

「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）」

令和元年度年次報告

【成果の概要】

令和元年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

【令和元年度の成果の概要】

1. はじめに.....	
2. 山形県沖の地震に関する研究成果.....	
3. 令和元年度の成果の概要.....	
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） 令和元年度研究課題一覧.....	

【参考資料】

I. 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）の概要....	
II. 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.....	

[令和元年度の成果の概要]

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、地震発生・火山噴火現象の根本的理解、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する。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や観測研究の成果を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の向上のための研究
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、次のような中項目からなる。

- (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、次のような中項目からなる。

- (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、次のような中項目からなる。

- (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社会素因*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、次のような中項目からなる。

- (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、次のような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検知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。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総合研究グループである。今期計画で新設したこのグループでは、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。

令和元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170の実施計画（個別課題）及び公募による12の実施計画（個別課題）、拠点間連携共同研究²としての22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元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。

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（令和元年度）研究課題一覧」のページを参照されたい。

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。

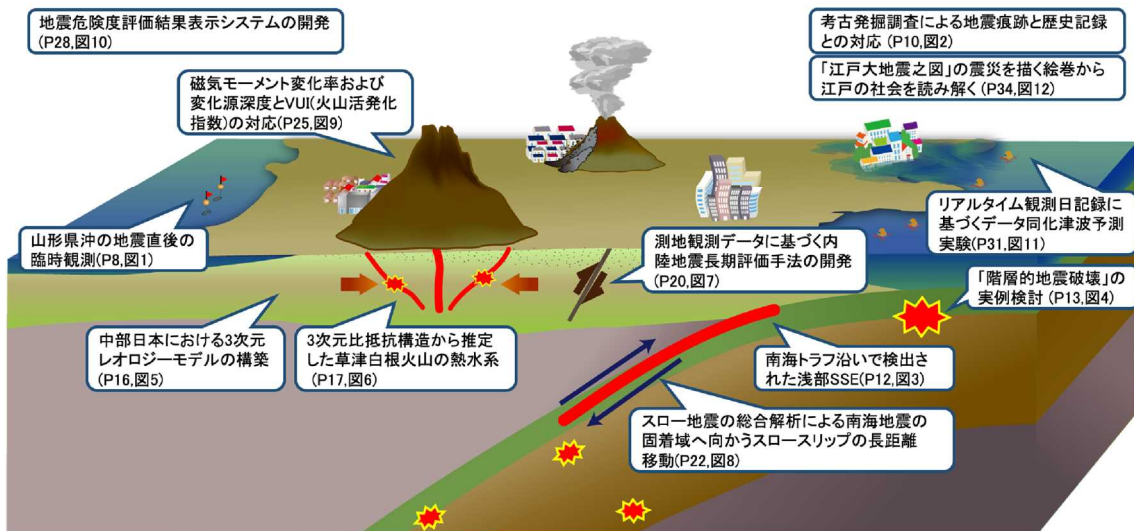
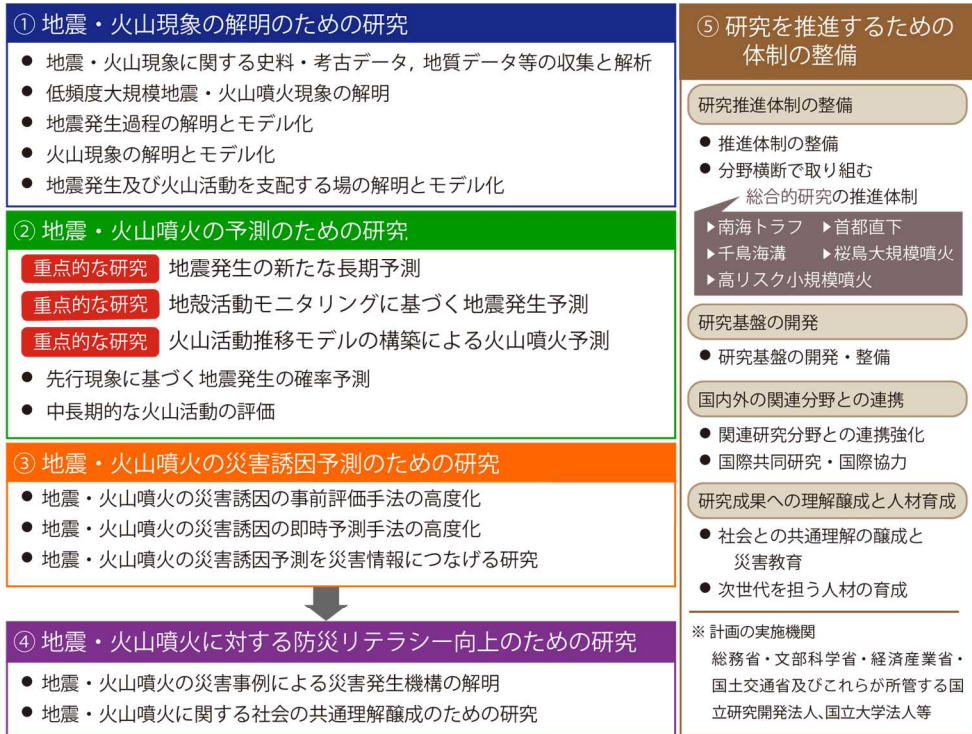
³ 東京大学地震研究所には、本研究計画で立案された研究を推進する目的で地震・火山噴火予知研究協議会^{*}が設置されている。

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。

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。これは上記の中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（第2次）令和元年度成果のまとめ。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. 山形県沖の地震に関する研究成果

2019年6月18日22時22分頃、山形県酒田市沖の深さ約14kmを震源とするMjma6.7の地震が発生した。この地震により、新潟県村上市で震度6強を観測し、山形県、新潟県、石川県に津波注意報が出され、被害が発生した。発震機構*は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層*型で、いわゆる内陸地震*と考えられる。日本海東縁部にはひずみ*集中帯と呼ばれる活構造が存在しており、今回の地震はこの構造の一部が関係していることが推定されている。本地震について、定常地震観測網を用いて推定した地震発生直後の余震*分布からは、余震域が時間とともに広がることが確認された。このような余震域の拡大は、本地震の発生過程における流体の影響を示唆する（現象説明部会今年度報告参照）。

今回の地震の震源域は、陸域既設地震観測網の近傍の海域にある。海域の震源に対し、精密な余震分布を求めるためには、震源域直上における海底地震計による観測が必要不可欠である。そこで、今回の地震活動とその地震発生場の特徴を正確に把握するために、震源域直上において、海底地震計を用いた臨時観測及び震源域近傍の海岸線付近において臨時テレメータ観測を実施することとした。今回、海域部については浅海であることを利用し、簡便な係留ブイ方式を用いた海底地震計による観測を実施した（図1左）。観測の実施にあたっては、地元漁業団体にご協力頂いた。

通常海底観測に用いられる自由落下自己浮上式海底地震計は、直径50cm程度の球型耐圧容器に観測機材を封入しており、観測船から自由落下により海底に設置される。今回の地震の震源域直上の海底は水深が100mより浅いため底引き漁などの水産活動等が活発であり、自己浮上式海底地震計の設置は水産活動と干渉する。さらに、浅海では波浪等により海底付近での水流が大きく、海底から高さがありかつ回収時の自己浮上のため浮力を持つ自己浮上式海底地震計では雑微動が大きくなる。このようなことから、今回のような浅海域では従来の自己浮上式海底地震計による海底観測は難しい。そこで、今回浅海用に簡便な係留ブイ方式を用いた海底地震計を開発した。観測装置は地下構造探査用に開発されたものを流用した。電池駆動であり、約1ヶ月間観測可能である。この装置は置かれている姿勢に関係なく計測可能であり、データ処理に用いるため地震計の姿勢も記録される。また、観測装置は浮力を持たずかつ高さが10cm程度の板状の形状であるため、海底における水流の影響を受けにくく雑微動を少なくできる。設置については係留ブイ式とした。ブイが海上にあることにより、海底に設置物があることを周知することが主な目的である。全体の構成は、実績・経験ある漁業用システムを積極的に用いた。観測装置と固定用錘（合計20kg程度）からなる海底部と、海面に浮かぶブイをつなぐロープの長さは設置する水深の約3倍である。ブイ

方式の場合、ブイが波浪や風の影響を受けるため、位置が移動することが多いが、固定用錘の一部に船止め用アンカーを用いることにより位置移動を防止する。この浅海用係留ブイ方式海底地震計3台を、5km及び8.5km程度の間隔で震源域直上に設置した。水深は70mから80mである。7月5日に設置を実施し、回収は7月13日に行った。回収前日の12日に係留ブイ方式海底地震計1台のブイが流失していることが確認され、12日及び13日に回収作業及び搜索活動を行ったが、残念ながら現時点では回収されていない。海底臨時観測と観測期間が重なるように、震源域の海岸付近において陸上テレメータ臨時観測を実施した。

海底地震計と近傍の陸上観測点のデータから、P波*及びS波*の到着時刻を読み取り、一次元構造を用いた震源決定を行った。一次元構造は、近傍で行われた海域構造探査の結果 (Sato et al., 2014) を元とした。また、海底地震計の観測点補正*については、変換波*を読み取り、補正值の決定に用いた。解析期間は、係留ブイ方式海底地震計が設置されていた期間である。その結果、現在までに168個の地震について精度のよい震源が求まった(図1右)。求まった地震は深さおおよそ3kmから12kmに分布する。気象庁震源と比較すると、海底地震計を含む臨時観測網で決定した震源は5kmほど浅く決定され、やや西に移動する。臨時観測網により決定された余震の震源は、全体として、傾斜角度40度程度の南東傾斜の面を形成し、本震*の発震機構解と調和的である。海底地震計を用いた直上での観測データが得られたことにより、本震の断層面がより正確に推定できた。日本海沿岸の断層は、日本海形成時の影響を受けて、構造探査などにより、西に傾き下がる断層が多く確認されているが、今回のように東に傾き下がる断層による地震も発生する。日本海沿岸で発生する地震を考察する上で、今回のような地震の正確な断層面の推定は重要である。

山形県沖の地震直後の臨時観測

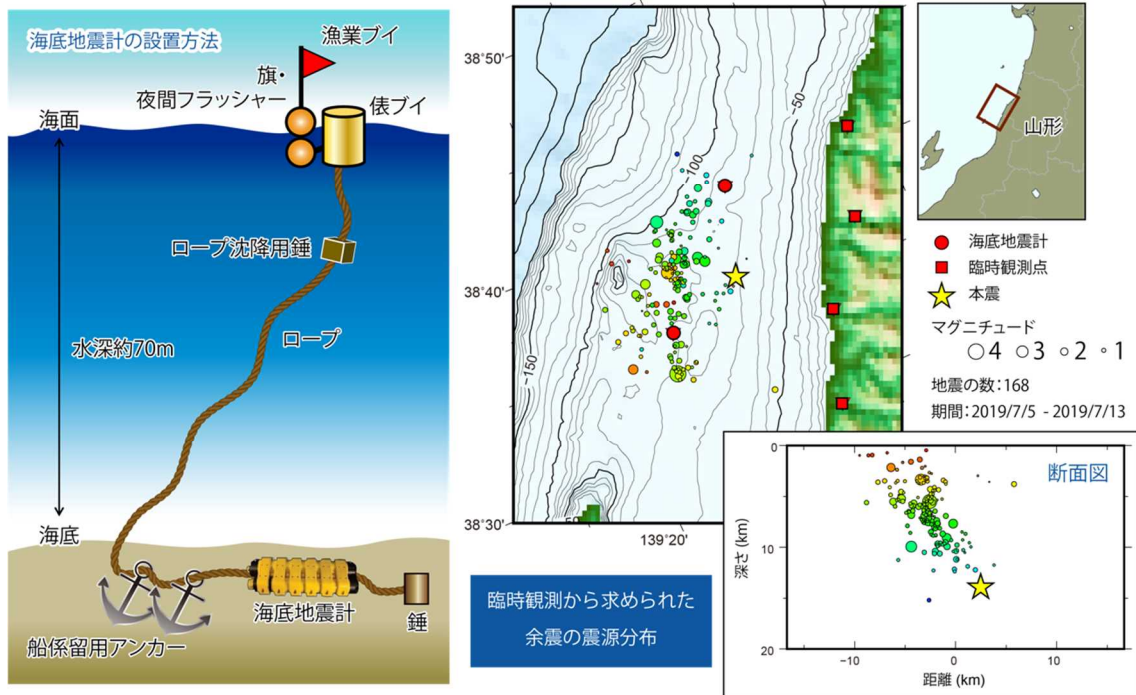


図1. 山形県沖の地震直後の臨時観測

左に山形県沖の地震発生直後に設置した海底地震計の設置方法を示す。水深が比較的浅く、水産活動等が活発な海域のため、係留ブイ方式を用いた海底地震計を設置した。右は7月5日から7月13日までの臨時観測から求められた震源分布である。丸の大きさでマグニチュード^{*}、色で深さを表現している。地震は深さ3kmから12kmに分布して、傾斜角40度程度の南東傾斜の面を形成し、発震機構解と調和的である。

3. 令和元年度の成果の概要

3-1 地震・火山現象の解明のための研究

地震や火山噴火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・火山活動の解明とモデル化、地震や火山噴火現象が発生する場の地下構造や応力*等に関する研究を実施した。

(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把握するため、史料・考古・地質データ等の収集とデータベースの整備拡充、収集されたデータの分析を実施した。

ア. 史料の収集とデータベース化

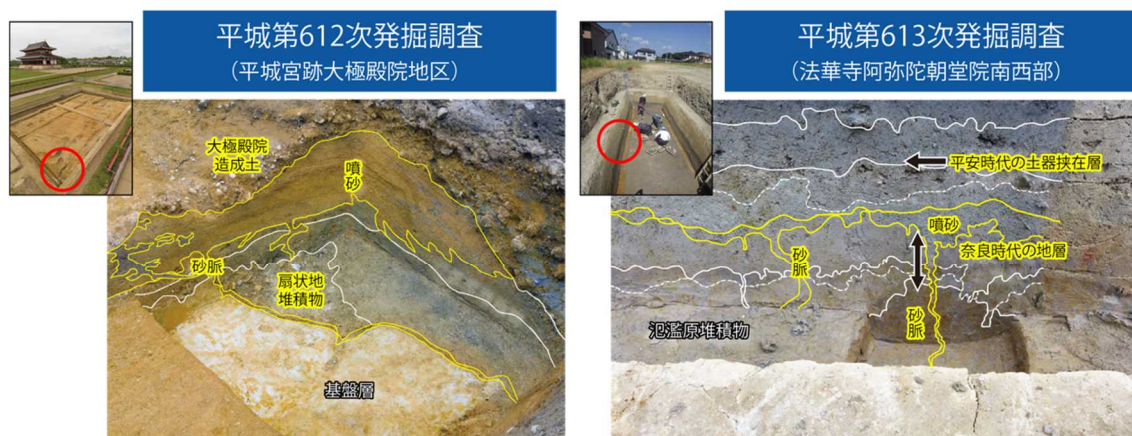
既刊地震史料の全文デジタル化作業は順調に進捗し、全史料中の 60%弱が完了した。史料の校訂過程も紙媒体利用から XML 形式のデジタルファイルを用いることで、作業の一層の効率化が可能となった^[UTH_01]。15 世紀中頃の越中国の地震や 1804 年象潟地震などの日本海側沿岸地域や、1933 年昭和三陸地震関連の史料収集や校訂作業を進めた^[NGT_01, IRID01]。画像公開の国際基準である IIIF に準拠した市民参加型翻刻システムの新しいバージョンを公開した^[KOB001]。恵山火山の地質図原稿の取りまとめを行った。また、20 万分の 1 スケールの日本火山図公開のためビューアー開発とデータ作成を行い、約 440 の火山データの公開を進めた^[AIST03]。

イ. 考古データの収集・集成と分析

古代より近世まで史料が継続的に残る奈良盆地において、古墳時代以降の遺跡の被災類別や被災分布の収集を進め、液状化*や地すべり*等の地震痕跡が 5 世紀後半、7 世紀後半～末、8 世紀後半～9 世紀半ばに集中している可能性が明らかにされた (図 2)^[NAB_01]。1804 年象潟地震の肝煎文書の絵図史料と現地調査との比較から、関地区の被害は津波ではなく、地震動による家屋倒壊であったことが明らかになった^[IRID01]。

松代藩の史料から 1847 年善光寺地震の被害を集計し、地震動による被害は地震火災や河道閉塞決壊による被害に比べると限定的であった可能性が示された^[NGT_01]。

考古発掘調査による地震痕跡と歴史記録との対応



平城京・京跡や藤原宮・京跡の
発掘調査から砂脈や噴砂の痕跡を発見



近畿地方の歴史記録から
どの地震が候補を特定

候補1：827年京都地震(天長4年)

候補2：855年奈良地震(斉衡2年)

図2. 考古発掘調査による地震痕跡と歴史記録との対応

平城京・京跡や藤原宮・京跡における発掘調査から砂脈や噴砂の痕跡が発見された。歴史資料にある近畿地方の大地震と対応させると、これらの痕跡は827年(天長4年)京都地震、または855年(斉衡2年)奈良地震によって発生した可能性があることがわかった。

ウ. 地質データ等の収集・集成と分析

北海道太平洋沿岸部の胆振西部から十勝沿岸の津波堆積物*について高精度な年代推定を実施し、1640年駒ヶ岳噴火津波起源と1611年慶長三陸地震津波起源堆積物の分離可能性が示された^[HKD_01]。17世紀千島海溝の超巨大地震の津波浸水計算に必要な古地形の復元を行った^[AIST08]。数値標高モデルから客観的に段丘地形を抽出する手法を開発し、房総半島南部の段丘間比高の空間分布が1703年元禄関東地震による隆起沈降分布に類似していることを明らかにした^[UTS_02, AIST08]。布田川一日奈久断層帯のトレンチ調査*等から過去のイベント時期や水平平均変位速度*が見積もられた結果、2000-3000年間隔での活動が推定された^[NGY_03]。

富士火山の過去の噴出物試料を分析したところ、高温かつ低含水率のマグマ*は溶岩流噴火を起こしやすく、低温かつ高含水率のマグマは爆発的噴火をする傾向があることがわかった。また、爆発的噴火前に石基*組織が系統的に変化することがわかった^[ERI_02]。草津白根山の噴出物層序*調査、放射性炭素年代測定、水蒸気噴火*によるテフラ*の粘土鉱物解析を実施し、噴火履歴の解明を進めた^[TYM_01]。阿蘇火山の溶岩*及びアグルチネート*の古地磁気・岩石磁気測定を行い、活動履歴を明らかにした^[KOB003]。雌阿寒岳火山、日光白根火山、秋田焼

山火山でのトレンチ調査を実施した。御嶽火山では地表踏査を行い、九重火山と蔵王火山では K-Ar と Ar/Ar 年代の比較を行った^[AIST03]。

(2) 低頻度大規模地震・火山噴火現象の解明

近代的な観測データと史料・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。

17 世紀前半から 19 世紀中頃の複数の江戸大名家日記史料を組み合わせ、長期にわたる年間有感地震回数を検討し、1649 年慶安川越地震や同年の慶安川崎地震、1703 年元禄関東地震、1855 年安政江戸地震の余震を統一的に検出することに成功した。平城京遷都以降に奈良で発生した最低 8 回の強い地震動の特徴を、史料データベースと現存する建造物の比較から検討することを試みた。具体例として、11 世紀後半から 12 世紀後半に東大寺鐘楼の鐘が 3 回の地震で落下した記録の検討を実施した^[HMEV01]。

北海道太平洋岸の津波堆積物の年代測定から、胆振西部の堆積物は 1640 年北海道駒ヶ岳噴火津波起源、胆振東部以東の堆積物は 1611 年慶長地震津波起源である可能性が示された^[HKD_01]。和歌山県串本町橋杭岩漂礫の津波挙動シミュレーションから、1707 年宝永地震以前により規模の大きな津波の存在が示唆された^[AIST08]。琉球列島南部の津波堆積物中の年代測定を実施し、1771 年明和大津波より 1 つ前の発生年代を推定できる可能性が示された^[UTS_01]。東北地方太平洋沖地震前のおよそ 100 年間に太平洋沿岸部でみられた沈降と地震後の隆起現象は、深さ 200km 程度までの温度構造と流体分布に起因する粘性構造が原因であることがシミュレーションより示された^[DPR104]。超巨大地震の発生が切迫している千島海溝根室沖から日本海溝会合部にかけて海底地殻変動観測*用基準局や群列海底地震計を設置した。また、海底基準局で 1 回目の測定を実施した。来年度以降に測定を行うことで、千島海溝南部の海域で初めて地殻変動場が明らかになることが期待される^[ERI_05]。

伊豆大島では玄武岩*質溶岩の大規模噴火である安永噴火（1777 年）と 15 世紀の噴火について、噴出物層序の再構築と層序毎の噴出物の組織・化学分析を行い、噴火推移の詳細を明らかにするとともに従来の考えよりも噴出時期が半年早いスコリア層があることを示した。浅間山や霧島山においても大規模噴火堆積物の調査、解析を開始した^[ERI_03]。カルデラ噴火の準備過程*、推移、履歴の推定精度を上げる手法の開発の一環として支笏のカルデラ形成噴火*による噴出物に U-Th 放射非平衡*測定を適用し、マグマの発生場所や履歴を明らかにした^[HKD_02]。屈斜路カルデラの中島火山及びアトサヌプリ溶岩ドームの地質調査、化学分析、年代測定を行い火山活動の詳細を明らかにした^[KOB004]。鬼界カルデラにおいて調査・探査航海を実施し、アカホヤ噴火の総噴出物量の精密推定を進めている^[KOB01]。

(3) 地震発生過程の解明とモデル化

断層滑りの多様性や動的破壊の特徴、断層間の相互作用、地震現象の階層性など、地震発生過程に関する理解を進め、地震性滑りの物理・化学モデルの構築につなげるため、観測・実験・数値シミュレーションを用いた以下の研究を実施した。

ア. 地震発生機構の解明

南海トラフで実施されている海底地殻変動の観測データを統計的に解析することで、スロースリップ由来と考えられる非定常地殻変動を複数の観測点で検出した(図3) [JCG_03]。また、房総半島周辺の海底地震観測データ等による速度構造解析等から、この領域におけるスロースリップは陸側プレートとフィリピン海プレートの地殻同士が接している部分でのみ発生していることを明らかにした [JAMS02]。

南海トラフ沿いで検出された浅部SSE

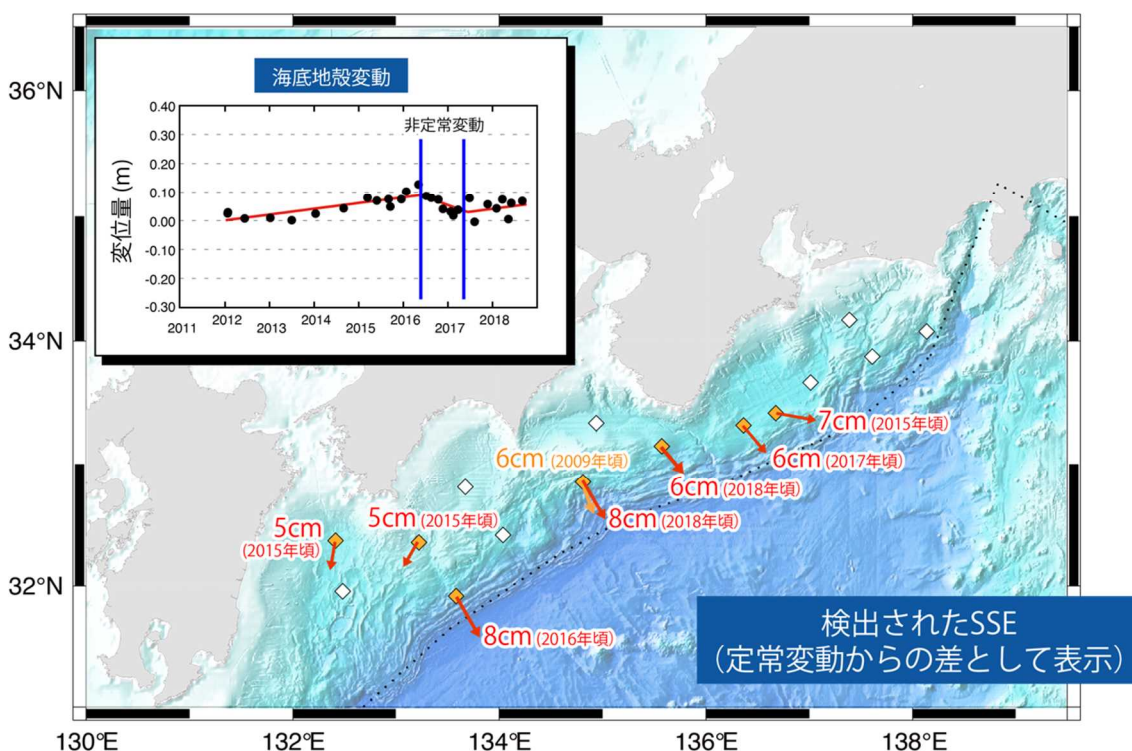


図3. 南海トラフ沿いで検出された浅部SSE*

南海トラフの過去の観測データを統計的に解析することで複数の観測点で検出された SSE 由来と考えられる非定常な変動。定常変動からの差として表示。左上の挿入図は、変位量のデータ(黒丸)を定常変動と非定常変動を表す折れ線で回帰したものである (Yokota and Ishikawa, 2020, Sci. Adv. をもとに作成)。

イ. 地震断層滑りのモデル化

スロースリップによる荷重が地震をトリガする効果を評価するため、定常的なプレート運動にスロースリップを模したステップ的荷重が重畳している状態をシミュレートし、地震の発生サイクルがスロースリップに完全に同期する現象が普遍的に発生することを確認した^[ERI_06]。日本海溝から千島海溝南部の M4.5 以上の大地震と M4 以下の中小地震の地震波形を網羅的に調査し、多くの大地震の波形の始まりの部分（注）が小地震と同じであることを発見した（図4）^[UTS_03]。岩石破壊実験から、差応力*に対して0.1%程度の微弱な流体圧変動が微小破壊*発生率と有意に相関することを明らかにした^[ERI_04]。

「階層的地震破壊」の実例検討

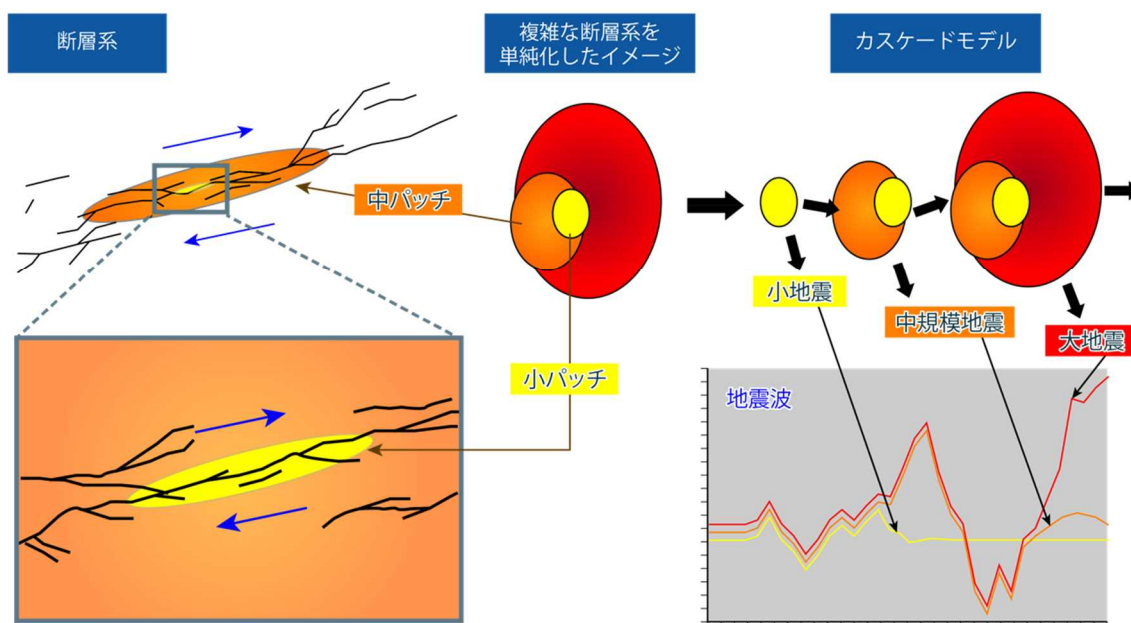


図4. 「階層的地震破壊」の実例検討

M4.5 以上の大地震と、M4 以下の中小地震の波形の立ち上がりを網羅的に比較した結果、多くの大地震の組の立ち上がり（注）が中小地震と同じであることを発見した。これは階層的な地震破壊を示唆している。左は複雑で入れ子構造の断層系、中央は断層系を単純化したイメージ、右上は階層的パッチのカスケード破壊、右下はカスケード破壊による地震波形を示す（Ide, 2019, Nature をもとに作成）。

（4）火山現象の解明とモデル化

火山で発生する様々な現象を定量的に捉えるため、地球物理学的な解析手法の開発や、マグマ溜まり*から火道*を通り地表に至るマグマの上昇過程を解明するために必要な火道内現象のモデル化を進めており、以下の研究を実施した。

ア. 火山現象の定量化と解明

火山の比較研究への活用を目指し、地震波干渉法*に基づく火山性地震*・微動*の震源決定法を開発した。また、干渉 SAR*データの解析により有珠山の貫入溶岩の熱収縮による沈降のメカニズムを解明した。また、浅間山の熱水活動と山体不安定に起因すると推定される変動を検出した^[ERI_07]。航空機搭載型赤外カメラシステムを応用したポータブルな画像分光装置を開発することにより、航空機による分光観測が可能となり、火山の熱異常の定量的評価への応用が期待される^[NIED01]。

イ. マグマ溜まりと火道内過程のモデル化

火山噴火様式*は火道内を上昇するマグマの脱ガス*過程が支配する。噴出物の塩素濃度の不均質性には脱ガスの記録が残されている可能性を示した^[HKD_03]。桜島大正噴火(1914年)の軽石を用いた結晶化実験を行い、ナノスケール結晶の分析からマグマが経験した圧力、温度、定置時間が制約できる可能性を示した^[THK_04]。

(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

三陸沖のアウターライズ地震*発生領域での構造探査から、多数の海底活断層*を高解像度でイメージングすることに成功した^[AORI01]。2012年に三陸沖で発生したアウターライズ地震の震源モデルから、せん断強度が大幅に小さいプレート内断層が存在し、東北地方太平洋沖地震に伴う応力変化で2012年の三陸沖地震が誘発された可能性が示された。これまでに実施してきた海底地震計データを用いて1978年宮城県沖地震震源域付近の上盤プレート内応力状態を検討し、東北地方太平洋沖地震前の水平面内差応力の大きさは15MPa程度と推定された^[ERI_05, THK_06]。2015年から2018年までに実施した四国を東西に横断する27観測点からなる測線下のレシーバー関数解析*から、沈み込んだフィリピン海プレートの上面と海洋プレートモホ面*をイメージングした^[DPRI02]。

イ. 内陸地震

中部日本の地殻を温度構造・水の分布・地質構造でモデル化し東西圧縮場を仮定することで、新潟から飛騨山脈に至るひずみ集中帯が再現された。深さ14kmでの応力場*と震源分布の比較では、地震は高応力の脆性領域で発生し、低応力の延性領域では発生しない傾向が

みられる（図5）^{〔THK_07〕}。内陸地震の発生場に関する重要な成果であり、今後、多様な観測結果等との比較検討を通じてモデルの評価が進むことが期待される。鳥取県から山口県にかけての下部地殻*で低速度異常が推定され、対象地域の東部では地震発生層*下限が浅い領域との一致が見られた^{〔DPRI03〕}。今年度を実施した広帯域 MT 探査*から、長崎県南島原から熊本県天草にかけてみられる地震空白域の上部地殻*は、低温で水をあまり含まず破壊強度が高い高速度・高比抵抗の岩石からなることが明らかになった^{〔KYU_01〕}。H₂O-NaCl 系流体とカンラン石間の高圧高温実験により、NaCl が二面角*を引き下げる効果大きいことが明らかにされた^{〔THK_02〕}。この結果と東北地方の広域的な比抵抗構造から、東北日本弧の地殻流体*供給モデルが提案された^{〔THK_07〕}。

中部日本における3次元レオロジーモデルの構築

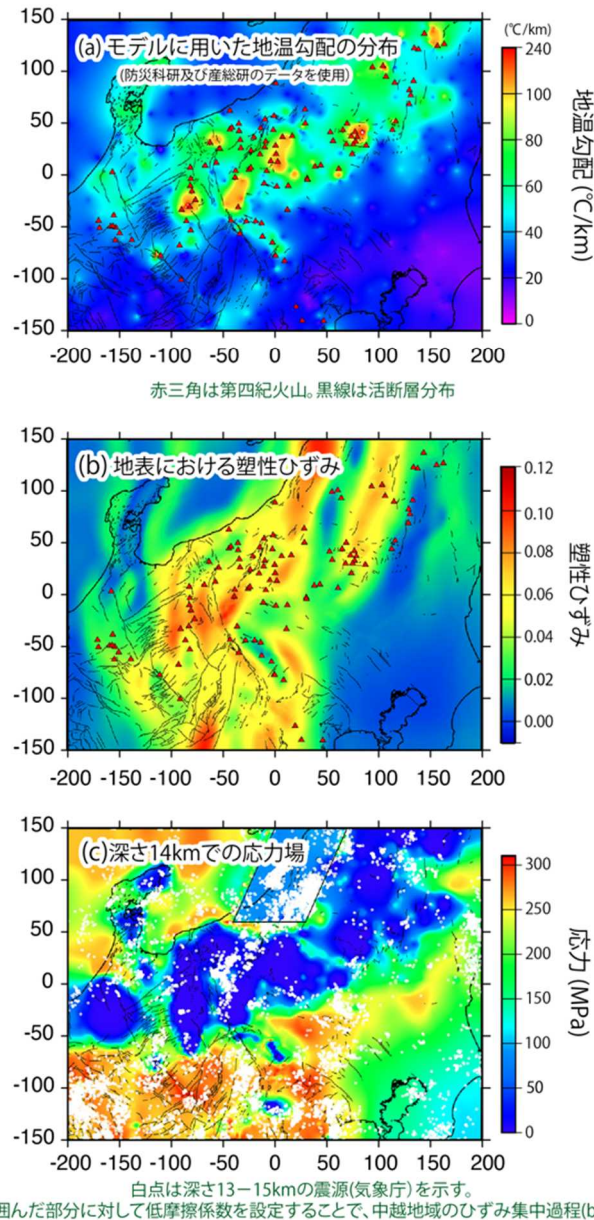


図5. 中部日本の3次元レオロジーモデルの構築

地温勾配の分布 (a) から推定した温度構造、水の分布、既存の地質構造を考慮し、東西方向に短縮させて、中部日本におけるひずみ・応力集中過程を再現した。新潟地域のリフト構造（強度の弱い領域）等を考慮することで、(b) に示す新潟から飛騨山脈周辺までのひずみ集中帯を再現した。(c) は深さ 14 km での応力場と震源分布。低応力の延性領域で地震活動は低く、高応力の脆性領域で地震が発生する傾向にある。

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

箱根火山大涌谷の噴気観測により、噴火前後のヘリウム同位体比の変化を検出し、噴火発生と同位体比変化の関係が噴火に伴う流体移動で説明できることを示した^[AORI02, KOB013]。草津白根山では3次元比抵抗構造を推定するための広帯域MT観測を実施し、湯釜直下から本白根案にかけて広がる低比抵抗域を見出し、火口湖や周囲の温泉に熱水を供給する熱水系と解釈した(図6)^[TIT_03]。

3次元比抵抗構造から推定した草津白根火山の熱水系

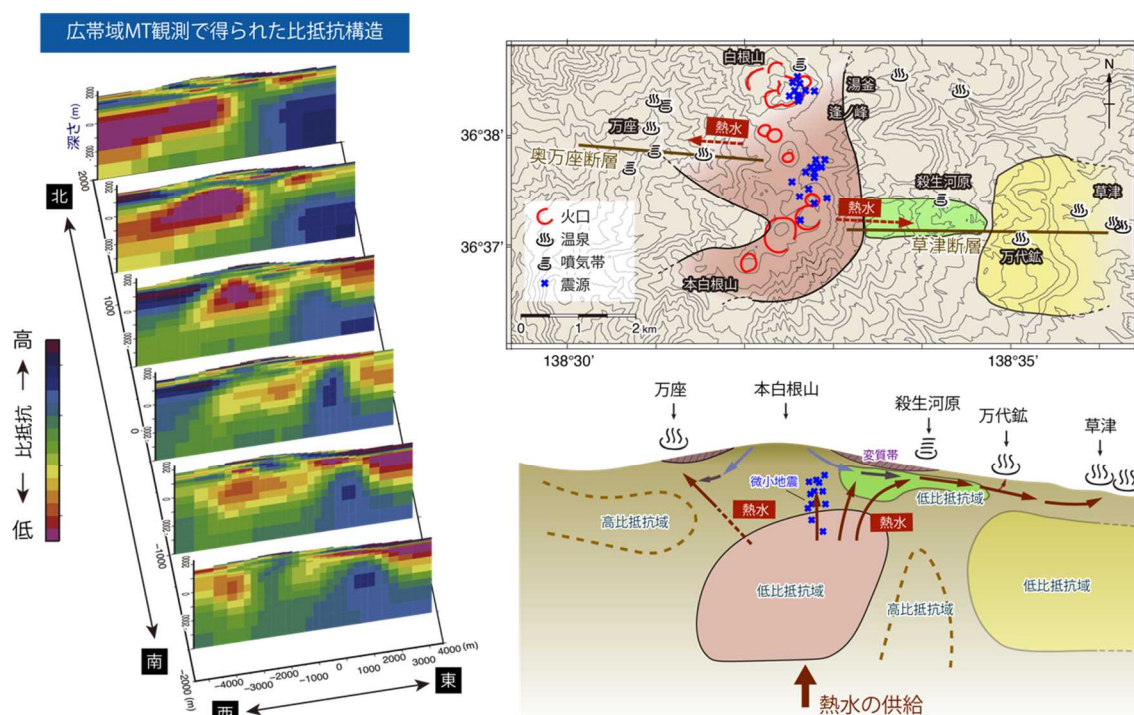


図6. 3次元比抵抗構造から推定した草津白根火山の熱水系

草津白根火山で広帯域MT観測を行い、3次元比抵抗構造を推定した。左図は3次元の比抵抗分布、右図は低比抵抗領域の平面図と東西断面を示す。山頂地域の深さ1~3kmに電気が通りやすい低比抵抗層が広がっており、深部から供給される熱水により形成された熱水系と考えられる。ここから、北側に位置する湯釜火口湖や東西に位置する万座温泉及び草津温泉へ熱水が供給されていると推定される(Matsunaga et al., 2020, JVGRをもとに作成)。

エ. 地震発生と火山活動の相互作用の理解

箱根カルデラの2019年群発地震*に対し高精度な震源決定を行った結果、前駆的なゆっくりとした震源移動から拡散的な高速度の震源移動に遷移する様子が捉えられた^[THK_02]。また、箱根火山の深部低周波地震*活動が浅部の高周波地震活動や圧力源の増圧などの現象と時間的に連動していることが明らかになった^[DPRI04]。

オ. 構造共通モデルの構築

過去14年間のメカニズム解*をコンパイルして作成した関東地域の地殻応力マップがデータベース化され公開された。また、中国地域での応力マップ作製に向けて3000個以上のメカニズム解を決定した^[AIST07]。球体地球における広域粘弾性*余効変動*モデルの構築に向けて、2次元回転対称の地球モデルに対して密度と弾性定数の水平不均質が表層荷重に対する影響を見積もる手法を開発した^[UTS_02]。

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手法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に着手した。

(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

S-net*の観測記録に基づき、十勝沖・三陸沖の日本海溝近傍で発生する低周波微動*を捉え、その発生場所を明らかにした。低周波微動は、当該地域で発生した巨大地震の震源域浅部側に隣接して分布すること、プレートの走向に沿う帯状の領域内で2つのクラスタ*を形成すること、このクラスタ間に巨大地震の破壊開始域や余震活動が分布することが示された。南海トラフ海域では、3次元地震波構造を用いて浅部超低周波地震*のCMT解*を求め、長期間の活動履歴を明らかにした。浅部超低周波地震の多くは、プレート境界面での滑りを意味する低角逆断層型の発震機構解で説明できること、測地データから推定されている滑り欠損*速度が大きい領域の周囲、かつ地震波速度が遅い領域で活発に発生していることがわかった^[NIED02]。このような滑り様式の特徴に関する知見は、物理モデルを用いた数値シミュレーションに基づくプレート境界型地震の長期予測手法の効果につながる成果である。

イ. 内陸地震の長期予測

地震の活動履歴に依らない新たな長期予測手法の構築を目指して、測地データから推定されるひずみ速度*分布に基づいて西日本の内陸地震の発生確率を試算した。ひずみ速度は、地震によって解放される弾性*ひずみと解放されない非弾性*ひずみの両方を含むため、両者の割合を測地モーメント速度と歴史地震で解放されたモーメント速度の比から推定した。内陸域に蓄積される測地モーメント速度の14%が地震として解放されるとし、地震の発生時刻はポアソン過程に従うと仮定すると、約20km四方の格子内において、30年間にM6.0以上の内陸地震が発生する確率は、ひずみ集中帯で高い値を示し、中部地方では最大4.3%という結果が得られた(図7)^[DPRI05]。

2016年熊本地震による地殻内のせん断ひずみエネルギーの変化を3次元的に推定した。この結果と熊本地震発生後1週間の震源分布を比較すると、せん断ひずみエネルギーが増

加した場所で、顕著な地震活動が起きていることが明らかになった^[NIED03]。また、せん断ひずみエネルギーに加えて体積ひずみエネルギー変化を考慮することで、1992年米国西部で発生したランダース地震後の地震活動域の分布を概ね説明できることも示された^[DPRI03]。これらの成果は、従来から用いられているクローン応力変化*よりも、ひずみエネルギー変化を用いる方が大地震後に活発化する地震活動域の分布を精度良く予測できることを意味する。

測地観測データに基づく内陸地震長期評価手法の開発

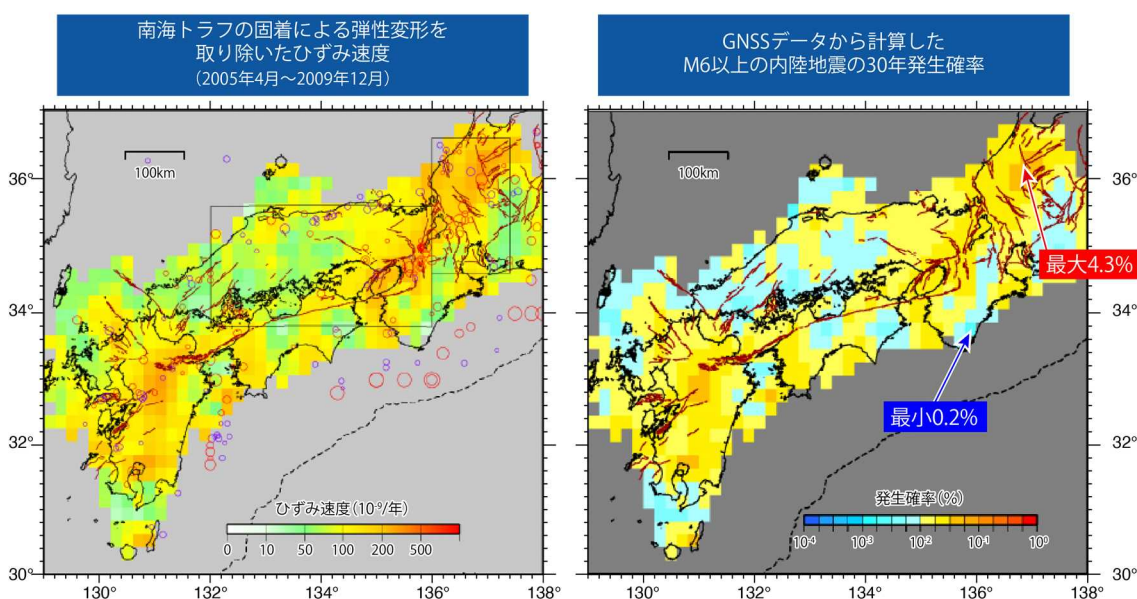


図7. 測地観測データに基づく内陸地震長期評価手法の開発

左は南海トラフの固着による弾性変形を取り除いたひずみ速度場*を示す。右は測地ひずみの14%が弾性的に蓄積すると仮定して計算した、M6以上の内陸地震の30年発生確率である。

(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

西南日本において、様々な種類のスロー地震*が空間的に相補的に分布していることを明らかにした。また、九州沖から四国にかけてのフィリピン海プレート境界域の深部及び浅部において、スロー地震の長距離にわたる移動現象を検出するとともに、異なる種類のスロー地震の間に相互作用が見られることを示した(図8)^[ERI_12]。さらに、四国西部域のGNSS*データを、深部低周波地震活動を基準にして解析することで、深部で短期的スロースリップが発生している最中に、浅部の固着域においてもわずかな滑りが起きていたことを見出した。

微少なながらも固着域の中でも滑りが起きていた点が特徴的であり、応力が固着域へ間欠的に載荷されていると考えられ、短期的スロースリップと固着域の関係性を理解する上で重要な成果である^[ERI_12]。

スロー地震の総合解析による南海地震の固着域へ向かうスロースリップの長距離移動

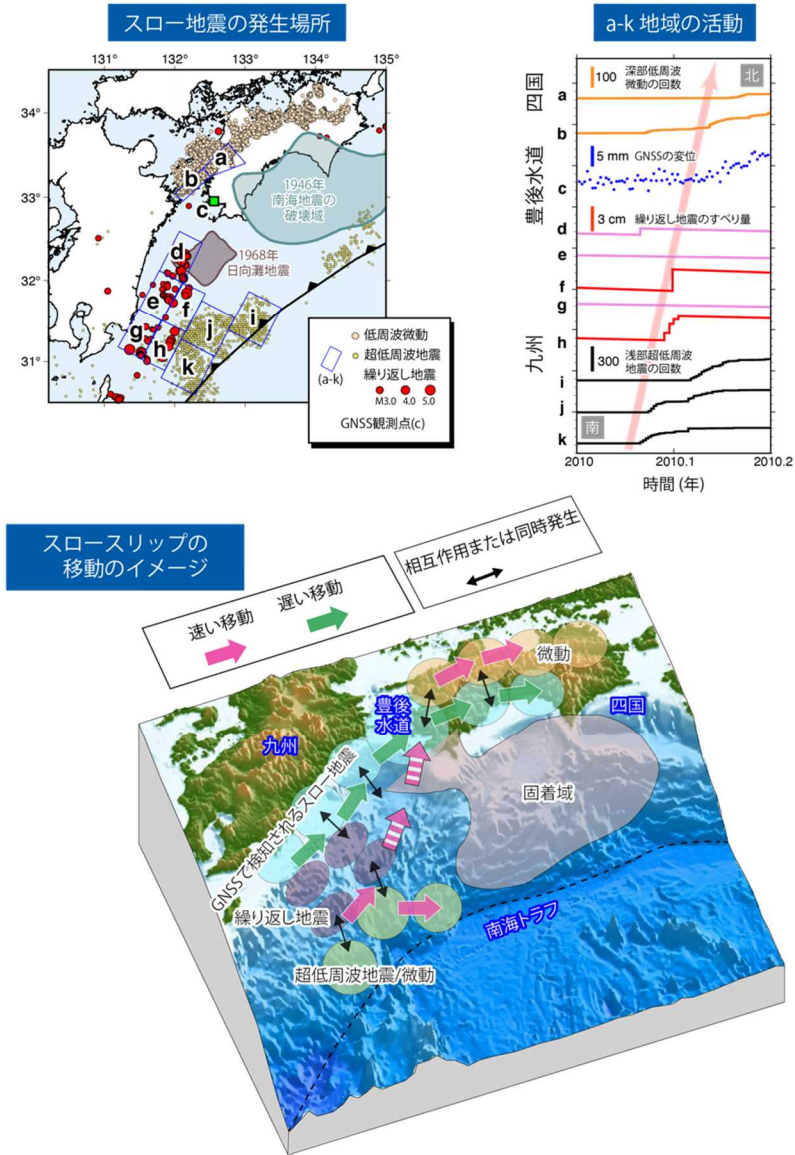


図8. スロー地震の総合解析による南海地震の固着域へ向かうスロースリップの長距離移動

左上で示すように鹿児島沖から四国沖にかけての南海トラフのプレート境界で複数の種類のスロー地震を捉え、それらが深部と浅部、別々の時間スケールで長距離移動する様子がわかった。左上の図で示す a~k の領域について、深部低周波微動、GNSS 観測から得られた変位、繰り返り地震*の滑り量、浅部超低周波地震*の回数を時間変化として右上に並べると、1ヶ月程度で南から北に向かって移動している様子がみえる。これらの南海トラフ沿いのスロースリップの移動についてまとめたイメージを下に示す (Uchida et al., 2020, EPSL を元に作成)。

レーザー式変位計とひずみ計のデータを用いて、通常の短期的スロースリップが発生している期間において、継続時間約1時間のスロースリップ現象が起きていることを発見した。このスロースリップの規模は Mw5.0 程度であり、既存のスロー地震のスケーリング則*と調和的であった^[JMA_01]。

繰り返し地震カタログを用いて、日本列島周辺における滑りの空間分布・時間変化の特徴を調べた結果、沈み込むプレートの境界における滑り速度は、ここ数年は、ほとんどの地域でプレート間の相対運動速度よりも遅く、大地震の余効滑り*の影響が見られた地域はわずかであった^[THK_09]。

プレート境界面上の摩擦と粘弾性緩和*の両者の構成則*を考慮した物理モデルに対するベイズ的データ同化*手法の開発を進め、2011年東北沖地震の地震時及び地震後7年間の地殻変動データに適用した。推定されたパラメータによるモデル計算値は観測データを良く再現するとともに、余効変動の初期段階から粘弾性緩和の寄与が余効滑りの寄与に比べて大きかったことが示された^[KUS_01]。

イ. 地震活動評価に基づく地震発生予測・検証実験

階層ベイズ型時空間 ETAS モデル*を用いて、余震などのトリガ効果を除いた地震活動度の高低の地域性を表す常時地震活動度の分布を明らかにした。2011年東北地方太平洋沖地震などに続く地震活動が非常に活発な時期のデータを含めて解析しても、常時地震活動度の大きさや分布は、時間的にほとんど変わらないことが確かめられた。常時地震活動度の高い領域は、大地震の起きた領域や繰り返し地震の位置とも良く対応しているように見える。また、国際的な枠組みのもと、地震活動データに基づく地震活動予測可能性共同実験(CSEP)*を継続的に実施した。さらに、ある地震が起きた直後に、より規模の大きな地震が発生する確率評価手法について検討を行った。

(3) 先行現象に基づく地震発生の確率予測

地震活動の短期的な活発化に着目した研究を行った。伊豆地域で見られた複数の前震*活動は、地震間の誘発作用を考慮する ETAS モデルだけでは説明できないほどの活発な現象であることが示された。前震活動の特徴を巧妙に抽出できれば、ETAS モデルよりも効率的な地震予測が可能になることが期待される^[ERI_13]。

山陰地方の1980-2017年のM3以上の地震活動に対して余震を取り除いた独立地震の発生時期を分析したところ、春と秋に地震発生確率が平均値よりも高いという傾向が示された^[ERI_13]。さらに、1923-2017年のM6.2以上の地震だけに関しても、春と秋に発生頻度が高い傾向が見られる。

2016年熊本地震震源域周辺の最近(2017年1月から2019年3月まで)の地震活動の特徴を調べた結果、本震破壊域の南端10km程度の領域(日奈久断層帯)でのみ、b値*が地震前に比べて低下し、低いb値の状態が継続していることが見出された。このことは、熊本地

震以降に本震破壊域南端において応力载荷*がおきていることを示唆する^[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

山梨県富士山科学研究所は、古地磁気測定により、火山弾の古地磁気方位から富士山の宝永山が西暦 1707 年に形成されたと推定できることを示した。また、鷹丸尾溶岩及び剣丸尾第 1 溶岩の年代推定を行った結果、西暦 600-700 年、西暦 1000 年と求められた。さらに、陸上植物起源の脂肪酸と炭化木片の ^{14}C 年代測定値は誤差の範囲内で一致し、炭化木片が産出しない土壌試料でも、脂肪酸を利用した年代推定ができることを示した^[MFRI_01]。東京大学地震研究所は、霧島山について、代表的噴火の堆積物の露頭調査、歴史時代の個々の噴火の推移や中長期履歴の文献調査を元に、噴出物分布や層区分について検討するとともに、18 世紀享保噴火の降下軽石における茶・灰色及び白色の 2 タイプの軽石の全岩化学組成*が 2011 年噴火と同様のトレンドを有すること、温度・組成差のある 2 端成分マグマが関与したことなどを明らかにした^[ERI_03]。富山大学は草津白根火山において、また産業技術研究所は、雌阿寒岳火山、日光白根火山、秋田焼山火山、御嶽山において活動履歴解明のための噴出物調査を進めた^[TYM_01, AIST03]。

イ. モニタリングによる火山活動の評価

北海道大学と京都大学大学院理学研究科は、各種観測データに基づく、数年～数十年スケールの中期的な火山活動評価を日本各地の活火山で行う手始めとして、十勝岳を対象とした VUI (火山活発化指数) の評価項目と基準を作成した。その際、評価項目の一つとして、火山浅部の熱活動を反映する地下の磁気モーメントの低下率と深度との関係を過去の観測事例から整理した (図 9) ^[HKD_04, KUS_02]。また、北海道立総合研究機構は、十勝岳において GNSS 観測、火口域地温観測、噴気及び温泉水の化学分析、地下水位観測等を行った。2006 年から 2019 年までの火口域の膨張収縮は、地震活動や温泉水の Cl 濃度との相関があることがわかった一方で、噴気の温度や化学成分、凝縮水の酸素・水素同位体比には大きな変化はなかった^[HRO_01]。

御嶽山 2014 年噴火後から続く山頂付近の局所的な沈降は、InSAR*及び GNSS データの解析と噴煙映像から推定される水蒸気放出量の分析から、噴火発生から指数関数的に急速に変化する深部減圧源と、緩やかに変化する浅部の減圧源で説明できることが明らかとなった^[KUS_02]。

箱根火山では、噴気中の $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比、 He/CH_4 比及び N_2/He 比が 2015 年 5 月～8 月の群発地震活動に先行して増加、群発地震活動の低下とともに減少し、マグマ起源ガスの浅部熱水系に対する流量の増加が群発地震を起こしたと解釈された^[KOB011]。また、簡易型トラバース測定装置による二酸化硫黄放出率と噴火活動との対比 (口永良部島) や、噴火時の火山ガス*の

化学組成の測定や火山灰*から抽出した水溶性物質の化学分析（浅間山，阿蘇山）に基づく噴火様式の同定が行われた。

磁気モーメント変化率および変化源深度と VUI（火山活発化指数）の対応

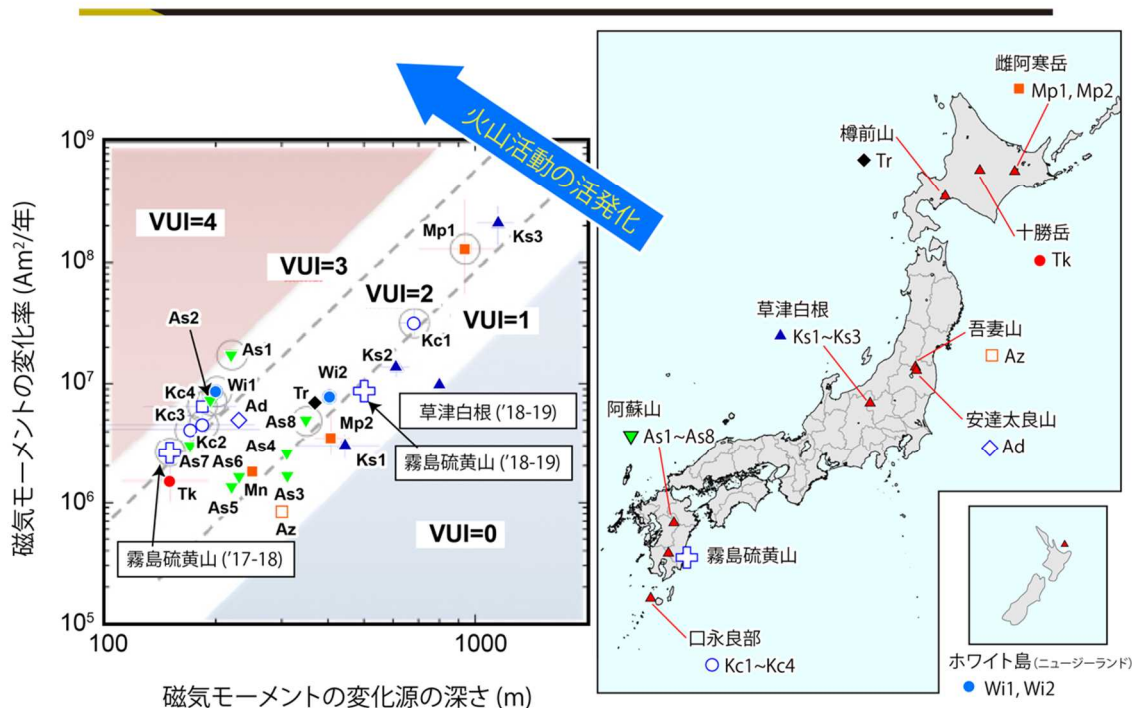


図 9. 磁気モーメント変化率及び変化源深度と VUI（火山活発化指数）の対応

各種観測データに基づいて、数年～数十年スケールの中期的な火山活動評価、特に噴火の前駆現象であるアンレスト事象の定量的評価を目指している。今年度はニュージーランドで開発されたVUI（火山活発化指数）を我が国の火山に適用するための具体的検討を始めた。地下温度の指標となる磁気モーメントの強さとその変動源の深さの観測値を左図のように並べると、図の右下から左上に向かって火山活動が活発化していることに対応する。右図にある国内の9火山及びニュージーランドの1火山のデータを示す。

（5）火山活動推移モデルの構築による火山噴火予測

火山活動推移のモデル化や分岐判断指標の作成をするために観測データ等を検討した。大地震と噴火の発生に相関があること、火山噴火を伴う地殻変動は約半年以上先行して継続することが多いことなどがカタログデータ解析から明らかとなった^[THK_11]。また、インドネシア国シナブン火山を対象に、水蒸気噴火からマagma噴火*への移行期の地盤変動*と地震活動の連動性を明らかにした^[DPRI07]。既存の火道系へのマagma貫入*と、そうでない場所へのマagma貫入の場合に分けた、マagmaの貫入速度と噴火事象の経験的分岐論理を構築した^[DPRI07]。

蔵王火山について、最新の火山活動・噴火活動の履歴から、前兆現象のみで終息する場合、その後、水蒸気噴火に至る場合、水蒸気噴火からマグマ噴火へ移行する場合、大規模噴火に至る場合に分ける噴火推移予測図を作成した^[KOB015]。

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の研究が行われた。

2018年北海道胆振東部地震 (Mjma 6.7) の断層破壊を強震記録*の波形インバージョン*

(周波数 0.04-0.5Hz) 及び強震動生成域のモデリング (周波数 0.3-10Hz) により解析し、主破壊域の広がりや主破壊域中の2つの強震動生成域を特定した。震度7を記録した地点での地震動再現計算結果は卓越周波数や最大加速度値が観測記録に合わず、地盤の非線形応答があった可能性が示された。静岡県下の強震データを用い、スペクトルインバージョン法により各震源特性*、地震波伝播、サイト特性*を分析したところ、応力降下量*に深さ依存性が確認された^[DPRI09]。

2016年熊本地震について、インバージョンより得られた地下の震源断層モデル*と、地表で観察された地表地震断層*の情報に基づき、複数の震源断層面形状のモデルを提案した。また、布田川断層から離れた清正公道沿いの地表変状においてトレンチ調査を実施し、右横ずれ断層*であることを明らかにした^[NGY_05]。

大阪、京都、奈良堆積盆地を中心とした地域ではQ値*周波数依存性のモデル化などの改良を行い、静岡県地域についても強震波形データを用いた地震基盤以浅の構造モデルの検証を進めるなど、既往の地盤構造モデルの検証を行った^[DPRI08]。

標準地球モデルによる理論分散曲線*と3次元差分法による地震波伝播シミュレーション結果の比較により、大振幅のラブ波*パルス (G波) の生成原因を推定した。2011年東北地方太平洋沖地震では、振幅の大きなG波の到来地域で、地震活動活発化や太平洋沿岸の沈み込み帯の低周波地震や微動活動が報告されるなど、大地震による表面波*の影響が全地球へ広がったことが確認された^[ERI_14]。

南西諸島域の地震の応力降下量の分布を調べたところ、1~100MPaの範囲に分布し、琉球海溝から沖縄トラフにかけて低下する傾向にあること、奄美大島北東沖など特に値の高い領域が存在することが確認できた^[ERI_14]。

3次元差分法に基づく地震波伝播シミュレーションのオープンコード (OpenSWPC) について、利用者コミュニティからのフィードバックを受けて改良と機能拡張を進めた^[ERI_14]。

予測手法の妥当性を検討するため、2016年熊本地震について、地表地震断層の長さに基づく断層モデルと地震モーメント*に基づく断層モデルを作り、地震本部の強震動予測手法レシピによる強震動計算結果を比較した。前者では地震モーメントや地震動が過小評価と

なり、後者ではおおむね実際の地震動分布を説明できたが、地表地震断層ごく近傍の観測点では過小評価が残った。後者を更に改善するためには、地震発生層よりも浅い地表付近まで断層滑りを設定する必要がある^[NGY_05]。

災害リスク評価には想定シナリオ・手法の不確定性に起因するばらつきがあるが、このばらつきを防災計画に反映するためのハザードデータの構築手法の開発に着手し、今年度は表示システムを開発した（図10）^[CTOC01]。

地震危険度評価結果表示システムの開発

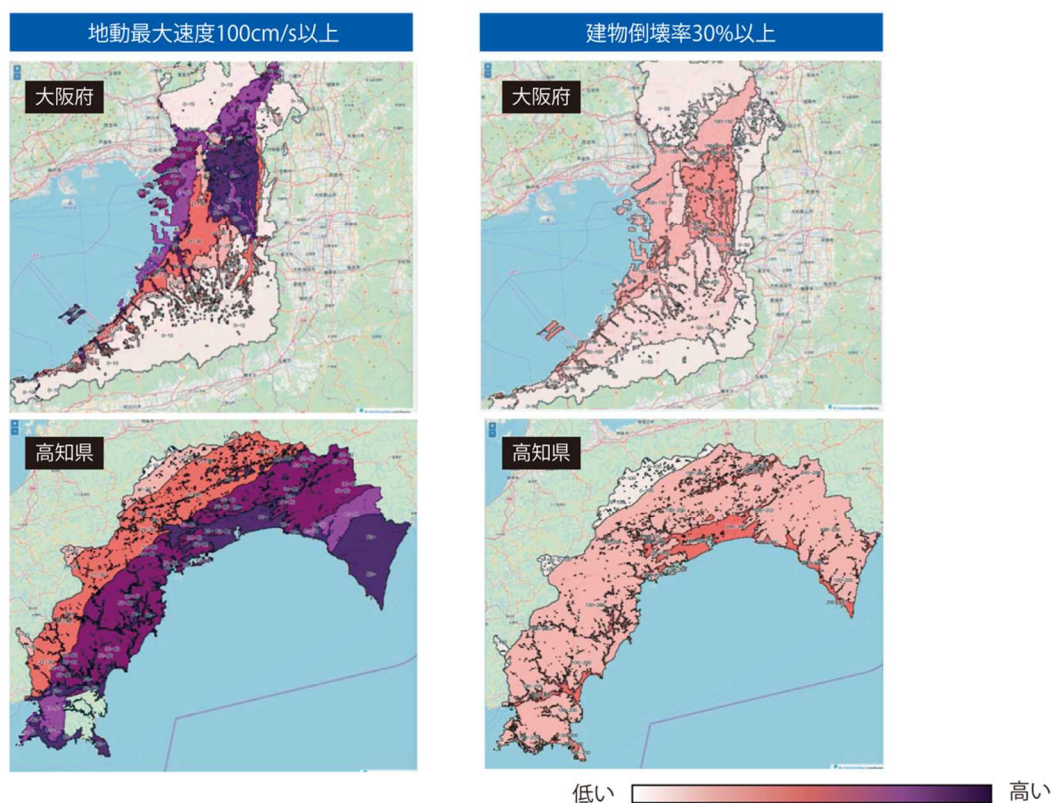


図10 地震危険度評価結果表示システムの開発

災害リスクの評価結果には想定シナリオや地盤効果の計算手法の違いによるばらつきがある。ばらつきを含む結果を防災計画に反映させるための表示システム開発を進めた。異なる地震シナリオ毎に、異なる震源要素*を持つ地震を仮定し、その地震による工学的基盤での揺れ、表層地盤（地表）での揺れ、建物倒壊率を計算する。大阪府と高知県を例として、10,000回の数値試行実験で得られた「表層地盤（地表）での揺れ（最大速度）が100cm/s以上となる度数（左図）」及び「建物倒壊率が30%以上となる度数（右図）」の表示例を示す。

イ. 津波の事前評価手法

巨大地震に伴う海底斜面崩壊による津波の数値計算手法を開発した。1929年 Grand Banks で発生した海底地すべりに伴う津波イベントに適用し、海底地すべりの量は約 100km³ 程度であると見積もることができた^[HKD_05]。

ウ. 大地震による災害リスク評価手法

強震動による地震災害誘因の分析のため、堆積平野・堆積盆地における強震記録データベースの増強に着手した。また、2018年北海道胆振東部地震や2004年米国パークフィールド地震、トルコ西部の被害地震等国内外の強震記録の分析を行い、堆積平野・堆積盆地の地震動増幅特性*を定量化するとともに、震源解析や強震動シミュレーションを行った^[ERI_16]。

2016年熊本地震の益城町市街地において、詳細な地表地震断層の分布と建物被害との関係を調べたところ、地震断層から120m以内の範囲に全壊家屋の総数の94%が集中することがわかった^[NGY_05]。

地震被害想定における不確実性の低減を目的として、鳥取県内で微動観測を展開して面的な地盤震動特性を調べ、これまでに実施した各種地盤調査を総合的に再解析し地下構造をモデル化した。小地震と大地震の地震観測記録から、線形応答時の地盤構造とともに大地震時の非線形応答特性*を逆推定する方法を開発した^[TTR_01]。

北海道八雲町、神恵内村等において、実測した歩行速度に基づく津波避難シミュレーションを行い、避難困難地区を特定した。対策を自治体・地域住民と協議し、新たに避難路の整備、役場庁舎の津波避難ビル機能付加の計画につなげた^[HRO_02]。

エ. 地震動や火山活動による斜面崩壊の事前評価手法

過去の火山噴火による軽石の分布域と過去の地震地すべり箇所を比較したところ、地震時地すべりの滑り面となる可能性が特に高い降下火砕物*は、9000年よりも古い軽石及びそれに伴う火山灰土であることがわかった^[DPRI10]。

谷埋め盛土斜面の地すべりメカニズム解明のため、地震動と間隙水圧*変動を同時観測したところ、間隙水圧が上昇するタイミングや上昇量は地震動の強さと強い相関があることが示された^[DPRI10]。

2018年北海道胆振東部地震により厚真町のテフラ斜面において発生した地すべりを調査したところ、滑り面に広く見られる粘土鉱物の薄板状ハロイサイトを検出した。さらに、ハロイサイトの含有量が増えるに従い、せん断抵抗が下がり保水力が上昇すること、すなわち、せん断された際には流動性が増すことが明らかになった^[DPRI10]。

宮城県荒砥沢地区における地上設置型合成開口レーダー (GB-SAR) 観測で、2019年10月の豪雨に伴う斜面の侵食が確認された。この時、斜面各点で計測した地表面変位から、土砂の流出量に対応すると考えられる体積変化が得られた。また、降雨後4日程度で地表面変位が現れることを見いだした。このような知見は、土砂侵食の予測へつながると考えられる^[IRID03]。

オ. 火山噴出物による災害誘因の事前評価手法

桜島火山の黒神地区において小型船舶レーダーを用いた観測を開始し、2019年11月8日の火砕流*噴煙の流下パターンや堆積量を明瞭に捉えることに成功した。また、桜島の過去の噴火の前駆地震・地殻変動データから、火砕流を伴う噴火では直前の膨張停滞時間は30分以上継続し、47例中27例で前駆地震が発生することが明らかになった。この結果から、火砕流を伴う噴火では火道内の状態が通常の噴火前とは異なっている可能性が示唆された [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

大地震による大規模平野での長周期地震動*の即時予測の実現に向け、観測・計算データ同化に関する研究を進めた。高速化を目指し、予め計算した同化観測点～予測地点の伝達関数（グリーン関数）を用いて、評価地点の揺れを予測する方法を検討した。南海トラフ巨大地震の即時予測の可能性を検討した結果、震源域直上の海底地震観測網、DONET*やN-net（計画中）を地震発生直後からデータ同化できれば、数十秒以上の猶予時間をもって関東平野等の遠地での長周期地震動の即時予測が可能になった [ERL14]。

“揺れから揺れを予測する” PLUM 法*の高度化を進めた。S波群中のP波の検知、上下動成分を用いた震度の予測、距離減衰の導入により、近い未来にしか適用できないという弱点を軽減する可能性を見出した [JMA_06]。

イ. 津波の即時予測*手法

海底圧力観測*記録と津波伝播のグリーン関数を用いたデータ同化に基づく津波即時予測手法を、海底地震津波観測網 DONET が捉えた2016年鳥島沖地震津波に対して適用した。同地震は海底火山カルデラ内に発生する津波地震*であり、地震動の解析によって津波を即時的に予測することが困難な事例であるが、本手法により津波予測を迅速に行い得ることを示した（図11） [HRS_02]。

GNSS 搬送波位相*変化から断層滑りを直接推定する手法（PTS）の性能評価のため、2011年東北地方太平洋沖地震（Mw 9.0）とその後1日以内に起こった2つの余震に同手法を適用した。先行研究とほぼ同等の震源像が得られ、PTSによって1日以内で連続する地震現象のモニタリングが可能であることが確認できた [THK_12]。

後続波で高い津波が観測された近地津波事例を精査し、その成因を推定した。スロー津波地震の規模推定のために開発した積分変位を用いた規模推定法を国内外の地震に対して適用し、従来の変位振幅に基づく手法に比べ規模を適正に推定できる可能性が高いことを示した [JMA_06]。

リアルタイム観測実記録に基づくデータ同化津波予測実験

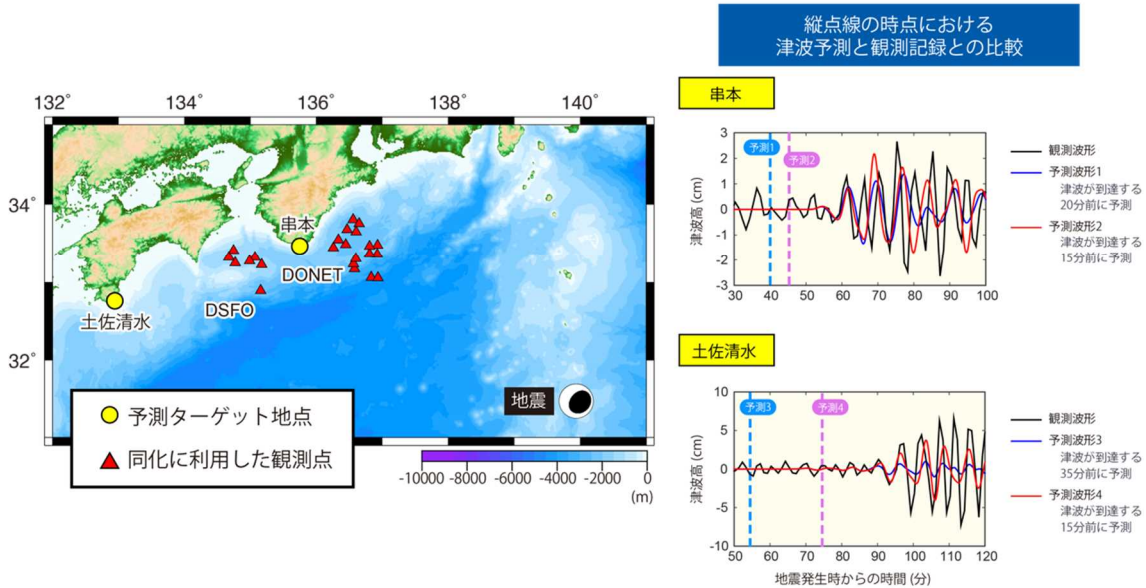


図 11. リアルタイム観測実記録に基づくデータ同化津波予測実験

鳥島で発生した火山性の津波地震に対し、震源情報に依存しない津波データ同化に基づく現況把握からの予測実験。左：震源（右下の丸）、同化に利用した観測点（赤）、予測ターゲット地点（黄）。右：縦点線の時点における津波予測と観測記録との比較（Wang et al., 2019, JGR をもとに作成）。

ウ. 火山噴出物による災害誘因の即時予測手法

焼岳火山における昭和 37 年の噴火以降の土石流の発生に関する既往研究と、昨年発生した土石流の際の 10 分間雨量とその雨域のデータから、火山の噴火後の土石流発生ポテンシャルの変化と発生条件に関するモデルのフレームワークを構築した^[DPRI12]。

レーダーによる噴煙の即時把握に向けて、噴煙中の粒子の粒径分布の調査や、噴煙と降水エコーを区別する方法の検討、噴煙拡散モデルの高度化を進めた^[JMA_07]。

霧島新燃岳 2018 年噴火において、噴火様式の変化と噴出物の岩石組成変化の対応を明らかにするとともに霧島火山の噴火事象系統樹の作成を開始した。また 2019 年 8 月の浅間山噴火について関係機関で連携して降灰調査を行うとともに、噴出物モニタリング手法の高度化及び噴火時対応の迅速化・効率化に関する議論を進めた^[ERI_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・火山災害情報の活用のための基礎調査として、日本放送協会による「体感・首都直下地震ウィーク」を刺激とする社会的実験調査（パネル調査）を実施し、認知、知識、行動、態度、確率評価への効果を検討した^[III_01]。

ハザード事象系統樹の設計について検討し、系統樹は選択枝の整理と視覚化には優れるが、時間変化の表現には課題があり、時間変化については系統樹より表形式が適していることがわかった^[IRID04]。

2018年1月の草津白根火山の噴火事例において、噴火に関する情報の内容、伝達、理解に関する課題を分析するため、噴火から約2年後、草津白根山近傍の草津温泉スキー場の利用者を対象としたアンケート調査を実施した。2018年1月の噴火を「はっきりおぼえている」グループとそうではないグループでは、前者のほうが理解度や知識量が顕著に高いことが明らかになり、利用者の理解度や知識量の違いを意識した情報伝達を検討すべきであると考えられた^[KOB016]。

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を開発しているが、テレメータされている地震波形のデータを用いて震源を逐次推定するツールを追加し試運転を開始した^[HKD_06]。

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

社会とのかかわりにおいて地震・火山噴火災害の発生機構を理解するためには、自然現象が生じる場所や地域の歴史的・地理的特性が重要な研究項目である。国宝・島津家文書のうちに伝来する「江戸大地震之図」（東京大学史料編纂所蔵）に描かれた、安政江戸地震（1855年）における被害の状況と人々の対応や復興過程の実態を検討した。他の文献史料と丹念に照合すると、絵巻に描かれた内容と良く符合し、そのことから、この絵巻史料が事実に基づいて特定の場所や出来事を描いている可能性が高く、歴史資料としての信頼度が高いことが明らかになった。地震動や火事による被害状況や、仮設住宅や瓦礫の処理、米の配給などの災害対応や復興課題が現代とも共通し、歴史的な経験が今後の防災施策や復興施策の検討に資すると考えられる（図12）^[UTH_02]。災害誘因として場所限定性の強い津波について、その常習地である岩手県山田町船越地区を事例に、「陸中国閉伊群第拾七区船越村絵図面」、「山田警察分署所轄海嘯*被害明細図」など、1896年明治三陸津波災害の発生前後の史料を収集・解析し、当時の地形や被害状況との対応関係を復元・可視化した。リアス式海岸に特徴的な急傾斜地形と集落立地との関係に着目すると、標高と被害程度との間に明瞭な対応関係があり、そのことが被災後の高台移転につながったことを明らかにした^[IRID05]。

2011年東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）を事例に、宮城県の津波被災地における災害対応過程や生活条件の地域間比較分析を行い、災害経験が地域社会のまとまりを強くする反面、地域の社会特性に応じた災害対応がとられないときに、逆に社会の脆弱性が増大することが示唆された^[NGY_06]。土地所有・利用にかかわる私権制約の問題により、被害軽減を図るための土地利用規制・建築規制が進まないことが多い。一方、2004年新潟県中越地震の被災地である中越地方では、割地制度と土地総有制が、土地から生産される利益の分配と災害による被害の分散のために運用されており、地域全体で利益を共有し、暮らしの再建を目指せるような環境づくりが現代の土地利用施策においても有効であると考えられる^[HGY_02]。

災害対応・復興に際して地震・火山観測情報がどのように活用されてきたのかという問題について検討した。口永良部島新岳と箱根大涌谷の火山噴火では、気象庁による噴火警戒レベルの判断基準となる観測情報に対して住民が敏感に反応していた。兵庫県加古川市養田南地区での地区防災計画策定における住民と専門家とのリスクコミュニケーションの事例では、統合地震シミュレーター*による建物の揺れと被害の予測結果を可視化した情報が、住民自身が対策を具体的に検討する際に役立ったことが確かめられた^[HYG_01]。

「江戸大地震之図」の震災を描く絵巻から江戸の社会を読み解く

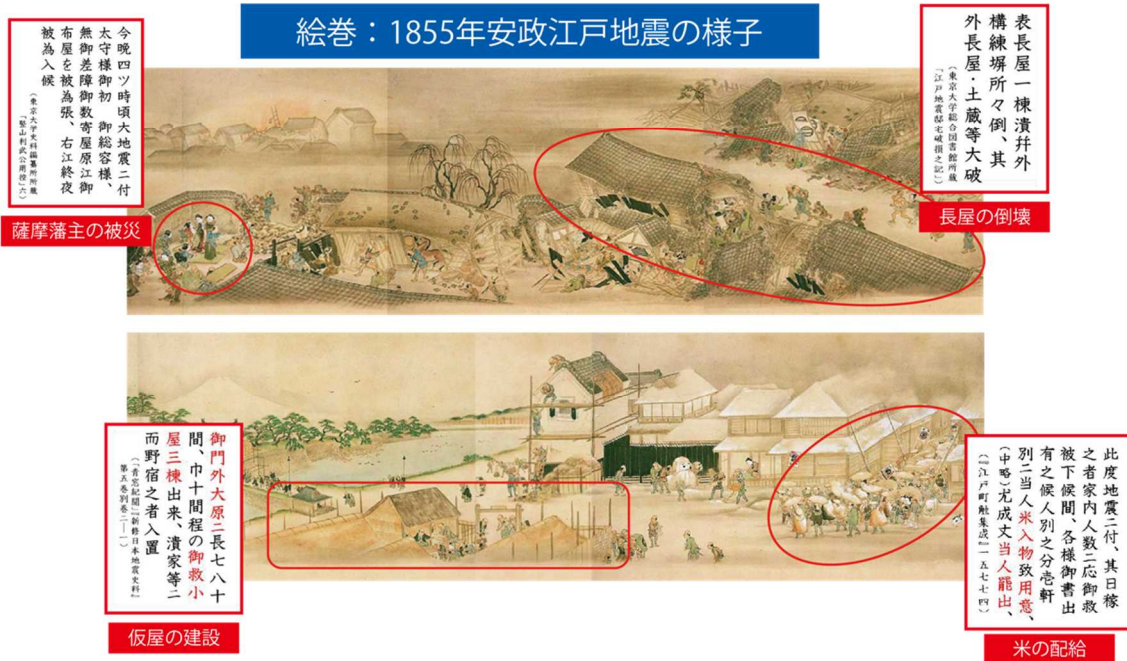


図 12. 「江戸大地震之図」の震災を描く絵巻から江戸の社会を読み解く

国宝である島津家文書の絵巻「江戸大地震之図」（東京大学史料編纂所蔵）から安政江戸地震（1855年、安政2年）の様子を読み解き、文献資料と照合すると、事実と良く符合しており、当時の状況を忠実に描いているものとして、資料としての信頼度が高いことが明らかになった。当時の地震や火事による被害や人々の対応、復興過程の実態を見る手がかりとなり、今後の防災施策や復興施策の検討にも活用可能な事例である。

（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、社会における防災リテラシーの実態を調査した。また調査結果に基づき、社会が被害の発生を抑止、あるいは軽減する対策を考えるために必要な知識体系を明らかにすることを目指した。また、知識体系を明らかにする過程で、必要な知識要素を特定し、それらの要素を組み合わせることで、実践的な研修プログラムを構築した。さらに、研修プログラムを特定の地域で実装し、実効性を高めるためにその効果の検証も行った。

地域社会は災害に対処する仕組みを備える一方で、近年の社会変動によって潜在的な脆弱性を増大させており、そのことは災害の発生によって被害を拡大する要因となる。今年度においては、災害が生活に与える影響の把握方法について、地域に潜むリスクを脆弱性の観点から評価する技術の可能性を検討した。富山県を対象に、国勢調査データに基づいて人口密度ならびに乳幼児・高齢者人口の密度を算出し、脆弱性尺度として災害時弱者支援力「見

守られ率」(成年一人当たりの乳幼児・高齢者数)を地図上で可視化した^[TYM_03]。

一方、地震・火山等の自然現象に関する知識、また災害予測情報等の活用可能性には個人差も大きく、より効果的な防災対策を可能にするためには、こうした個人差を良く理解する必要がある。認知科学のアプローチから、災害情報を活用する個人の態度・能力・考え方と関係する「災害を生きる力」因子を整理する調査設計のために、今年度は基礎的検討と試行調査を行った。南海トラフ地震津波避難対策特別強化地域在住の成人を対象としたウェブ調査を実施し、「通常の大地震発生とそれに伴う大津波からの避難」と「南海トラフ地震臨時情報(巨大地震警戒)に基づいた避難」の両シナリオ間での避難見通しの差異を検討し、その程度には大きな差はなかったものの、前者のシナリオの際に「絶対避難しない」「必ず避難する」の回答が多いなどの結果を見いだした^[IRID06]。

個人レベルにおけるリスク認知と避難行動とのギャップについては、地理空間情報*、GIS*、衛星測位に ICT 技術を統合した災害情報共有システムを構築し、活用方法の開発に着手した。具体的には、WebVR 技術を用いた疑似避難訓練システムを開発して避難実験を行ったところ、たとえば地形の複雑な地域において「海から離れなければ」という意識で逆に津波が来る方向に逃げようとするなど、津波災害時に注意すべき行動が明らかになった^[HKD_07]。

緊急性の高い火山噴火災害への備えにおいては、市民の科学的知識レベルの向上は喫緊の課題である。桜島は現在活動中の火山のうち人口 50 万以上の大都市に最も近接する火山であり、科学者と市民との共同によって観測から防災に至る一連の対応システムの構築が試みられている。そのための基礎資料として市民を対象に噴火情報に関する意識調査を行った。鹿児島市などの隣接地域において噴火警戒レベルの認知度が有意に高く、噴火に至るかどうかも不明であっても観測データに異常が見られる場合の情報が必要とされていること、情報の信頼性の高い公的機関や専門機関からの情報発信のニーズが高いこと、火山災害を減らすためには災害情報にかかわる取組が重要だと考えられていることなどを明らかにした^[DPRI13]。

一方、日本有数の観光地であり、近年大きな地震や火山噴火が発生した熊本県阿蘇地域では、研究者と国や県、地元行政機関などが連携して、地震・火山観測の準リアルタイムデータ表示システムの設置を行うとともに、観光客に触れる機会の多いジオパークガイドの養成を通して防災リテラシーの向上を図る方策を展開してきた。今年度は、その養成講座の講習内容を検討するために、現役ガイドと新人ガイドに対して熊本地震に関するアンケート調査を実施するとともに、現役ガイドの活動に関するアクションリサーチを行った。その結果、新人ガイドと現役ガイドの間には活断層認知率など科学的知識レベルに差異があり、地球科学リテラシーの向上につながる講習内容に課題があることを見いだした^[KUS_03]。

また、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は、観光地でありながらも深刻な過疎の問題を抱えており、地元の火山防災力の向上を図る担い手の確保に腐心している。そのため、専門家と県や地元自治体が連携して、火山マイスターとして認定された地域内外の市民のネットワークを専門家が支援し、火山マイスターの活動記録をもとに、

必要とされる知識や防災効果を評価・検証・フィードバックする制度を構築した。今年度は、基礎資料を作成するために、木曾地域の関連行事における参与観察、関係者へのインタビュー調査などを行い、マイスターの属性を整理するとともに、過去2年間の活動記録を蓄積した^[NGY_06]。

地震・火山研究の成果を防災対策や災害対応に活かすための、より一般的・体系的な取組として、実務者（行政担当）を対象にした防災リテラシーの向上のための研修プログラムの開発し、開発した研修プログラムをモデルケースとして実装し、その効果を検証することでプログラムの高度化を図る研究に着手した。今年度は、その基礎となる「育成したい人材の特性」「育成フレームの同定」「育成プログラムのプロトタイプ」を検討した。特に育成プログラムにおいては、一方向の研修だけではなく、研修によって一定の基礎知識が共有された段階で、育成対象者から研究者コミュニティへのフィードバックを実施し、双方向のリスクコミュニケーションを実現することを目指したプログラムの試作を行った^[NGT_02]。

最後に、「オープンサイエンス」（市民参画型科学，市民参画型データ収集・管理）の手法を地震防災学の分野にも導入し、地震・火山・津波災害データベースの構築・共有を進めながら、それを通じた防災リテラシーの育成を目指す取組を開始した。取組内容は多岐にわたる研究項目から構成されるが、今年度は、（1）サイエンスミュージアム「阿武山地震観測所」の運営による地震リテラシーの向上、（2）地震・津波避難訓練支援ツール「逃げトレ」の導入による市民参画型の地震・津波訓練の推進、（3）自然災害に関する歴史資料の解説を行う「みんなで翻刻」プロジェクトの推進、（4）内陸地震観測「満点計画・0.1満点計画」によるオープンサイエンス型地震学の試行を実施し、それらの基本フレームとアウトカムを整理・図式化した^[DPR114]。

3-5. 研究を推進するための体制の整備

本計画で得られる成果を災害の軽減に効果的に役立てられるように、計画の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。

推進体制の整備

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。行政機関や地震調査研究推進本部*等の関係機関との連携を進め、本計画による研究成果・技術が災害軽減に貢献できるよう、災害・防災対策に係る社会ニーズを的確に把握することに努めた。例えば、津波や地震動の即時予測及び事前想定の高高度化、海溝型地震の発生予測手法の高高度化、などの課題に対し、本計画は基礎・学術研究の面から取り組んでおり、地震調査研究推進本部の施策に資するものと考えられる。地震・火山噴火予知研究協議会においては、前研究計画から行政機関、国立研究開発法人等が正式に参加し、また、企画部*内に戦略室を設置するなど実施体制の強化が図られてきた。戦略室に行政機関、国立研究開発法人等の委員も加わり、本研究計画に参加している全機関の連携がより強化された。地震学・火山学の成果を災害軽減に活用するために、地震リスク評価について、不確実性の可視化手法及び精度向上のための災害誘因予測の高高度化、に関する拠点間連携共同研究をさらに発展させた。

気象庁は火山噴火予知連絡会*を2度開催するとともに、霧島山部会と草津白根山部会でそれぞれの火山の活動を検討した^[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、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とが連携して、計画を進めることが有効であるとの結論に至った。これを受けて、前研究計画から、両研究所がそれぞれの分野の共同利用・共同研究拠点として、連携して共同研究を進めている。重点推進研究では、巨大地震のリスク評価の精度向上に関する新パラダイムの構築を目指し、（1）震源過程、（2）伝播・深部地盤構造、（3）強震動予測、（4）浅部地盤構造、（5）構造物被害予測、（6）リスク評価の研究グループに分かれ、それぞれの分野におけるリスク評価の不確かさの要因についての検討を進めるとともに、これらの

知見を統合するための（７）プラットフォーム構築グループ、（８）ステークホルダの参画に関する研究グループ及び（９）大規模計算のためのコンピュータサイエンスグループの９グループにおいて、リスク評価及びその不確かさに関する検討を行っている。総括研究では研究グループ間で理工分野の連携を進めながら主に大学により共同研究を実施した。また、分科研究においてはそれぞれの研究グループの研究の深化を図った。さらに、一般課題型研究では、災害誘因予測の高度化のための研究を公募することで、新規５件、継続６件の防災に関する多岐に亘る研究分野についての研究を実施した。

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。その上で地震波及び津波の伝播モデルに基づき、西南日本地域の強震動及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、地震・測地観測記録及びこれまでの研究事例を検討し、科学的に最も起こりうる震源モデルと強震動予測モデルの構築を進めた。また、予測される地震シナリオに基づく津波の浸水モデルの構築を進めるとともに、本震発生時に想定される各課題間の輻合作用を考慮したモデル作成時の問題点等を整理した。

・ 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。産総研は、房総半島南部沿岸の海岸段丘について掘削調査を行い、離水年代の検討を行った^[AIST08]。東京大学地震研究所は、1855年安政江戸地震を対象として研究を進めるため、過去の地震被害の記述が多く残されている成田周辺において、それらの記述から特定した被害地点のうち27か所で臨時地震観測を行った^[ERI_15]。東京大学情報学環は、地震・火山災害情報の活用のための住民の知識体系に関する基礎的調査を実施した^[III_01]。

・ 千島海溝沿いの巨大地震

千島海溝沿いでは、東北地方太平洋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津波堆積物の調査から明らかにされている。政府の地震調査研究推進本部では、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。本総合研究グループでは、千島海溝沿いで発生する巨大地震による災害の軽減を目指した総合的な研究を横断的に実施する。

今年度は、津波堆積物の調査から、白老町社台・苫小牧市勇払・むかわ町汐見の津波堆積物は1611年慶長地震津波起源の可能性が高いことがわかった^[HKD_01]。地震活動の静穏化^{*}現象を用いて、カムチャツカ半島東岸から千島列島、北海道沖、東北日本沖、伊豆小笠原諸島にかけての沈み込み帯での長期予測を試行した^[HKD_09]。震源域近傍の海底圧力観測データ同化による津波数値計算手法を用いて、実際のS-net観測点分布で津波即時予測がどの程度可能かを1968年十勝沖地震の断層モデルにより検討した^[HKD_09]。また、避難訓練結果を可視化する避難訓練可視化システムを開発し、集団避難実験における運用を通して、システムの効果及び課題を検証した^[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することを目的とする。観測研究を通じて火山活動推移モデルの高度化を図り噴火予測研究を進展させることと、災害予測研究を進め、災害予測に基づく災害情報を住民へ伝達する手段や避難・復興に資する研究を進めることを5カ年の目標とする。今年度は、京都大学防災研究所が、大正噴火時の住民の記憶をまとめた「桜島爆発の日（野添，1980）」などにもとづき、大規模噴火に至るまでの過程を整理した。噴火発生に伴う諸現象を即時的に解析して火山灰の拡散範囲をシミュレーションにより予測するだけでなく、噴火前の地盤の膨張量から噴出マグマ量を予測し、火山近傍の風速データをもとに噴火発生前の拡散予測も行った。

・ 高リスク小規模火山噴火

噴気地帯や山頂火口近傍に、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が、研究の具体的な方向性は必ずしも明らかではない。本総合研究では、高リスク小規模噴火による災害の軽減に資する研究の課題や方向性を明らかにすることを目的とする。既存課題の成果を活用し噴火履歴の把握や噴火ポテンシャルを評価すること、災害情報の発信手法を整理すること、社会科学、災害科学分野の成果を調査し本課題への活用法を探ること、本課題に関する研究集会を開くことを5カ年の目標とする。今年度は、草津白根山について、噴火履歴の解明及び噴火ポテンシャル評価に関する研究が進められた^[TYM_01]。箱根大涌谷では噴気観測データから噴火前後のヘリウム同位体比の変化を検出し、噴火に関する流体移動の役割を明らかにした^[AORI02]。

研究基盤の開発・整備

・ 観測基盤の整備

防災科学研究所は、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)*を安定して運用した^[NIED05]。

国土地理院は、全国における GNSS 連続観測点を平均 20km 間隔の配置として維持するとともに観測を継続し、電子基準点リアルタイム解析システムを運用するとともに変動点検知機能を強化した。さらに、SAR 干渉解析により西之島の地形変形を検出しするとともに、八丈島、箱根山、岩手山秋田駒ヶ岳、日光白根山について、火山土地条件図、火山基本図、数値データの準備や整備を進めた^[GSI_04, GSI_07, GSI_10]。

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、関係機関の地震観測データの一元的処理結果の関係機関への提供を実施し、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 活火山について、全国 4 カ所の火山監視・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、いくつかの火山で新たな観測装置の配備や臨時観測を実施した^[JMA_12]。

海上保安庁は海域火山の定期巡回監視を実施するとともに海域基礎情報調査の成果を公表した^[JCG_04]。

大学は、観測データ流通網 JDxnet*の安定的な運用を継続し、東大地震研接続ポイントにおいては、SINET*経由により JGN*接続を実現し、ネットワークの冗長化を復旧させた。また、柏での接続も開設し東京大学情報基盤センターの大規模並列計算機を活用できる基盤を構築した^[ERI_19]。

山梨県富士山科学研究所は、gPhone 重力計の導入を行い、連続観測を開始した^[MFRI02]。北海道立総合研究機構地質研究所は、北海道の活火山において地球物理学的・地球化学的モニタリングを継続した^[HRO_01]。

・ 観測・解析技術の開発

大学は、新たな無線通信帯域・技術を活用したデータ伝送システムの開発及びこれを利用した地震・火山活動状況を高精度かつ迅速に把握可能なシステムの開発を進めた。東京大学地震研究所は、桜島火山においてミュオグラフィ観測を行い火口下の密度変化を検出した^[ERI_21]。また、光ファイバセンシング技術の一つであり、振動を計測する分散型音響センシング (DAS)*を利用した地震観測を実施した^[ERI_22]。情報通信研究機構においては、地震や火山等の自然災害発生時における被災地の状況把握を詳細かつ迅速に行うための次世代航空機搭載 SAR*を開発した^[NICT01]。

・ 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、及び GNSS データサーバの運用を継続し、地殻変動等

多項目データの一元的な流通とデータの蓄積などを行った^[HKD_08]。東京大学地震研究所は、現 WIN システム*における課題と次世代システムへの要望の集約を行った^[ERI_24]。

・ 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、総合的な地震カタログの作成と発震機構解析及び大地震時の震源過程解析を実施し、それらを公開した^[JMA_14]。産業技術総合研究所は、アジア太平洋地域の地震火山ハザード情報整備、国際標準化、データ共有・相互利用、国際的な連携の推進を目的として、アジア太平洋地域の研究機関と連携し、地震火山活動に関連する地質ハザード情報の取りまとめを進めた^[AIST11]。国土地理院は、監視・観測体制の充実などが必要とされた火山を優先して、火山防災に資する基礎的な地理空間情報の整備を進めるとともに、地震災害の軽減に資するため、地形分類情報の整備を進めるほか、全国活断層帯情報（活断層図）を整備した^[GSI_10, GSI_09]。地震・火山噴火予知協議会では、戦略室を主導として、研究成果共有システムの構築に向けた検討を進めた。具体的には格納を行う情報・データの検討を実施するとともに、コンテンツの整理を先行的に進めた、成果報告時に登録される成果物のリスト、火山構造探査データ、機動GNSSデータのほか、これまでの建議研究で作成されているデータベースやソフトウェアへのリンク、建議研究で実施されている観測や調査に関するメタ情報について、本システムで一元的に収集することとした^[ERI_25]。

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、引き続き歴史学・考古学と連携して計画を進めた。また、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つつ研究を進めた。

国際共同研究・国際協力

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、カイクウラ地震発生以前から南島に展開されている臨時地震観測点のデータと定常観測網である GEONET、及び Victoria University of Wellington, University of Wisconsin-Madison による地震観測点データを統合し、カイクウラ地震の余震分布を詳細に決定した^[THK_01]。また、2018年3月下旬から4月前半にかけて、比較的大規模な SSE が発生したヒ克蘭ギ沈み込み帯北部において日・NZ・米・英の国際共同による海底地震計及び海底圧力計による観測を継続している^[ERI_08]。

素粒子 μ 子による桜島火山の内部構造画像化の研究をハンガリー科学アカデミーウィグナー物理学研究センターとの共同で進めている。高精細 μ 子グラフィの開発に成功し、桜島中央火口近傍の密度変化を示唆する時系列的な画像が得られ始めた^[ERI_21]。

国土地理院は国際 VLBI 事業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 86 回実施した^[GSI_07]。

4. 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）」は平成30年度までの5年間に進められてきた第1次計画の基本方針を踏襲しつつ、関連研究分野間のさらなる連携強化を図ることで、観測研究の成果を活用して災害軽減に役立つ方策の研究を推進するものとなっている。地震発生と火山噴火の予測に関する3つの重点課題は、幅広く展開されている観測研究の成果を予測情報の高度化という具体的な目標に集約することを意識して新たに設定された。一方、予測情報など、観測研究で得られる知見や情報を災害軽減に対してより効果的にすることを目指し、その受け手の地震や火山噴火とそれに伴う災害に関する理解（防災リテラシー）の向上のための研究が本格化に始動した。そして、本研究を構成する様々な研究分野の連携を促進するためのしくみとして、将来起こりうる大地震・火山噴火を意識した5つの総合研究が進められた。

地震発生の長期予測は、これまで地震発生履歴に強く依存してきた。とりわけ、発生頻度が低く活動履歴に関する情報に乏しい内陸の活断層の活動予測の定量化は重要な課題であった。内陸地震発生の新たな長期予測の手段として、測地観測から得られるひずみ速度場をもとに、特定の地域において大地震が発生する確率を計算する試みが始められた。地殻活動のモニタリングにより、南海トラフにおけるスロースリップの長距離移動が発見されたことで、プレート境界での滑りの時空間変化を検知した新たな事例が蓄積された。これを海溝型地震の予測性能向上にどのようにつなげるかが、今後の重要な課題であろう。地震発生場の地下構造や応力状態と多様な断層滑り現象とその分布を記述するモデルの構築・提案が本計画の課題の中でも進められており、それらを活用することで、地殻活動の現況に基づく地震発生予測に向かうことが期待される。

火山現象をモデル化して理解しようとする研究は、これまで、噴火過程における火道内マグマの発泡上昇やそれに伴って観測される各種物理・化学的現象など、特定の事象・手法に着目して進められることが多かった。一方で近年、噴火事象系統樹が多くの火山で作成されるにつれ、事象間の分岐条件やその確率を明らかにし、想定される噴火事象の種類や発生頻度の事前把握だけでなく、予測にも役立つようとする機運が高まってきた。こうした背景を受けて新たな重点課題に設定した「火山活動推移モデルの構築」は、最終的には、これまで蓄積されてきた多様な観測データを様々なアプローチで援用しつつ、事象間の連関や各種観測量の関係にも目を向けることで、一連の火山活動の予測に有用な準拠モデルの提案を目指している。各地で行っている継続的な多項目観測はその基盤をなすものである。今年度はとりわけ、特定の火山における噴出物の含水率・温度・微結晶量等の変遷と噴火様式の対応、火山ガスの継続的サンプリング・化学分析や、二酸化硫黄放出率の自動観測など、物質科学分野での成果が多数上がっている。測定技術の開発が進んだことで、これらの一部は地震観測等と同様、もはや火山のモニタリング項目として不可欠な存在となりつつある。

防災リテラシー向上を目指した研究では、社会における防災リテラシーの実態や、地震火山に関連して発信される情報に対するニーズの把握は重要である。地震火山災害に関する理解や情報活用可能性には個人差が大きいと考えられ、これを認知科学などにより理解する研究が始まっており、リテラシー向上に向けた重要な基礎情報が得られると期待される。一方で、防災減災でのキーパーソンとなる実務者や有志市民を対象とした研修は、社会全体としての防災リテラシー向上に効率的と期待され、そのための研修プログラムの開発が進められている。一方、直接的な研修とは異なり、市民が地震・火山・津波災害に関する研究に参加・参画するという取組も進められており、これもまた防災リテラシー向上に有効と期待される。

総合研究グループのうち、「千島海溝沿いの巨大地震」と「高リスク小規模噴火」は、本計画から活動を開始したものである。前者は、地震発生の長期予測から地震発生後の津波ハザード即時予測といった複数の時間スケールでの予測手法の研究に加え、長期予測と即時予測がどのように住民の避難行動を変容させるか、という観点での社会科学的な研究が展開されている。今年度、千島海溝近くでのプレート間固着状態を推定するための海底地殻変動観測が開始され、データの蓄積によって、ここで発生する巨大地震に関する長期評価の精度向上が期待される。後者については、観光客や登山者の火山災害リスクを念頭に置いたものであるが、現時点では研究の方向性が必ずしも明らかでないため、今年度はまず主担当者で会合を開き、5年間の目標設定、課題の洗い出し、とるべきアプローチの検討が行われた。現象解明に軸足を置いた研究方法のみでは減災に効果的に貢献することは難しく、社会科学的アプローチの必要性が認識されている。また、今後の方針として、このグループに関連する既存課題を中心に部会横断型の研究会を開き、各課題の成果を集約・活用する方法を探ることとした。

用語解説

アウターライズ地震

海溝で陸域下に沈み込もうとする海洋プレートがたわむことによって、海溝軸より海側（外側）近傍に形成される海底の高まりをアウターライズ域といい、アウターライズ域で発生する地震をアウターライズ地震と呼ぶ。

アグルチネート

粘性の低いマグマのしぶきが火口付近に堆積・溶結してできた岩石。

インバージョン解析（逆解析）

ある事象に関して物理モデルが設定されているとき、その事象で観測された測定値を合理的に説明するモデル中の変数を推定するための数学的解析手法。単に、インバージョンと呼ばれることもある。

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。

応力

岩盤等の物体内部に考えた仮想的な面を通して及ぼされ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。応力の向きや大きさの空間的な分布の状態を応力場という。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よぶ。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、最小主応力とよぶ。最大主応力と最小主応力の差を差応力とよぶ。震源域のせん断応力が岩盤のせん断破壊強度に達したときに地震が発生すると考えられている。

応力降下量

地震発生時の断層滑りによって、蓄積されたひずみエネルギーが解放され、断層面にかかる応力が低くなる時のその量。

応力载荷

プレート運動や近傍での地震発生によって、着目する領域の応力が増加すること。

応力場

物体内部の応力の向きや大きさの空間的な分布の状態を応力場という。

海嘯(かいしょう)

現在では、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を指すが、かつては津波も海嘯と呼ばれていた。

海底圧力観測

海底地殻変動観測を参照。

海底地殻変動観測

海底の地殻変動を観測すること。海底地殻変動観測には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、基準局の位置を推定する手法。
- ・海底間音響測距：海底の2点間において、音波を用いて距離を測定することにより地殻変動(相対変位)を連続的に観測する手法。
- ・海底圧力観測：海底の圧力変化を観測し、上下方向の変位を算出する手法。
- ・孔内観測：掘削された孔（ボアホール）の内部において、長期間にわたって地震動や地殻変動などを観測する手法。

化学組成

ある物質を構成する元素や化合物などの化学成分が、それぞれどのくらいの比率で含まれているかを示したもの。

火砕流

高温の火山噴出物が、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、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。

火山性地震

火山活動に伴って起こる地震。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

火山で発生する連続した地震動。マグマの動きや熱水の活動等に関連して発生すると考えられている。火山性地震とは異なり震動が数十秒から数分、ときには何日間も継続する。

火山灰

火山噴火により噴出した固体のうち、直径 2 mm 未満の細かい破片。

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等を目的として、昭和 49 年に設置された機関（事務局は気象庁）。年に 3 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。

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

上部地殻・下部地殻を参照。

カルデラ（形成）噴火

輪郭が円形またはそれに近い大きな陥没地を形成する噴火様式。

間隙水圧

土や岩石中の粒子間のすきま（間隙）に入り込んだ水にかかる圧力。

干渉 SAR

SAR の項を参照。

観測点補正

震源決定等において、観測網に共通して仮定した速度構造では考慮しきれない観測点直下の地盤の影響を除去するための補正。

企画部

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、地震・火山噴火予知研究協議会の下に設けられた組織。

逆断層

断層面に沿って主として上下方向にずれた断層のうち、浅い側の岩盤がずり上がる場合を逆断層という。

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した波形データを強震記録という。

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。今期の研究計画から導入された。

クラスタ

一般には集団や群れのことであるが、ここでは地震がある特定の場所に数多

く集まっている状態，またはそのような地震の集合体のことを意味する。

クーロン応力変化

地震などで生じた力によって，ある断層面あるいは仮想的な面で，どれだけ破壊が生じやすくなったかを示す量。（仮想的な）断層面に平行にかかる応力（せん断応力）の変化と，垂直にかかる応力（法線応力）に摩擦係数を乗じた摩擦力の変化の差として定義されるため，応力と同じ単位であらわされる。

繰り返し地震

発生場所（震源），発震機構解，マグニチュードがほぼ同じで，概ね一定の時間間隔で繰り返し発生している地震のこと。

群発地震

本震や余震という区別がなく，ある期間に比較的狭い地域で集中的に発生する地震。

傾斜計

地表面の勾配（傾き）の変化を測定する計器。

玄武岩

マグマが地表及び地下の浅いところで冷却・固結して生じた，二酸化ケイ素の含有率が 45～52 重量%である火山岩。

降下火砕物

噴火による固形噴出物のうち，噴煙としていったん上空に吹き上がり，風に乗ってある程度水平方向に漂ったのち，重力で地上に落下してくるもの，もしくは火山弾などのように爆発時に火口から弾道を描いて飛散し地表に落下する噴出物。地表付近で水平方向の速度を持って流れる火砕流や火砕サージとは区別される。

航空機搭載 SAR

SAR の項を参照。

構成則

応力とひずみ，滑り速度・滑り履歴と摩擦係数といった異なる物理量を関係

づける法則。

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，構造物・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。

サイト特性

増幅特性の項を参照。

差応力

応力の項を参照。

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。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。

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。予知協と略称されることもある。

地震性滑り

地震波の放射を伴う断層滑り。

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）や大学等の調査結果を収集、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。地震本部と略称されることもある。

地震・津波観測監視システム (DONET)

南海トラフの地震・津波を常時観測監視するため、南海地震震源域及び東南海震源域に設置された地震・津波をリアルタイムで常時監視するシステム。DONET は英語名 Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis の略称。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。

地震動の即時予測

地震の発生直後に、地震の揺れを感知した地震計のデータを用いて、まだ揺れの到達していない場所での地震動を可能な限り素早く予測する技術のこと。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。

地震波干渉法

2つの観測点で記録された地動の波形を比較することで、それらの間を伝わる波を抽出する手法。地震探査と違い、人工震源を使わずに地下構造を探査することができる。

地震発生層

地殻のうち地震の発生する深さの範囲。地殻深部になると高温になり、地震が発生しにくくなるため、場所により地下の温度が異なると、地震発生層の厚さも異なる。

地震発生の長期評価

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。

地震モーメント

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。

地すべり

斜面の一部あるいは全部が地下水等の影響と重力によって移動する現象。

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。計画では、強震動や地震発生サイクル等のシミュレーションが行われる。

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。

首都圏地震観測網

首都圏地震観測網(Metropolitan Seismic Observation network), 通称 MeSO-net(メソネット)。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、首都圏の約 300 カ所(東京都, 茨城県, 神奈川県, 千葉県, 山梨県, 埼玉県)で、人間活動による首都圏の大きなノイズや温度変化を避けるため約 20m の縦孔の底に設置された地震計による観測網。

(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等の理由で、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。

上部地殻・下部地殻

地球の固体部分を構成する大きな成層構造のうち、一番外側の層が地殻である。地殻の浅い部分を上部地殻、深い部分を下部地殻と呼ぶ。

震源過程

地震は震源域において断層面が滑ることによって生じる。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的に記述する「動的破壊過程」とは区別されることが多い。

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。

震源特性

応力降下量や断層サイズ、破壊伝播速度など、震源で放射された地震波の特徴を再現するために必要なパラメータ。

震源要素

震源の座標（緯度，経度，深さ）や発震時刻，マグニチュード，発震機構解（断層の走向と傾斜，滑り角），断層の長さや幅，滑り量といった，地震の震源を記載するために必要な基本的なパラメータ。

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，火山岩塊や細粒火山灰が飛散する。

スケーリング則

ふたつの物理量の間での比例関係を与える法則。

滑り欠損

プレート境界の変位を考えた時，プレートの収束運動から期待される量から，実際に生じているずれの大きさを減じた量。欠損が大きいとはプレート間が固着していることを意味する。

スロー地震

通常地震のように断層が急激にすべることなく，ゆっくりと滑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。

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）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。

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の周辺で発生するさまざまな異常現象。土地の隆起・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。前兆現象と呼ばれることもある。

前震

本震の近傍で本震発生前に起きる地震のこと。

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。

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。

脱ガス

マグマを参照。

弾性・非弾性

外力によって変形した物質が，そのひずみを元に戻そうとする力を生じる性質を弾性といい，そのような性質で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。

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。地殻の内側はマントルと呼ばれている。地殻は海洋地殻と大陸地殻に分類され、海洋地殻は約6km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30km程度の厚さであるが、場所によっては60～70kmにも及ぶ場所がある。

地殻活動

地殻内で発生する現象全般の総称。

地殻変動

地震などの断層運動や火山活動などの地下の活動によって地表に生じた変位やひずみ、傾斜の変化。地盤変動ともいう。

地殻流体

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

地盤変動

地殻変動の項を参照。

地表地震断層

地震時に連続的に現れる地表のずれのこと。

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。

超低周波地震

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で、20～200秒程度の帯域に卓越した周期を持つもの。ゆっくり滑りや火山活動にともなって生じる。

地理空間情報

空間上の特定の地点又は区域の位置を示す情報，及びそれに関連付けられた情報。

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。

津波の即時予測

地震の発生直後に，沿岸部に到達する津波の高さを可能な限り素早く予測する技術。

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で，2～8 Hz 程度の帯域に卓越した周期を持つもの。ゆっくり滑りや火山活動にともなって生じる。

低周波微動

数分から数日の間，断続的に低周波振動を発生する現象。低周波地震の重ね合わせと考えられている。

データ同化

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手法。

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。

統合地震シミュレーター

コンピューター内に，地盤や構造物だけでなく，人の動きも再現した都市を作り，想定地震動を入力した際の被害や住民の避難行動等を予測するシステ

ム。

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、地表では観測できない地層を新たに露出させ、断面を観察する手法。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

陸側プレートの地殻内で発生する地震。

二面角

水平な固体表面に液体を滴下したときに、液滴の端で、固体と液体表面のなす角。固体が液体をはじきやすいと二面角は大きくなり、固体が液体で濡れやすいと二面角は小さくなる。

日本海溝海底地震津波観測網 (S-net)

地震計と津波計が一体となった観測装置を光海底ケーブルで接続した観測網で、防災科学技術研究所が日本海溝沿いの海底に設置したもの。24時間連続で観測データをリアルタイムに取得できる。観測装置は150カ所、ケーブル総延長は約5,700kmである。

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。

粘弾性

加えられた力に応じて変形し力を除くと原形に戻る弾性的性質と、加えられている力に応じた速度で時間とともに変形が進行する粘性的性質を併せ持つ性質。

粘弾性緩和

マントルや下部地殻などは、地震等によって外部から応力・ひずみの変化が与えられると、短い時間の尺度では弾性体として振る舞い、一方、長い時間の尺度では粘性流体として振る舞い応力が緩和される。このような弾性と粘性の中間的な性質のことを粘弾性と呼び、それを特徴づける時定数を緩和時間という。粘弾性緩和とは、粘弾性体の緩和時間と同じくらいの時間尺度で

生じる変形のこと。

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）と相対滑りの向き（滑り角）によって表現したもののこと。メカニズム解あるいはメカニズムともいう。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。発震機構解のタイプは，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。

微小破壊

岩石や金属などに応力や熱が加えられることで内部に生じた局所的な応力集中によって引き起こされる部分的な破壊。このときに励起される高周波数の弾性波のことをアコースティックエミッションという。

ひずみ

岩盤（プレート）などが変形する際の，変形の大きさをひずみといい，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。

ひずみ速度

単位時間当たりのひずみの変化率。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。

ひずみ速度場

ひずみ速度の項を参照。

非線形応答特性

地盤の増幅特性が，地震基盤から入射する地震動の周波数だけに依存する場合を線形応答といい，振幅にも依存する場合を非線形特性という。

非弾性

弾性・非弾性を参照。

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が注目されている。

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

低周波成分の小さい振幅の地震波を長い時間にわたって放出する震源のこと。

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角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。

プレート

地球表面は、地殻と、十分に冷却して固くなっている最上部マントルとを合わせた、厚さ 100km 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よばれ、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。

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。

噴火事象系統樹

事象系統樹の項を参照。

噴火様式

噴火時にマグマが地表に噴出する場合、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。

分散型音響センシング (DAS)

光ファイバーに微小な振動や変形を加えたときに生じるわずかな屈折率の変化を検出することで、光ファイバーケーブルに沿った振動や変形を空間的に連続して計測する技術。DASはDistributed Acoustic Sensingの略。

分散曲線

表面波の伝播速度の周波数依存性を表すグラフ（関数）のこと。

噴出物層序

層序とは、地層の重なっている順序のこと。この場合は火山噴火による噴出物が地表に堆積し重なっている順序のことを指す。それを解析することにより、噴火の様式や規模の変化を明らかにすることができる。

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。

変換波

地震波速度の境界面でP波からS波又はS波からP波に変換された波。変換波を解析することにより境界面の位置を推定することができる。

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・火山活動等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が時間の関数となる。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。

本震, 余震

比較的大きな地震が発生すると、その近くで最初の地震より小さな地震が直後から続発する。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。

マグニチュード (M)

地震の規模を表す指標。推定に使うデータやデータ処理の方法により、同一の地震でもマグニチュードが異なることがある。気象庁によって推定されたマグニチュードを Mjma と表記することがある。

マグマ (マグマの結晶化, 上昇, 発達, 流動, 破碎, 脱ガス)

岩石物質が高温で熔融したもの。日本列島下では、主として沈み込むプレートが持ち込む水によりマントルが部分熔融することで生成する。上昇途中では周囲の岩石と密度が釣り合う場所に滞留してマグマ溜まりを作る。マグマ溜まりに滞留する間に結晶化が進むことで組成が変化したり (結晶分化)、地殻内を上昇する途中で地殻物質を取り込むことで多様な組成のマグマができる (マグマの発達)。マグマ溜まりの圧力が高まるとマグマは上昇を始める。上昇中はメルト中に溶け込んでいた揮発性成分が気泡となり (脱ガス) 密度を下げるため、マグマの上昇が加速される。マグマ中のケイ素の量により粘性が大きく異なり、ケイ素が少ない玄武岩質マグマは粘性が低いために流動性が高く、穏やかな噴火をしやすい。ケイ素が多い流紋岩質マグマは粘性が高く、爆発的噴火になりやすい。火道内のマグマ中にあるガス成分が周辺岩体や噴気として系外へ排出されることを系外脱ガスという。系外脱ガスの量は噴火の爆発性を左右する。マグマ中の気泡の割合が増えると液体部分が細かくちぎれ、大小さまざまな破片になる。これをマグマの破碎という。最も細かく砕けたマグマが火山灰になる。

マグマ貫入

地下のマグマが岩盤に割れ目をつくりながら移動する現象。

マグマ溜まり

マグマの項を参照。

マグマ噴火

噴出物のほとんどがマグマ物質からなる噴火のことで、ストロンボリ式噴火、プリニー式噴火、溶岩流の噴火などがこれにあたる。

ミュオン（ミューオン）

宇宙線が大気中の原子核と反応して生成される二次宇宙線の一つで，地上に絶え間なく降り注いでいる素粒子。透過する物質の密度によって宇宙線ミュオンの減衰が異なることを利用して，X線の透視撮影のように地殻内部の密度分布を調べる試みがなされている。

ミュオグラフィ

宇宙線ミューオンを用いた地下の透過イメージング手法のこと。

メカニズム解

発震機構解の項を参照。

モホ面

モホロビッチ不連続面の略称。地球の地殻とマンツルの境界であり，そこでは地震波速度が不連続となっている。

溶岩

火山噴火時に火口から流出したマグマ物質。冷え固まって岩石となった後も「溶岩」と呼ばれる。

余効滑り

地震が発生したのと同じの断層面上で，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

断層面に沿って主として水平方向にずれた断層。断層を挟んで他方の岩盤を見たときに，その岩盤が右向きにずれていれば右横ずれ断層，左向きにずれていれば左横ずれ断層という。

余震

本震，余震の項を参照。

ラブ波

表面波の項を参照

陸海統合地震津波火山観測網 (MOWLAS)

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)。陸域においては高感度地震観測網 (Hi-net)、全国強震観測網 (K-NET)、基盤強震観測網 (KiK-net)、広帯域地震観測網 (F-net)、基盤的火山観測網 (Vnet)、海域においては日本海溝海底地震津波観測網 (S-net)、地震・津波観測監視システム (DONET1, DONET2) が運用されている。

レオロジーモデル

物質の変形や流動について、単位面積あたりに働く力 (応力) と変形の大きさや変形速度の関係の様子を表したモデル。

レシーバー関数解析

一つの観測点において異なる成分で記録された地震波形を処理した関数。

「レシーバー関数解析」とは、直達 P 波と Ps 変換波 (境界面で P 波から S 波に変わる波) 等の到達時刻差を用いて、波の変換が起こるような面 (例えばプレート境界面) の深さを推定する手法。

b 値

地震の規模別頻度を、横軸にマグニチュード、縦軸に地震の発生数の対数を取ってプロットした際の傾きの大きさ。通常は 0.7~1.0 程度である。

CMT 解

発震機構解の項を参照。

CSEP (地震活動予測可能性共同実験)

Collaboratory for the Study of Earthquake Predictability の略。客観的かつ透明性のある地震予測検証実験を実行できる研究基盤環境を作り、その過程において地震の予測可能性を探るための国際研究計画。

DONET

Dense Ocean floor Network system for Earthquakes and Tsunamis (地震・津波観測監視システム)。南海トラフの地震及び津波を常時観測監視するた

め、熊野灘沖に設置された地震・津波観測監視システム（DONET 1）。平成 22 年度から、新たに潮岬沖から室戸岬沖にも整備された（DONET 2）。

ETAS モデル

Epidemic Type Aftershock Sequence の略。すべての地震が余震を持つと考え、地震活動を数個のパラメータで定量化する統計的地震活動モデル。

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。位置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三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。アメリカ合衆国が構築した GPS、ロシアの GLONASS や、ヨーロッパ連合（EU）の Galileo などのシステムがある。

GNSS 搬送波位相

受信機で復調した GNSS 測位信号の搬送波位相角を連続的に測定したもの。精度の高い測定が可能のため、精密測位に使用される。

InSAR

干渉 SAR のこと。詳しくは SAR の項を参照。

JDXnet

全国地震観測データ流通ネットワーク（Japan Data eXchange network）。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。

JGN

ICT 開発の基盤となる超高速通信ネットワークの実証実験のためのプラットフォーム。

MT 法（MT 探査）

物理探査の手法の一つで、電気伝導度など地下の電氣的性質を調査する手法。地表で電場と磁場を測定し、地表に入射する電磁場とそれによって地中で誘導される電磁場との関係を用いて、地中の比抵抗構造を算出する。地磁気地電流法 (Magnetotelluric method) とも呼ばれる。

P 波

Primary wave (第一波) または Pressure wave (圧力波) の略。進行方向に平行に振動する弾性波。固体・液体・気体を伝わることができる。

PLUM 法

Propagation of Local Undamped Motion 法。震源や規模の推定は行わず、地震計で観測された揺れの強さから直接震度を予想する新しい手法。巨大地震が発生した際でも精度良く震度が求められる。

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。

SAR

SAR は Synthetic Aperture Radar (合成開口レーダー) の略。レーダーを搭載する人工衛星や航空機が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。干渉 SAR (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

日本全国の大学・研究機関等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。

SSE

スロースリップの項を参照。

S 波

Secondary wave (第二波) または Shear wave (ねじれ波, たわみ波もしくはせん断波) の略。進行方向と直交に振動する弾性波。固体のみを伝わること

ができる。

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の距離も、わずか数ミリメートルの精度で測ることができる。

WIN システム

日本で開発された、多チャンネルの地震波形データを取り扱うための処理システム。UNIX 上で動作する多くのプログラムからなる。

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 富山大学都市デザイン学部 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 鹿児島大学地震火山地域防災センター 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環境・地質研究本部地質研究所</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） 令和元年度研究課題一覧

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	小菅正裕
	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載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・調整に関わる研究	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	中村元
	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ギ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	佐野有司
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	佐竹健治
	HMEV02	地震関連史料に基づく近代以前の地震活動の調査	西山昭仁

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	釜井俊孝
	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	中川勝広
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	藤原広行
	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	石原靖
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	石塚吉浩
	AIST04	津波浸水履歴情報の整備	宍倉正展
	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	篠原宏志
	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	宍倉正展
	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	矢来博司
	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	矢来博司
	GSI_03	火山地域のマグマ供給系のモデリング	矢来博司
	GSI_04	GNSS 連続観測(GEONET)	矢来博司
	GSI_05	地形地殻変動観測	矢来博司
	GSI_06	物理測地観測	矢来博司
	GSI_07	宇宙測地技術による地殻変動監視	矢来博司
	GSI_08	GNSS 観測・解析技術の高度化	矢来博司
	GSI_09	全国活断層帯情報整備	矢来博司
	GSI_10	火山基本図・火山土地条件図整備	矢来博司
	GSI_11	地殻活動データベース整備・更新	矢来博司
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	小久保一哉

	JMA_03	火山活動に伴う地殻変動の把握及び評価	潟山弘明
	JMA_04	地球電磁気学的手法による火山活動評価の高度化	山崎明
	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	菅野智之
	JMA_06	地震動・津波即時予測の高度化に関する研究	山本剛晴
	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	高木朗充
	JMA_09	地震観測、地殻変動観測	原田智史
	JMA_10	潮位観測	市川真人
	JMA_11	地磁気精密観測	山際龍太郎
	JMA_12	全国における火山観測の強化	宮下誠
	JMA_13	地磁気観測成果のデータベース化	飯野英樹
	JMA_14	全国地震カタログの作成	岩切一宏
	JMA_15	火山現象に関する基礎データの蓄積と活用	山本哲也
	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	長谷川安秀
	JMA_17	防災・減災に関する知識の普及啓発	長谷川安秀
海上保安庁	JCG_01	海洋測地の推進	山田裕一
	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	藤原琢磨
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	川上源太郎
山梨県富士山科学研究所	MFRI01	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
	MFRI02	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	KOBO01	歴史災害研究のオープンサイエンス化に向けた検討	橋本雄太
	KOBO02	有感地震記述ならびに震度の距離減衰式に基づく地震活動解析	石辺岳男
	KOBO03	古地磁気方位を利用した火山層序の高精度化	望月伸竜
	KOBO04	カルデラ・リサージェンスモデルに基づく北海道屈斜路カルデラの大規模噴火予測	後藤芳彦
	KOBO05	南アフリカ大深度金鉱山直下で発生した M5.5 地震震源域の力学的・物質科学的解明	伊藤高敏
	KOBO06	玄武岩質およびデイサイト質マグマの噴火準備過程の高精度解明	佐藤鋭一
	KOBO07	地震先行 VLF 帯電磁波強度減少研究のための超小型衛星のブレットボードモデル及びエンジニアリングモデルの製作	児玉哲哉
	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
	KOBO09	地震先行 VLF 帯電磁波強度減少の発生メカニズムの解明	鴨川仁
	KOBO10	北海道摩周火山の噴火履歴とマグマ供給系の変遷	和田恵治
	KOBO11	マグマ起源物質の地球化学的モニタリングによる火山性流体挙動解明および火山活動評価	大場武
	KOBO12	火山ガス観測による焼岳火山の活動評価とガス輸送システムの解明	齋藤武士
	KOBO13	北海道摩周周辺における火山熱水活動の地球化学的調査	鹿児島涉悟
	KOBO14	八幡平火山～秋田・駒ヶ岳の熱水流動系が周辺水域に与える影響評価: 広域的火山活動と田沢湖関連水域との関係	知北和久
	KOBO15	蔵王山、過去約 800 年間の活動の噴火推移の類型化	伴雅雄
	KOBO16	2018 年 1 月の草津白根火山の噴火における緊急時の災害情報伝達に関する研究	地引泰人
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	市村強・松島信一
	CTOC02	ばらつきのある被害リスク評価をふまえた防災計画の検討	牧紀男

CTOC03	定常的地震活動の震源および地震波速度構造の精度向上による地震波動場推定の高度化	望月公廣
CTOC04	不均質な断層すべり分布を考慮した津波の確率論的予測と不確実性の評価	佐竹健治
CTOC05	強震観測点におけるサイト特性評価手法の開発に関する多国間共同研究 Multi-national joint-research on the development of the evaluation scheme for site characteristics at strong motion observation sites	川瀬博
CTOC06	テフラの成層構造の発達と風化に伴う物性変化を考慮した斜面崩壊発生場の予測	松四雄騎
CTOC07	強震動のブラインド予測のための共用地盤モデルの構築に関する研究	山中浩明
CTOC08	火山砕屑物からなる斜面の崩壊に対する地震とその前後の降雨の影響評価	渦岡良介
CTOC09	活断層における地殻変動に伴う盆地形成過程から推定される盆地端部での基盤構造を考慮した地震動増幅特性に関する研究	松島信一
CTOC10	建物の応答を考慮した高精度地震情報配信手法の開発	倉田真宏
CTOC11	地震発生の切迫性を伝える災害情報モデル構築～北海道胆振東部地震の主要被災3町(厚真・むかわ・安平)における人的被害に関する全世帯調査を通して～	岡田成幸
CTOC12	訪日外国人旅行者に対する地震・火山に関する情報提供と風評被害対策に関する事例分析 ー2018年胆振東部地震、2018年大阪府北部地震、2018年草津白根噴火、2015年箱根山噴火を対象としてー	秦康範
CTOC13	災害に備えた文化財等データベースの作成と防災マップの構築	蝦名裕一