volcanic Unrest Index の略。数年から数 10 年スケールの中期的な火山活動評価のために考案された噴火が発生していない時点での火山活動に関する客観的・定量的な評価指標で、観測者・科学者と行政・住民とのコミュニケーションツールとしての利活用が念頭におかれている。微小地震活動や地熱活動などが一時的に高まった時、行政・住民は過去の事例と比較した場合の深刻性といった観点で捉えることができる。ニュージーランドで開発され、日本国内の複数の火山で試験的な導入に関する研究が進められている。

火山性地震

火山体またはその周辺で発生する地震。火山内部の応力場や流体の状態を反映していると考えられている。

火山性微動

火山活動に伴って起こる微弱な震動。火口直下などの浅部に存在する火山性流体の状態を反映していると考えられているほか、噴煙が連続的に放出されている際にも観測される。火山性地震とは異なり、震動が数分から数時間、ときには数日間にわたって継続することがある。

火山泥流

噴火に伴う火山噴出物が水分と一体となって流下する現象を火山泥流という。単に泥流とも呼ぶ。砂防の分野では、岩塊が卓越し水とともに流下する現象を土石流と呼ぶ。火口から泥状物質が噴出され流れ下るもの、火山噴出物が堆積し多量の降雨により流れ下るもの、積雪地域で噴火が起こり多量の氷雪が溶けるために生じるものなど、成因は複数考えられる。

火山の状況に関する解説情報

火山活動に変化が認められるなど、気象庁が火山活動の状況を伝える必要があると判断した場合に発表される情報。今後の活動推移によっては噴火警戒レベルを引き上げる可能性がある場合などに「火山の状況に関する解説情報（臨時）」が発表される。

火山灰

火山噴火により噴出した固体（火山砕屑物）のうち、直径2 mm未満の細かい破片。

火山フロント

火山は、沈み込んだプレートの深さが100～150kmに達したところの直上の地表に、海溝軸にほぼ平行に分布する。この帯状の火山分布の、海溝に近い側の端を火山フロントという。

火山噴火予知連絡会

火山噴火予知計画（文部省測地学審議会（現文部科学省科学技術・学術審議会）の建議）により、関係機関の研究及び業務に関する成果及び情報の交換、火山現象についての総合的判断を行うことなどを目的として、昭和49年に設置された機関（事務局は気象庁）。年に2回開催する定例会では全国の火山活動について総合的に検討を行う。火山噴火などの異常時には、臨時に開催し、火山活動について検討を行う。

<https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/CCPVE/CCPVE.html>

火山噴出物

火山噴火により噴出した物質の総称。火山噴出物は気体、液体、固体と様々な形態をとり、それぞれの例として火山ガス、溶岩、火山砕屑物が挙げられる。火山砕屑物のうち直径 64 mm 以上を火山岩塊（噴石）、直径 2 mm～64 mm を火山礫、直径 2 mm 未満の細かい破片を火山灰という。「噴石」に火山礫を含む場合もある。

火山防災（会議）協議会

活動火山対策特別措置法に基づき、火山地域の都道府県及び市町村が設置する協議会。関係機関及び火山専門家などによって構成され、「噴火シナリオ」や「火山ハザードマップ」、「噴火警戒レベル」、「避難計画」などの一連の警戒避難体制について協議する。

火山マイスター

有珠山と御嶽山において、地域防災力の向上を図るとともに、ガイドを担って地域の魅力発信にも活かしていこうとする目的から、火山地域の自然や特性について正確な知識を有する地域防災のリーダーとして認定された人のことをいう。

火山礫

火砕物の項を参照。

活火山

現在活発な噴気活動のある火山だけでなく、歴史記録や噴出物の調査から、概ね過去 1 万年以内に噴火したと認められる火山。現在、日本には 111 の活火山がある。

活断層

地質時代でいう第四紀後期（数十万年前～現在）に繰り返し地震を発生させ、地表近傍まで食い違い変位を生じさせてきた断層。今後も同様の地震を発生させると考えられる。

火道

地下のマグマ溜まりから地表へ至るまでのマグマの上昇経路のこと。

下部地殻

地殻の項を参照。

カルデラ噴火

カルデラは、大規模な噴火の後に生じる、輪郭が円形またはそれに近い大きな陥没地形のこと。カルデラを形成する噴火様式をカルデラ噴火という。

間隙水圧

土の粒子間や岩石中の孔（間隙）に入り込んだ水にかかる圧力。

干渉 SAR

SAR の項を参照。

完新世

地質時代の区分のひとつで、最終氷期が終わった約 1 万年前から現在までを指す。

岩石組織

岩石の構成鉱物の大きさ、形、かみ合わさるかた、配列のこと。

貫入

地下の流体が岩盤に割れ目をつくりながら入り込み移動する現象のこと。

機械学習

観測や実験などによって取得された大量のデータを解析処理することによって、多くの事例から、人間の手を必要とせずにコンピュータ自らが学習して認識・判断する技術のことをいう。

企画部

地震・火山噴火予知研究協議会の下に設けられた組織。建議に基づく研究全体を円滑に実施するため、研究計画の企画、立案、調整を行う。

基盤的な観測網

地震調査研究推進本部の「地震に関する基盤的調査観測計画」（平成 9 年 8 月）及び「地震に関する基盤的調査観測計画の見直しと重点的な調査観測体制の整備について」（平成 13 年 8 月）に基づく、高感度地震計（防災科学技術研究所の Hi-net、気象庁及び大学など）、広帯域地震計（防災科学技術研究所の F-net 及び大学）、強震計（防災科学技術研究所の K-NET と KiK-net）の観測網のことをいう。

逆解析

インバージョンの項を参照。

逆断層

上盤の項を参照。

共起ネットワーク

アンケート、ニュース、SNS などの文章から抽出した単語を用い、共起関係（共通して出現する関係）にある単語を線で結んだ図のことをいう。テキストに含まれる単語間の関係性を可視化できる。

強震記録

強震動の項を参照。

強震動

被害を及ぼすような強い地震動（揺れ）のこと。強震動を振り切れることなく記録するための地震計を強震計と呼び、強震計で記録した波形データを強震記録、または、強震動記録という。

共同利用・共同研究拠点

個々の大学の枠を超えて、大型の研究設備や大量の資料・データなどを全国の研究者が利用したり、研究を行うための施設として認定された拠点。互いの得意分野を生かして関連分野の研究を遂行するため、拠点間連携共同研究を進めている。

拠点間連携共同研究

「地震・火山科学の拠点」である東京大学地震研究所と「自然災害に関する総合防災学の拠点」である京都大学防災研究所が連携して研究を進める仕組み。

空中電界変動

帯電した噴煙が変化することで引き起こされる電界の変化。噴火現象に相関する長周期の変動に加え、火山雷の発生によると考えられるインパルス状の変動もある。

繰り返し地震

発生場所（震源域）、発震機構解、マグニチュードがほぼ同じで、繰り返し発生している地震。発生場所と発震機構がほぼ同一であるため観測波形が良く似ることを利用して検出される。波形の相似性が高いことから、相似地震と呼ばれることもある。また、個々の繰り返し地震が小地震の場合は、小繰り返し地震ということもある。

群発地震

同程度の規模の地震が比較的狭い地域で続発する活動のこと。地震が数年にわたり続発することもある。

傾斜計

地表面の勾配（傾き）の変化を測定する機器のこと。

珪長質マグマ

長石や石英などの珪長質鉱物に富み、やや低温（900℃程度）で粘性の大きなマグマで、その大部分は地殻物質の融解により生成される。これが冷却・固化した火山岩がデイサイトや流紋岩である。

減圧結晶作用

圧力が低下する過程で結晶化が進むこと。

考古データ

考古学の調査・研究によって発見された地震や火山噴火などの痕跡、またそのような痕跡に関する記載。

構造共通モデル

地震や火山噴火を含む多様な地殻活動を定量的に理解することを目的として、これまで蓄積された日本列島の沈み込み構造に関する知見を統一的に集約し、統合的に構築した共通モデル。

広帯域地震計

主として周期約 100 秒から 0.1 秒までの地面の振動を観測できる周波数帯域の広い地震計。周期数秒より長い地面の揺れに対しては他の地震計に比べて感度が高い。

固着

プレート境界や断層においてずれ運動がない状態のこと。

固着率

プレート境界断層に沿ったプレート相対運動の累積変位のうち、定常的な断層滑りで解消されない累積変位の割合。

災害素因

災害誘因を受けた際に生じる被害・損失の規模や様態を左右する、地形・地盤などの自然環境の脆弱性（自然素因）や、人口・建物・施設などの人間社会の脆弱性（社会素因）のこと。

災害誘因

災害をもたらす原因（加害力、外力）のこと。英語ではハザード (hazard) という。地震や火山噴火による災害は、災害誘因である地震動、津波、火山灰や溶岩の噴出などの外力が災害素因に作用することで引き起こされる。

差応力

応力の項を参照。

山体崩壊

山体が地震や火山噴火などによって大きな崩壊を起こす現象。

軸面劈開

結晶や高温・高圧の下で固結した岩石などが、ある一定の方向に薄く剥ぐように割れやすい性質を劈開という。劈開が層理（岩石中にみられる成層構造）と平行な場合を層面劈開というのに対して、褶曲構造内の岩石の割れやすい方向が褶曲軸面と平行な場合を軸面劈開という。

事象系統樹

時間と共に進行する一連の事象（イベント）を網羅的に列挙し、それら相互の関係と時間発展（事象分岐）を樹形図（イベントツリー）として整理したもの。それぞれの分岐には、地質学的情報、観測データ、理論などに基づいて確率が付与されることもある。地震活動に関して作成されたものを地震活動事象系統樹、火山活動に関して作成されたものを噴火事象系統樹という。

事象分岐

事象系統樹 の項を参照。

地震・火山噴火予知研究協議会

科学技術・学術審議会（測地学分科会）による建議に基づく地震及び火山噴火の観測研究に関して、関係機関の連携を緊密にして観測研究計画を協議し、研究の有効な推進を図ることを目的として東京大学地震研究所に設置されている組織。予知協、予知協議会、あるいは予知研究協議会と略称されることもある。

<https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/YOTIKYO/>

地震カタログ

地震の発生時刻や震源、規模（マグニチュード）などの情報をまとめたデータベースのこと。

地震サイクル

地震発生後、断層面の強度が回復するとともに、プレート運動などによる広域応力により再びひずみエネルギーが蓄積され、次の地震が発生するまでの一連の過程。

地震シナリオ

ある領域における地震の発生の推移を時系列的に整理したもの。

地震性滑り

地震波の放射を伴う断層滑り。顕著な地震波の放射を伴わない断層滑りを非地震性滑りと呼ぶ。

地震探査

爆薬やバイブロサイスなどの人工震源を用いて地震波を発生させ、これをいろいろな地点で観測して、地震波の伝播速度や減衰などを調べることにより地下の構造を明らかにする手法。構造探査の手法のひとつ。

地震調査委員会

地震調査研究推進本部の項を参照。

地震調査研究推進本部

地震調査研究推進本部は行政施策に直結すべき地震に関する調査研究の責任体制を明らかにし、これを政府として一元的に推進するため、地震防災対策特別措置法に基づき政府の特別の機関として1995年7月に総理府（現在の所管は文部科学省）に設置された。地震本部と略称されることもある。地震調査委員会は、地震調査研究推進本部の下に設置され、関係行政機関（気象庁、国土地理院など）や大学などの調査結果を収集、整理、分析し、これに基づき地震活動に関して総合的な評価を行う。<https://www.jishin.go.jp/>

地震発生過程

広域の応力によって特定の震源断層に応力が集中し地震の発生に至る物理・化学過程。

地震発生サイクル

地震発生後、断層面の強度が回復するとともに、プレート運動などによる広域応力により再びひずみエネルギーが蓄積され、次の地震が発生するまでの一連の過程。

地震モーメント

地震の規模を表す最も基本的な量。震源断層の面積と滑り量及び剛性率（岩盤の変形のしにくさを表す物性値）の積で計算される。断層運動の規模を表すために用いられることもある。単にモーメントと略されることがある。

地震予知連絡会

地震予知の実用化を促進する旨の閣議了解（昭和 43 年 5 月）及び測地学審議会建議（昭和 43 年 7 月）に基づいて、地震予知に関する調査・観測・研究結果などの情報の交換とそれらに基づく学術的な検討を行うため、昭和 44 年 4 月に発足した組織。国土地理院が事務局を務める。<https://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/>

地すべり

斜面の一部あるいは全部が地下水などの影響と重力によって移動する現象。

地すべり土塊

地滑りによって、斜面下方へ移動した物質の塊をいう。

沈み込み帯

プレートの項を参照。

次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト

平成 26 年の御嶽山の噴火などを踏まえ、火山災害の軽減に資する火山研究の推進（次世代火山研究推進事業）と、広く社会で活躍する火山研究人材の裾野を拡大するとともに、火山に関する広範な知識と高度な技能を有する火山研究者となる素養のある人材の育成（火山研究人材育成コンソーシアム構築事業）を目的として、文部科学省が平成 28 年度から実施している 10 ヶ年のプロジェクト。<https://www.kazan-pj.jp/>

地盤変動

地殻変動のうち、変化の生じる範囲が狭く、変動源が比較的浅いところにあると思われるもの。

シミュレーション

実際の事象を、その事象を支配している法則に基づいてほぼ同様となるように組み立てた模擬空間で再現試行すること。コンピュータを用いた数値シミュレーションを指すことが多い。

社会素因

災害素因のうち、人口・建物・施設など人間・社会にかかわる素因。自然素因と対をなす。

重力異常

重力の実測値とその緯度の標準重力の差のこと。たとえば、地下に高密度の岩石があると、重力値は標準重力値よりも大きくなり、低密度の岩石がある場合は小さくなる。これらに基づき重力値の測定から地下構造を推定することが可能である。

首都圏地震観測網

首都圏地域で発生する地震の研究と、その被害軽減を目的に、首都圏（東京都、茨城県、神奈川県、千葉県、山梨県、埼玉県）の約 300 カ所に設置された坑井式地震計で構成され、防災科学技術研究所が運用している観測網。通称の MeSO-net(メソネット)は、Metropolitan Seismic Observation network の略。<https://www.mesonet.bosai.go.jp/mrportal/top>

首都直下地震

首都圏の直下を震源として発生する地震の総称で、特定の地震を指すものではない。内閣府の首都直下地震モデル検討会は、近い将来に発生が予想される M7-8 クラスの地震として想定した 20 通り以上の地震による震度分布・津波高などの検討結果を平成 25 年に公表した。<https://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/shutochokkajishinmodel/>

（噴火の）準備過程

火山噴火は、火口から溶岩や火山ガスが急激に地表に放出される現象である。噴火の前には、地下深部で発生したマグマが、マントルや地殻内を上昇し、地殻浅部にマグマ溜まりとして蓄積される。さらに、内部の圧力が高まるなどの理由で、マグマが地表へ移動し溶岩や火山ガスとして噴出する。このように噴火に至るまでの一連の過程を噴火の準備過程という。

常時微動

地震計によって常時観測される地面のわずかな揺れのこと。常時微動を測定することにより、建物や地盤の揺れやすさの特徴を調べることができる。

徐動性（の）地すべり

土地の一部が降雨などによる地下水上昇等に起因してその形状を比較的保ったまま断続的にゆっくりと移動する現象

史料

歴史時代の地震や火山噴火などの研究の素材となる、古文書、日記、絵図、建築などの総称。

震源

地震時の断層破壊が始まった場所を震源といい、一般に、緯度・経度・深さで表す。断層破壊が始まった場所であることを強調するために、破壊の開始点ということもある。なお、震源断層や震源域、震源過程を概略的に指して震源と呼ぶこともある。

震源域

地震時に破壊された領域全体のこと。

震源インバージョン

地震観測データから、震源の位置や断層面上の滑りを推定する解析手法。

震源核

強度に不均質がある断層で、断層全体が壊れる（地震発生）前に、断層面上の強度が低い場所で発生する局所的な破壊のこと。地震発生の準備過程で形成されると考えられている。震源核の周辺に生じる応力集中により震源核は徐々に大きくなり、ある限界の大きさ（臨界サイズ）に達したときに、断層全体の急激な破壊（地震）が生じると考えられている。

震源過程

地震は震源域において断層面がすべることで生じる。このとき断層面上で滑りが伝播する過程のことを震源過程という。断層面上の滑りの速さや向きの時空間変化をあらかじめ指定する運動学的なものを指す。破壊や摩擦の物理法則と連続体力学を用いて断層の滑り伝播過程を動力学的に記述する「動的（地震）破壊過程」とは区別されることが多い。

震央

重力（重力加速度）を測定することによって、地震時の断層破壊が始まった場所を震源といい、一般に、緯度・経度・深さで表す。震源を、直上の地表に投影した地点を震央という。

震源断層

地震時に破壊され、滑りが生じた断層のこと。

震源断層モデル

断層面上における滑り量の分布や滑り方向、破壊の伝播様式を表すモデルのこと。

震度

地震によって生じる、地表における揺れの強さを表す指標。地震の規模を表すマグニチュー

ドとは異なる。日本では、気象庁の震度階級により、揺れの強さは震度0から震度7までの10段階に区分される。1996年3月までは、体感及び建物被害などの状況から震度を推定していたが、現在は、計測震度計により算出される。震度と揺れの状況の関係は、気象のHPを参照。

<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/shindo/index.html>

水蒸気噴火

マグマなどの熱によって火山体内部または地表付近の水が気化して体積が膨張することで、水蒸気が急激に噴出する現象のこと。噴火口付近の岩石が砕け、火山砕屑物（火山岩塊や細粒火山灰）が飛散する。噴出物には、新鮮なマグマ由来の物質は含まれない。

滑り欠損

プレート境界面での相対変位を考えた時、プレート相対運動から期待される相対変位から、実際に生じている相対変位を減じた量をいう。滑り欠損が大きいということはプレート間が固着していることを意味する。

スラブ

重い海洋プレートは、大陸プレートなどのより軽いプレートの下へ沈み込む。海洋プレートがマントル中に沈み込んだ部分をいう。

スラブ内地震

沈み込んだ海洋プレート（スラブ）内部で発生する地震。海溝軸の近くや、プレート境界地震が起こらないような深い場所で規模の大きな地震が起こる場合がある。

スロー地震

通常の地震のように断層が急激にすべることなく、ゆっくりとすべることによって、蓄積されたひずみエネルギーを解消させる現象。ゆっくり地震ともいう。プレート境界で発生するスロー地震には、周波数が高いものから低いものの順に以下の種類がある。

- ・低周波微動

数分から数日の間、断続的に微弱な低周波振動（数Hz～10Hz）を発生させる現象。低周波地震の重ね合わせと考えられ、プレート境界のゆっくり滑りに伴って発生すると考えられる微動。火山性微動や常時微動とは発生原因が異なり、区別される。テクトニック微動とも呼ばれる。海溝付近の安定すべり域の深部側にある固着域に遷移する領域で発生する浅部低周波微動と、固着域からさらに深部の安定すべり域に遷移する領域で発生する深部低周波微動がある。

- ・超低周波地震

短周期（高周波）成分がほとんど含まれず長周期（低周波）成分が卓越する地震波を放射する地震で、10～100 秒程度の帯域に卓越した周期を持つもの。浅部低周波微動と同様の場所で発生するものを浅部超低周波地震、深部低周波微動と同様の場所で発生するものを深部超低周波地震という。

- ・スロースリップイベント（SSE）

プレート境界面などの断層で発生する非地震性滑りで、非定常なゆっくりとした滑り。継続時間が数日～10 日程度の深部短期的 SSE と半年～数年程度の長期的 SSE がある。南海トラフの場合、長期的 SSE は固着域の深部側に隣接した遷移領域で、深部短期的 SSE は深部の安定すべり域により近い遷移領域で発生する。

スロースリップ

断層面やプレート境界面で発生する非地震性滑りで、非定常なゆっくりとした滑り。長いものでは継続時間が数年に及ぶものもある。ゆっくり滑り、スロースリップイベント（SSE）、準静的滑りともいう。

静穏化

地震活動や火山活動が以前の活動よりも相対的に低下している現象。

脆弱性

災害素因 の項を参照。

正断層

上盤の項を参照。

石基

火山岩を構成する組織の一つ。火山岩中の非常に細かい鉱物粒子からなる緻密な組織を石基と呼び、比較的大きな粒である鉱物結晶を斑晶と呼ぶ。

先行現象

地震や火山噴火の発生前に、震源域や火山体の内部や周辺で発生するさまざまな異常現象。地盤の隆起・沈降、地震活動の変化、電磁気異常、地下水の変化などが報告されている。前兆現象あるいは先駆現象と呼ばれることもある。

前震

比較的大きな地震が発生すると、それより小さな地震が直後から近くで続発する。この最初の大きな地震のことを本震、その後が続発する地震を余震という。また本震の前に、その

震源の近くで本震よりも規模の小さな地震が起ることがあり、これを前震という。

浅部熱水系

熱水系の項を参照。

総合防災学

自然環境から人間活動にいたる全てのプロセスを研究対象として、安心安全な社会基盤を構築するための政策について工学的な視点に立脚して設計していく学問領域のこと。

相似地震

地震波形がよく似ている地震群のこと。ほぼ同じ断層面で同じような滑りが起きた場合に発生すると考えられる。

層序

地層の重なっている順序のこと。

増幅特性

表層地盤の影響で地震の揺れが増幅される特性のこと。サイト特性ともいう。

即時予測

地震や火山噴火の発生直後に得られるデータを用いて、強い揺れや津波、火砕噴出物の程度や広がり、到来時刻などの防災に役立つ事項を可能な限り速やかに予測すること。地震動の即時予測でよく知られているものとしては、気象庁で運用されている「緊急地震速報」がある。

測地学分科会

文部科学大臣の諮問に応じて、科学技術や学術の振興に関する調査審議をし、答申をする科学技術・学術審議会の下に設置され、測地学及び政府機関が行う測地事業計画に関する調査審議を行う組織。地震や火山の研究も測地学の一分野としてとらえられている。

https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu6/index.htm

速度弱化

断層面の摩擦強度が、断層の滑り速度の増大とともに小さくなることをいう。

側噴火

山頂付近の火口（山頂火口）ではなく、それ以外の中腹や山麓で発生する噴火。

損失超過確率曲線

年超過確率と損失額との関係を表した曲線のこと。

ダイク

岩脈ともいい、地層や岩石の割れ目にマグマが板状に貫入し固まったもの。

帯磁

磁性鉱物を含む岩石が磁化を獲得することをいう。

卓越周波数

地震動は様々な振動数（単位時間当たりの振動回数）の波動の重ね合わせで表せるが、そのうち卓越したエネルギーを持つ振動数のことをいう。

脱ガス

マグマに溶け込んでいる揮発性（ガス）成分が、マグマの上昇に伴い圧力が低下するなどして溶解度が下がり、気泡として析出してマグマから分離することをいう。そのガス成分が周辺岩体に浸透・拡散するなどして十分に抜ければ爆発性が低下し、ガス成分が残れば爆発性が高まると考えられている。

地殻

地球の固体部分を構成する大きな成層構造のうち、一番外側の層。地殻の下にはマントルが存在する。地殻は海洋地殻と大陸地殻に分類され、海洋地殻は約 6 km のほぼ均一な厚さであるのに対し、大陸地殻は平均的には 30 km 程度の厚さであるが、安定な大陸地塊などでは 60～70 km の厚さに及ぶ場所がある。地殻の浅い部分を上部地殻、深い部分を下部地殻と呼ぶ。上部地殻と下部地殻の間に中部地殻が存在する場所もある。

地殻活動

地殻内で発生する現象全般の総称。

地殻（内）流体

地殻の内部に含まれる水やマグマなどの流体。地殻内で水は、岩盤の亀裂や岩石の空隙（間隙）、鉱物の粒界などに存在していると考えられている。

地殻変動

地震などの断層運動やマグマの蓄積・放出などの火山活動によって地表に生じた変位やひ

ずみ、傾斜の変化。地盤変動ということもある。

地下構造モデル

地震波（P波、S波）速度や密度、減衰など構造パラメータの空間分布を記述したモデルのこと。

地表地震断層

地震時の断層運動が地表に達して生じた地表面の食い違い。単に、地震断層、あるいは、地表断層ということもある。

長期評価

地震発生可能性の長期評価の略。主要な活断層で繰り返し発生する地震や海溝型地震を対象に、地震の規模や一定期間内に地震が発生する確率を予測したもの。

長周期地震動

規模の大きな地震が発生した場合に生じる、ゆっくりとした揺れのこと。高層ビルは固有周期が長く長周期地震動により影響を受けやすい。

潮汐

月や太陽などの他の天体の引力により生じる海水面の昇降（海洋潮汐）や地球の変形（固体潮汐）をいう。

超低周波地震

ゆっくり滑りや火山活動に伴って生じる地震で、短周期（高周波）成分がほとんど含まれず長周期（低周波）成分が卓越する地震波を放射する地震。プレート境界域で発生する超低周波地震については、スロー地震の項を参照。

津波地震

地震動から推定される地震の規模（マグニチュード）に比べて大きな津波を生じる地震。

津波シナリオ

津波の波源断層モデルを設定して行った津波計算結果から沖合の水圧変動、予測対象地域の沿岸水位分布、浸水深分布、到着時間を記録したもの。波源断層モデルを様々な設定して予め計算した多数のシナリオにより構築された津波シナリオバンクを用いて即時予測が行われる。

津波浸水想定

津波があった場合に想定される浸水の区域及び水深。

津波堆積物

津波によって運ばれた砂や礫などが堆積したもの。これらの調査により、過去の津波の発生年代や浸水規模を推定することができる。

低周波地震

短周期成分がほとんど含まれず長周期成分が卓越する地震波を放射する地震。ただし、超低周波地震に比べて卓越する地震波の周波数は高い（概ね 1 ～数 Hz）。活火山近傍の下部地殻やモホ面付近などで発生する深部低周波地震、火山噴火に前後して火山体のごく浅い場所で発生する浅部低周波地震がある。

低周波微動

スロー地震の項を参照。

テクトニック微動

スロー地震の項を参照。

テフラ

噴火によって噴煙や火砕流として噴出した火山砕屑物（火山弾、軽石、火山灰など）が地表に堆積した物。噴火堆積物とも呼ばれる。

テレメータ

地震などの野外観測で得られるデータを、無線通信や電話回線、衛星通信などを介し、大学や研究機関などの観測拠点へ伝送すること。

電子基準点

GEONET の項を参照。

同化

複雑な現象の高精度予測のために、数値シミュレーションの結果として得られる物理量が観測データをなるべく再現できるように、適切な初期値や境界値、各種パラメータを推定すること。

当面 10 年間に取り組むべき地震調査研究

地震本部が、2019 年に取りまとめた「地震調査研究の推進について ―地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策（第 3 期）―」において挙げられた、今後 10 年間に取り組むべき調査・研究項目。

https://www.jishin.go.jp/about/activity/policy_revised/

土石流

火山泥流 の項を参照。

トレンチ調査

地質調査法の一つで、地表から溝状に掘り込み、地層を新たに露出させ、断面を観察する方法。地震分野では過去の断層運動の年代や周囲の環境の調査、火山分野では過去の噴火史を調査するために有力な方法である。

内陸地震

陸のプレートの子殻内で発生する地震。

南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会

気象庁が「南海トラフ地震に関連する情報」を発表するにあたり、有識者からの助言を得るために開催される会。有識者 6 名の委員に加え、国土地理院、海上保安庁、防災科学技術研究所、海洋研究開発機構、産業技術総合研究所が参画する。観測データの状況を平常時から把握するために原則として月 1 回開催されるほか、観測データに異常が認められた場合には南海トラフ地震との関連性を緊急に評価するために臨時的に開催される。

逃げトレ View

地域住民一人ひとりについて、津波からの避難がどの程度容易か困難かをスマートフォンのアプリで評価・診断できることを目指して海洋研究開発機構が研究・開発しているツール。

https://www.jamstec.go.jp/bosai-nankai/j/result_2d.html

熱水系

地熱地帯や火山の地下で形成される、熱水が貯留・循環している領域のこと。

熱水変質

地下数百 m～数 km の高圧下において、温度が 100℃を超える熱水に長時間さらされることで、化学反応により岩石の組成が変化すること。

粘性

力を加えるとその速度に応じた速度で流動し、力を除くと静止するような物質の力学的性質をいう。

粘弾性

加えられた力に応じて変形し、力を除くともとの形に戻る弾性的性質と、加えられている力に応じた速さで時間とともに変形が進行する粘性的性質をあわせ持つ性質。粘弾性体に加えられた応力が、粘性的性質による変形に伴い減少していく現象を粘弾性緩和という。

年超過確率

ある事象の稀さの度合いを表現するために、ある値を超える確率を1年あたりで算出したもの。毎年、1年以内に発生する確率をいう。例えば、100年に1度の時間雨量150mmを超える規模の降雨の場合、この事象の年超過確率は1/100である。

爆発的噴火

急激な体積膨張を伴い、岩石や火山灰、ガスなどを一気に放出する噴火を爆発的噴火と呼ぶ。噴火が爆発的になるか否か（爆発性）は以下の条件に左右される。一般にマグマの粘性が高い場合やマグマ中に多量の揮発性物質が含まれる場合に、爆発的な噴火になりやすい。また、マグマの熱で地下水が急膨張する水蒸気噴火も爆発的噴火である。マグマの粘性が低い場合やマグマ中の揮発性成分が噴火前に抜けてしまった場合は、爆発を伴わずにマグマが火口から噴出・流出する非爆発的な噴火になりやすい。

ハザードマップ

ある災害に対する危険な区域を示した地図。火山のハザードマップでは、噴石、降灰、火砕流、溶岩流、泥石流などの災害を引き起こす現象が波及すると予想される範囲などが図示される。

発震機構解

地震時の断層運動を断層面の向き（走向、傾斜角）と相対すべりの向き（すべり角）によって表現したものをいう。震源域の応力場を知る手がかりとなる観測データである。地震波の放射パターンなどから求められる。

斑晶

石基の項を参照。

半割れ

想定される震源域全体が一度にすべるのではなく、震源域が2つの部分に分かれて別々に明瞭な時間差をもってすべった場合、もしくは、片方の部分が滑り、もう片方の部分はすべっていない状態をいう。南海トラフ沿いでは、1854年に南海トラフの西側で発生した安政南海地震（M8.4）の30時間後に、その東側で安政東海地震（M8.4）が発生した事例を含めて4例の半割れが知られている。

ひずみ

岩盤（プレート）などの変形の程度をあらわす量。単位長さ当たりの変位量で定義される。ひずみの空間的な分布の状態をひずみ場という。

ひずみ集中帯

ひずみ速度 の項を参照。

ひずみ速度

単位時間当たりのひずみの変化量。ひずみ速度の空間的な分布の状態をひずみ速度場という。測地観測や地形から推定される地殻のひずみ速度が大きい領域はひずみ集中帯と呼ばれる。

非地震性滑り

断層面やプレート境界面で発生する、地震波を出さない、ゆっくりとした滑り。

非弾性

外力によって変形した物質が、外力を除去すると元に戻る性質を弾性といい、元に戻らないものを非弾性という。非弾性で媒質が変形することを非弾性変形という。非弾性的性質には、粘性や塑性などの性質が含まれる。地殻の上部は主に弾性的性質を持つが、深部になると粘弾性的性質や塑性的性質を持つことが知られている。内陸地震の発生のメカニズムを理解するためには、粘弾性的性質や塑性的性質を持つ層の影響を理解することが重要であると考えられている。

比抵抗

単位断面積・単位長さ当たりの電気抵抗値のこと。電気伝導度の逆数。マグマの周辺では高温や流体の存在によって低い比抵抗値を示すことが多いため、地中の比抵抗の分布（比抵抗構造）を調べることで火山噴火の発生ポテンシャルや地下のマグマの状態を把握する研究が進められている。また、地震の破壊領域と地中の比抵抗構造との関連も注目されている。

非定常地殻変動

プレート境界面での固着によって陸側プレートが引きずりこまれることによる定常的な地殻変動とは異なる地殻変動のこと。

微動

長時間にわたって継続する、振幅の小さい地震動のこと。地震などが起こらなくても、波浪や風、人間活動などによって定常的に生じる振動を常時微動または雑微動という。プレート境界域で発生する微動については、[スロー地震](#) の項を参照。

表層地盤

地表面近くに堆積した地層のこと。

表面波

地表面に沿って伝わる地震動。波の進行方向に対して地表が直交方向に水平に振動して伝播するラブ波と、上下方向に楕円を描くように振動するレイリー波がある。

ブシネスクモデル

沿岸部に到達した津波には、地形の影響を受けて波高が高くなる、局所的に波高が変化するという変形が生じる。これらの非線形性を考慮する非線形分散波理論の近似モデルの一つ。

フラジリティ曲線

基盤の最大加速度と建物の損傷規模に関する確率との関係を示す曲線のこと。例えば、建物の軽微な被害、大破するような被害、倒壊するような被害の境界を表すフラジリティ曲線が作成されれば、基盤の最大加速度を入力することにより、それぞれの被害発生確率を求めることができる。

プリニー式噴火

[噴火様式](#)の項を参照。

プレート

地球表面は、十分に冷却して固くなっている最上部マントルと地殻を合わせた、厚さ 100 km 程度の複数の固い岩石の層で覆われている。この岩石層がプレートと呼ばれ、その動きをプレート運動という。また、隣り合う 2つのプレートの境界がプレート境界である。プレート境界で発生する地震はプレート境界地震、プレートの内部で発生する地震はプレート内地震と呼ばれる。

プレート間固着

プレート境界においてずれ運動がない状態のこと。

プレート境界

プレートの項を参照。

プレート境界地震

プレートの項を参照。

噴火警戒レベル

火山活動の状況に応じて「警戒が必要な範囲（生命に危険を及ぼす範囲）」と防災機関や住民などの「とるべき防災対応」を5段階に区分した指標。噴火警戒レベルに応じた「警戒が必要な範囲」と「とるべき防災対応」が地方自治体の地域防災計画に定められた火山において、噴火警報・予報に付して発表される。

噴火警報

火山噴火に伴い、生命に危険を及ぼす火山現象の発生や危険が及ぶ範囲の拡大が予想される場合に、「警戒が必要な範囲（生命に危険を及ぼす範囲）」を明示して気象庁が発表する警報。噴火警戒レベルが運用されている火山においては、噴火警戒レベルを付して発表する。

噴火事象系統樹

事象系統樹の項を参照。

噴火シナリオ

火山ごとに、噴火で想定される現象の発生推移を時系列的に整理したもの。噴火の規模や現象発生パターンなどの分岐判断について示した噴火事象系統樹を指しているが、防災対応を目的としたより実効的なものを指すこともある。

噴火様式

噴火時にマグマが地表に噴出する際、噴火の様子はマグマの性質や破砕の程度などによって異なり、いくつかのタイプに識別される。その異なる噴火の様子を噴火様式という。主な噴火様式としては、以下のようなものがある。

- ・プリニー式噴火：マグマの粘性が高い火山に見られる噴火様式で、数十分から1日程度にわたり、大量の火山ガスと火砕物（火山灰や軽石）からなる噴煙柱を形成する。噴煙柱の高さは成層圏に達し、広範囲に火砕物を降下させる。細粒の噴出物が成層圏にとどまり、

世界の気候に影響を及ぼすこともある。噴煙柱の広がり小さいものは、準プリニー式噴火と呼ばれる。

- ・ブルカノ式噴火：マグマの粘性がやや高い火山に見られる噴火様式で、爆発的な噴火を伴う。火山弾や火山礫を空中高くに噴出し、細粒な火山灰を放出し黒色の噴煙を上げる。
- ・ストロンボリ式噴火：マグマの粘性が低い火山に見られる噴火様式で、比較的小規模で間欠的な爆発を規則的に繰り返す。噴出物のほとんどを、半ば固結した溶岩片が占め、火山灰はほとんど放出しない。噴火が長期にわたって継続することが多い。

噴砂

地震時の強い揺れにより、地下水を含んだ砂の層が液状化し、その上の地層を引き裂くように砂が上昇する現象。

噴石

火山噴出物の項を参照。

平均変位速度

活断層の累積変位の履歴から推定される長期的な変位速度。

変形場

地殻やマントルなどの地下構造が周囲からの応力を受けて、連続的に変形している領域。

ポアソン過程

事象の発生確率が時間に依存せずに常に一定（先行する事象の発生や、その後の経過時間が、後続の事象の発生確率に影響を与えない）であるような過程。

防災リテラシー

地震・火山噴火災害に対して適切な防災対策や避難行動をとることができるよう、地震・火山に関する基本的な知識、住む地域の災害リスクの知識、災害情報（警報・注意報）の知識、防災対策や避難方法に関する知識をもち、それらを活用する能力のこと。

放射非平衡

放射性元素が崩壊する過程で生じる中間壊変生成核種の存在比が、堆積・浸食・火山活動などの地学的な過程により、崩壊定数から想定される平衡状態の存在比からずれることがある。これを放射非平衡といい、平衡状態に戻るまでの存在比の変化は時間の関数となる。岩石に含まれる放射非平衡状態の元素の存在比を測定することで、ずれが生じてからの時間を知ることができる。

放射性炭素年代

大気中に一定の濃度で存在する炭素の放射性同位体 ^{14}C が半減期 5,568 年で放射性崩壊することを利用して、試料中に取り込まれた ^{14}C の濃度の減少の程度から算出される年代。

飽和磁化

磁界中の強磁性体は、磁界の強さとともに磁化は増加するが、ある磁界以上では一定の値を取る。この状態を磁気飽和という、このときの磁化の大きさを飽和磁化という。この状態で強磁性体を磁界がない状態にしたときの磁化の大きさを飽和残留磁化という。

飽和残留磁化

飽和磁化の項を参照。

マイクロライト

火道内の水に飽和したメルト（部分溶融体）が噴火の際に減圧する際に、メルト含水量が減少することで、融点が上昇するため結晶作用が駆動される。この結晶作用によってマイクロライトが形成される。マイクロライトの形成は、マグマのレオロジー的性質や脱ガス効率に影響するため、噴火ダイナミクスに変化を引き起こす。マイクロライトは数十 μm 以下のサイズの結晶のことを指し、 $1\mu\text{m}$ 以下のサイズの結晶をナノライトと呼ぶことがある。

マグマ

岩石物質の高温溶融体。噴火によってマグマが地表に出たものを溶岩という。マグマが地殻内で結晶化したり、地殻物質を溶かしこんだりして、多様な組成のマグマができることを、マグマの分化という。それにより、二酸化ケイ素含有量の少ない組成のマグマから、より二酸化ケイ素含有量に富む組成のマグマが生成されていく。マグマの分化によって、一般に粘性が大きくなる。

マグマ供給系

地下深部から火口までマグマが供給されるマグマ溜まりや火道を含むシステム全体のことを指す。

マグマ溜まり

火山活動の源であるマグマが蓄積されているところ。その存在位置、形状、内部構造、内容物の特性などの情報は、噴火現象の理解に欠かせないが、現状では、よく研究されている少数の火山に限り、それらのごく一部が明らかにされているのみである。

マグマ噴火

噴出物のほとんどがマグマから直接由来した噴火。ハワイ式噴火、ストロンボリ式噴火、ブルカノ式噴火、プリニー式噴火などが該当する。

摩擦実験

岩石などにずれ変形を与えて行う実験のこと。室内における地震の模擬的な実験として考えられている。

摩擦特性

断層に作用する応力や断層のすべり速度、周辺の温度、間隙流体圧などに対する、断層の摩擦強度の依存性。

摩擦パラメータ

摩擦構成則で用いられる媒介変数で、これらが摩擦強度の速度依存性などの摩擦の特性を表す。

マントル

地殻の下にある深さ約 2、900km までの固体層。その上部（上部マントル）は、かんらん岩を主成分とする岩石で構成されている。

マントルウェッジ

海溝から沈み込んだ海のプレート（スラブ）と、上盤の陸の地殻に挟まれたくさび（ウェッジ）形のマントルの領域。

みんなで翻刻

歴史資料の文字を現代の活字に直してデータとして扱いやすくする作業（翻刻）を支援するツール。AI による自動くずし字認識を搭載するなど先進的な機能を備えるだけでなく、一般参加者を広く募集している。

<https://honkoku.org/>

メカニズム解

地震時の断層運動を断層面の向き（走向、傾斜角）と相対滑りの向き（滑り角）によって表現したもの。発震機構解あるいは発震機構ともいう。地震波の放射パターン（地震波の初動の振動方向）から求められたものを初動解、波形全体から求められたものを CMT 解と呼ぶ。初動解において、初動が上向きの領域と下向きの領域の境界を節面という。メカニズム解のタイプは、正断層型、逆断層型、横ずれ断層型に大別される。震源域の応力場を知る

手がかりとなる観測データである。

メルト包有物

マグマ中で斑晶が晶出する際に、斑晶中に周囲の流体（メルト）が捕獲されたもの。結晶ができた当時のメルトの組成を記録している貴重な情報源である。

モーメント

地震モーメントの略。地震の規模を表す最も基本的な量。地震断層の面積と滑り量及び剛性率（岩盤の変形のしにくさを表す物性値）の積で計算される。非地震性滑りによる断層運動の規模を表すために用いられることもある。

モデル化

物理現象の時間変化を数式などで記述したり、諸要素の相互関係や因果関係を模式的に表現すること。地震や火山の分野においても、様々な現象について、実際の物理現象を再現するモデルの構築（モデル化）が試みられている。構築したモデルを用いて未来時刻までシミュレーションを行うことで、将来発生する現象の予測が行われる。

有限要素法

解析的に解くことが難しい微分方程式の近似解を数値的に得る方法のひとつ。構造力学分野で発達し、他の分野でも広く使われている手法。

ゆっくり滑り

スロー地震 の項を参照。

溶岩（流）

火山噴火時に火口から地表に出たマグマ物質。冷え固まって岩石となった後も「溶岩」と呼ばれる。溶岩が連続して地表を流れる現象を溶岩流という。

溶岩ドーム

火口から押し出された粘性の高い溶岩が、山体を流れ下ることなく固まってできたドーム状の地形。溶岩の塊そのものを指すこともある。

余効滑り

地震が発生した断層面と同一の面上で、地震の後に起こるゆっくりとした滑り。

余効変動

地震の後に震源域あるいはその周囲で発生する地殻変動。

横ずれ断層

上盤の項を参照。

リアルタイム GNSS

GNSS の項を参照。

陸海統合地震津波火山観測網

防災科学技術研究所が運用する、全国の陸域から海域までを網羅する地震・津波・火山の観測網の総称。略称は MOWLAS (モウラス: Monitoring of Waves on Land and Seafloor の略)。

<https://www.mowlas.bosai.go.jp/mowlas/>

以下の 8 つの基盤観測網 (うち 7 つは既設、1 つは整備中) から構成される。

陸域の基盤観測網

- ・ 高感度地震観測網 (Hi-net) : 全国に展開された約 800 点の高感度地震計からなる坑井式微小地震観測網。 <https://www.hinet.bosai.go.jp/?LANG=ja>
- ・ 全国強震観測網 (K-NET) : 全国に、約 20 km 間隔で設置された 1000 点以上の地表強震観測点からなる観測網。
- ・ 基盤強震観測網 (KiK-net) : 全国に展開された約 700 点の強震観測点からなる観測網。各観測点で、地表と地中の双方に強震計が設置されている。
<https://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>
- ・ 広帯域地震観測網 (F-net) : 全国に展開された約 70 点の広帯域地震観測点からなる観測網。 <https://www.fnet.bosai.go.jp/top.php?LANG=ja>
- ・ 基盤的火山観測網 (V-net) : 全国の 16 火山に設置された坑井式地震計・傾斜計と広帯域地震計、GNSS などからなる観測網。 <https://www.vnet.bosai.go.jp/>

海域の基盤観測網

- ・ 日本海溝海底地震津波観測網 (S-net) : 日本海溝沿いの海底に設置された、地震計と津波計が一体となった観測装置を海底光ケーブルで接続した観測網。観測装置は 150 カ所、ケーブル総延長は約 5,700 km である。 <https://www.seafloor.bosai.go.jp/S-net/>
- ・ 地震・津波観測監視システム (DONET) : 海底に設置された地震計や水圧計などの観測機器ネットワークによって、地殻変動、地震動、津波などを計測する。南海トラフの地震及び津波を常時観測監視するため、熊野灘沖に展開されたシステム (DONET1) と、紀伊水道沖に展開されたシステム (DONET2) からなる。 <https://www.seafloor.bosai.go.jp/DONET/>

- ・南海トラフ海底地震津波観測網（N-net）：南海トラフ地震の想定震源域のうち、観測網がまだ整備されていない高知県沖から日向灘にかけて設置が計画されているケーブル式海底地震・津波観測システムのこと。

<https://www.jishin.go.jp/main/seisaku/hokoku20a/k84-3-2.pdf>

リスクコミュニケーション

行政、専門家、地域住民、事業者などが、社会活動の中で発生するリスクや災害リスクなどについて情報を共有するとともに考え、出てきた問題点を相互のコミュニケーションによって解決していこうとする行い。

リスク評価

脅威をもたらす現象とその大きさ（ハザード）、発生する可能性のある災害に対する被害の受けやすさと対応能力の低さ（社会の脆弱性）、及び発生確率を組み合わせ、災害によって社会が被る被害の内容とその大きさを評価すること。

レオロジー

物質の変形や流動の大きさや速さと、単位面積あたりに働く力（応力）の関係。

歴史地震

文献史料（古文書、日記など）に記述されている歴史時代の地震、またこれによる被害のこと。

GS 立体図

地形図から判読できる3つの地形量「①標高」「②傾斜」「③凹凸（曲率）」を異なる色調で彩色し、複数枚を重ねて透過処理することで立体表現した図。

DAS 計測

分散型音響センシング（Distributed Acoustic Sensing）技術を用いた計測。光ファイバーケーブルに光パルスを入力すると、ファイバー中の不純物による散乱が生じることを利用して、散乱点のわずかな移動を精密に検出することで、光ファイバーケーブルに沿う方向の変形を短い間隔毎に計測できる。光ファイバーケーブルが敷設されたルート上に極めて短い間隔で多数並ぶ観測点それぞれで、ケーブルが敷設された方向のひずみの変化を測ると同等のデータが得られる。

DONET

陸海統合地震津波火山観測網の項を参照。

e コミマップ

防災科学技術研究所が「災害リスク情報プラットフォームの研究開発」の一環として研究開発している e コミュニティ・プラットホームの一連の製品のうちのの一つ。別名、庁内情報共有・発信基盤システム。地域の防災情報などを登録することで、防災マップの作成し、地域住民の防災対策の検討と実施を支援する。

<https://ecom-plat.jp/index.php?gid=10457>

GEONET

国土地理院が運用する GNSS 連続観測システムのこと（GNSS の項を参照）。全国に展開された約 1300 ヶ所の電子基準点とつくば市にある GEONET 中央局からなる。

<https://www.gsi.go.jp/eiseisokuchi/eiseisokuchi41012.html>

GIS

地理情報システム（Geographic Information System）の略。地理的位置に関する情報を持ったデータ（空間データ）を総合的に管理・加工し、視覚的に表示し、時間や空間の面から分析できる技術である。

GNSS

全球測位衛星システム（Global Navigation Satellite System）の略称。地球上での位置決めや時刻同期を目的とした電波を発射する人工衛星群、地上の支援システム、及び電波を受信して 3 次元的な地球上の位置や正確な時刻を知る目的で使用する利用者群の総称。米国が構築した GPS、ロシアの GLONASS や、ヨーロッパ連合（EU）の Galileo、日本の QZSS（みちびき）などのシステムがある。

ITRF

国際地球基準座標系（International Terrestrial Reference Frame）の略。GNSS、VLBI、SLR などの宇宙測地観測データに基づき国際協定によって決定・維持されている三次元直交座標系であり、地球の重心を座標の原点としている。これに準拠して位置を定義すれば、プレート運動による 2 地点間の相対的な位置の時間変化を容易に表すことができる。

JDXnet

全国地震観測データ流通ネットワーク（Japan Data eXchange network）の略。日本列島に展開されている地震観測点のデータの全国規模のリアルタイム流通ネットワーク。

J-SHIS

地震調査研究推進本部が取りまとめた「全国地震動予測地図」に関するデータを一元的に管理し、地震ハザードを地図上に表示する Web サービス。防災科学技術研究所により運用されている。

<https://www.j-shis.bosai.go.jp/>

K-NET

陸海統合地震津波火山観測網の項を参照。

KiK-net

陸海統合地震津波火山観測網の項を参照。

MCMC

インバージョン解析において、観測値を合理的に説明する物理モデルの変数を求める際に、変数をランダムに変動させる探索法であるマルコフ連鎖モンテカルロ法 (Markov Chain Monte Carlo methods) の略。従来の探索法に比べて、初期値の影響を低減し、変数を取りうる値を広く探索でき、最終的に得られた変数の信頼度を定量的に評価できるという利点がある一方、計算に時間がかかるという課題がある。

N型地震

火山で発生する低周波地震の一つ。単色の振動あるいは調和型の振動が時間とともにゆっくりと減衰する波形を有する。

Pi-SAR X3

情報通信研究機構が開発した、航空機搭載合成開口レーダーの一つ。従来機よりも2倍の高周波帯域に対応した送受信機とアンテナ、高速・大容量の観測データ記録装置、観測データを準リアルタイムで処理する機上処理装置を搭載する。2021年12月に世界最高の分解能15cmが定常的に得られることが実証された。

PLUM法

Propagation of Local Undamped Motion 法の略。震源や地震の規模の推定は行わず、震度を予測しようとする地点の周辺の地震計で観測された揺れの強さから、直接、予測対象地点の震度を予想する新しい即時予測手法。巨大地震が発生した際でも精度良く震度を予測できる。

Q 値

地震波の減衰の強さを表すパラメータ。Quality factor の略。Q 値が小さいほど地震波は減衰しやすい。

RC 造

鉄筋コンクリートで柱や梁などの主要構造部を構築している造りをいう。耐久性、耐震性、耐火性に優れる。

REGARD

国土地理院が運用する電子基準点リアルタイム解析システム (REaltime GEONET Analysis for Rapid Deformation monitoring) の略で、リアルタイム測位サブシステム、イベント検知サブシステム、断層モデル推定サブシステムの3つのサブシステムで構成される。それぞれが、リアルタイム測位による変位時系列の計算、巨大地震発生の検出、自動断層モデル推定による地震規模の計算を行っている。

S-net

陸海統合地震津波火山観測網の項を参照。

Slip Tendency 解析

断層の姿勢と周囲の応力状態から、断層面に作用する力 (せん断応力と垂直応力) を計算し、その二つの応力の比の大きさにより断層の動きやすさを定量的に表現する解析。

SAR

合成開口レーダー (Synthetic Aperture Radar) の略。レーダーを搭載する人工衛星や航空機の移動中に得たデータを合成することで移動方向の開口面を大きく拡大し、大型アンテナと同等の高い分解能を実現したレーダーシステム。SAR 干渉解析 (Interferometric SAR、InSAR) は、同じ場所を撮影した時期の異なる2回の画像の差をとる (干渉させる) ことにより地表面の変動を詳細に捉える手法である。

SINET

Science Information NETwork 6 の略で日本全国の大学・研究機関などの学術情報基盤として、国立情報学研究所が構築、運用している情報通信ネットワーク。
<https://www.sinet.ad.jp>

VEI

Volcanic Explosivity Index の略で、火山噴火の規模を表す指数。爆発的噴火に伴い降下

した火山碎屑物の体積に基づいて推定される。指数の推定の際、溶岩ドームや溶岩流として噴出したマグマの量は含まれない。VEI は0 から8 までの9 段階に区分される。1 は小噴火、2 ～3 は中規模噴火、4 ～5 は大規模噴火、6 はカルデラ形成をともなう巨大噴火、7 以上は地球規模に影響を及ぼす破局的な噴火に対応する。

VLBI

超長基線電波干渉法 (Very Long Baseline Interferometry) の略。はるか遠くにある天体から放射される電波を利用して、アンテナ間の正確な距離を測定する手法。数千キロメートル離れたアンテナ間の距離を、わずか数ミリメートルの誤差で測ることができる。

Vp/Vs (比)

P 波速度と S 波速度の比のこと。岩石の種類や流体が含まれるかどうかによって値が変わる。

Wave Gradiometry 法

アレイ観測データを解析する方法の一つ。波動場の空間勾配から地震波上下動成分の伝播のローネスを局所的に推定する目的で開発された。

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） 実施機関

総務省	国立研究開発法人情報通信研究機構
文部科学省	<p>国立大学法人等</p> <p>北海道大学大学院理学研究院 弘前大学大学院理工学研究科 東北大学大学院理学研究科 東北大学災害科学国際研究所 秋田大学大学院国際資源学研究科 新潟大学災害・復興科学研究所 東京大学大学院理学系研究科 東京大学大学院情報学環 東京大学地震研究所（共同利用・共同研究拠点） 東京大学大気海洋研究所 東京大学史料編纂所 東京大学地震火山史料連携研究機構 東京工業大学理学院火山流体研究センター 千葉大学大学院理学研究院 富山大学学術研究部都市デザイン学系 名古屋大学大学院環境学研究科 京都大学大学院理学研究科 京都大学防災研究所（共同利用・共同研究拠点） 神戸大学海洋底探査センター 鳥取大学大学院工学研究科 高知大学理工学部 九州大学大学院理学研究院 鹿児島大学大学院理工学研究科 兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科 立命館大学総合科学技術研究機構</p>
	国立研究開発法人防災科学技術研究所
	国立研究開発法人海洋研究開発機構
	独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所
経済産業省	国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター
国土交通省	<p>国土地理院</p> <p>気象庁</p> <p>海上保安庁海洋情報部</p>
都道府県	<p>地方独立行政法人北海道立総合研究機構産業技術環境研究本部 エネルギー・環境・地質研究所</p> <p>山梨県富士山科学研究所</p>

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） 令和4年度研究課題一覧

実施機関名	課題番号	研究課題名	研究代表者
北海道大学	HKD_01	津波堆積物情報の高度化と実践的活用に関する研究	西村裕一
	HKD_02	大規模噴火に関わるマグマプロセスの時間スケールの解明	栗谷豪
	HKD_03	マグマ脱ガス実験と火山噴出物の揮発性成分解析に基づく噴火分岐メカニズムの解明	吉村俊平
	HKD_04	電磁気・熱・ガス観測に基づく火山活動推移モデルの構築	橋本武志
	HKD_05	巨大地震に伴う海底斜面崩壊による津波の事前評価・即時予測に関する研究	谷岡勇市郎
	HKD_06	火山活動即時解析表示システムの開発	橋本武志
	HKD_07	地理空間情報の総合的活用による災害への社会的脆弱性克服に関する人間科学的研究	橋本雄一
	HKD_08	地殻変動等多項目データの全国流通一元化公開解析システムの高度化	高橋浩晃
	HKD_09	千島海溝沿いの巨大地震津波災害軽減に向けた総合研究	高橋浩晃
弘前大学	HRS_01	東北日本弧・千島弧会合部とその周辺における地震発生場の解明	前田拓人
	HRS_02	データ同化に基づく津波現況把握と即時予測の高度化	前田拓人
東北大学	THK_01	国際共同研究によるニュージーランドにおける地震発生機構の解明	岡田知己
	THK_02	流体の寄与に注目した地震断層すべり物理モデルの高度化	松澤暢
	THK_03	噴火発生時刻の即時把握と噴火ダイナミクスの研究	西村太志
	THK_04	浅部貫入マグマの結晶化速度と噴火挙動の推定手法の開発	中村美千彦
	THK_05	世界各地の大地震発生域との比較研究に基づく地震・火山現象の理解	趙大鵬
	THK_06	スラブ内地震の発生メカニズムに関する研究	東龍介
	THK_07	地殻応答による断層への応力载荷過程と断層間相互作用の解明と予測	岡田知己
	THK_08	集中地震観測による火山体構造・火山現象発生場の解明	山本希
	THK_09	繰り返し地震再来特性の理解に基づく地殻活動モニタリング	内田直希
	THK_10	地殻変動に伴う大気中ラドン濃度変動	長濱裕幸
	THK_11	多項目観測データに基づく火山活動のモデル化と活動分岐判断指標の作成	西村太志
	THK_12	海陸測地データを活用したプレート境界面すべり即時把握能力の向上とそれにもとづく津波即時推定手法の高度化	太田雄策
	THK_13	地震・火山データの無線伝送技術の開発	内田直希
東北大学災害科学国際研究所	IRID01	東北地方における地震・津波・火山情報に関する歴史資料の所在調査とデータ収集	蝦名裕一
	IRID02	GPS-A 観測による効率的な上下変動検出技術の開発と根室沖観測への適用	木戸元之
	IRID03	地表設置型合成開口レーダ(GB-SAR)による地表面変位計測の高精度化	佐藤源之
	IRID04	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	福島洋
	IRID05	歴史地形の復元・可視化手法の確立と災害発生要因の分析	蝦名裕一
	IRID06	災害に関わる個人の心理・行動特性とその評価・活用・調整に関する研究	杉浦元亮
新潟大学	NGT_01	日本海沿岸地域を中心とした地震・火山現象の解明のための史料収集と解析	片桐昭彦
	NGT_02	地震・火山噴火災害における被害軽減のために利活用可能な要素・知識体系の整理・検証	田村圭子
東京大学地震研究所	ERI_01	歴史地震史料を活用した地震学的解析	加納靖之
	ERI_02	マグマ溜まりの時間発展と噴火様式との関連性	安田敦

	ERI_03	大規模噴火に伴う諸現象とそれを駆動するマグマ溜り—火道システムの解明	前野深
	ERI_04	非線形動力学・計算材料科学との学際連携に基づく地震現象の多様性の統一的理解	亀伸樹
	ERI_05	千島海溝・日本海溝における複合海底地震測地観測によるプレート境界の挙動解明とそのモデル化	篠原雅尚
	ERI_06	より現実的な断層面ダイナミクス	中谷正生
	ERI_07	多項目観測データの比較研究に基づく噴火過程の理解とモデル構築	大湊隆雄
	ERI_08	日本・NZ 国際協力によるヒクラング沈み込み帯における多様な地震活動と、その発生環境との関係の解明	望月公廣
	ERI_09	内陸地震発生ポテンシャルの予測を目指した島弧の地殻応答と断層における地殻内流体の影響の解明	飯高隆
	ERI_10	東日本における長期的重力変化の観測とモデリング	今西祐一
	ERI_11	地震発生予測のための島弧-海溝システムの観測-モデリング統合研究	篠原雅尚
	ERI_12	スロー地震モニタリングに基づく南海トラフ域の地震発生可能性評価手法に関する研究	蔵下英司
	ERI_13	経験的アプローチによる大地震の確率予測のパフォーマンス調査	中谷正生
	ERI_14	大規模数値シミュレーションに基づく広帯域強震動災害の事前・即時予測	古村孝志
	ERI_15	首都圏の地震被害分布と地震像の解明	酒井慎一
	ERI_16	堆積平野・堆積盆地における地震災害発生機構の解明	三宅弘恵
	ERI_17	堆積物に基づく噴火物理化学パラメータ推定手法の高度化と事象分岐判断への活用	前野深
	ERI_18	観測研究データへの永続的識別子付与	加納靖之
	ERI_19	データ流通網の高度化	鶴岡弘
	ERI_20	光技術を用いた地下深部・火山近傍における地震・地殻変動計測技術の確立	新谷昌人
	ERI_21	高精細ミュオグラフィ画像自動診断による火山活動状況の推移との相関評価	田中宏幸
	ERI_22	海底ケーブルを用いる地震・地殻変動・津波リアムタイム観測技術開発	篠原雅尚
	ERI_23	海底での地震・地殻変動観測に向けた機動的観測技術の高度化	塩原肇
	ERI_24	マルチプラットフォーム次世代 WIN システムの開発	中川茂樹
	ERI_25	研究成果共有データベースの構築	鶴岡弘
東京大学理学系研究科	UTS_01	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	後藤和久
	UTS_02	巨大地震に伴う粘弾性余効変動の解明	田中愛幸
	UTS_03	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	井出哲
	UTS_04	地殻流体の化学的観測による地震火山活動評価システムの高度化と応用	角森史昭
	UTS_05	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の長期予測手法の開発と検証	安藤亮輔
	UTS_06	遠隔地火山、特に離島火山における火山ガスモニタリングの高度化	森俊哉
東京大学情報学環	III_01	ニーズ・アセスメントに基づく地震・火山災害に関する発生確率、被害想定、災害情報のコミュニケーション戦略の開発	関谷直也
東京大学史料編纂所	UTH_01	地震火山関連史料の収集・分析とデータベースの構築・公開	榎原雅治
	UTH_02	近代以前の地震・火山災害に関する多角的研究	杉森玲子
東京大学大気海洋研究所	AORI01	巨大津波を引き起こす震源断層の実態解明と流体変動モニタリング	朴進午
	AORI02	地球物理・化学的探査による海底火山および海底熱水活動の調査	小畑元
東京大学地震火山史料連携研究機構	HMEV01	地震火山関連史料に基づく低頻度大規模地震火山災害の調査	大邑潤三
	HMEV02	地震関連史料に基づく近代以前の地震活動の調査	榎原雅治

東京工業大学	TIT_01	海域火山活動に伴う熱水活動の実験的研究と観測研究	野上健治
	TIT_02	小型拡散放出二酸化炭素率測定装置の開発	野上健治
	TIT_03	水蒸気噴火の準備過程を捉えるための火山熱水系構造モデルの精緻化	寺田暁彦
千葉大学	CBA_01	電磁気学的な地震先行現象の総合的研究	服部克巳
富山大学	TYM_01	極小規模噴火を含めた草津白根火山の噴火履歴の解明と噴火ポテンシャル評価	石崎泰男
	TYM_02	富山県弥陀ヶ原火山における地球物理学的観測による火山活動モニタリング	堀田耕平
	TYM_03	地震学・火山学の知見に基づくコンパクトシティをデザインする情報科学からの被災生活シミュレーション	井ノ口宗成
名古屋大学	NGY_01	古文書解読による南海トラフ巨大歴史地震像の解明 ～歴史地震情報の可視化システムの構築とその活用～	山中佳子
	NGY_02	南西諸島海溝におけるプレート間固着状態の解明	田所敬一
	NGY_03	変動地形学的手法による内陸地震発生モデルと活断層長期評価手法の再検討	鈴木康弘
	NGY_04	南海トラフ域におけるプレート間固着・滑りの時空間変化の把握	田所敬一
	NGY_05	地表地震断層の特性を重視した断層近傍の強震動ハザード評価	鈴木康弘
	NGY_06	被害の地域的な発現過程とコミュニティの社会・空間構造に着目した地震・津波災害発生機構に関する文理融合的研究	室井研二
	NGY_07	御嶽山地域の防災力向上の総合的推進に関する研究	山岡耕春
	NGY_08	小電力・小型・携帯テレメータ地震観測装置の改良開発	山中佳子
京都大学防災研究所	DPRI01	津波生成過程の理解に向けた浅部スロー地震の活動様式・発生場の解明とモデル化	伊藤喜宏
	DPRI02	南海トラフ巨大地震の予測高度化を目指したフィリピン海スラブ周辺域での総合的観測研究	澁谷拓郎
	DPRI03	内陸地震の発生機構と発生場の解明とモデル化	飯尾能久
	DPRI04	日本列島の地震-火山噴火の基本場解明:地殻とマントルにおける応力、流体-マグマ、温度・流動-変形場	深畑幸俊
	DPRI05	測地観測データに基づく内陸地震長期評価手法の開発	西村卓也
	DPRI06	インドネシアの活動的火山における火山活動推移モデルの構築	井口正人
	DPRI07	桜島火山における火山活動推移モデルの構築による火山噴火予測のための総合的観測研究	中道治久
	DPRI08	広帯域強震動予測の高度化に関する研究	関口春子
	DPRI09	断層破壊過程と極大強震動生成に関する研究	岩田知孝
	DPRI10	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	土井一生
	DPRI11	火砕流の発生と流下予測	為栗健
	DPRI12	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	藤田正治
	DPRI13	桜島火山における地域との連携による火山災害に関する社会の共通理解醸成のための研究	中道治久
	DPRI14	災害リテラシーの育成のためのオープンサイエンス手法の検討	矢守克也
京都大学理学研究科	KUS_01	地殻活動データの同化による沈み込みプレート境界面すべり予測に関する研究	宮崎真一
	KUS_02	地震・地殻変動モニタリングによる中期的な火山活動の評価	大倉敬宏
	KUS_03	阿蘇で学ぶ地震・火山災害への備え	大倉敬宏
奈良文化財研究所	NAB_01	考古・文献資料からみた歴史災害情報の収集とデータベース構築・公開ならびにその地質考古学的解析	村田泰輔
神戸大学	KOBE01	鬼界海底カルデラにおけるマグマ供給系の構造・進化の解明	島伸和
鳥取大学	TTR_01	地方自治体の地震被害想定、災害リスク評価を高度化するための基盤整備	香川敬生

高知大学	KOC_01	地震動観測点観測環境の時間変化把握に向けた、解析手法の検討・開発	大久保慎人
	KOC_02	地震波形データ流通のための、新WIN伝送プロトコルの検討・開発	大久保慎人
九州大学	KYU_01	地震火山相互作用下の内陸地震空間ポテンシャル評価	相澤広記
鹿児島大学	KGSM01	南西諸島北部域におけるプレート間すべりの特性に関する地震・地殻変動観測研究	八木原寛
兵庫県立大学	HYG_01	地震・火山観測データを活用した減災・復興モデルの構築とリスクコミュニケーションに資する事例収集	阪本真由美
	HYG_02	地震観測研究の成果を活用した土地利用に係る事例収集に基づく枠組みの提案	澤田雅浩
立命館大学	RTM_01	南アフリカ大深度金鉱山からの地震発生場における応力と物質の直接調査	小笠原宏
	RTM_02	地震に先行する極微小な前震活動の異常度評価と発生環境の評価	川方裕則
情報通信研究機構	NICT01	先端リモートセンシングによる地震及び火山の被害状況把握技術の高度化	川村誠治
防災科学技術研究所	NIED01	多角的火山活動評価に関する研究	藤田英輔
	NIED02	地震・津波予測技術の戦略的高度化研究	汐見勝彦
	NIED03	巨大地震による潜在的ハザードの把握に関する研究	齊藤竜彦
	NIED04	自然災害ハザード・リスク評価と情報の利活用に関する研究	中村洋光
	NIED05	基盤的観測網の運用	青井真
海洋研究開発機構	JAMS01	地震発生帯モデリング研究	堀高峰
	JAMS02	海底広域変動観測研究	石原靖
	JAMS03	海底火山観測研究	小野重明
産業技術総合研究所	AIST01	活断層データベースの整備	吾妻崇
	AIST02	主要活断層帯から生じる連動型地震の古地震学的研究	近藤久雄
	AIST03	地質調査に基づく火山活動履歴の解明と年代測定手法の高度化	古川竜太
	AIST04	津波浸水履歴情報の整備	澤井祐紀
	AIST05	地質調査と実験に基づく、断層の力学挙動についての三次元モデルの構築	重松紀生
	AIST06	火山性流体観測に基づく噴火発生過程および火山活動推移の解明	松島喜雄
	AIST07	高分解能地殻応力場の解明と造構造場の研究	今西和俊
	AIST08	海溝型巨大地震の履歴とメカニズム解明	澤井祐紀
	AIST09	地下水・地殻変動観測による地震予測精度の向上	松本則夫
	AIST10	噴出物の物質科学的解析に基づくマグマ供給系-火道システム発達と噴火推移過程のモデル化	下司信夫
	AIST11	アジア太平洋地域地震・火山ハザード情報整備	宝田晋治
国土地理院	GSI_01	内陸の地殻活動の発生・準備過程の解明	宗包浩志
	GSI_02	プレート境界面上の滑りと固着の時空間変化の広域的な把握	宗包浩志
	GSI_03	火山地域のマグマ供給系のモデリング	宗包浩志
	GSI_04	GNSS 連続観測(GEONET)	宗包浩志
	GSI_05	地形地殻変動観測	宗包浩志
	GSI_06	物理測地観測	宗包浩志
	GSI_07	宇宙測地技術による地殻変動監視	宗包浩志
	GSI_08	GNSS 観測・解析技術の高度化	宗包浩志
	GSI_09	全国活断層帯情報整備	宗包浩志
	GSI_10	火山基本図・火山土地条件図整備	宗包浩志
	GSI_11	地殻活動データベース整備・更新	宗包浩志
気象庁	JMA_01	地震活動・地殻変動監視の高度化に関する研究	小林昭夫
	JMA_02	地殻変動観測等に基づく火山活動評価の高度化に関する研究	鬼澤真也

	JMA_03	火山活動に伴う地殻変動の把握及び評価	菅井明
	JMA_04	地球電磁気学的手法による火山活動評価の高度化	藤原善明
	JMA_05	化学的手法に基づく火山活動監視・予測に関する研究	高木朗充
	JMA_06	地震動・津波即時予測の高度化に関する研究	林 豊
	JMA_07	火山噴出物の監視技術とデータ同化に基づく輸送予測に関する研究	新堀敏基
	JMA_08	火山活動の総合判断	中村政道
	JMA_09	地震観測、地殻変動観測	宮岡一樹
	JMA_10	潮位観測	鈴木博樹
	JMA_11	地磁気精密観測	仰木淳平
	JMA_12	全国における火山観測の強化	長谷部大輔
	JMA_13	地磁気観測成果のデータベース化	谷口秀隆
	JMA_14	全国地震カタログの作成	森脇健
	JMA_15	火山現象に関する基礎データの蓄積と活用	小久保一哉
	JMA_16	地震・津波・火山防災情報の改善に係る知見・成果の共有	今村翔太
	JMA_17	防災・減災に関する知識の普及啓発	今村翔太
海上保安庁	JCG_01	海洋測地の推進	三枝隼
	JCG_02	験潮	林王弘道
	JCG_03	海底地殻変動観測	石川直史
	JCG_04	海域火山観測	高梨泰宏
北海道立総合研究機構	HRO_01	北海道内の活火山の地球物理学的・地球化学的モニタリング	高橋良
	HRO_02	津波による最大リスク評価手法の開発と防災対策の実証的展開	仁科健二
山梨県富士山科学研究所	MFRIO1	富士山の事象系統樹を精緻化するための噴火履歴の研究	吉本充宏
	MFRIO2	火山モニタリングと地下水流動把握のための多点連続重力観測	本多亮
公募研究	KOBO08	行政等が所有する宏観異常現象に関わるデータを用いた地震発生の確率予測	織原義明
	KOBO17	富士山頂における全磁力通年観測	佐柳敬造
	KOBO19	東京海洋大学練習船での海底地殻変動観測	中東和夫
	KOBO21	石基組織から読み解く北海道摩周火山の噴火推移過程	佐野恭平
	KOBO22	活火山火口湖の水・熱・化学物質収支の長期評価と火山活動変動との関係について：蔵王山と御釜	知北和久
	KOBO23	阿蘇中岳火山灰の岩石磁気的性質の時系列変化に関する研究	望月伸竜
	KOBO25	GNSS-A 海底測地観測データの高精度化に向けた精度評価システムの構築	横田裕輔
	KOBO26	地震先行 VLF 帯電磁波強度減少研究のための超小型衛星:Prelude のフライトモデル制作	児玉哲哉
	KOBO27	水蒸気噴火を起こす火山の活動把握:火山ガス・火口湖水・温泉水等の化学分析に基づく地球化学的アプローチ	大場武
	KOBO28	火山活動推移における分岐の要因の解明:蔵王山、過去約 800 年間の噴出物の事例研究	伴雅雄
拠点間連携共同研究	CTOC01	巨大地震のリスク評価の不確実性に関するパラダイム構築の推進	加藤尚之・松島信一
	CTOC20	不確実性を考慮した浅部地盤の非線形応答評価手法の検討	上田恭平
	CTOC21	即時建物被害予測技術の高度化	楠浩一
	CTOC22	津波被害予測における震源モデルの不確実性の評価	宮下卓也
	CTOC23	リアルタイム地震情報配信手法の高度化に向けた地盤特性の影響度評価	倉田真宏
	CTOC26	1m-LiDAR DEM を用いて検出された地すべりなどの不安定土塊の微動及び地震動観測による相対的危険度評価	齊藤隆志

CTOC30	ばらつきを考慮したハザード想定結果の「受け取られ方」に関する評価研究	牧紀男
CTOC31	地震および豪雨による斜面災害発生個所の事前予測方法の統合	齊藤隆志
CTOC32	巨大地震によるマルチハザードリスク評価手法に関する検討	松島信一
CTOC33	活断層末端の活火山地域における大規模斜面崩壊の発生予測に関する研究 -1858年(安政五年)立山, 鳶崩れを例として-	金田平太郎
CTOC34	桜島大規模噴火による大量軽石火山灰降下に対する事前広域避難に向けた実践的研究	大西正光
CTOC35	活断層により形成される盆地端部構造と歴史地震の被害分布との関係に関する研究	松島信一
CTOC36	連続地震動観測による大規模地すべりの再活動危険度評価	王功輝
CTOC37	日本の強震観測点における ESG 研究成果の収集および分析	山中浩明
CTOC38	リスクコミュニケーションを推進するための地震・火山災害に関する意識調査の標準的な質問紙設計とその有効性の検証	秦康範
CTOC39	1923年関東地震の木造建物被害率に基づく震源破壊プロセスの解明	伊藤恵理
CTOC40	既存在来木造建物に大きな被害を引き起こす地震動の発生要因に関する研究	境有紀