

1 (4) 火山

「火山」計画推進部会長 中道治久
(京都大学防災研究所)
副部会長 前野 深
(東京大学地震研究所)

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

1. 地震・火山現象の解明のための研究

(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

ウ. 地質データ等の収集・集成と分析

長期間における火山現象とそれに伴う災害を正確に把握するためには、地質データ等を収集して調査・分析を行い、そのデータベースを整備・拡充することが重要である。マグマの状態と噴火様式の関連性を調べるために、およそ 2900 年前に発生した富士火山御殿場山体崩壊後の噴出物を対象として、斑晶、メルト包有物 (MI)、石基ガラス組成の分析が行われ、全岩化学組成と合わせてマグマ供給系の時間発展について考察された (東京大学地震研究所 [課題番号: ERI_02])。山体崩壊直後のサンプルの斑晶組成と MI 組成の分析からは、斑晶の結晶化および MI の捕獲がマグマ上昇中に起きたことを示すことから、崩壊による荷重減少のために、この期間はマグマの噴出経路が確立し容易に噴火しやすい状態であったと推定された。さらに分析結果は、時間経過とともに深部マグマ溜まりでの結晶分化がしだいに卓越したことを示すことから、山体崩壊の影響がしだいに弱まり火道内で結晶化が起りやすくなりマグマが上昇しにくくなったため、噴火のトリガーとしてマグマ溜まりでの浮力獲得の影響がしだいに大きくなったというモデルを提案された。約 7600 年前の摩周カルデラ形成期の降下火砕物 (Ma-g~i) を対象に、採取試料の湿式分析と放射光分析が実施され、Fe 元素に由来する放射光スペクトルから Fe^{3+}/Fe^{2+} を推定するための検量線を作成された (公募研究 [課題番号: KOB021])。検量線をもとに降下火砕物の層序毎の Fe^{3+}/Fe^{2+} の検討の結果、Ma-i から Ma-h の層順で Fe^{3+}/Fe^{2+} が系統的に変化することが見出された。草津白根山の露頭から採取された完新世テフラを対象に岩石磁気分析が行われた (富山大学 [課題番号: TYM_01])。その結果、初磁化率の温度変化を中心とした岩石磁気分析で熱水変質鉱物を同定することにより噴火様式を推定できる可能性が見出された。また、白根火砕丘群北側標高 2048 m と標高 2106 m の 2 地点のテフラ調査、土壌の放射性炭素年代測定およびテフラの X 線回折分析が実施され、2048 m 地点のサンプルからは約 5400~1700 年

前、2106 m のサンプルからは約 7600 年前および約 700 年前の年代値が得られた。前者の堆積物に対しては酸性熱水変質帯に由来する熱水変質鉱物に富むテフラも見出された。将来噴火する可能性の高い活火山の中長期的活動評価と予測のため、火山の地質図作成が進められ、日光白根及び三岳火山地質図が出版されたほか、秋田焼山火山の地質図及び原稿がまとめられた（産業技術総合研究所[課題番号：AIST03]）。伊豆大島では海陸をつなぐ沿岸部水深 400 m 程度までの範囲で浅海レーザ測量及び水中ドローンによる海底地形地質調査が実施され、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（産業技術総合研究所[課題番号：AIST03]）。日本列島の火山の基礎情報を最新の知見に基づいて収集・整理するため、日本の火山データベースが更新・拡充された。

（２）低頻度大規模地震・火山噴火現象の解明

低頻度で大規模な火山噴火現象の発生履歴、規模等を解明するためには、史料・考古データ、地質データ等の分析を着実に進める必要がある。そこで、霧島山 13 世紀御鉢噴火の堆積物（高原テフラ）の詳細な層序区分にて噴火推移モデルを再構築されるとともに、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が行われ、マグマ上昇過程・噴火強度の時間変化について考察された（東京大学地震研究所[課題番号：ERI_03]）。伊豆大島については、Y シリーズ噴出物の粒子物性・岩石鉱物化学組成・微細組織の解析と地質調査が行われ、大規模噴火に共通の性質・噴火推移やマグマ溜り条件に制約を与えるための研究が進められた。浅間山については 16 ka に発生した浅間史上最大規模の活動のうち、2 つのプリニー式噴火（YP、YPk）について地質学的、物質科学的研究が進められた。YP、YPk はいずれもほぼ同様の噴出量（1 km³ 強）と全岩化学組成を有するが、YP は上位に向かって細粒化し噴火強度の減少を示す一方、YPk は徐々に粗粒化し噴火強度が増大したことなど噴火推移の詳細が明らかになった。カルデラ噴火については、噴火準備段階からの活動の推移・履歴を把握するとともに、その推定精度を上げる手法の開発・改良を進める必要がある。始良カルデラ噴火およびその先行噴火の噴出物試料についての基礎分析と U-Th 放射非平衡分析が行われ、先行噴火・カルデラ噴火を含め、珪長質マグマの大部分が U-Th 放射平衡に到達しており、マグマ生成後約 40 万年以上の時間が経過していることが示された（北海道大学[課題番号：HKD_02]）。一方、溶岩流として噴出した珪長質な先行噴火については U-Th 放射非平衡であることが確認された。

（４）火山現象の解明とモデル化

ア．火山現象の定量化と解明

多様な火山現象を理解するためには、多項目の観測を行い、進行する火山現象を時空間的に定量化するとともに、火山噴出物の分析、マグマの物理・化学的な実験および数理モデルによる理論解析を行う必要がある。そのために、浅間山、霧島山、伊豆大島、三宅島、阿蘇、諏訪之瀬島などにおいて火口周辺での多項目観測が実施された（東京大学地震研究所[課題番号：ERI_07]）。浅間山の 2007 年から 2017 年に得られたデータの再検討からは、N 型地震の出現時期に帯磁傾向が横ばいになることが見出された（図 1）。これは、N 型地震が多発する時期に山体冷却が停滞したことを示しており、N 型

地震発生時に浅部に熱水あるいはガスが供給されたことにより冷却の進行が停滞したことを示唆する (Takeo et al., 2022)。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付近の3次元磁化構造が明らかにされた (図2)。カルデラリム直下の磁化が非常に弱化している一方、沈降カルデラ内は平均的な磁化を示しており、カルデラ形成時に落下した岩体は破碎されることなく元の構造を保ったまま沈降したと解釈された (Koyama et al., 2022a)。また、伊豆大島にて無人ヘリコプターを用いた繰り返し空中磁気観測から3次元磁化構造が推定され、三原山火口付近において1 km以下の小空間スケールの不均質が明らかにされた (Koyama et al., 2022b)。桜島にて2012年から2020年に発生した爆発的噴火に伴う地震について人工地震探査と山体地形を考慮した速度構造を用いて震源決定がなされ、震源の深さが火口底から数百メートル下という極浅部に求められた (東北大学理学研究科[課題番号: THK_03])。2019年8月から2020年6月の阿蘇中岳噴火に伴う岩石磁気測定が行われた (公募研究[課題番号: KOB023])。火山灰の磁気特性の時間変化が調べられ、飽和残留磁化と飽和磁化の比が高い期間は火映が確認された期間に対応することが見出され、火道内のマグマヘッドの位置とマグマ温度の関係が推定された (Anai et al., 2023)。

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斜長石斑晶・微斑晶・マイクロライト、および石基ガラスの分析が行われ、斜長石斑晶とマイクロライトは組成範囲がほぼ一致し、その頻度分布も極似し、バイモーダルな分布を示すことが明らかにされた (図3) (東北大学理学研究科[課題番号: THK_04])。この組成頻度分布から、斜長石マイクロライトが、マグマ溜まりで混合前のマグマから晶出したものと同じ圧力でマグマ混合で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。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、火山ガスの大気中での酸化作用についての知見が取りまとめられた (Kazahaya et al., 2022) (産業技術総合研究所[課題番号: 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

ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造解明

火山地域において、地震波速度・減衰構造や比抵抗構造等を明らかにすることで、火山活動を支配する場のモデル化を進める必要がある。そこで、鬼界カルデラを対象にした研究航海において、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 (図4) と航走観測が行われた (神戸大学[課題番号: KOBE01]、海洋研究開発機構[課題番号: JAMS03])。また、これまでの研究航海により取得した地球物理学的観測データの解析と、堆積物・岩石試料の岩石学的、地球化学的、地質学的解析が進められた。鬼界アカホヤ噴火およびその後の火山噴出物の化学分析においては、マグマ組成の特徴、マグマの温度や酸化還元状態等の岩石学的条件およびそれらの時間的変遷など、鬼界アカホヤ噴火以降のマグマ供給系についてまとめ、公表された (Hamada et al., 2023) (神戸大学[課題番号: KOBE01]、海洋研究開発機構[課題番号: JAMS03])。草津白根山において地震の震源再決定が行われ、2018年頃の unrest 期に震源が北東方向に移動していたことが明らかになった (東京工業大学[課題

番号：TIT_03])。この震源の移動は湯釜火口湖の湖水濃度時系列解析結果 (Terada et al., 2022) から示唆される alunite 等の二次生成鉱物の溶脱・沈殿と時期を同じくしていることから、浅部での流路閉塞や開放が unrest の多様性を生み出している要因と考えられる。また、草津白根山の湯釜火口北側の噴気について He/Ar 比に基づきマグマ発泡度の変化を検出し、そのタイミングが浅部熱水だまりの膨張・収縮と良く一致していることを見出した。これは、unrest を駆動するマグマと熱水系の物質化学的繋がりを示している (Obase et al., 2022)。阿蘇山と雲仙岳を対象に、両火山の周囲の温泉・鉱泉・地下水のヘリウム同位体比の調査が行われ、火口に近い場所ではマグマの影響で同位体比が高く、火口からの距離が大きくなるにつれて地殻の影響で低下する傾向が見出され、水理モデル解析から阿蘇山のマグマは雲仙岳よりも古いことが明らかになった (Sano et al., 2023) (東京大学大気海洋研究所[課題番号：AORI02])。

2. 地震・火山噴火の予測のための研究

(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

火山噴火の長期活動については、火山ごとに噴火の特徴と履歴を明らかにするとともに、年代測定精度の向上や階段ダイアグラムの高精度化を進め、物質科学的解析に基づいて評価を行う必要がある。そこで、富士山星山期 (約 10 万～1 万 7000 年前) の岩屑なだれ堆積物が調査され、堆積物に含まれる植物片の放射性炭素年代が約 1 万 9000 年前であること、堆積物に含まれる火山礫の斑晶鉱物組合せや斑晶量、石基組織をもとに複数の溶岩流を含む山体が崩壊したこと、星山期におけるマグマが多様であったことが示された (山梨県富士山科学研究所[課題番号：MFRI_01])。また、富士山北麓～東麓の地質調査、テフラ層に挟在する土壌の放射性炭素年代測定およびテフラの全岩化学組成分析が行われ、約 4000 年前以降についての比較的規模の大きなテフラの層序が確立されるとともに、特徴的な層相や全岩化学組成を用いることでテフラ層序対比が可能であることが見出された (山梨県富士山科学研究所[課題番号：MFRI_01])。さらに、噴出物データベース作成のため、富士山に関する学術文献収集の分類、リスト化が行われ、このうち 90 本の文献について様々な地質情報がデジタル化され、地理情報システム (GIS) に組み込むことで一元的に管理・閲覧できるようになった。伊豆大島、浅間山、霧島山において、過去数 100 年の噴火を対象とした噴出物の地質調査が行われ、テフラ層の区分や特徴の明確化と、岩石鉱物化学組成・組織など物質科学的情報の収集が進められた (東京大学地震研究所[課題番号：ERI_03])。伊豆大島については、従来の気象庁により作成された「伊豆大島噴火シナリオ」について、山頂噴火で想定される推移に対し、これまでの地質学的・物質科学的研究で得られた知見を反映させることが試みられた。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とが Y1 や Y4 噴火の研究 (池永・他, 2023) で明らかになった。この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が提案された (前野・池永, 2023)。中長期的活動評価と予測のため、雌阿寒岳、岩木山、御嶽山において地表踏査による噴火履歴調査が実施された (産業技術総合研究所[課題番号：AIST03])。また活動的火山の噴火履歴を高時間分解能で解明するために、御嶽火山の

岩石試料を対象とした K-Ar および Ar/Ar 年代測定が実施され、10 万年前より新しい火山噴出物の噴火年代が明らかになった。

イ. モニタリングにより火山活動の評価

火山活動について数ヶ月から数年の中期的な時間スケールについては、多項目の地球物理学的・地球化学的なモニタリングにより火山の状態を把握することで、火山現象と噴火の関係を定量的に明らかにする必要がある。そこで、火山活発化指数 (VUI) を導入するためのワークシート作成が進められ、草津白根山については作成方針の策定、阿蘇山については作成作業の継続、吾妻山では作成が完了した (北海道大学[課題番号: HKD_04]、京都大学理学研究科[課題番号: KUS_02])。硫黄山の電磁場連続観測から 2018 年小規模水蒸気爆発と 2021 年噴騰現象に伴って観測された地電位の変化の発生モデルが提示された (Aizawa et al., 2022) (北海道大学[課題番号: HKD_04])。阿蘇山において相対重力測定が行われ、得られたデータ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が求められ、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が捉えられた (若林・他, 2023) (京都大学理学研究科[課題番号: KUS_02])。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」が公開された (産業技術総合研究所[課題番号: AIST10])。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が明らかになった (Nishihara et al., 2022)。多成分火山ガス連続観測装置のセンサー感度変化の挙動が室内実験により明らかにされ、リアルタイムで補正する手法が提案され観測精度向上が図られた (北川・他, 2022) (気象庁[課題番号: JMA_05])。倶多楽火山の温泉において噴気成分と酸素・水素同位体比の観測が行われ、噴出物の熱水変質鉱物の検討と、電磁気探査結果から登別地域の熱水系の考察が行われた (高橋・他, 2022) (北海道立総合研究機構[課題番号: HRO_01])。

(5) 火山活動推移モデルの構築による火山噴火予測

噴火事象系統樹をさらに発展させ、火山噴火に先行する現象、噴火発生、噴火規模や様式の時間変化、終息までを一連の現象として捉えた火山活動推移モデルを構築する必要がある。そこで、桜島火山における総合的な観測研究から、始良カルデラおよび桜島の周辺の地殻変動の傾向および起震応力場に時間変化が見られないことから、ここ 1 年の桜島へのマグマ供給率はほぼ一定であったと推察された (京都大学防災研究所[課題番号: DPRI07])。一方、桜島直下の圧力源は減圧傾向で、質量増加が継続していることから (図 5)、脱ガス卓越が継続していると推察された。なお、2023 年 2 月 8 日に約 5 年ぶりに昭和火口で噴火があり、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、微動と白色噴煙が火山活動推移モデルにおける事象分岐要素となりうるということが分かった。また、火山観測データ解析、噴出物分析や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ついて研究成果について発表と意見交換が行われ、共通点および相違点についての議論が進んだ (東北大学理学研究科[課題番号: 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が抽出され、噴火事象分岐の要因を検討した結果が公表された (Ban et al., 2022; Sato et al., 2022) (公募研究[課題番号: KOB028])。

3. 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(2) 地震・火山噴火の災害誘因の即時予測手法の高度化

ウ. 火山噴出物による災害誘因の即時予測手法

噴火発生直後に火山噴出物などの災害誘因を高精度かつ即時的に予測する手法を開発することは重要である。そこで、堆積物解析手法の高度化と、噴出物時系列解析・分析手法の高度化を目指し、霧島、阿蘇、諏訪之瀬島、榛名、硫黄島、福徳岡ノ場等の活動的火山で研究が進められた (東京大学地震研究所[課題番号: ERI_17])。2021年8月に福徳岡ノ場で発生した大規模海底噴火については、衛星やインフラサウンドデータを活用した噴火様式や詳細な時系列にもとづく噴火推移の把握、定常一次元モデルを用いた噴出率等の噴火パラメータの推定、噴出物の化学分析にもとづくマグマの特徴の把握とSO₂収支の推定などが行われ、この噴火の全体像 (噴出量0.1-0.4 km³、噴出率10⁶ kg/s 以下) と浅海におけるマグマと海水との相互作用のプロセスが明らかにされた (Maeno et al., 2022)。また、漂流軽石の気泡組織の解析を進め、マグマ上昇過程やマグマと海水との相互作用のプロセスを解明する研究も取り組まれた。その結果、最も存在量が多い灰色軽石について、気泡数密度は一般的なプリニー式噴火と比較して桁で小さく、マグマ上昇速度はそれほど高くなかった可能性が示された。また、アクセス困難な地域の試料採取や地形調査の迅速な実施におけるドローンの活用方法や実例 (霧島新燃岳、西之島) について整理され公表された (前野, 2022)。

5. 研究を推進するための体制の整備

(1) 推進体制の整備

火山災害を軽減するためには、火山活動の推移を把握し、必要に応じて発生しうる火山災害への対策を講じる必要がある。そこで、2022年7月と12月に火山噴火予知連絡会本会議が開催され、全国の火山活動の状況についての検討が行われた (気象庁[課題番号: JMA_08])。また、火山噴火予知連絡会のあり方について検討が行われ、2022年8月に「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が提言され、12月に「あり方報告の具体化作業部会報告」にて次年度から始める体制が提言としてまとめられた。

(3) 研究基盤の開発・整備

火山現象の解明と予測のための研究を進め、災害関連情報の迅速な発信や、火山活動評価の高度化を実現するためには、観測基盤を維持・整備するとともに、必要に応じて観測体制の強化をする必要がある。そこで、全国50火山を対象に地震計、空振計、GNSS、監視カメラ等による連続監視観測が継続された (気象庁[課題番号: JMA_12, JMA_15])。また、GNSS 繰り返し測定や熱の機動観測が実施された。また、阿蘇山や桜島などにて二酸化硫黄放出率観測を実施した。開発中の小型絶対重力計の南極露岩上での観測データの解析から、風速と重力値のばらつきが定量的に評価された (図6) (東

京大学地震研究所[課題番号：ERI_20])。桜島火山に設置された超軽量高解像度ミュオグラフィ観測システムから時系列透視画像が作成され、衛星 SAR 解析結果との比較にて、桜島山頂付近での隆起・沈降と噴火の活発期・静穏期との間に負相関が見出され、隆起・沈降と火口底直下の密度上昇・低下との間に正相関が見出された(図7、Oláh et al., 2023)(東京大学地震研究所[課題番号：ERI_21])。航空機による南方諸島および南西諸島における海域火山の定期巡回監視観測が実施された(海上保安庁[課題番号：JCG_04])。なお、西之島、噴火浅根、海德海山および福德岡ノ場については監視体制が強化され、月1回程度の監視観測が実施された。また、測量船により硫黄島の海域火山基礎情報調査が実施された。

これまでの課題と今後の展望

「火山」計画推進部会には、41の研究計画課題に加えて、当該年度の公募研究は6課題あり、地震火山観測研究計画において最大の課題数を有する計画推進部会(以下、部会)であるため、課題間の連携やそれぞれの課題における研究の深化のための取り組みも部会の重要な役割である。そこで、部会に関係する総合研究グループや課題合同の様々な研究集会を開催した。桜島大規模噴火総合研究グループ研究集会を2022年12月26日・27日に鹿児島市でハイブリッド開催したほか、北海道大学の課題(HKD_04)と京都大学理学研究科の課題(KUS_02)合同の研究集会を2023年1月20日に、東北大学理学研究科の課題(THK_11)の研究集会を2022年1月23日に、東京大学地震研究所の課題(ERI_17)の研究集会を2023年2月17日にオンライン開催した。2023年2月27日・28日には部会の研究集会をオンラインで開催した。このように、各課題内および合同の研究集会を活発に行うとともに、部会と総合研究グループの両方で研究の議論をする形が定着した。

過去4年間における部会の研究課題に共通した進展は、詳細については一昨年度および昨年度の報告書で述べた通りであるため省略するが、以下のとおりにとまとめられる。まず、火山活動の状態や分岐・遷移を表すパラメータ間の相互関係が見えてきたことがあげられる。これは火山活動推移モデルの構築と推移予測に繋がる成果である。次に、観測手法や分析および解析手法の開発が進展し、広い時間および空間スケールにおいて分析や解析の分解能が向上したことを挙げるができる。これによって、詳細な噴火履歴や地下構造の解明、マルチパラメータ観測の進展が見られた。また、火山に関する各種のデータベースシステム整備が進んできた。火山活動の評価及び火山活動推移モデルの構築において火山活発化指数(VUI)の算出対象火山数の増加や、火山活動推移モデルの構築や火山活動・噴火現象の分岐判断指標に関する研究成果の共有等、着実な取り組みがなされている。

過去4年間においては、日本国内において災害を引き起こす顕著な噴火は無かった。そのため、非常時の火山調査および観測の実践不足は否めないという課題は残る。その一方で、噴火時の火山灰調査を組織的实施と一元化データ共有システムへの調査結果および観測データの取り込みが進み、非常時の火山調査の効率化・高度化に向けた準備が進んでいる。近い将来に起こりうる災害を伴う噴火においてこれらの取り組みが結実することが期待される。

成果リスト

- Aizawa, K., D. Muramatsu, T. Matsushima, T. Koyama, M. Uyeshima and S. Nakao, 2022, Phreatic volcanic eruption preceded by observable shallow groundwater flow at Iwo-Yama, Kirishima Volcanic Complex, Japan, *Commun. Earth Environ.*, 3, 187, doi:10.1038/s43247-022-00515-5.
- Anai, C., T. Ohkura, S. Yoshikawa and N. Mochizuki, 2023, Temporal change in rock-magnetic properties of volcanic ashes ejected during a 1-year eruption event: a case study on the Aso Nakadake 2019-2020 eruption, *Earth Planets Space*, 75, 24, doi:10.1186/s40623-023-01783-x.
- 青山裕, 2022, 北海道の活火山における減災に向けた観測研究の取り組み-物理観測と物質科学の今後の連携を見据えて-, *火山*, 67, 171-193, doi:10.18940/kazan.67.2_171.
- Araujo, J., F. Sigmundsson, T. Ferreira, J. Okada, M. Lorenzo, R. Silva, R. Carmo and J.L. Gaspar, 2022, Multiple inflation and deflation events from 2004 to 2016 at Fogo (Água de Pau) volcano, São Miguel, Azores, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 432, 107694, doi:10.1016/j.jvolgeores.2022.107694.
- 新谷昌人, 2022, 光通信技術を用いた重力観測網の構築と火山活動監視に関する研究, *東北大学電気通信研究所研究活動報告*, 28, 304-306.
- Ban, M., K. Kawashima, K. Tsunematsu, K.S. Kataoka and T. Imura, 2022, Lahar deposits along the Nigorikawa River in the eastern foot of Zao Volcano, Japan, during the last 8000 years, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 432, 107685, doi:10.1016/j.jvolgeores.2022.107685.
- Chikita, K.A., K. Amita, H. Oyagi and J. Okada, 2022, Effects of volcanic-fluid cycle system on water chemistry of deep caldera lake: Lake Tazawa, Akita Prefecture, Japan, *Water*, 14, 3186, doi:10.3390/w14193186.
- Chikita, K.A., A. Goto, J. Okada, T. Yamaguchi, S. Miura and M. Yamamoto, 2022, Hydrological and chemical budgets of Okama Crater Lake in active Zao Volcano, Japan, *Hydrology*, 9, 28, doi:10.3390/hydrology9020028.
- 下司信夫, 2022, 火山災害軽減のための地質情報, *月刊地球*, 45, 15-25.
- Hamada, M., T. Hanyu, I.M. McIntosh, M.L.G. Tejada, Q. Chang, K. Kaneko, J. Kimura, K. Kiyosugi, T. Miyazaki, R. Nakaoka, K. Nishimura, T. Sato, N. Seama, K. Suzuki-Kamata, S. Tanaka, Y. Tatsumi, K. Ueki, B.S. Vaglarov and K. Yoshida, 2023, Evolution of magma supply system beneath a submarine lava dome after the 7.3-ka caldera-forming Kikai-Akahoya eruption, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 434, 107738, doi:10.1016/j.jvolgeores.2022.107738.
- Hashimoto, T., 2022, Post-eruptive persistent cooling beneath the summit crater of Usu Volcano as revealed by magnetic repeat surveys, *J. Disast. Res.*, 17, 630-638, doi:10.20965/jdr.2022.p0630.
- 堀田耕平・楠本成寿・高橋秀徳・早川裕弐, 2022, 立山火山地獄谷における水準測量(2015~2021年), *月刊地球*, 514, 318-324.
- 池永有弥・前野 深・安田 敦, 2023, 安永噴火を中心とした伊豆大島の噴火推移とマグマシステム, *防災科学技術研究所研究資料*, 487, 30.

- Inoue, T. T. Hashimoto, R. Tanaka and Y. Yamaya, 2022, A broadband magnetotelluric survey of Mt. Meakandake volcano with special attention to the unrest during 2016-2017, *Earth Planets Space*, 74, 114, doi:10.1186/s50623-022-01673-8.
- Ishii, K., A. Yokoo, T. Ohkura and T. Kazama, 2023, Temporal variation in the depth of the magma surface at Aso volcano in 2014-2015, *Bull. Volcanol.*, 85, 7, doi:10.1007/s00445-022-01616-x.
- Ishizu, K., Y. Ogawa, K. Nunohara, N. Tsuchiya, M. Ichiki, H. Hase, W. Kanda, S. Sakanaka, Y. Honkura, Y. Hino, K. Seki, K.H. Tseng, Y. Yamaya and T. Mogi, 2022, Estimation of spatial distribution and fluid fraction of a potential supercritical geothermal reservoir by magnetotelluric data: a case study from Yuzawa geothermal field, NE Japan, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 127, e2021JB022911, doi:10.1029/2021JB022911.
- Ishizuka O., K. Tani, R. Taylor, S. Umino, I. Sakamoto, Y. Yokoyama, G. Shimoda, Y. Harigane, Y. Ohara, C. Conway, A. Perez, and S. Sekimoto, 2022, Origin and age of magmatism in the northern Philippine Sea basins, *Geochem. Geophys. Geosys.*, 23, 1-30, doi:10.1029/2021GC010242.
- 川口亮平, 2023, マグマ移動シナリオに基づく地殻変動シミュレーション, 防災科学技術研究所研究資料, 487, 66-69.
- Kazahaya, R., M. Varnam, B. Esse, M. Burton, H. Shinohara and M. Ibarra, 2022, Behaviors of redox-sensitive components in the volcanic plume at Masaya volcano, Nicaragua: H₂ oxidation and CO preservation in air, *Front. Earth Sci.*, 10, 867562, doi:10.3389/feart.2022.867562.
- 風間卓仁・大柳諒・山本圭吾・岡田和見・大島弘光, 2022, LaCoste & Romberg 型相対重力計のリードアウト感度設定の標準化 (2021 年 12 月), 北海道大学地球物理学研究報告, 85, 11-24, doi:10.14943/gbhu.85.11.
- 風間卓仁・大柳諒・山本圭吾・岡田和見・大島弘光・竹中悠亮・井口正人, 2022, 桜島火山における繰り返し相対重力測定 (2021 年 10 月及び 2022 年 3 月), 京都大学防災研究所年報, 65B, 67-76.
- 北川隆洋・風早竜之介・谷口無我・篠原宏志・福岡管区气象台・大分地方气象台, 2022, Multi-GAS 連続観測における硫化水素センサーの感度変化の影響とその補正, *火山*, 67, 113-123, doi:10.18940/kazan.67.1_113.
- Koyama, T., T. Kaneko, T. Ohminato, A. Watanabe, Y. Honda, T. Akiyama, S. Tanaka, M. Gresse, M. Uyeshima and Y. Morita, 2022a, Magnetization structure and its temporal change of Miyakejima volcano, Japan, revealed by uncrewed aerial vehicle aeromagnetic survey, *J. Disaster Res.*, 17, 644-653, doi:10.20965/jdr.2022.p0644.
- Koyama, T., T. Kaneko, T. Ohminato, A. Yasuda, Ogawa, T., A. Watanabe, S. Sakashita, M. Takeo, T. Yanagisawa, Y., Honda, K. Kajiwara, 2022b, An ultra-high-resolution autonomous uncrewed helicopter aeromagnetic survey in Izu-oshima Island, Japan, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 425, 107527,

doi:10.1016/j.jvolgeores.2022.107527.

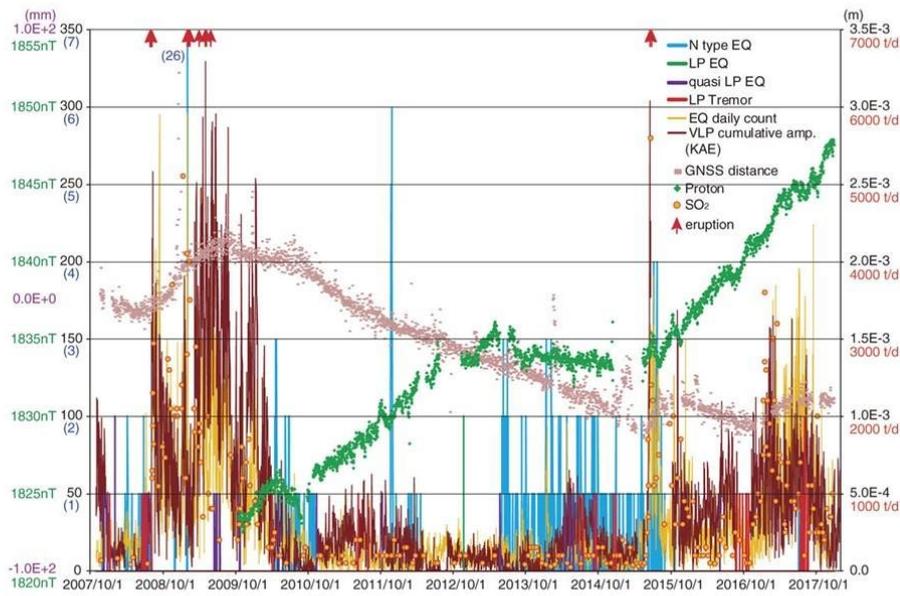
- 小山崇夫, 2023, 電磁気連続観測からみる伊豆大島火山の推移, 防災科学技術研究所研究資料, 487, 41-44.
- Maeda, Y. and T. Watanabe, 2022, Estimating errors in autocorrelation functions for reliable investigations of reflection profiles, *Earth Planets Space*, 74, 48, doi:10.1186/s40623-022-01606-5.
- 前野 深, 2022, 地球を震わせたフンガ火山の爆発的噴火, *科学*, 92, 559.
- 前野 深・池永有弥, 2023, 伊豆大島における噴火推移モデル, 防災科学技術研究所研究資料, 487, 58.
- Maeno, F., T. Kaneko, M. Ichihara, Y. J. Suzuki, A. Yasuda, K. Nishida, T. Ohminato, 2022, Seawater-magma interactions sustained the high column during the 2021 phreatomagmatic eruption of Fukutoku-Oka-no-Ba, *Commun. Earth Environ.*, 3, 1, doi:10.1038/s43247-022-00594-4.
- 前野 深, 2022, 火口近傍地質データをいかに取得するか?—ドローンによる接近観測とその火山学的意義—, *月刊地球*, 45, 519, 26-33.
- Matsunaga, Y. and W. Kanda, 2022, Numerical modeling of a volcanic hydrothermal system based on resistivity structure, *J. Disas. Res.*, 17, 654-662, doi:10.20965/jdr.2022.p0654.
- Matsunaga, Y., W. Kanda, T. Koyama, S. Takakura and T. Nishizawa, 2022, Large-scale magmatic-hydrothermal system of Kusatsu-Shirane Volcano, Japan, revealed by broadband magnetotellurics, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 429, 107600, doi:10.1016/j.jvolgeores.2022.107600.
- Matsu'ura K., A. Terada, T. Mori and T. Ono, 2022, A simple method for the analysis of fumarolic gases using response-adjusted sensors with a UAV, *J. Disas. Res.*, 17, 620-629, doi:10.20965/jdr.2022.p0620.
- 宮縁育夫・飯塚義之・大倉敬宏, 2023, 阿蘇火山中岳第1火口における2021年10月14日噴火, *火山*, 67, 441-452, doi:10.18940/kazan.67.4_441.
- 宮町宏樹・小林励司・八木原寛, 2022, 2020年8月の若尊カルデラ海域の短時間群発地震活動, *火山*, 67, 471-478.
- Nakano, M. and D. Sugiyama, 2022, Discriminating seismic events using 1D and 2D CNNs: Applications to volcanic and tectonic datasets, *Earth Planets Space*, 74, 134, doi:10.1186/s40623-022-01696-1.
- Nakao, A., T. Kuwatani, K. Ueki, K. Yoshida, T. Yutani, H. Hino and S. Akaho, 2022, Subduction-zone parameters that control slab behavior at the 660-km discontinuity revealed by logistic regression analysis and model selection, *Front. Earth Sci.*, 10, 1008058, doi:10.3389/feart.2022.1008058.
- Nishihara, A., N. Geshi and H. Naruo, 2022, Long-term change of the eruption activities of Sakurajima volcano, Japan, inferred from the fallout tephra deposits, *Front. Earth Sci.*, 10, 988373, doi:10.3389/feart.2022.988373.
- Obase, T. H. Sumino, K. Toyama, K. Kawana, K. Yamane, M. Yaguchi, A. Terada and T. Ohba, 2022, Monitoring of magmatic-hydrothermal system by noble gas

- and carbon isotopic compositions of fumarolic gases, *Sci. Rep.*, 12, 17967, doi:10.1038/s41598-022-22280-3.
- Ogawa, Y., T. Ohba, T.P. Fischer, M. Yamamoto and A. Jolly, 2022, Special issue “Understanding phreatic eruptions - recent observations of Kusatsu-Shirane volcano and equivalents -”, *Earth Planets Space*, 74, 100, doi:10.1186/s40623-022-01643-0.
- Oiwa, K., T. Kuritani, M. Nakagawa, and S. Yoshimura, 2023, Pre-eruption magmatic processes and magma plumbing system at Hachijo-Nishiyama volcano, Izu-Bonin arc, Japan, *Earth, Planets and Space*, 75, 6, doi:10.1186/s40623-022-01761-9.
- Oláh, L., G. Gallo, G. Hamar, O. Kamoshida, G. Leone, E.W. Llewellyn, D. Lo Presti, G. Nyitrai, T. Ohminato, S. Ohno, H.K.M. Tanaka and D. Varga, 2023, Muon imaging of volcanic conduit explains link between eruption frequency and ground deformation, *Geophys. Res. Lett.*, 50, 2, e2022GL101170, doi:10.1029/2022GL101170.
- 鬼澤真也・西山竜一・今西祐一・大久保修平・安藤忍・長岡優・島村哲也・平山康夫・石原昂典・松田健助・金子祐也・上田義浩・谷田部史堯, 渡邊篤志・安藤美和子・坂下至功, 2022, 伊豆大島における火山活動の解明と活動評価への適用に向けた合同重力観測, 東京大学地震研究所彙報, 97, 13-32.
- 鬼澤真也, 2023, 既存知見に基づく伊豆大島噴火シナリオ改善に向けた検討, 防災科学技術研究所研究資料, 487, 45-50.
- 小沢慎三郎・宗包浩志, 2023, 地殻変動データに基づく力源モデルによる火山活動の監視手法に関する研究, 国土地理院調査研究年報.
- Permana, T. and H. Aoyama, 2022, Locating volcanic earthquakes and tremors using delay time and amplitude ratio information from cross-correlation functions *Seismol. Res. Lett.*, 94, 2A, 871-886, doi:10.1785/0220220199.
- Sano, Y., T. Kagoshima, M. Zhang, N. Takahata, T. Onoue, T. Shibata, Y. Nishio, A.-T. Chen, H. Lee, T.P. Fischer and D. Zhao, 2023, Older magma at Aso caldera than at Unzen stratovolcano in south west Japan as recorded through helium isotopes, *Commun. Earth Environ.*, 4, 2, doi:10.1038/s43247-022-00649-6.
- Sato, M., M. Ban, T. Yuguchi and T. Adachi, 2022, Pre-eruptive magmatic processes of historical activities at Zao volcano, northeastern Japan: Insights from compositional zoning in orthopyroxene phenocrysts, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 432, 107686, doi:10.1016/j.jvolgeores.2022.107686.
- 柴田智郎・高橋良・秋田藤夫, 2022, 北海道有珠山の火山活動と洞爺湖温泉の水位・温度・化学組成の変動, *地学雑誌*, 131, 585-595, doi:10.5026/jgeography.131.585.
- Snyder, G.T., A. Yatsuk, N. Takahata, R. Shakirov, H. Tomaru, K. Tanaka, A. Obzhirov, A. Salomatin, S. Aoki, E. Khazanova, E. Maryina, Y. Sano and R. Matsumoto, 2022, Ocean dynamics and methane plume activity in Tatar Strait,

- far eastern federal district, Russia as revealed by seawater chemistry, hydroacoustics, and noble gas isotopes, *Front. Earth Sci.*, 10, 825679, doi:10.3389/feart.2022.825679.
- Suetsugu, D., M. Obayashi, T. Tonegawa, H. Shiobara, H. Sugioka, A. Ito, T. Isse, Y. Ishihara, S. Tanaka and J. Yoshimitsu, 2022, Nature of mantle discontinuities beneath the Ontong Java Plateau, *Phys. Earth Planet. Int.*, 334, 106969, doi:10.1016/j.pepi.2022.106969.
- Suzuki, Y., T. Akatsuka, Y. Yamaya, N. Watanabe, K. Okamoto, K. Osato, T. Kajiwarra, Y. Ogawa, T. Mogi, N. Tsuchiya and H. Asanuma, 2022, Estimation of an ultra-high-temperature geothermal reservoir model in the Kakkonda geothermal field, northeastern Japan, *Geothermics*, 105, 102525, doi:10.1016/j.geothermics.2022.102525.
- 高橋良・鈴木隆広・大森一人, 2022, 地球化学的・鉱物学的調査から推定した倶多楽火山登別地熱地域の熱水系, *火山*, 67, 453-469, doi:10.18940/kazan.67.4_453.
- Takeo, M., Y. Aoki and T. Koyama, 2022, Recent volcanic activity at the Asama volcano and long-period seismic signals, *Proceedings of the Japan Academy Series B Physical and biological sciences*, 98, 426-438, doi:10.2183/pjab.98.022.
- Terada, A., M. Yaguchi and T. Ohba, 2022, Quantitative assessment of temporal changes in quaqueous hydrothermal activity in active crater lakes during unrest based on a time-series of lake water chemistry, *Front. Earth Sci.*, 9, 740617, doi:10.3389/feart.2021.740671.
- Ueki, K., H. Hino and T. Kuwatani, 2022, Extracting the geochemical characteristics of magmas in different global tectono-magmatic settings using sparse modeling, *Front. Earth Sci.*, 10, 994580, doi:10.3389/feart.2022.994580.
- 若林環・風間卓仁・福田洋一・安部祐希・吉川慎・大倉敬宏・今西祐一・西山竜一・山本圭吾, 2023, LaCoste 型および Scintrex 型相対重力計におけるスケールファクターの読取依存性の検定, *測地学会誌*, 68, 49-68, doi:10.11366/sokuchi.68.49.
- Xu, S., L. Guan, M. Zhang, J. Zhong, W. Liu, X. Xie, C. Liu, N. Takahata and Y. Sano, 2022, Degassing of deep-sourced CO₂ from Xianshuihe-Anninghe fault zones in the eastern Tibetan Plateaus, *Sci. China Earth Sci.*, 65, 139-155, doi:10.1007/s11430-021-9810-x.
- Yaguchi, M., T. Ohba, Y. Hirayama and N. Numanami, 2022, Volcanic ash from the June 17, 1962 eruption of Yakedake volcano: stereomicroscopic, XRD, and water-soluble components analyses, *J. Disas. Res.*, 17, 257-262, doi:10.20965/jdr.2022.p0257.
- Yamaya, Y., Y. Suzuki, Y. Murata, K. Okamoto, N. Watanabe, H. Asanuma, H. Hase, Y. Ogawa, T. Mogi, K. Ishizu and T. Uchida, 2022, 3-D resistivity imaging of the supercritical geothermal system in the Sengan geothermal region, NE Japan, *Geothermics*, 103, 102412, doi:10.1002/essoar.10509292.1.

- 柳澤宏彰・及川輝樹・川口亮平・木村一洋・伊藤順一・越田弘一・加藤幸司・安藤 忍・池田啓二・宇都宮真吾・坂東あいこ・奥山 哲・鎌田林太郎, 2022, 新潟焼山火山 2016 年噴火: 活動推移・噴出物を基にした噴火モデル, 火山, 67, 295-317.
- 安田 敦, 2022, 噴出物から読み解く富士山のマグマ供給系, 科学, 92, 611-617.
- 安田 敦・亀谷伸子・嶋野岳人・吉本充宏・田島靖久, 2022, 類似したテフラを識別・対比する定量的な方法の数学的な取り扱いについて, 月刊地球, 45, 520, 55-64.
- Yoshida, K., Y. Tamura, T. Sato, S. Chalermrat, P. Ratchanee and S. Ono, 2022, Petrographic characteristics in the pumice clast deposited along the Gulf of Thailand, drifted from Fukutoku-Oka-no-Ba, *Geochem. J.*, 56, 134-137, doi:10.2343/Geochemj.GJ22011.
- Zhang, M., W. Liu, L. Guan, N. Takahata, Y. Sano, Y. Li, X. Zhou, Z. Chen, C. Cao, L. Zhang, Y.-C. Lang, C.-Q. Liu and S. Xu, 2022, First estimates of hydrothermal helium fluxes in continental collision settings: Insights from the Southeast Tibetan Plateau margin, *Geophys. Res. Lett.*, 49, e2022GL098228, doi:10.1029/2022GL098228.

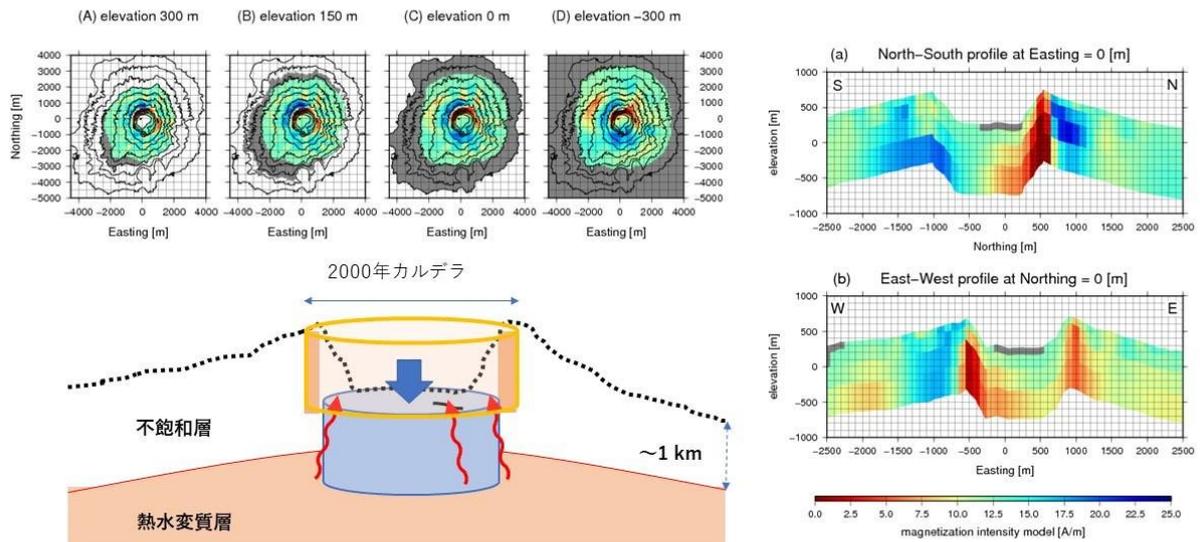
浅間山における2007年～2017年の多項目連続観測データの推移



Takeo et al. (2022)

図1. 浅間山における2007～2017年の多項目連続観測データの推移（東京大学地震研究所[課題番号：ERI_07]）N型地震の出現と地磁気変化異常が同期している。

三宅島磁化強度分布



Koyama et al. (JDR, 2022)

図2. 三宅島磁化強度分布（東京大学地震研究所[課題番号：ERI_07]）
 左上：様々な深さ断面における磁化強度分布。右：磁化強度分布の鉛直断面図。左下：三宅島の浅部構造の概念モデル。

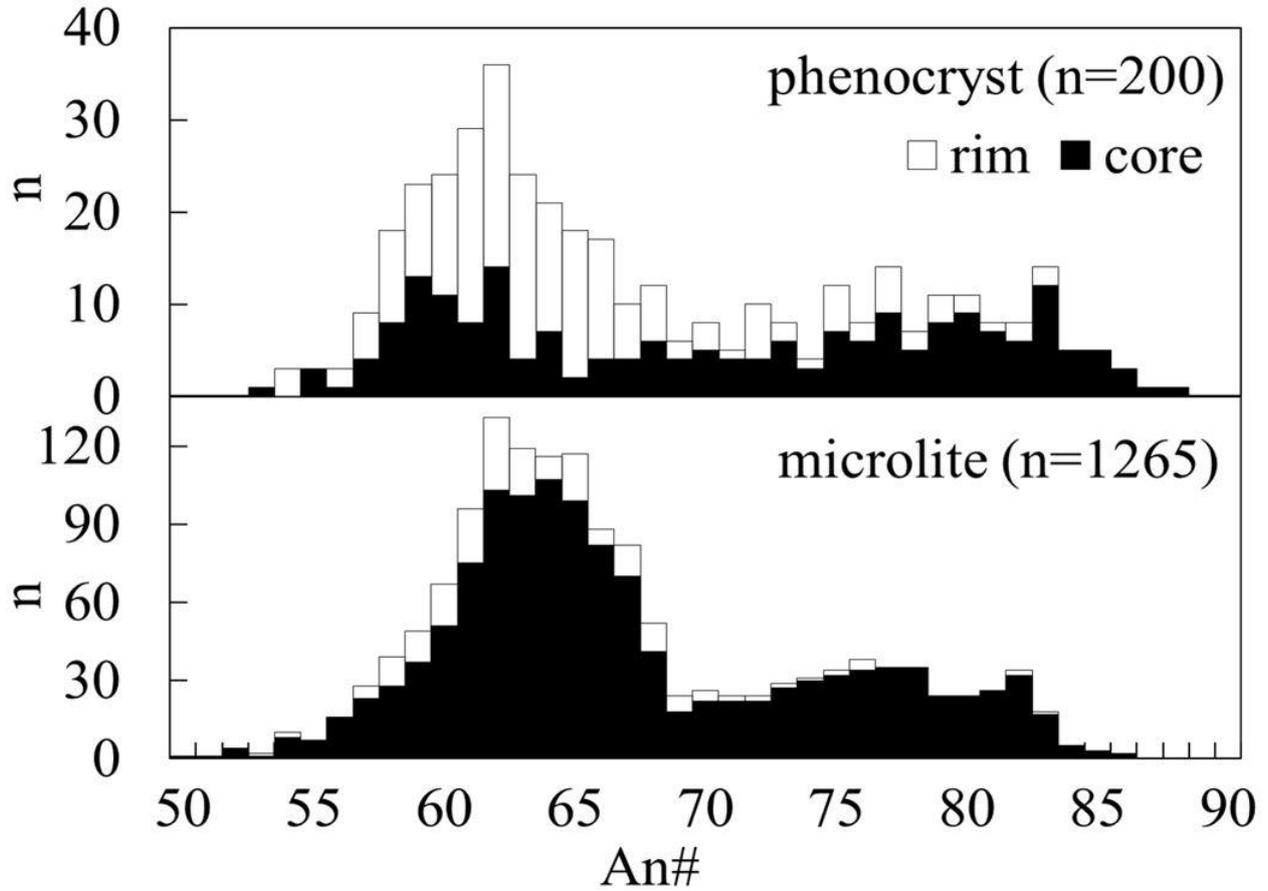


図 3. 斜長石斑晶とマイクロライトの An 値頻度分布 (東北大学理学研究科 [課題番号: THK_04])

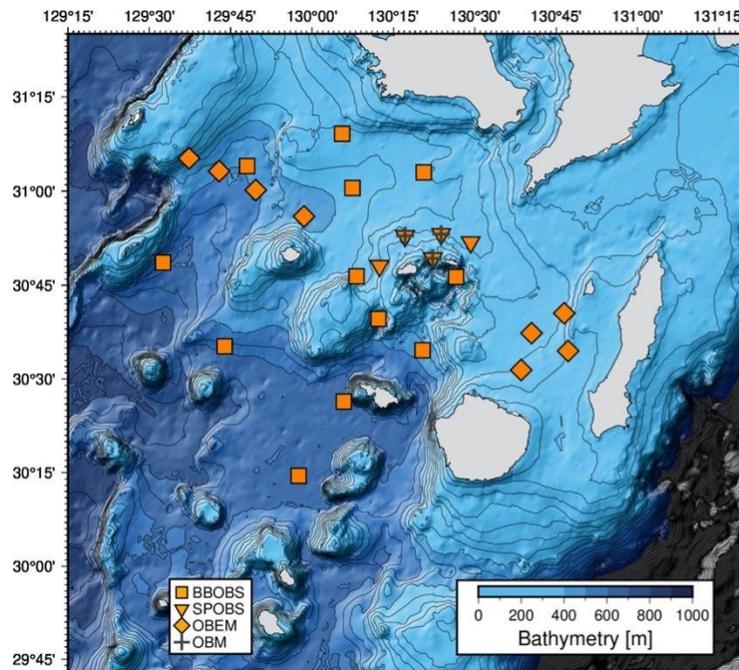


図 4. 鬼界カルデラ周辺の広帯域海底地震計 (BBOBS)、海底電位差磁力計 (OBEM)、短周期海底地震計 (SPOBS) および海底磁力計 (OBM) の分布 (神戸大学 [課題番号: KOBE1] および海洋研究開発機構 [課題番号: JAMS03])

BMSVO (+2.5 ± 0.8 μGal/yr)

S110 (+3.6 ± 1.1 μGal/yr)

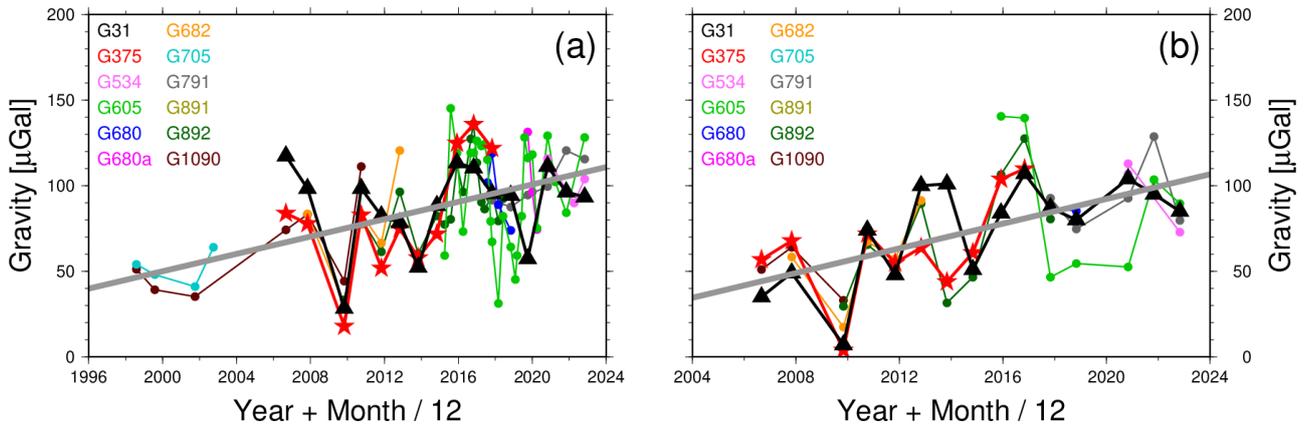


図 5. 桜島火山における相対重力変化（京都大学防災研究所[課題番号：DPRI07]）

左図：ハルタ山重力点における 1998 年～2022 年の重力変化

右図：大正噴火火口至近の重力点における 2006 年～2022 年の重力変化

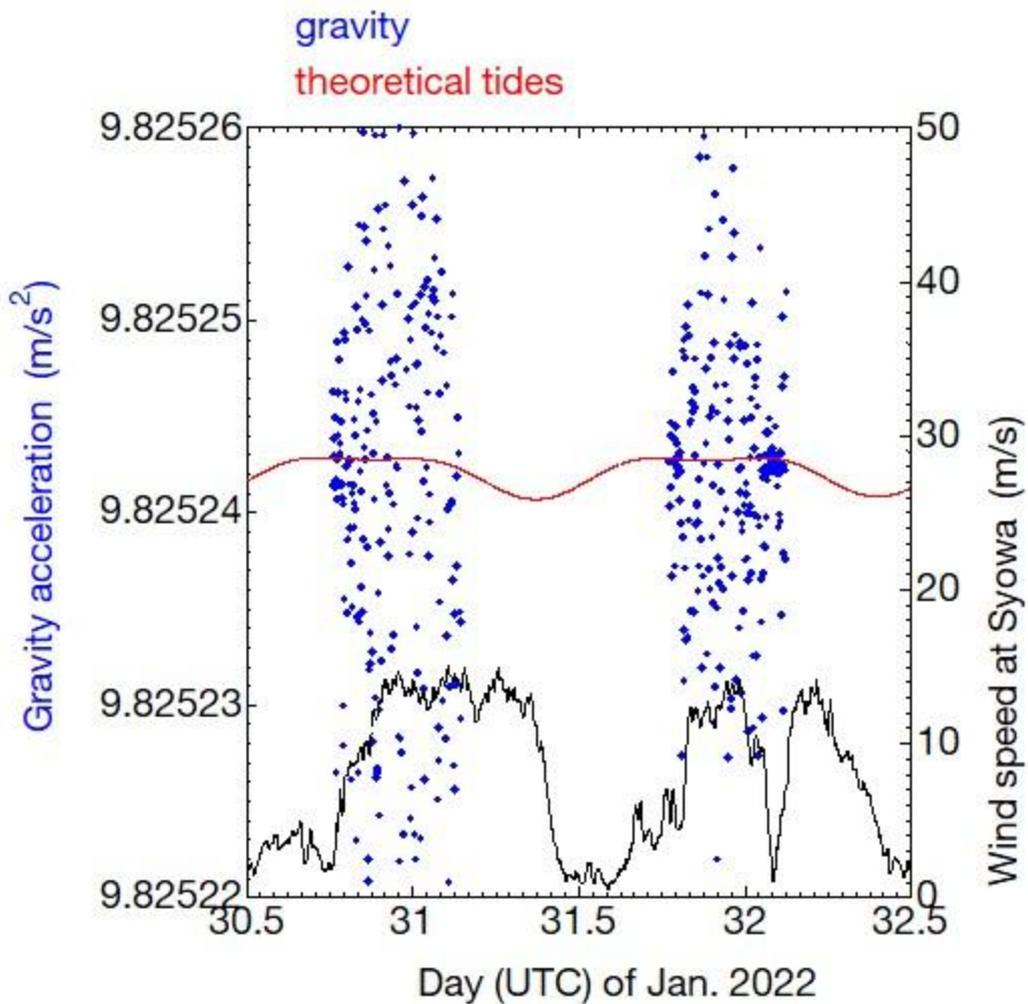


図 6. 昭和基地の屋外において測定された重力値（青点）および昭和基地での風速（黒線）（東京大学地震研究所[課題番号：ERI_20]）

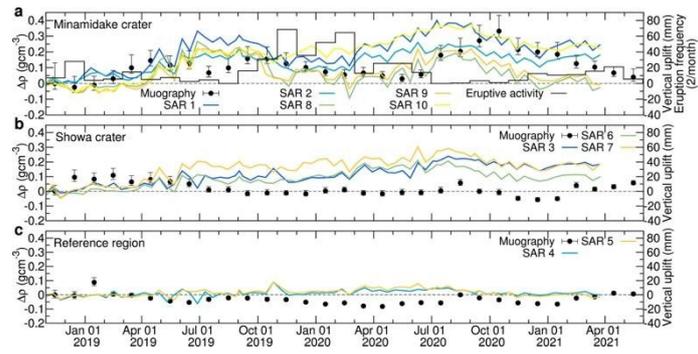


図 7. 桜島火口近傍における密度変化、噴火頻度、SAR で求めた変位との比較（東京大学地震研究所[課題番号：ERI_21]）

1 (5) 災害誘因評価・即時予測

「災害誘因評価・即時予測部会」計画推進部会長 太田雄策

(東北大学大学院理学研究科)

副部会長 為栗 健

(京都大学防災研究所)

地震・火山噴火という自然現象が引き起こす地震動、津波、火山噴出物、斜面崩壊等の災害誘因は自然や社会に潜在的に存在する脆弱性等の災害素因に働きかけ、これらの相互作用に応じて様々な規模の災害が発生する。すなわち災害誘因評価の高度化は、災害軽減を果たすために有効な手段である。こうした観点から、「災害誘因評価・即時予測部会」では災害誘因や災害リスクを事前に高い精度で評価する手法を開発する「地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化」ならびに地震や火山噴火が発生した直後に高精度かつ即時的に災害誘因を予測する手法を開発する「地震・火山噴火の災害誘因の即時予測手法の高度化」を推進するとともに、それら災害誘因予測を効果的に防災対策の推進に結びつけるための「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」を進める。

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

A. 強震動の事前評価手法

○震源モデルの高度化

既往の震源断層モデルのすべり角のばらつきの程度を求めた。1)国内の地震に対する震源インバージョン解析結果で、震源インバージョン解析のデータとして強震波形記録が使用されているもの、2)不均質震源断層モデルデータベース SRCMOD (Mai and Thingbaijam, 2014)または防災科学技術研究所から、各要素断層のすべり角の情報を含むデジタルデータが公開されていること、のどちらかを条件に不均質断層モデルを選び出した。結果、28地震の36震源モデルを収集した。すべり角は $[-\pi: \pi]$ の有界性をもつ情報であることから、方向統計学の方法に基づいた平均および標準偏差を得た。その結果、すべり角の標準偏差の平均値は地殻内地震で 21 度±5度、プレート境界地震で 18 度±5度、すべての地震で 20 度±5度と求められた (図1、京都大学防災研究所[課題番号:DPRI09])。

琉球海溝沿いのスラブ内 (深さ 36—260 km) で発生する地震によって生じる、沈み込む太平洋プレート上面でのS波反射が、震源距離 1500 km の中部日本に帯状の強い揺れを起こす現象を、F-net/Hi-net 地震波形解析と地震波伝播シミュレーションから確認した。さらに、高速度の太平洋プレートを通じた屈折S波が、660 km 境界で広角反射を起こすことで、震源距離 2000 km の北海道に強い揺れを起こす過程を確認した (図2)。これらのS波反射波による遠地の地動 (PGV) は、震源域直上と同程度の大きさを持つため、琉球海溝沿いのスラブ内地震の地震動予測では注意が必要である。太平洋スラブ上面のS波反射点は、和歌山から京都付近下の深さ 300 km から 400 km に相当する。これまでトモグラフィ解析において、この深さで太平洋スラブの高速度異常が

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 (Obayashi et al., 2009)。しかし、太平洋スラブからの明瞭な S 波反射面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 (東京大学地震研究所 [課題番号: ERI_14])。

野外調査により地表地震断層を詳細にモデル化して強震動計算に反映させ、断層近傍の強震動ハザード評価の高度化に資するための検討を行った。具体的には 1) 屏風山・恵那山断層を対象とした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、2) それと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、を行うとともに、3) 強震動予測の試算を実施した。また、地震断層近傍における被害集中の有無を 1891 年濃尾地震の際の震度分布から再検討した。松田(1974)の地表地震断層の調査結果をもとに松田式を用いた地震規模と特性化震源モデルへの浅部すべりの付与により、震度分布を再現可能との結論を得た (名古屋大学 [課題番号: NGY_05])。

○地下構造モデルの高度化

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。新たなデータを用いた地質構造モデルの改良では、鍵層である海成粘土層の Ma10 層とそれよりも浅い Ma12 層が相似的な変形形状を示すことに着目し、1) Ma12 層と Ma10 層の両方の標高データが存在する地点の Ma12 層と Ma10 層の標高差を内挿して Ma12-Ma10 標高差分布モデルを作り、2) Ma12 層標高データのみが存在する地点で、Ma12 層標高と 1) による Ma12-Ma10 標高差推定値を組み合わせて Ma10 標高推定データを作った。浅層ボーリングデータの追加により、Ma10 層標高モデルが数十 m 程度修正され、小さい空間スケールの Ma10 層の形状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 Q 値を得た (京都大学防災研究所 [課題番号: DPRI08])。

2020 年末より地震活動が継続している能登半島北部における 2022 年 6 月 19 日 15 時 8 分に発生した MJMA 5.4 の地震について、K-NET 正院 (ISK002) では震度 6 弱を記録した。このとき、同観測点における水平動の卓越周波数は約 1 Hz であったが、それよりも規模の小さい地震においても同様の卓越周波数を持っていた。この理由を調べるために、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 (京都大学防災研究所 [課題番号: DPRI09])。

○強震動評価の高度化

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。深層学習モデルには、Temporal Convolutional Network (TCN) を用い、F-net 福島観測点 (HROF) での強震波形データを入力として、Hi-net 横浜観測点 (YFTH) の地震波形データを予測した。日本海溝沿いで起きた 60 個の地震の地震により学習済みのモデルを用いて東北地方太平洋沖地震とそれ以降に発生した 30 個の地震 (Mw5.8-9.0) 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(東京大学地震研究所[課題番号:ERI_14])。

本観測研究計画と、国内外の利用者からのフィードバックを受けて、地震波伝播シミュレーションオープンコード(Open SWPC; Maeda et al., 2017)の機能拡張を進めた。最新コード(Ver 5.3.0)を2023年2月にGitHubにおいて公開した(東京大学地震研究所[課題番号:ERI_14])。

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開発を継続し、前年度から実施している1946年アリューシャン津波地震の海底地すべりによる沿岸波高の再現数値実験を改善した。1946年アリューシャン地震を対象として、津波シミュレーションソフトウェアTsunami Squareにより海底地すべりと津波を同時に計算し、地すべりがほぼ終了した時点でJAGURSに切り替え津波のみを計算した。津波高は比較的良く再現できる事が明らかになった(北海道大学[課題番号:HKD_05])。

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Bussinesqモデル(Yamanaka and Tanioka, 2017)に切り替えて津波計算を実施する枠組みを構築した。開発した手法の適用事例として2018年アナク・クラカタウ島火山噴火を対象とし、その津波が適切に再現できることを明らかにした。さらに、周辺の諸島の6つの仮想観測点での津波波形が得られるものとして、これらの地点での波形を用いて、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。具体的には1)クラカタウ諸島周辺を3つの海域に分割し、各海域の津波(波高・速度)を仮想点での観測波形を用いて予測し、2)3地域での予測津波をまとめて津波伝搬を計算することでジャワ島西岸やスマトラ島東岸での津波を予測するために、様々な体積を持った地すべりを4方向に発生させ、3)6つの仮想観測点での波形と3地域での津波(波高・速度分布)をデータベース化した。検証のために、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(図3、北海道大学[課題番号: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に必要な、国内外の地震に対する強震動記録の分析や強震動予測を進めると共に、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。具体的には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SCEC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Validationを行う広帯域地震動プラットフォーム(SCEC Broadband Platform)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(東京大学地震研究所[課題番号:ERI_16])。

鳥取県内で実施している独自の地震観測網を継続し、例えば鳥取市若葉台では切盛造成地の記録から切土に対する盛土の増幅とその卓越周期を確認した。また、2016年に

発生した鳥取県中部の地震(Mj6.6)で被害を生じた北栄町由良宿において高密度の常時微動観測を実施し、被害のみられなかった地区では木造建物の固有周期よりも長い地盤卓越周期が見られる結果を得た。さらに、同地域の伝統的木造建築物において、その振動特性を微動観測と人力加振から把握した(図4)。あわせて鳥取県庁(鳥取市)の本庁舎(免震構造)、第二庁舎(制振構造)の2棟についても微動観測で振動特性を把握し、本庁舎では小地震記録による振動特性との比較から免震機能を、第二庁舎では捩れ振動モードを把握した。これら一連の建物観測により、微動を用いた振動特性把握のルーチンを確立することができた(鳥取大学[課題番号:TTR_01])。

鳥取県内34計測震度観測点から1秒パッケージでリアルタイム震度と最大加速度値(水平、鉛直)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250mメッシュのリアルタイム震度をWebベースで鳥取県庁と共有した(鳥取大学[課題番号:TTR_01])。

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の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。また、道による減災目標の設定のために、関係機関が実施する防災対事業による減災効果を検証した。また、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(北海道立総合研究機構[課題番号:HR0_02])。

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について、20世紀以降発生した深層崩壊地を中心とした調査を継続した。その結果、それら崩壊地が、(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。深層崩壊地の場合、特に高角度の姿勢を持つ亀裂が重要である。すなわち亀裂が急速な岩盤内部への水の流入経路となり、地震時には亀裂がもたらす直立板状の構造が水平動の影響を受けやすい。これら地質的な特徴を持つ高知県大豊町のトウジ山斜面において、地震動と斜面変形、変動の関係を明らかにするため、令和2年度から地震・斜面観測を継続している。今年度は簡易貫入試験と表面波探査を実施し、過去の崩壊物の厚みと弾性波速度を推定した。その結果、崩壊物が徐動性の地すべりを呈する地点における増幅特性は、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(京都大学防災研究所[課題番号:DPRI10])。

横浜市の盛土において地震動と間隙水圧の同時観測をおこなった結果について解析し、強震時の地盤の塑性的な変形に伴う過剰間隙水圧の上昇の特徴を明らかにした。具体的には、過剰間隙水圧の上昇量は地震動の瞬間的な大きさよりも継続的な大きさと強い相関を持つことが分かった。また、東京都目黒区の盛土における過剰間隙水圧の上昇時間が地震動の継続時間と同じオーダーを持つものに対して、横浜市においては1桁から2桁大きなオーダーを持つことが分かった。これらは、盛土の材質などの影響が示唆される結果であり、盛土の安全率を評価するうえで盛土固有の特徴を把握する重要性を示す(京都大学防災研究所[課題番号: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、低周波帯においては観測点間の位相差は0に近い値を示すのに対し、高周波数帯においては位相が観測点間で大きく異なり、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(京都大学防災研究所[課題番号:DPRI10])。

2011年11月に設置した宮城県栗原市での地滑りモニタリングを継続し、荒砥沢の地滑りモニタリング結果は、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での公開を開始した。79GHz および 17GHz システムの MIMO 型 GB-SAR について、大気補正手法の検討を進めた。これらの検討のために、79GHz および 17GHz の同時計測による崖面計測を実施した(図5)。大気補正後はどちらのレーダデータも、より変動が抑えられた時系列変位結果が得られた(東北大学災害科学国際研究所[課題番号:IRID03])。

オ. 火山噴出物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(図6、京都大学防災研究所[課題番号: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

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、アレイ解析手法のひとつである Wave gradiometry の利用を検討した。合成波形を用いた予備解析の結果、観測点が多数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(気象庁[課題番号:JMA_06])。

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形状から直接伝播方向を推定可能であることが分かった(気象庁[課題番号:JMA_06])。

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が得られた(気象庁[課題番号:JMA_06])。

イ. 津波の即時予測手法

アジョイント方程式に基づくあら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。最適内挿法に基づく現況把握は、本質的に現時刻の空間補間である。過去の状態からの時間発展は、現況把握のための予測値として間接的に用いられるが、最適内挿法ではその予測値を観測—予測残差で破壊的に更新してしまうため、結果として得られる波動場の時空間発展は波動方程式に完全に適合するわけではないと

いう弱点を持つ。そのため、現在時刻を含む一定時間幅の間の観測—予測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。開発した手法の精度検証のために、等間隔の観測網に外部から津波が入射する状況での数値実験を行った。初期水位の時刻における推定では、初期水位の形状を完全には推定できないものの、模擬観測波形をほぼ完全に再現することに成功した（図8、弘前大学理工学研究科[課題番号: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法(MCMC)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。技術開発では、昨年度開発を進めたハミルトニアンモンテカルロ法 (HMC 法)を用いた断層推定手法の高度化を進め、昨年度確立した1枚矩形断層推定手法をすべり分布モデル推定へと拡張した。また、すべり分布推定において先験情報にもとづいて安定的に解を求めるための正則化拘束として断層すべりが自己相似性を持つという仮定のもと、von Karman の自己相関関数 (von Karman ACF) による制約を与えたすべり分布推定手法の開発を行った。具体的には、従来ハイパーパラメータとして扱われていた相関距離も同時に推定する手法を開発した。同問題は複数の非線形パラメータを同時推定することになる。そのため、開発する手法ではベイジアン逆解析を採用した。さらにパラメータ数の増加にともなう収束の難化（次元の呪い）を克服するために、サンプリング手法として Hamiltonian Monte Carlo 法 (HMC 法) を採用した。開発した手法の精度評価を行うために、相関距離を仮定した von Karman ACF を用いたすべり分布を生成し、それから期待される地表面変位を計算した後、それに誤差を付加したものを観測データとして、断層すべり分布および相関距離を同時推定した。その結果、観測網が十分に断層面をカバーしている場合、相関距離をその誤差の幅とともに正しく推定できることを初めて実証した（東北大学大学院理学研究科[課題番号:THK_12]）。

国土地理院で運用している REGARD へと技術移転した1枚矩形断層推定を MCMC 法によってリアルタイムで実現するアルゴリズム ” Real-time automatic uncertainty estimation of the coseismic single rectangular fault model based on GNSS data (RUNE)” の精度評価を継続した。2022年3月16日に発生した福島沖地震において、RUNE によって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、令和5年度内を目標に 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（東北大学大学院理学研究科[課題番号:THK_12]）。

2016年の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（気象庁[課題番号:JMA_06]）。

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、初期水位の体積にして3 km³程度であり、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（気象庁[課題番号：JMA_06]）。

ウ. 火山噴出物による災害誘因の即時予測手法

土石流の発生頻度の変化の背景には、豪雨の発生場所と降雨特性のほかに、噴火による土石流発生ポテンシャルの急激な増加、土石流の頻発によるポテンシャル減少、さらには生産土砂の蓄積によるポテンシャルの回復という変化過程があると考えられる。そこで、火山噴火後の中長期的な土石流・泥流の発生ポテンシャルのモデル化にあたり、噴火後土石流が頻発することで一旦下がったポテンシャルが回復する過程について、凍結融解作用による土砂生産に着目して検討した。具体的には昨年度までに開発した土砂動態モデルの水移動過程について改良を加え、土石流が発生する溪流源頭部において堆積物諸係数が土石流発生に及ぼす影響を検討した（京都大学防災研究所[課題番号：DPRI_12]）。これに際し、堆積物が全層飽和状態でなくても表流水が発生する水移動過程を再現できるようなモデルへの改良を実施した（図9）。具体的には、斜面で発生した表面流は河道部の表流水に加え、斜面での浸透流は溪床堆積物の浸透流に加えた。また溪床堆積物の表流水の底部への浸透についても考慮した。さらに流域地形モデル作成時に溪流源頭域について、局所的な現象である土石流発生を対象とするために従来の単位河道を詳細に分割した。改良を加えた土砂動態モデルにおいて堆積物の諸定数（透水係数、堆積厚、浸透能、素時計数）が土石流発生に及ぼす影響を検討する感度分析を足洗谷流域の支流であるヒル谷流域を対象として実施した。その結果、堆積物が厚く透水係数が小さいほど安全率が減少する傾向がみられた一方、マニングの粗度係数による影響はほとんど表れなかった（京都大学防災研究所[課題番号：DPRI_12]）。

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、粘着力の増加に伴い、平衡勾配が大きくなること、つまり、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分かった。これらの結果は、斜面崩壊が小さく、初期流動深が小さい場合は平衡勾配が大きくなるため、比較的急勾配の場所であっても土石流・泥流が停止することを示す一方、局所的であっても流動深が深くなると平衡勾配が溪床勾配以上となり、泥流が発達して下流まで伝播することを示す結果である（京都大学防災研究所[課題番号：DPRI_12]）。

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、噴煙内部の火山噴出物（火砕物）の量が多いことがわかった（気象庁[課題番号：JMA_07]）。

2021年福徳岡ノ場噴火と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。また、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(NIKS-1D)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(気象庁[課題番号: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(東北大と国土地理院との共同開発)を継続した(北海道大学[課題番号: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。具体的には内閣府(2013)が公表した被害想定を基に、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1として、「自分自身が群集雪崩や将棋倒しに巻き込まれる」など8つのリスク事象に、調査対象者がどの程度の確率で遭遇すると感じるかを聞いた。調査2として、8つのリスク事象に対して、Slovic(1986; 1987)のリスクに関する認知マップの研究を基に、「正確にリスクを知っているか知らないか」「きわめて致命的なリスクかほとんど致命的ではないリスクか」など、8つの尺度をSD法(7点尺度)で確認した。これらの調査の結果、まず、「パラレル東京」を視聴したことの効果として、8つすべて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、「群集雪崩や将棋倒しに巻き込まれること」「大規模な延焼火災に巻き込まれること」「工場や建物の爆発被害に巻き込まれること」「土砂災害に巻き込まれること」の4つのリスク事象については、自分がそうした被害に巻き込まれると思う確率が番組視聴前よりも有意に高い状態が維持された。さらに調査2の結果から、これら4つの事象は「恐ろしさ」因子が高いことが明らかとなった。つまり、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、被害想定情報は刺激したということが分かった(東京大学大学院情報学環[課題番号: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、後発地震の発生確率評価を行った。一日以内、一週間以内、三年以内の後発地震発生確率は、それぞれ、1.4-64%(平時の460~21,000倍)、2.1-77%(平時の99~3,600倍)、4.3-96%(平時の1.3~29倍)と評価された。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とともに、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(東北大災害科学国際研究所[課題番号:IRID04])。

これまでの課題と今後の展望

「災害誘因評価・即時予測部会」では災害誘因や災害リスクを事前に高い精度で評価する手法を開発する「地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化」ならびに地震や火山噴火が発生した直後に高精度かつ即時的に災害誘因を予測する手法を開発する「地震・火山噴火の災害誘因の即時予測手法の高度化」を推進するとともに、それら災害誘因予測を効果的に防災対策の推進に結びつけるための「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」を進めている。計画4年目である本年度においては、それぞれの研究課題において既往研究の高度化や新たな取り組みに関して成果が着実に得られ、論文出版、学会発表等の対外的な成果発表も活発に行われた。以下に、各小項目において取り組むべき事項および展望について特に令和4年度に焦点を当てて示す。

(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

断層破壊過程と極大強震動生成に関する研究を震源モデルの高度化の観点から継続する。強震動予測のための震源断層モデルパラメータの高度化を進める。リアルタイム強震観測データと高速シミュレーションの同化、及び深層学習に基づいて、南海トラフや日本海溝沿いの大地震による長周期地震動と強震動の即時予測の実現に向けた基礎開発を令和4年度に継続して進める。OpenSWPCの継続開発を進め、東大情報基盤センターのWisteria-aスパコンのGPUへの適合を調査し、また大規模シミュレーションの普及促進を図る。本研究課題の5カ年の成果を取り纏め、即時予測技術の社会展開に向けた課題と見込みをもとに、次期計画での重点目標を定める。インバージョンモデル（再現）や特性化震源モデル（予測）と、地表で複雑な分布を見せる地表地震断層（再現）・活断層分布（予測）との接合に関する分野間の議論とモデル化を行う。活断層研究分野と強震動研究分野間で地表地震断層調査の解釈や強震波形の解釈等の相互理解のための意見交換を引き続き行い、分野間の意思疎通を図る。変動地形の分野から提供できる新たなデータとして、地震断層近傍の地形変動データを整備する。強震動予測モデルにおける変位分布計算結果との比較を行う。

強震動生成に関する研究の高度化を地下構造モデルの観点から進める。プレート境界地震及び内陸地殻内地震の広帯域震源モデルの構築方法のとりまとめを行う。大阪盆地、奈良盆地等の改良モデルのとりまとめを行う。強震観測（中川低地、京都市内）を継続して実施する。

イ. 津波の事前評価手法

1946年アリューシャン津波地震と1998年パプアニューギニア地震津波の津波再現実験を実施することで計算手法を確立する。さらに、南海トラフ等の海底地すべり津波の解析を実施し海底地すべり津波の事前予測・即時予測可能性をまとめる。

ウ. 大地震による災害リスク評価手法

堆積平野・堆積盆地の地震動増幅特性の定量化を進める。具体的には、大地震による災害リスク評価に向けて、堆積平野・堆積盆地における地震動増幅特性と、建物被害や人口被害のフラジリティの研究を推進する。また、首都直下地震や南海トラフ巨大地震

を対象に、地震災害の素因と誘因の関係や災害発生機構を多面的に分析し、災害を制御する要件を明らかにする。鳥取県内の地震動予測高度化のため、地盤震動特性および地下構造の把握、および GIS データベースの拡充を継続的に実施する。「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震」を対象として、太平洋沿岸の都市部において、避難者の属性や分布に応じて自動車と徒歩を組み合わせた避難モデルを構築し、避難シミュレーションを行うことで、津波避難手段の違いによる避難行動の成否を判定し、避難手段の多様化による効果を評価する。また、多様な避難手段の実現に向けた課題を整理する。

エ. 地震動や火山活動による斜面崩壊の事前評価手法

四国山地内および東海地域で知られている断層周辺の岩盤を調査し、鉛直方向の亀裂と姿勢、そしてその深層崩壊への役割を明らかにする。そしてこれにより地震時崩壊ハザードマップ作成のための指針を提案する。また、四国、紀伊山地、北海道、首都圏、火山斜面で稼働中の地震や斜面の観測を継続する。特に、強震時の変形や間隙水圧、地震後の長期的な斜面の変形に関するデータを収集する。さらに、斜面における稠密地震観測を発展させ、地震動の地すべり内の伝播特性について明らかにする。現在活動が活発になっているインドネシア・メラピ火山の観測について、インドネシア政府の責任者から GB-SAR 利用についての打診があった。これについて GB-SAR 設置の検討を進める。宮城県栗原市荒砥沢の地滑りモニタリングシステムに関して、栗原市への管理移管による実装の準備を進める。MINO 型レーダによる地滑り観測の実地評価を進める。

オ. 火山噴出物による災害誘因の事前評価手法

火砕流発生前の膨張量から火砕流の規模予測を加えて火砕流のリアルタイムハザードマップの完成を目指す。すでに構築している自治体向けの火山活動データ表示装置上で上記のハザードマップを加えて、職員向けの講習会を行なう。

(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

データ同化手法を用いて波動場を正確に推定し、そこから長周期地震動を含め未来の波動場を予測する手法を発展させ、地震動波形の予測モデルの構築を進める。また、現業への導入を考慮し、実時間よりも早く計算が行えるよう計算方法の改良を図る。

イ. 津波の即時予測手法

アジョイント方程式に基づく波動場推定方法について、その安定性・収束条件・実地形を考慮した現実的なモデル適用など、さらなる高度な数値実験をすすめ、その有効性の検証を行う。リアルタイム GNSS による震源断層即時推定手法の高度化とその社会実装を継続して進める。海底水圧計に含まれる非潮汐海洋成分の高精度除去手法の開発による地殻変動検出能力の向上を目指した技術開発を継続する。民間 GNSS 観測網の活用による超稠密地殻変動モニタリング手法の開発を行う。津波伝播計算の安定性・再現性に影響を与える沿岸域での摩擦・境界条件などの要素に着目し、計算手法を改良して長時間予測の精度向上を図る。これにより、観測事例が知られていない現象を含めた津波全過程予測手法を改良する。

ウ. 火山噴出物による災害誘因の即時予測手法

桜島火山を対象にして、噴火後の火山灰の量とその後の降雨量を入力条件として、ガリの形成に伴う土砂の流出特性を予測するモデルの完成を目指す。また、焼岳火山を対象として、噴火後の地表面の状態の変化を考慮した土石流・泥流発生ポテンシャルを検討する。融雪型火山泥流についても、積雪量分布などを入力条件にするとともに、火砕流による融雪シナリオ別に下流への流出ハイドログラフを想定し、泥流の予測モデルの完成を目指し、焼岳火山に適用する。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について、成果を取りまとめる。新たに開発した移流拡散モデルの物理過程の改良について、課題を取りまとめる。火山灰データ同化・予測システムについて、定量的な濃度予測のための火山灰プロダクトの利用に関する評価を取りまとめる。

(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

高度化を進めている準リアルタイム火山情報表示システム内の力源推定アルゴリズムについて、次世代火山研究推進事業で展開した有珠山 GNSS 観測網との連携（リアルタイム測位表示や、実際の観測網配置に基づく MCMC 力源推定の精度検証）を進める。実際の観測データを含めた、より現実的な事象への適用による精度評価への着手（有珠山 2000 年噴火時のデータ等への適用）を進める。

想定利用者との相談を継続し、成果の利活用を試行する取り組みを行う。また、南海トラフ地震における「ゆっくりすべりケース」確率計算のための方法論を検討する。

成果リスト

- Asano, K., T. Iwata, K. Yoshida, N. Inoue, K. Somei, K. Miyakoshi, and M. Ohori, 2022, Microtremor array surveys and development of the velocity model in the Hakodate Plain, Hokkaido, Japan, *Earth Planets Space*, 74, doi:10.1186/s40623-022-01647-w.
- 浅野公之・岩田知孝・濱田晃之・吉田邦一・染井一寛・関口春子, 2022, ボーリングデータベース解析と微動アレイ観測による京都盆地～奈良盆地の浅部地盤速度構造モデルの作成, 日本地震学会 2022 年度秋季大会, S16-03.
- Doi I., S. Matsuura, H. Osawa, T. Shibasaki, and S. Tosa, 2022, Effects of slope instability on coseismic landslide susceptibility during earthquakes, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 81, doi:10.1007/s10064-022-03015-0.
- 土井一生・小原一成・王 功輝・釜井俊孝・千木良雅弘, 2022, 愛媛県久万高原町南東部において観測される繰り返し地震波形の時間分布, 日本地球惑星科学連合 2022 年大会, SSS13-05.
- 土井一生・釜井俊孝, 2022, Observation of the pore water pressure response to strong ground motion in a filled slope in Yokohama city, 日本地球惑星科学連合 2022 年大会, HDS07-03.
- 土井一生・松浦純生・大澤 光・岡本 隆・柴崎達也・土佐信一, 2022, 稠密地震観測から推定される地すべり内の地震波伝播の不均質性, 第 61 回日本地すべり学会研究発表会, 2-

21.

- 江成徹平・古村孝志, 2022, 地震波干渉法によるグリーン関数を用いた長周期地震動の即時予測, 日本地震学会秋期大会, S15-11.
- Fukushima, Y., T. Nishikawa, and Y. Kano, 2023, High probability of successive occurrence of Nankai megathrust earthquakes, *Scientific Reports*, 13, 63, doi:10.1038/s41598-022-26455-w.
- 福島 洋・西川友章・加納靖之, 南海トラフ地震の連発確率について, 2022, 日本地震学会 2022 年度秋季大会, S14-02.
- Furumura, T. and B.L.N., Kennett, 2022, Distinctive deep S reflections from the Pacific slab, 日本地球惑星科学連合 2022 大会.
- Furumura, T. and Y. Oishi, 2023, An early forecast of long-period ground motions of large earthquakes based on deep learning, *J. Geophys. Lett.*, submitted.
- Furumura, T. and B.L.N., Kennett, 2023, Distinctive seismic reflections from the subducting Pacific slab for earthquakes in the Ryukyu arc, *Geophys. J. Int.*, <https://doi.org/10.1093/gji/ggac514>.
- 古村孝志, 2022, 深層学習に基づく長周期地震動の即時予測実験, 日本地震学会秋期大会, S21-P10.
- ゴメス クリストファー・宮田秀介・片岡幹人・足利健介・金井彩佳・ブラダクバラージュ・藤田正治, 2022, 粗粒な未固結堆積物かさ密度測定のためのフィールド SfM - MVS 法ーヒル谷観測流域での調査ー, 砂防学会誌, 75(4), 25-29.
- 羽田京香・権田 豊・Timur Ersoz・栗林杏奈, 2022, 桜島有村川流域における降雨特性および降雨が土石流発生に与える影響, 令和 4 年度砂防学会研究発表会概要集, 123 - 124.
- 林 豊, 2022, 1780 年ウルップ島地震による日本での津波のデータの信頼性, 日本地球惑星科学連合 2022 年大会, SSS12-P08.
- Hino R., T. Kubota, N. Chikasada, Y. Ohta, and H. Otsuka, 2022, Assessment of S-net seafloor pressure data quality in view of seafloor geodesy, *Prog Earth Planet Sci*, 9, 73, doi:10.1186/s40645-022-00526-y.
- 干場充之・対馬弘晃, 2022, 地震動と津波の即時予測ー最近 10 年の研究の進展ー, 月刊地球, 509, 80-87.
- 今津慶大・野口竜也・香川敬生, 2022, 微動測定による鳥取県の伝統的木造建物の振動特性の把握, 第 74 回 2022 年度 (令和 4 年) 土木学会中国支部研究発表会, I-17.
- 今井健太郎・大林涼子・中村恭之・富士原敏也・柳澤英明・谷岡勇市郎, 2022, 南海トラフ沖の海底地すべりによる津波の影響に関する検討, 2022 年度海岸工学講演会.
- 今井健太郎・大林涼子・中村恭之・谷岡勇市郎, 2022, 昭和東南海地震における新鹿の津波痕跡高の励起源について, 日本地震学会 2022 年度秋季大会.
- Ishii, K., A. Nishijo, T. Koyaguchi, and Y. J. Suzuki, 2022, A physics-based source model for realtime tephra-dispersal forecasting for weak eruption plumes, *J. Appl. Volcanol.*, 11, 15, doi:10.1186/s13617-022-00127-w.
- 石丸 聡・小木曾仁・伊藤陽司・榎納智裕, 2022, 凍結・融雪期の大雨により生じた土石流ー雌阿寒岳 2008 年 5 月の大雨による事例ー, 日本地すべり学会誌, 59(2), 41-49,

doi:10.3313/jls.59.41.

- 岩田知孝・浅野公之・宮本英・緒方夢顕, 2022, 2022年6月能登地方の地震によるK-NET正院 (ISK002) の地震動特性と地盤構造, 日本地震学会2022年度秋季大会, S16-04.
- 岩田知孝・浅野公之・宮本英・緒方夢顕, 2023, 2022年6月19日能登地方の地震(M5.4)時に震度6弱を記録したK-NET正院の地震動特性と地盤構造, 令和4年度京都大学防災研究所研究発表講演会, B309.
- 香川敬生・野口竜也・山田浩二, 2022, 1943年鳥取地震で生じた鹿野断層におけるS波反射法地震探査データに見られる断層部の振幅異常, 日本地震学会2022年度秋季大会, S16P-03.
- Kagawa, T. and T. Noguchi, 2022, Issues related to velocity structure estimation in small coastal sedimentary plains: case of Tottori plain facing the Sea of Japan, *Earth Planets Space*, 74, DOI:10.1186/s40623-022-01640-3.
- 鎌谷紀子・小木曾仁, 2022, 自己回帰モデルによるスペクトル解析は地盤増幅率の周波数特性評価に有効か?, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「固体地球科学的諸現象のリアルタイム監視予測システムと利活用」, (7).
- 鎌谷紀子・小木曾仁, 2022, 自己回帰モデルによるスペクトル解析 -地盤増幅率の周波数特性評価への適用-, 日本地球惑星科学連合2022年大会, SCG55-P02.
- 小林正直・藤田正治・宮田秀介・山野井一輝, 2022, 焼岳足洗谷における溪床堆積土砂量の変化と流出過程に関するシミュレーション, 令和4年度砂防学会研究発表会, 671-672.
- Kodera, Y., 2022, Automatic classification of fast and slow earthquake signals from continuous records using an unsupervised machine learning algorithm, *International Joint Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes 2022*, P112.
- Kodera, Y., 2022, Unsupervised Automatic Classification of Fast and Slow Earthquake Signals from Continuous Records with a Hierarchical Clustering Algorithm, *AGU Fall Meeting 2022*, S42C-0172.
- 小寺祐貴, 2022, 深層学習を用いた地震波形からの波動伝播方向推定の試み, 日本地震学会2022年度秋季大会, S21P-08.
- 小寺祐貴, 2023, 深層学習による単独観測点からの波動伝播方向推定の試み, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「地震動をはじめとする地球科学データの即時解析・即時予測と情報の利活用」, (9).
- 前田拓人, 2022, アジョイント方程式に基づく波動場の推定とその津波即時予測問題への応用の試み, 日本地震学会2022年秋季大会, S01P-04.
- 前田拓人, 2022, Adjoint法に基づく波動場の時空間状態把握に向けて, 東京大学地震研究所研究集会『陸海両域での超高密度観測時代の観測・解析手法と地震波伝播理論の新展開』.
- 南雅晃, 2022, 津波数値計算における詳細なCFL条件~その計算精度・速度の検討, 第12回巨大津波災害に関する合同研究集会, セッション4の3番目.
- 三宅弘恵・上原美貴, 2022, 2021年千葉県北西部の地震の首都圏における強震動, 日本地震学会2022年度秋季大会, S15-21.
- Miyake, H. and N. Morikawa, 2022, Seismic source characterization for probabilistic and scenario seismic hazard analysis beneath the complex tectonic setting, *AGU Fall Meeting 2022*, S45B-07.

- 宮田秀介・堤 大三・山口翔大・村重慧輝・中里友輔・藤田正治, 2022, 発生・発達過程を考慮した融雪型火山泥流予測, MIS16-01, Japan Sciences Union Meeting 2022, MIS16-01.
- Murakami S., T. Ichimura, K. Fujita, T. Hori and Y. Ohta, 2022, Impact of ambiguity of physical properties of three-dimensional crustal structure model on coseismic slip and interseismic slip deficit in the Nankai Trough region, *GeoHazards*, 3, 162-177, doi:10.3390/geohazards302000.
- 中里友輔・本居絵子・堤 大三, 2022, 火山噴出物と積雪の混合状態を考慮した融雪型火山泥流発生過程の実験と解析, *砂防学会誌*, 75(3), 3 - 9.
- 中里友輔・堤 大三・藤田正治・井口正人・宮田秀介, 2022, 融雪型火山泥流の発生機構に関する研究—火山噴出物の積雪層への貫入実験—, 令和4年度砂防学会研究発表会, 77-78.
- 西川隼人・野口竜也・池本敏和・宮島昌克, 2022, Arias Intensityの地盤増幅度とサイト増幅特性の関係に基づく地盤増幅度予測式の検討, *土木学会論文集 A1 (構造・地震工学)*, 78(4), I_601-I_612.
- Nishimura, I., T. Noguchi, and T. Kagawa, 2022, Construction of Web-GIS for integrating geophysical survey data with geotechnical information in the San'in region, southwest Japan, *Earth Planets Space*, 74, DOI:10.1186/s40623-022-01707-1.
- 西村 武・佐々木梨乃・野口竜也・香川敬生, 2022, 微動および地震観測に基づく地すべり地域—鳥取市佐治地区—における地盤震動特性の把握と地盤構造推定, 日本地球惑星科学連合大会 2022, SSS11-P11.
- 西村 武・野口竜也・香川敬生, 2022, 微動および地震観測に基づく鳥取市若葉台における切盛造成地域の地盤震動特性, 日本地震学会 2022 年度秋季大会, S16P-05.
- 西村 武・野口竜也・香川敬生, 2022, 大規模盛土造成地における微動探査を用いた地盤震動特性の把握—鳥取市若葉台の事例—, 令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会, CS10-23.
- 野口竜也・西村 武・吉川菜緒・上田穂乃香・香川敬生, 2022, 1943年鳥取地震による吉岡断層近傍における微動および重力観測—鳥取市大塚地区—, 日本地球惑星科学連合大会 2022, SSS11-P12.
- 野口竜也・西村 武・香川敬生, 2022, 1943年鳥取地震による吉岡断層のごく近傍における微動特性, 日本地震学会 2022 年度秋季大会, S16P-04.
- 野口竜也・佐々木梨乃・西村 武・香川敬生, 2022, 微動探査及び地震観測に基づく鳥取市佐治地区の地盤震動特性と地盤構造の把握, 令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会, CS10-14.
- Ogiso, M. and K. Tamaribuchi, 2022, Spatiotemporal evolution of tremor activity near the Nankai Trough trench axis inferred from the spatial distribution of seismic amplitudes, *Earth Planets Space*, 74, 49, doi:10.1186/s40623-022-01601-w.
- Ogiso, M. and H. Tsushima, 2023, Ocean-wave Gradiometry: Visualizing and Extracting Propagation Features of the 15 January 2022 Tsunami Wavefield with Dense Ocean-Bottom Pressure Gauge Arrays, *Seismological Research*

Letters, doi:10.1785/0220220151.

Ogiso, M., 2022, Estimation of source radiation amplitude from seismic coda waves considering the heterogeneous seismic structure, 日本地球惑星科学連合 2022 年大会, SSS04-P01.

小木曾 仁, 2022, J-SHIS 地盤データを用いた計測震度に対するサイト特性係数の検討, 日本地球惑星科学連合 2022 年大会, SCG55-P03.

小木曾 仁・石丸 聡, 2022, 2008 年 5 月 20 日に雌阿寒岳で発生した土石流に伴う地震波の記録, 日本地すべり学会誌, 59(4), 146-151, doi:10.3313/jls.59.146.

小木曾 仁, 2022, 地震動の逆伝播を用いた面的震度分布の早期推定に向けた検討, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「固体地球科学的諸現象のリアルタイム監視予測システムと利活用」, (5).

小木曾 仁, 2022, 地震動エネルギーの逆伝播を用いた最大震度分布の事後推定, 日本地球惑星科学連合 2022 年大会, SCG55-02.

小木曾 仁, 2022, 不均質な地下構造の影響を考慮した地震波エンベロープを利用した震源放射エネルギーの推定, 日本地震学会 2022 年度秋季大会, S15P-03.

小木曾 仁, 2022, 地震波伝播の即時把握へ向けた Wave gradiometry の活用可能性の検討, 日本地震工学会・大会-2022, A-22-2.

小木曾 仁・対馬弘晃, 2022, 海洋波のグラディオメトリ解析: 稠密海底圧力観測網データを用いた津波波動場の可視化と伝播特徴の抽出, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「陸海両域での超高密度観測時代の観測・解析手法と地震波伝播理論の新展開」, S22-14.

小木曾 仁, 2023, Wave gradiometry を用いた波動伝播の即時把握に向けた検討, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「地震動をはじめとする地球科学データの即時解析・即時予測・情報の利活用」, (13).

太田雄策・西村卓也・青木陽介・福島 洋・藤田実季子・大塚雄一・鷲谷 威・伊藤武男・古屋正人・大園真子・大西建広・池田将平・伊田裕一, 2022, ソフトバンク独自基準点データの宇宙地球科学用途利活用コンソーシアムの構築, 日本測地学会第 138 回講演会.

太田雄策・西村卓也・青木陽介・福島 洋・藤田実季子・大塚雄一・鷲谷 威・伊藤武男・古屋正人・大園真子・大西建広・池田将平・伊田裕一, 2022, ソフトバンク独自基準点データの宇宙地球科学用途利活用コンソーシアムの構築, GPS/GNSS シンポジウム 2022.

Otsuka, H., Y. Ohta, R. Hino, T. Kubota, and D. Inazu, 2022, An attempt of transient tectonic signals detection from DONET seafloor pressure record using principal component analysis, AGU Fall Meeting 2022.

大塚英人・太田雄策・日野亮太・久保田達矢・稲津大祐, 2022, PCA-based noise reduction of seafloor pressure data to improve tectonic transient signal detection - Application to DONET long-term continuous data, 日本地球惑星科学連合 2022 年大会.

大熊祐里英・隈元 崇, 2022, 文禄五年閏七月九日の伊予・豊後地震に関する特性化震源モデルを用いた中央構造線活断層帯の断層パラメータの検証, 2022 年日本活断層学会学術大会, P-13.

Saito S., S. Yasumoto and N. Sekiya, 2022, Earthquake probability in the National Seismic Hazard Maps for Japan and people's risk perceptions: the

- search for more effective expression, *Earth Planets Space*, 74, 82, <https://doi.org/10.1186/s40623-022-01627-0>.
- Saunders, J. K., S.E. Minson, A.S. Baltay, J. J. Bunn, E. S. Cochran, D. L. Kilb, C. T. O' Rourke, M. Hoshiba and Y. Kodera, 2022, Real-Time Earthquake Detection and Alerting Behavior of PLUM Ground-Motion-Based Early Warning in the United State, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 112(5), 2668-2688, doi:10.1785/0120220022.
- 佐藤英一, 2022, 二重偏波気象レーダーで観測した2021年阿蘇山噴火, 日本地球惑星科学連合大会, MIS23-P03.
- 佐藤英一, 2022, 海底火山噴火に伴って発生した雷について, 日本地球惑星科学連合大会, MIS23-P04.
- 佐藤英一, 2022, 二重偏波レーダーによる大気中の火山灰量推定手法について—初期解析結果一, 日本火山学会, A3-07.
- 佐藤源之・齋藤龍真, 2022, 17GHz GB-SARによる宮城県栗原市地滑り長期モニタリング, 電子情報通信学会信学技報, 122(151), 21-25.
- 関谷直也・安本真也・葛西優香・富澤 周・内田充紀, 2023, 富士山大規模噴火と都民の意識—2022年東京都民調査から—, 東京大学大学院情報学環紀要 情報学研究・調査研究編, 39, 印刷中.
- 下山利浩, 2022, 長周期地震動の予測についての検討, 日本地震学会2022年度秋季大会, S15-10.
- 下山利浩, 2023, 長周期地震動の即時予測についての検討, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「地震動をはじめとする地球科学データの即時解析・即時予測・情報の利活用」, (6).
- 新堀敏基・林 昌宏・石元裕史, 2022, 2022年1月15日トンガ海底火山噴火により発生した傘型噴煙のひまわり8号による解析(その2), 日本火山学会, P1-38.
- 鈴木康弘・渡辺満久・中田 高・田中 圭・藤原広行・門馬直一・中村洋光・内藤昌平・先名重樹・岩城麻子, 2022, 2016年熊本地震の地表断層に沿う建物被害集中の原因論, 2022年日本活断層学会学術大会, 0-4.
- 高野洋雄・対馬弘晃・林 豊・Entel Mikhail, 2022, トンガ火山噴火に伴う潮位振動について, 日本地球惑星科学連合2022年大会, U09-P02.
- 為栗 健・井口正人, 2023, 火砕流のリアルタイム流下予測, 令和4年度京都大学防災研究所研究発表講演会, A302.
- 田中 良・中島悠貴・村上 亮・武田歩真・山口照寛・鈴木敦生・青山 裕, 2022, 安価で省電力なGNSS観測装置による有珠山の稠密GNSS観測(序報), 日本地球惑星科学連合2022年大会, SVC31-P03.
- Tanaka, Y., Y. Ohta, and S. Miyazaki, 2022, Continuous estimation of coseismic and early postseismic slip phenomena via the GNSS carrier phase to fault slip approach: a case study of the 2011 Tohoku-Oki sequence, *Prog Earth Planet Sci*, 9, 55, doi:10.1186/s40645-022-00514-2.
- 田中優介・太田雄策・宮崎真一, 2022, PTS解析で推定された2011年東北地方太平洋沖地震の初期余効すべり時空間発展に基づくプレート境界の摩擦特性の定量評価, 日本地球惑星科学連合2022年大会.

- 谷河 直・香川敬生・野口竜也, 2022, 鳥取平野における微動探査の追加と地下構造モデルの再解析, 第74回2022年度(令和4年)土木学会中国支部研究発表会, I-16.
- Tanioka, Y., Y. Yamanaka, and T. Nakagaki, 2022, Characteristics of Tsunamis Observed in Japan due to the Air Wave from the 2022 Tonga Eruption, Earth Planet Space, 74, doi:10.1186/s40623-022-01614-5.
- 田屋大輝・古村孝志, 2022, 1次元畳み込みニューラルネットワークによる速度応答スペクトル予測, 日本地震学会秋期大会, S21-06.
- Timur E., K. Haneda, A. Kuribayashi, and Y. Gonda, 2023, Lahar Sediment Runoff Characteristics in the Arimura River Basin of Sakurajima Volcano, Japan, Proceedings of Multimodal Sediment Disaster Workshop 2023, Tainan, Taiwan, 18 - 21.
- Timur E., K. Haneda, A. Kuribayashi, and Y. Gonda, 2022, Relationship between debris flow discharge coefficient and monthly ashfall in Arimura river basin, 令和4年度砂防学会研究発表会, 127-128.
- 東北大学災害科学国際研究所南海トラフ地震臨時情報対応研究プロジェクト, 2023, 南海トラフ地震臨時情報発表時における組織の対応計画作成支援パッケージ, 東北大学災害科学国際研究所.
- Tsushima, H., 2022, Capability of Inversion of Dense Offshore Tsunami Measurements to Constrain Spatio-Temporal Evolution of Tsunami Source Generation, AGU Fall Meeting 2022, NH22C-0453.
- 対馬弘晃, 2022, 沖合の津波観測による近地津波の即時予測ー津波波源推定とデータ同化を中心にー, 月刊地球, 515, 381-388.
- 対馬弘晃・林 豊・山本剛靖, 2022, 稠密海底水圧観測が津波の波源・伝播の再現に与える効果: 2016年11月22日福島県沖の地震の事例解析, 日本地球惑星科学連合2022年大会, HDS10-02.
- 対馬弘晃・林 豊, 2022, 海底水圧記録を用いた2022年トンガ火山噴火に関連した初期水位体積の概算, 日本地球惑星科学連合2022年大会, U09-P26.
- 対馬弘晃, 2022, 稠密沖合津波波形の逆解析による津波波源生成の時空間発展の拘束, 日本地震学会2022年度秋季大会, S17P-03.
- 対馬弘晃, 2022, 2016年11月22日福島県沖の地震の津波数値解析: 沿岸部における非線形性の影響評価, 第12回巨大津波災害に関する合同研究集会, セッション1の3番目.
- 堤 大三, 2022, 融雪型火山泥流発生メカニズムの解明のための融雪実験, 令和4年度砂防学会研究発表会, 5-6.
- Yamada, T., K. Ohno, and Y. Ohta, 2022, Comparison between the Hamiltonian Monte Carlo method and the Metropolis-Hastings method for coseismic fault model estimation, Earth Planets Space, 74, 86, doi:10.1186/s40623-022-01645-y.
- 山田太介・太田雄策・大野圭太郎, 2022, ハミルトニアンモンテカルロ法による断層推定および不確実性評価手法の開発, 日本地球惑星科学連合2022年大会.
- 山田太介・太田雄策, 2022, 相関距離を未知とした自己相似性を断層すべりの先験情報としたすべり分布推定手法の開発, 日本測地学会第138回講演会.

- 山本剛靖, 2022, 遠地津波の観測データに基づく経験的な減衰予測手法, 気象研究所技術報告, 86, 1-48, doi:10.11483/mritechrepo.86.
- Yamasaki, S., 2022, Pelitic schist with epigenetic deformation, as a geological factor of deepseated landslides, 日本地球惑星科学連合 2022 年大会, HDS07-05.
- 山崎新太郎, 2022, 四国中央部における泥質片岩で発生した深層崩壊の地質学的背景, 日本応用地質学会中四国支部令和 4 年度研究発表会, 11.
- 山崎新太郎, 2022, 深層崩壊の背後にある多様な地質背景, 第 61 回日本地すべり学会研究発表会, S-6.
- 安本真也・葛西優香・富澤 周・関谷直也, 2022, 地震の被害想定をめぐるコミュニケーション—都民の意識と地震のしろうと理論—, 地域安全学会論文集, 41, 95-105.
- 安本真也・葛西優香・富澤 周・内田充紀・関谷直也, 2023, 首都直下地震と都民の意識—2022 年東京都民調査から—, 東京大学大学院情報学環紀要 情報学研究・調査研究編, 39, 印刷中.
- 安本真也・葛西優香・富澤 周・関谷直也, 2022, 東京都民の地震の被害想定に関する意識, 第 50 回 (2022 年度) 地域安全学会研究発表会 (春季), B10.
- 王 功輝・劉 百川・土井一生・釜井俊孝・大倉敬宏, 2022, Unraveling the role of halloysite on the initiation and movement of coseismic landslides of pyroclastic fall deposits: a case study, 日本地球惑星科学連合 2022 年大会, HDS07-10.

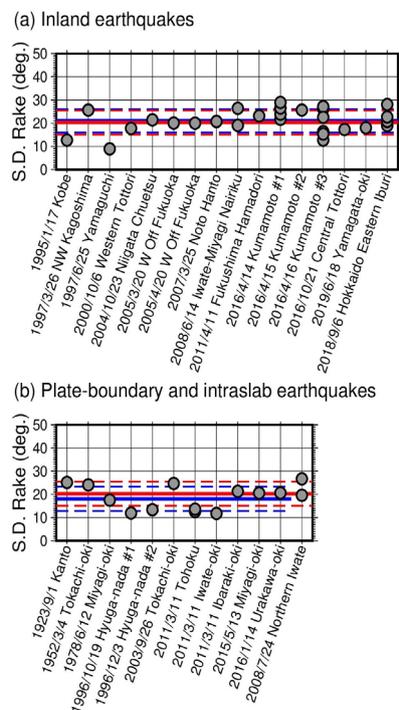


図 1. 既往地震の震源断層モデルのすべり角のばらつきの程度を示した図。赤線が全データの平均と標準偏差、青線が地震タイプ毎の平均と標準偏差をそれぞれ示す (京都大学防災研究所 [課題番号: DPRI09])。

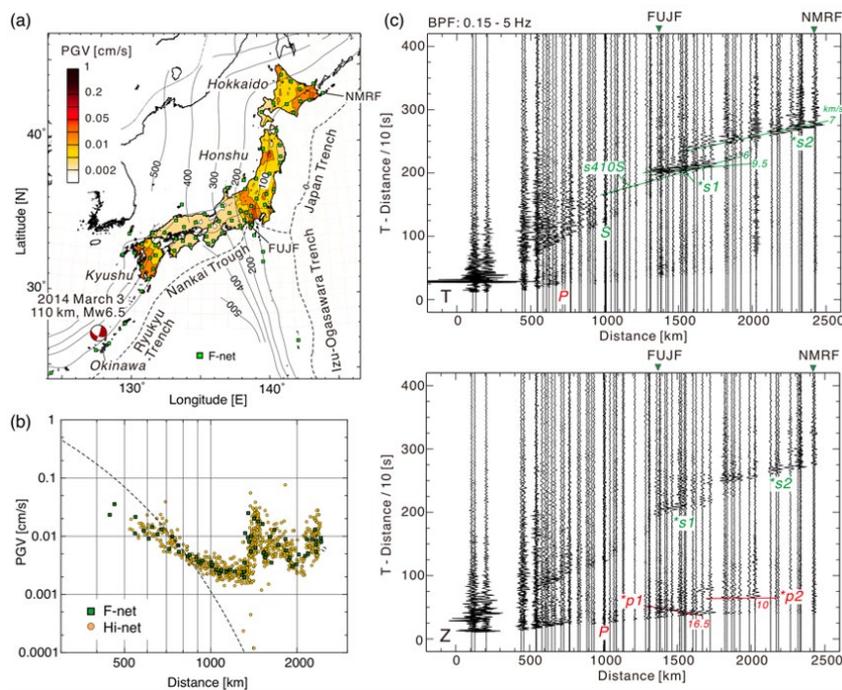


図 2. (a) 琉球海溝のやや深発地震 (110 km) における日本列島の地動速度分布 (PGV)、(b) PGV の距離減衰特性と距離減衰式 (Si & Midorikawa, 1999) との比較。(c) F-net 観測点記録のレコードセクション Transverse (T)、Vertical (Z) 成分に見られる大振幅の S 反射波 (*s1、*s2) (東京大学地震研究所 [課題番号: ERI_14])。

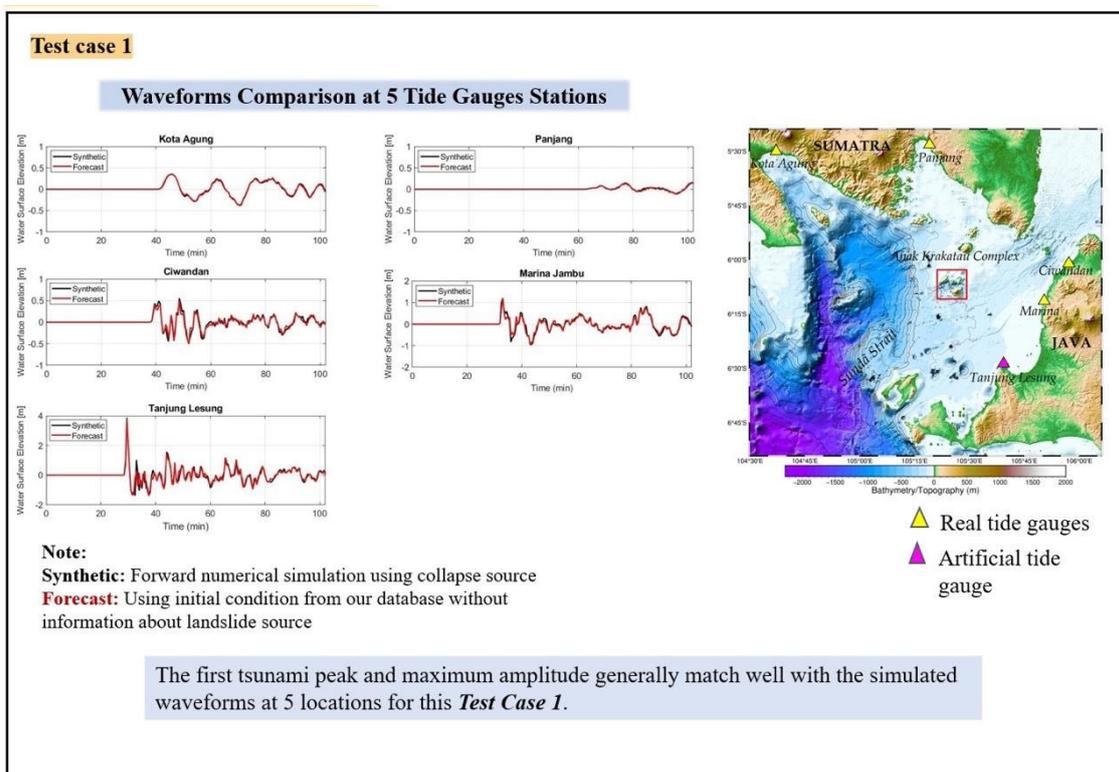


図 3. 2018 年アナク・クラカタウ島火山噴火を模した地すべりに対して、3 分後の津波 (波高・速度分布) を予測する手法を適用した結果の例 (北海道大学 [課題番号: HKD_05])。

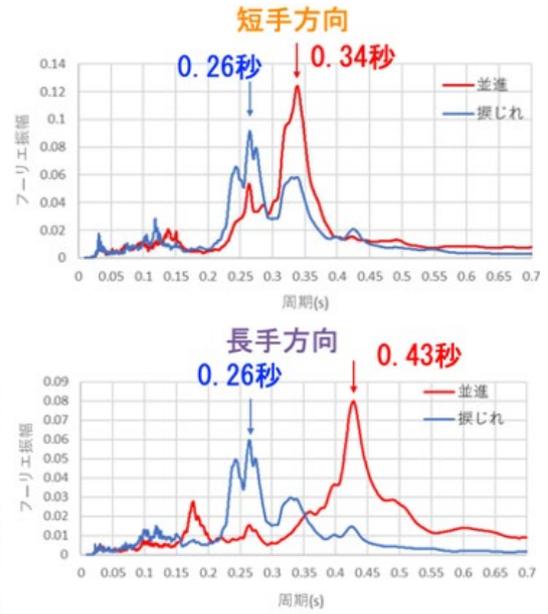


図4. 微動観測による北栄町由良宿における伝統的木造建物の固有周期。赤はそれぞれの方向の固有周期、青は捩れ振動の周期をそれぞれ示す（鳥取大学[課題番号：TTR_01]）。



図5. 17GHz GB-SAR と 79GHz MIMO レーダの同時計測実験の様子（東北大学災害科学国際研究所[課題番号：IRID03]）。

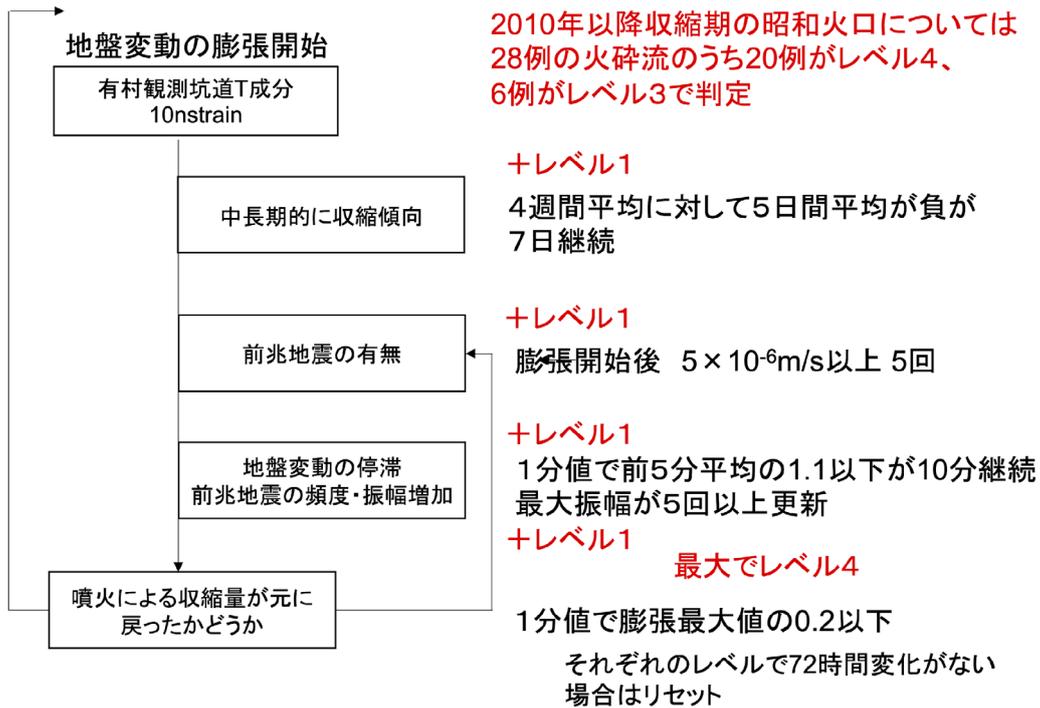


図 6 . 構築した桜島における火砕流の発生危険度判定ロジック（京都大学防災研究所 [課題番号：DPRI11]）。

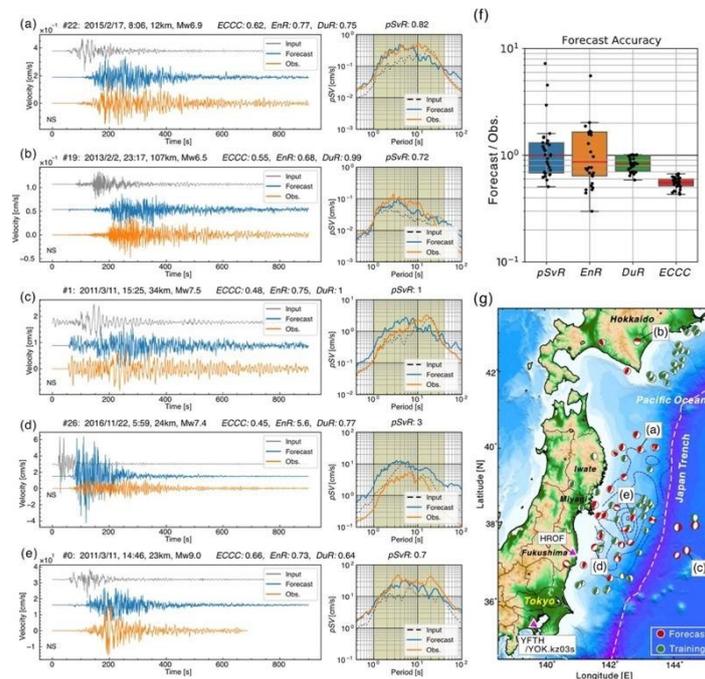


図 7 . (a)-(e) 深層学習 (TCN) による関東 (YFTH、YOK.kz03 地点) での長周期地震動波形の予測結果 (5 地震) と速度応答スペクトルの比較。グレーは入力波形 (HFOR)、青が予測波形、オレンジが観測波形。(f) 予測を行った 30 地震について観測の一致度を、速度応答スペクトル比 (pSVR)、弾性エネルギー累積量比 (EnR)、継続時間比 (DuR)、エンベロープ相互相関係数 (ECCC) について、四分位図で評価。(g) 学習に用いた地震 (緑) と予測に用いた地震 (赤)、および入力 (HROF) と予測地点 (YFTH/YOK.kz03s) (東京大学地震研究所 [課題番号：ERI_14])。

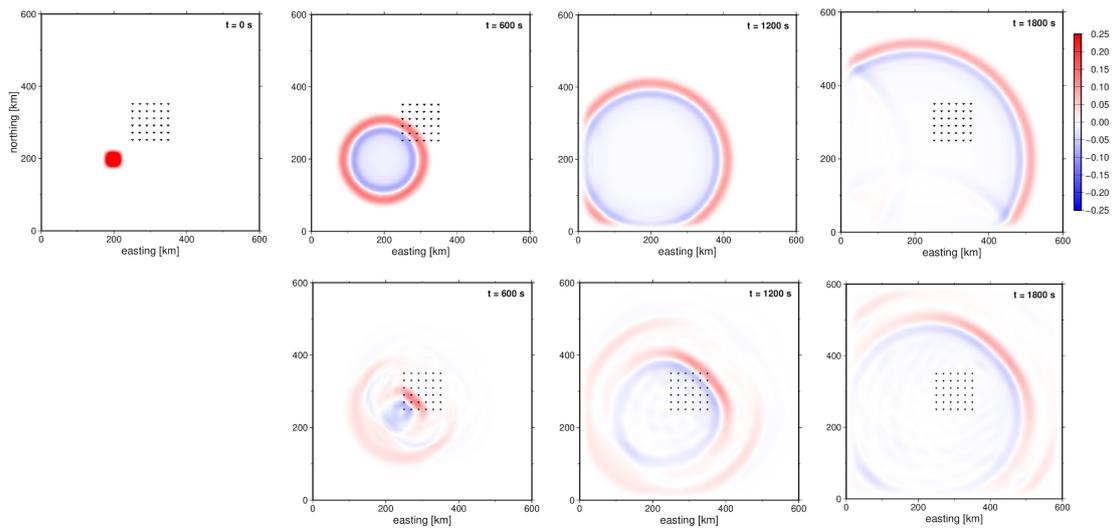


図 8. アジョイント方程式に基づくあらたな波動場現況推定手法の数値実験による検証結果。上段が仮定した津波波動場、下段が同手法によって推定された津波波動場（弘前大学理工学研究科[課題番号:HRS_02]）。

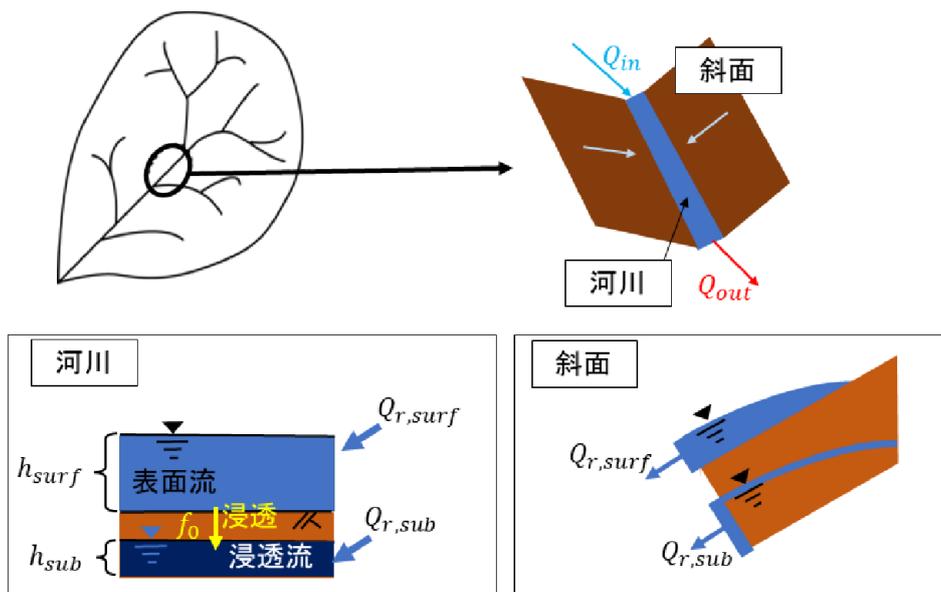
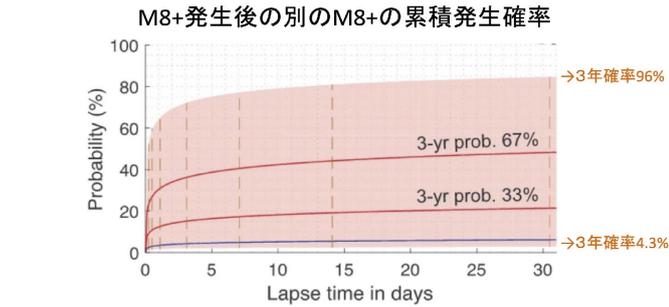
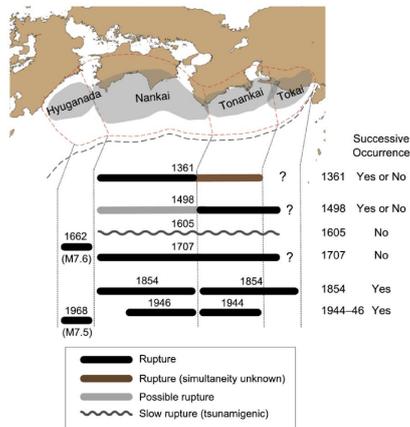


図 9. 山地源頭部の降雨流出および浸透流モデル（京都大学防災研究所[課題番号：DPRI_12]）。

世界の110年間の地震統計と 南海トラフの発生履歴から計算



	6 時間以内	12 時間以内	1 日以内	3 日以内
確率	1.0% - 53%	1.3% - 60%	1.4% - 64%	1.8% - 72%
確率利得	1,300倍 - 70,000倍	860倍 - 40,000倍	460倍 - 21,000倍	200倍 - 7,900倍

	1 週間以内	2 週間以内	1 ヶ月以内	3 年以内
確率	2.1% - 77%	2.3% - 81%	2.6% - 85%	4.3% - 96%
確率利得	99倍 - 3,600倍	54倍 - 2,000倍	28倍 - 910倍	1.3倍 - 29倍

不確実性は大きい・直後ほど要警戒

Fukushima, Y., T. Nishikawa, and Y. Kano, "High probability of successive occurrence of Nankai megathrust earthquakes", Scientific Reports, 10.1038/s41598-022-26455-w, 2023.

図 10. 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、後発地震の発生確率評価を行った結果（東北大学災害科学国際研究所 [課題番号：IRID04]）。

1 (6) 防災リテラシー

「防災リテラシー」計画推進部会長 高橋 誠

(名古屋大学大学院環境学研究科)

副部会長 井ノ口宗成

(富山大学都市デザイン学部)

地震・火山噴火現象の理解・予測を災害の軽減につなげるためには、地震・火山噴火といった自然現象に起因する災害誘因（外力）だけでなく、地形・地盤などの自然環境や、人間の持つ特性や社会の仕組みといった災害素因（自然素因と社会素因）を理解し、地震・火山噴火による災害の発生機構を総合的に解明することが必要であり、また、それらの研究成果を社会に対して適切に還元することが求められる。そのためには、社会が地震・火山噴火災害による被害の発生を抑止したり軽減したりするために必要とされる知識体系を明らかにすることが必要である。

現時点における研究成果に鑑みると、災害誘因としての自然事象に関する理解や予知・予測、災害誘因と災害素因との結び付きによって災害が発生する要因や機構に関する理解から、被害が発生した場合の対応にかかわる方策を得ることによって、災害の軽減を図ることが目指されている。とりわけ災害素因については、構造物や土地利用にとどまらず、人間の認知や行動、企業やコミュニティなどにおける脆弱性の理解といった災害予防の側面に重点が置かれる。また、過去の地震・津波・火山災害事例の被害・応急・復旧・復興といった災害過程、あるいは、将来の地震・火山噴火災害への備えに焦点を当てた研究が行われている。一方、社会における防災リテラシーの実態やニーズに関する調査に基づいてその向上のために必要とされる知識要素を探り、研修プログラムや教材の開発につなげるような実践的な試みも行われている。その際、大学の研究施設のみならず、行政機関や地域社会、広く市民社会との連携も試みられている。

防災リテラシー部会は、基本部分を前計画における地震・火山災害部会から引き継ぎながら新たに設置された。防災・減災に対する社会の要請を意識し、理学・工学・人文社会科学の研究者が連携することによって、災害事例に基づき、災害の発生要因を災害誘因と災害素因とに関連づけて解明する研究を従前どおり推進する。また、マイクロジオデータやオープンサイエンスの手法なども活用し、産業界や行政機関、一般市民などのステークホルダーとの連携を深めつつ、社会における防災リテラシーの実態調査や災害軽減に効果的な知識体系要素の探求などを通して、地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究を行う。

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て分析することが重要である。

近代以前の歴史災害の場合、現存する記録の信頼性についての史料批判が不可欠である。とりわけ近世初期の蝦夷地（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するとともに（図1）、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（東京大学史料編纂所[課題番号：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をもとに、Generic Mapping Tools（GMT）を用いて地形復元を行い、2011年東北地方太平洋沖地震における津波浸水範囲と、山奈宗真『岩手県沿岸大海嘯部落見取絵図（丙）』をもとにした1896年明治三陸地震津波の浸水範囲を重ね合わせ、明治三陸地震当時の家屋や道路の配置情報を可視化した。その結果、2011年の津波浸水範囲は、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（東北大学災害科学国際研究所[課題番号：IRID05]）。

ひとたび災害が発生すると被災者は様々な財産を失う一方で、生活再建にかかる公的な支援策が多岐にわたるために、被災自治体にとって被災者ニーズを的確にとらえることが迅速な復興に向けた課題となる。2007年新潟県中越沖地震における柏崎市の対応を事例として、生活再建に関する相談データ（主として仮設住宅入居者）について共起ネットワーク分析を行い、被災者自身の抱える生活再建上の課題を抽出した結果、仮設住宅の退去に関する相談、建物の再築に関する業者・工事に関する相談、公営住宅への入居希望が強い共起を示し（図2）、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（富山大学[課題番号：TYM_03]）。

近い将来に予測される南海トラフ地震への備えに関しては、被害が想定される尼崎市内の中小企業における災害対策の実情を把握するために、無作為に抽出した市内事業所に対して質問紙調査（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のみならず、従業員の被災や通勤困難と考えている企業が多く（図3）、一方で、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（兵庫県立大学[課題番号：HGY_02]）。

南海トラフ地震に関しては、地域レベルでも事前復興対策が進められている。甚大な津波被害が予測される高知市では、南海トラフ地震の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が、小地域統計データを用いて、どのような事業所や住民がどこに移転したのかを検証した。その結果、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、津波浸水想定地域では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。以上のことから、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るために、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（名古屋大学[課題番号：NGY_06]）。

(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

社会における防災リテラシーの実態の把握については、本年度も、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。

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、苫小牧市において、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た。避難距離・歩行速度・避難時間に着目した分析を行った結果、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（図4）、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（北海道大学[課題番号：HKD_07]）。

また、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（図5）、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ために、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（東北大学災害科学国際研究所[課題番号：IRID06]）。

2014年に深刻な御嶽山噴火被害を経験した長野県木曾地域のように、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、比較表を完成した（図6）。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（名古屋大学[課題番号：NGY_06]）。

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（京都大学防災研究所[課題番号：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

(図7、京都大学防災研究所[課題番号：DPRI13、DPRI14]、兵庫県立大学[課題番号：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、昨年度総合研究グループ「小規模・高リスク噴火」とも連携して実施した「阿蘇への観光客に対する火山防災に関する意識調査」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(京都大学理学研究科[課題番号：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読する「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(京都大学防災研究所[課題番号：DPRI14])。

最後に、本部会の最重要課題として、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からなる一連の研修プログラムの作成を行っている。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(図8)。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(新潟大学[課題番号：NGT_02])。

これまでの課題と今後の展望

第2次の観測研究計画では、地震・火山噴火現象の理解・予測を災害の軽減につなげるための災害科学の確立を目標として、防災・減災に対する社会の要請を意識しながら、全国の大学における理学・工学・人文社会科学の研究者が連携することによって、地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の研究と、地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究を実施してきた。

具体的に、地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の研究においては、近世・近代の史料を批判的に検討し、災害の具体像を復元するとともに社会の対応を分析した。また東日本大震災などの近年の災害を事例にしなから、災害復興や防災対策、防災

教育などの社会対応の課題に関する検討を蓄積してきたが、とりわけ本年度では、企業やコミュニティが南海トラフ地震などの将来の災害に備えるための課題に関する示唆を得た。地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究に関しては、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進めてきた。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協働に本格的に乗り出してきた。

今後は、過去4年間における検討をさらに深化させながら、研究まとめとしての防災リテラシーの理論的な体系化を目指したい。地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の研究においては、史料データベースといった歴史資料などに基づき過去の地震・津波・火山災害などの自然災害事例を蓄積し、当時の人々の対応や教訓、復興過程などについて総合的な理解を図る。また、災害誘因の事前評価と災害素因、とりわけ地域社会の脆弱性概念とを結び付けて災害発生機構の理論を洗練させ、災害の予測や予防、災害対応にかかわる知識要素と結び付けて検討することによって実践的な防災リテラシーを獲得する。地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究においては、これまで把握してきた防災リテラシーの実態やニーズに基づき、他の計画推進部会や総合研究グループと連携しながら、行政職員やボランティアなど、対象を明確化した講習・研修プログラムの完成を目指す。その際、マイクロジオデータやGISを利用した空間分析法の構築、地震・火山情報の配信システムの整備、オープンサイエンスやワークショップといった市民参加型リスクコミュニケーションなど、新しい手法の開発を継続させることが重要である。

成果リスト

- 川村壮，橋本雄一，2022，函館市における土地利用の空間的特徴と津波災害リスク，地理情報システム学会講演論文集，31，B-1-5.
- 橋本雄一，2022，北海道太平洋沿岸の津波浸水想定変更に伴う避難困難域の変化，地理情報システム学会講演論文集，31，B-02-4.
- 橋本雄一，2022，ブラックアウトとホワイトアウト，地理，67(2)，129-166.
- 橋本雄一編著，2022，六訂版GISと地理空間情報：ArcGIS Pro3.0の活用，古今書院.
- 堀井雅恵，山岡耕春，國友孝洋．竹脇聡，2022，御嶽山地域と他の火山地域の火山防災教育に関する活動の比較，日本火山学会2022年度秋季大会，P2-24，
doi.org/10.18940/vsj.2022.0_163.
- Matsuzaki, Y., R. Ishibashi, M. Yasuda, A. Tanabe-Ishibashi, A. Honda, T. Abe, M. Sugiura, 2022, Does the eight-factor "power to live" in disaster exist since childhood? *Frontiers in Public Health*, 10, 1022939,
[doi:10.3389/fpubh.2022.1022939](https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1022939).
- 三井和，橋本雄一，2022，苫小牧市の津波浸水想定域における避難困難地域の空間分析，地理

- 情報システム学会講演論文集, 31, B-1-6.
- 室井研二, 2022, アーバンフリンジの震災復興と社会変動, 日本都市社会学会年報, 40, 59-75.
- 室井研二, 2022, 地域と事業所の防災協力はいかに可能か, ほくとう総研『NETT』, 115, 22-25.
- 室井研二, 2022, 震災復興過程における社会と自然—仙台都市圏周辺部の事例, 土木学会西部支部, 都市水害に関するシンポジウム講演論文集, 21, 21-26.
- Muroi, K. 2022, Post-disaster reconstruction in the rural-urban fringe following the Great East Japan Earthquake, E3S Web of Conferences 340, 03001, doi.org/10.1051/e3sconf/202234003001.
- 長島雄介, 阪本真由美, 2022, 小学校における地震・津波の取り上げ方に関する研究: 被災地で用いられる副読本に着目して, 日本災害情報学会第25回学会大会予稿集, 6-7.
- 中道治久, 2022, 火山災害: 噴火のメカニズム, 日本自然災害学会編: 自然災害科学・防災の百科事典, 丸善出版, 154-155.
- 中道治久, 2022, 火山災害: 地殻変動, 日本自然災害学会編: 自然災害科学・防災の百科事典, 丸善出版, 166-167.
- 中道治久, 2022, 火山における3次元地震波速度トモグラフィー実践法, 火山, 67, 207-220, doi.org/10.18940/kazan.67.2_207.
- 中道治久, 阪本真由美, 2022, 火山岩塊の落下を受けて実施した桜島住民アンケート結果, 日本火山学会2022年度秋季大会, doi.org/10.18940/vsj.2022.0_1
- 奥野祐介, 橋本雄一, 2022, 日本海溝北部地震による津波を想定した疑似的津波集団避難行動分析—北海道苫小牧市を事例として, 地理情報システム学会講演論文集, 31, B-02-3.
- 小野塚仁海, 橋本雄一, 2022, 携帯電話人口統計を用いた災害発生直後の都市における人口分布変化に関する研究—平成30年北海道胆振東部地震発生後の札幌を事例に, 地理情報システム学会講演論文集, 31, B-1-4.
- Rahadianto, H., H. Tatano, M. Iguchi, H.L. Tanaka, T. Takemi, S. Roy, 2022, Long-term ash dispersal dataset of the Sakurajima Taisho eruption for ashfall disaster countermeasure, Earth System Science Data, 14, 5309-5332, doi.org/10.5194/essd-14-5309-2022.
- Sasaki, D., Y. Jibiki, T. Ohkura, 2022, Tourists' behavior for volcanic disaster risk reduction: A case study of Mount Aso in Japan, International Journal of Disaster Risk Reduction, 78, 103142, doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103142.
- 澤田雅浩, 2022, 中高層集合住宅のみで構成される地区における在宅避難を前提とした地区防災計画のあり方に関する研究—神戸市中央区港島地区における地区防災対策委員会の活動を通じて—, 地区防災計画学会誌, 24, 74.
- 塩崎大輔, 橋本雄一, 2022, 大学地理教育におけるICT及びWebVR技術を用いた防災教育システムの利活用, 地理情報システム学会講演論文集, 31, B-5-5.
- Sugimori, R., K. Ariizumi, K. Satake, 2022, Origin Time of the 1854 Tokai Earthquake Recorded in the Logbook of the Russian Frigate Diana, Journal of Disaster Research, 17(3), 409-419, doi.org/10.20965/jdr.2022.p0409.

- Sugiura, M., 2022, Adaptability, supernaturalness, and the neurocognitive basis of the self-transcendence trait: Toward an integrated framework through disaster psychology and a self-agency model, *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 16, 943809, doi.org/10.3389/fnbeh.2022.943809.
- 竹内慎一, 戸松誠, 片岡鉄也, 橋本雄一, 草苺敏夫, 2022, 北海道における津波避難の防災教育活動の実践について—その2 むかわ町立鵜川中学校への協力事例, *日本建築学会北海道支部研究報告集*, 95, 333-336.
- Yamori, K., Y. Iio, H. Shiroshita, 2022, Open science in seismology: The role of citizen science in the transition from seismic observatory to science museum, *Journal of Integrated Disaster Risk Management*, 12, 1-23, doi.org/10.5595/001c.35742.

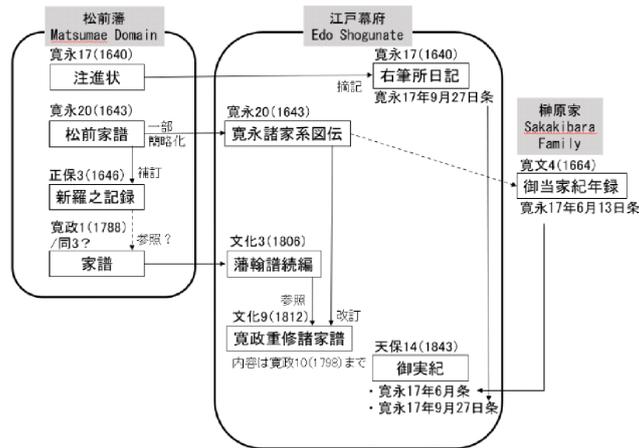


図 1. 1640 年北海道駒ヶ岳噴火関係史料の所在と相互の関連 (東京大学史料編纂所 [課題番号: UTH_02])

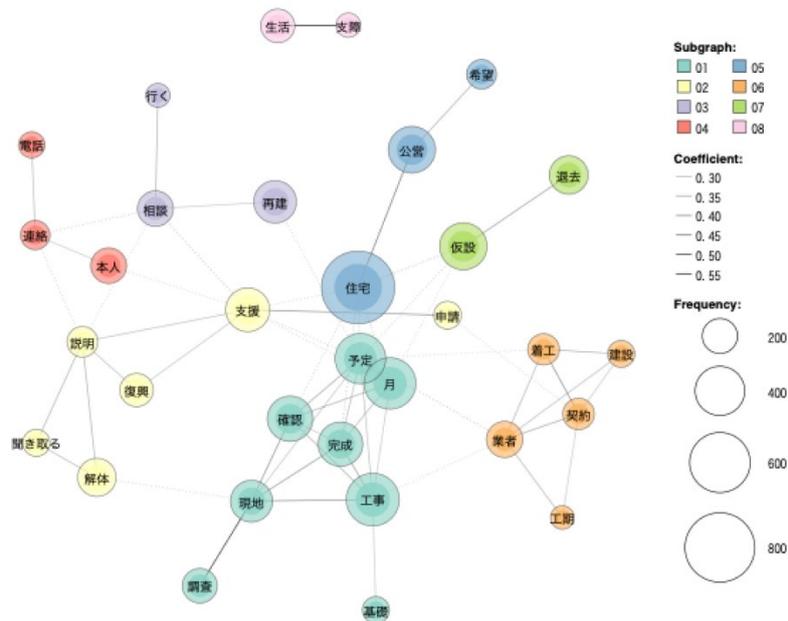


図 2. 生活再建のかかる相談内容の共起ネットワーク (富山大学 [課題番号: TYM_03])

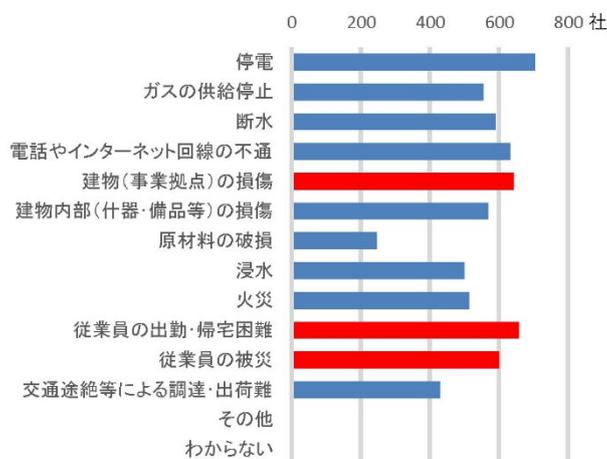


図 3. 尼崎市内の中小企業において将来の地震災害によって事業活動中断に至ると考えられた事由 (兵庫県立大学 [課題番号: HGY_02])

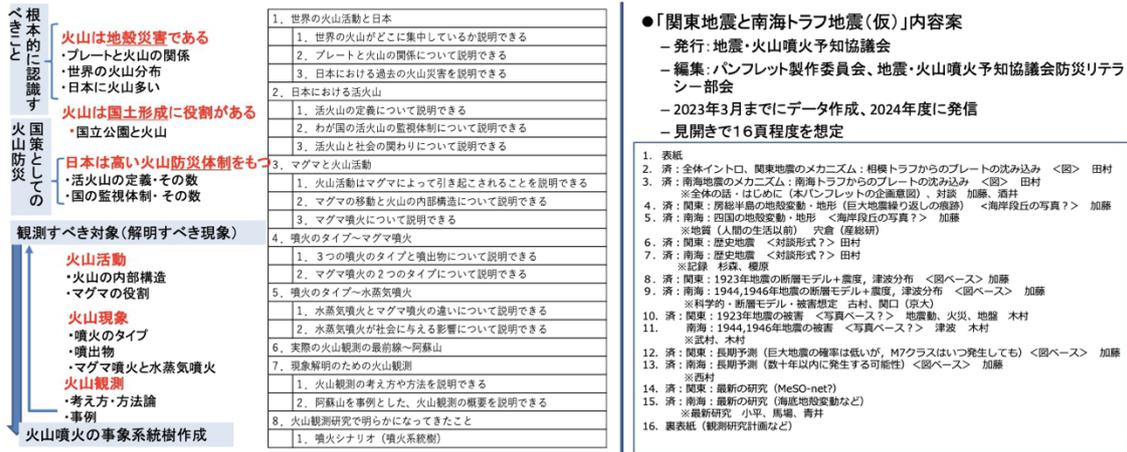


図8. 火山学の基礎知識習得のフレームと学習目標(左)、関東地震100周年を契機とした防災リテラシー向上のためのコンテンツ作成(右)(新潟大学[課題番号:NGT_02])

1 (7) 史料・考古

「史料・考古」計画推進部会長 榎原雅治

(東京大学史料編纂所)

副部会長 山中佳子

(名古屋大学大学院環境学研究科)

日本列島において近代的な観測機器による地震観測が開始されたのは明治時代前期以降であり、それ以前に発生した地震・火山噴火現象、またはそれらによる災害に関する知見を得るためには、史料や考古資料に基づく地震や火山噴火に関するデータが必要不可欠である。そのため、日本における地震火山関連史料の収集・編纂とそれらを用いた地震や火山噴火の研究は、明治時代後期より実施されており、各種の地震史料集や火山噴火史料集が刊行されている。

史料や考古資料に基づく地震火山関連のデータは、人間の感覚に基づく記録や地中に残された痕跡に基づくデータであるために、近代的な観測機器を用いた地震・火山の観測データと比較して、その精度が格段に劣るのは当然である。そこで重要になってくるのが、歴史学の手法を用いた史料とその記述の正確な分析・解読や、地質学的な手法を活用した考古遺跡における災害痕跡の分析といった、これまでの地震・火山噴火の研究において積極的に用いられてこなかった手法の導入である。地震・火山噴火関連の史料データ・考古データのデータベースの構築や統合と共に、これらのデータを活用した新たな研究手法の検討や利用も重要な研究課題である。このような新たな研究への取り組みは、史料や考古資料に関する読解や分析が十分とは言えなかった従来の研究手法を改善し、それぞれの分野の学術研究に裏打ちされた精度と確度の高い研究を目指すものである。この取り組みによって、地震学や火山学の分野から信頼性が問題視されてきた史料・考古データや、それらに基づく研究成果について、これまで以上の信頼性を確保できると考える。

1. 地震・火山現象の解明のための研究

(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

史料や考古資料の分析に基づいて、近代的な機器観測が開始される前に発生した低頻度かつ大規模な地震・火山噴火やそれらによる災害を調査・研究することは、今後発生するそれらの現象や災害の様相を予測し、その被害の軽減することに貢献できると考えられる。百数十年から数百年の期間において同一地域で発生する低頻度大規模地震や火山噴火は、明治時代に開始された近代的な機器観測を用いて、それぞれ数回の事象に関して観測データが取得されているのみである。しかし、低頻度の現象や災害は機器観測の開始以前にも発生しており、機器観測によるデータは皆無であるが、歴史学や考古学で用いられる史料や考古資料には、地震や火山噴火に関連した記述や災害痕跡が含まれている。このような史料や考古資料を地震学や火山学の研究に役立てるためには、従来のような史資料の収集・編纂のみに止まらず、観測データや数値計算との比較・検討を目的としたデジタルデータ化とデータベースの構築が必要になってくる。これによって、地震学や火山学の研究に史料や考古資料を活用する際の利便性が向上するだけでなく、信

頼性の高い史料・考古データをデータベース化することで、歴史地震や火山噴火の研究における信頼性を高めていけると考える。

ア. 史料の収集とデータベース化

・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

地震史料集テキストデータベースに収録された史料について、書名欄に書かれている地名を ROIS-CODH の歴史的行政区域データセットβ版を活用してデータ化した。同データベースのデータについて、史料集発行時の間違いや、テキスト化のミスなどを点検、修正し、より正確なデータとした（東京大学地震火山史料連携研究機構[課題番号:HMEV01]）。地震史料検索システムのDBの更新、システムのバグの修正・改良をおこなった（名古屋大学[課題番号:NGY01]）。

史料中に記された地名を地図上に表示させるシステムを構築するために、自然言語処理を専門とする情報工学研究者と連携して、AIによる史料中の地名表現の自動抽出や地名表現のマークアップに取り組んだ。『新収日本地震史料第2巻』を用いた試行から、人手による抽出には及ばないが、利用可能な性能と判断した。自動的に緯度経度を付与する手法についても検討を開始した（東京大学史料編纂所[課題番号:UTH_01]）。歴史地名を現代の位置情報に変換するための地名辞書（Gazetteer）データについて検討を行った（東京大学地震火山史料連携研究機構[課題番号:HMEV01]）。

安政東海・南海地震、安政江戸地震について書かれている大沢家本願寺関係文書の第1、2分冊の翻刻と目録作成をおこなった。また西尾市岩瀬文庫所蔵の田中長嶺「尾濃震災図録」の翻刻集をまとめた。新たな史料である「違変記」を購入し、デジタル画像化し、目録を作成した（名古屋大学[課題番号:NGY01]）。

1854年安政東海地震に際して発生した、甲府盆地東部の家屋被害に関する史料に関して分析を進め、救済金額などから村ごとの本潰軒数と半潰軒数の内訳を推定した（東京大学地震火山史料連携研究機構[課題番号:HMEV01]）。

・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資料調査と解析

日本海沿岸地域を中心とした地震・火山現象を解明するために、各地の史料保存機関に所蔵される史資料の調査や、既刊の地震・火山噴火史料集に所収される史料の原本調査に基づく校訂作業、および解析を実施した。成果を年代順に記す。（1）年代記の史料学的な検討により、武蔵国東部（埼玉県南東部近辺）で成立した『年代記配合抄』の1410～1582年の地震関連記事7件、上野国勢多郡（群馬県前橋市）で成立した『赤城神社年代記』の1409～1584年の地震関連記事4件は信憑性が高いことを確認した。（2）前記（1）と『鎌倉大日記』彰考館本、および従来の研究（行谷・矢田2014、佐々木2022ほか）をふまえ、1454年12月12日（享徳三年十一月二十三日）の地震は、陸奥国牡鹿郡地域（宮城県石巻市周辺）のみならず、関東でも「大地震」と認識される地震であり、上野国勢多郡では半時（約1時間）震動し続けたこと、同年12月10日ないし12日にも鎌倉や武蔵国東部で「大地震」と認識される地震が発生したことを確認した。（3）1611年の会津慶長地震によって形成された山崎新湖は、1645年の工事により完全に消滅するまで存在した内水面であり、会津から日本海へと流下する水が収束する地点に存在した。従来注目されてこなかった東京大学総合図書館南葵文庫の「奥州図」について詳細に検

討し、地震により形成された山崎新湖の形状がかなり正確に表現されていることを明らかにした。(4) 1828年(文政十一年)越後三条地震に関し、確実に大名留守居廻状であると確認できる常陸笠間藩牧野家・山城淀藩稲葉家の史料の子細な検討から、地震のような大災害に際し、各大名家の留守居は、幕府への届書を作成し江戸城に持参すると共に、これを留守居廻状によって広く共有したことを明らかにした。(5) 明治・大正期の教育者の渡辺敏が1847年善光寺地震について収集した資料、聞き取りした体験記・体験談を再検討することにより、渡辺の研究姿勢や、その後の善光寺地震研究に与えた影響を確認するとともに、災害の体験談資料の有効性を指摘した。(6) 1855年安政江戸地震の江戸より東方の被害の境界地域を検討するため、『石河明善日記』から水戸街道沿い、『渡辺東淵雑録』から千葉街道地域の被害の状況・違いについて検討した。江戸の東側の境界は、水戸街道では宮和田宿・藤代宿(茨城県取手市)辺り、千葉街道では鷺沼村(千葉県習志野市)辺りである。(7) 1923年関東大震災時の社会事象を描いた史料として納札に注目し、早稲田大学図書館所蔵『関東大震災図会納札集』に収録された納札を整理・検討した。関東大震災に関する題材を扱った納札には、同時代の写真をもとに図柄を描いたものがある一方、元になる写真があるとは考えにくい震災後の社会状況を描いた納札もある。後者のような社会状況の描写を手掛かりに、従来見えにくい災害と社会との関係にも光をあて得る(新潟大学[課題番号:NGT_01])。

・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

1616年(元和二年)の仙台地震における津波の存在は、これを記した近代以前の文献は存在せず、現段階では大きな被害をもたらした津波は発生していないと考えるのが妥当であることがわかった。当該地震について『日本被害地震総覧』や『理科年表』では、地震動により仙台城の石垣の崩壊したことに加え、津波が発生した可能性が指摘されていた。これは『大槌古城由来記』などの大槌地方の史料に元和二年に津波が発生したという記述が存在するためであるが、盛岡藩の史書などとの比較から、実際は1611年(慶長十六年)の慶長奥州地震津波の記事であると判断できる。この記述が『宮城県海嘯史』(1903)や『宮城県昭和海嘯史』(1935)に「三陸地方」の津波として書き継がれ、『増訂大日本地震史料』にも掲載された。さらに、これと宮城県塩竈市浦戸における永禄年間の津波伝承とが混同された『浦戸の今昔』の記事が『新収日本地震史料 続補遺』に収録され、『日本被害津波総覧』においては1616年(元和二年)に浦戸を襲った津波として記載されることになった(東北大学災害科学国際研究所[課題番号:IRID01])。

・史料を地震研究に活用する方法についての検討

e-コミマップを使った南海トラフ巨大地震史料の見える化を行った。昨年度に引き続き三重県の史料入力を行い、さらに愛知県についても入力した。三重県についてはまだ全部の入力が終わったわけではないが、現在の入力史料から宝永地震、安政東海地震、昭和東南海地震について比較検討をおこなった(図1)。安政東海地震では全般的に大きな津波被害を被っているが、これまでも指摘があるように(たとえば行谷・都司, 2005)南伊勢市東部では比較的被害が少ないことがわかる。また志摩半島の東側では最初に潮が大きく引いているのに対し、紀北以南では大きく引くことはなかったと記録されている。さらに紀北以南での津波到来時刻については、宝永地震では揺れがおさまってから

津波が来るまでに飯を炊くくらいの時間があったが、安政地震では揺れがおさまってからすぐに到来している。宝永、安政とも大きな被害がでており、これまでに推定された浸水高をみてもさほどの違いはないが、時間差があることから、宝永の方が規模は大きかったと想像される。昭和東南海地震でもこの地域には地震発生後5～20分程度で津波が到来している。安政や昭和では少なくとも紀北以南に近いところに震源域があるが、宝永ではそこは滑っていないということができよう。現在求められているアスペリティが繰り返し滑っているという考え方(Yamanaka and Kikuchi, 2004)に基づき、Yokota et al. (2016)で求められたアスペリティ分布を考慮すると、昭和東南海地震と安政東海地震では熊野灘の大きなアスペリティが滑ったが、宝永地震ではこのアスペリティは滑らなかった可能性がある。宝永地震＝安政東海地震＋安政南海地震ではない可能性がでてきたということである(名古屋大学[課題番号: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とデジタルアーカイブを活用するためのWebアプリを改良した。歴史地震IDに基づくポータルサイトを試作した(東京大学地震研究所[課題番号:ERI_01])。

・研究コミュニティの構築・教育・市民への普及

2022年11月26日に第10回歴史地震史料研究会をオンラインにて開催し、本課題研究者メンバーを中心とした歴史学者8人・考古学者1人・地理学者1人・地震学者1人による研究発表・討議を行った(参加者31人)(新潟大学[課題番号:NGT_01])。

昨年度実施したシンポジウム「歴史が導く災害科学の新展開V—文理融合による1611年慶長奥州地震津波の研究—」の報告書を「歴史文化資料保全ネットワーク叢書」として刊行した(東北大学災害科学国際研究所[課題番号:IRID01])。

古文書解読のための定期的な勉強会(週1回、京都とつくばの2か所、オンラインまたはハイブリッド)を継続的に開催している。また、合宿形式の勉強会(2022年8月26日～28日オンライン、2023年3月23日～25日ハイブリッド)を開催した(東京大学地震研究所[課題番号:ERI_01])。

イ. 考古データの収集・集成と分析

・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

データベースについて「歴史災害痕跡データベース(Historical Disaster Evidence Database: HDE-GISdb)」と命名し、2023年3月にα版を公開することとなった(図2)。全国の発掘調査を担当する地方公共団体の文化財担当から、発見された災害痕跡等のデータを集めるため、データベースへの入力用インターフェースの構築を進めた。テスト参加希望の県に所属する文化財担当者や「日本災害・防災考古学会」と協力して、災害痕跡の識別方法を含めたHDE-GISdbの利用マニュアルの作成を始めた。近畿地方(とくに京都府、奈良県)および九州地方を中心に、遺跡から発見される災害痕跡種の類別、痕跡の形成時期について情報収集を進め、災害痕跡の発見されない場所と併せて調査地点ごとに約3万地点のデータベース化を進めた。上記の結果、表層地質(沖積層上部)にみられる災害痕跡は、地震や火山活動による被害様相が地形要素によって多様に変化するだけでなく、深部の地質の脆弱性との強い相関性がある可能性が見えてきた。遺跡単位で

はなく、調査地点単位で災害痕跡情報を収集することで、遺構の切り合いや出土遺物の型式、さらに放射性炭素年代などの細かな調査成果を利用することが可能となり、結果的に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（図3、奈良文化財研究所[課題番号：NAB_01]）。

・縄文時代前期の東北・関東両地方における大規模地震の検討

縄文時代前期（7050-5415 calBP）に本州東部で発生した地震活動について、縄文集落の分析から考古年代の特定等の基礎的な検討を行った。神奈川県小田原市羽根尾貝塚での活動を終焉させた地震を伴う隆起活動（房総半島先端部の隆起と連動した相模トラフ地震の可能性が高い）、および三陸の海岸低地帯の集落動向からよみとれる津波をともなう大地震は、いずれも考古年代前期後葉の大木3-諸磯a式古段階の時期であると推測した（新潟大学[課題番号：NGT_01]）。

（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観測データ取得開始以前に発生した地震・火山噴火について知るためには、歴史学や考古学で用いる史料や考古資料に基づいて、調査・研究を実施していく必要がある。これらの史料や考古資料をデータベース化し、位置情報や時間情報を付与して被害分布図等を作成することによって、近代的な機器観測に基づく観測データとの比較・検討が可能になる。このような被害分布図等を活用して、前近代に発生した低頻度大規模地震や火山噴火現象とそれらによる災害の実態を解明することは、長期的な災害対策の策定に寄与できると考える。

・史料を用いた地震・火山現象の分析

1800年から安政東海・南海地震に至るまでの期間の九州を中心とした西日本における記録を調査し、次の新知見を得た。（1）1844年6月24日（弘化元年五月九日）昼頃に発生した地震によって、日向都城と延岡で建物被害が生じていた。また日向小林、豊後臼杵でも新たな有感地震記録がみつき、この地震の震源は日向灘付近であると考えられる。同日には佐賀付近でも強い震動の記録が複数みつき、同日のうちに二つの地震が前後して発生していた可能性がある（図4）。（2）熊本県博物館ネットワークセンター所蔵「瀬井家資料」を調査し、1826～1868（文政9年～明治元年）にいたる熊本県高森町の有感地震情報を収集した。1854年（安政元）の阿蘇地方での地震についてはこれまで簡略な記録しか知られていなかったが、「瀬井家日記」によって、12月24日（十一月五日）の安政南海地震と、12月26日（十一月七日）の豊予海峡地震による、阿蘇南郷谷の被害状況が具体的に知られるようになった。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できた（東京大学史料編纂所[課題番号：UTH_01]）。

成果リスト

・論文・報告書等

Ebara M., 2022, Development of Farmland in a Lagoon and Damage Caused by Storm Surge in 17th Century Japan, J. Disast. Res., 17, 390-398, doi:10.20965/jdr.2022

- 蝦名裕一，2022，歴史文化資料保全ネットワーク叢書『シンポジウム歴史が導く災害科学の新展開Ⅴ—文理融合による1611年慶長奥州地震津波の研究—』，東北大学災害科学国際研究所
- 服部健太郎，2022，1923年関東地震による伊豆大島の被害を記した資料，歴史地震，37，69-73
- 服部健太郎，大邑潤三，2022，明治初期の日本における地震の記録『震災録』-Milne（1882）との関係，地質学史懇話会会報，59，56-59
- 原直史，2022，大名留守居廻状と災害情報の共有—文政11年三条地震を中心に—，第10回歴史地震史料研究会講演要旨集，21-25
- 原田和彦，2022，松代藩における善光寺地震後の復興策—勘定所元々『変災付日記』の分析—，災害・復興と資料，14，68-87
- 原田和彦，2022，地震体験談の蒐集—善光寺地震を素材として—，第10回歴史地震史料研究会講演要旨集，26-28
- 堀健彦，2022，国絵図に描かれた山崎新湖—1611年会津地震により形成された湖の形を考える—，災害・復興と資料，14，43-57
- 堀健彦，2022，1828年三条地震と平安越後古図—災害を契機とした古景観像の創出と流布—，第10回歴史地震史料研究会講演要旨集，18-20
- 加納靖之，2023，『増訂大日本地震史料』の「(?)」が付された綱文の再検討，地震2，75，183-192，doi:10.4294/zisin.2021-5
- 加納靖之，2023，コラム3 山村と地震，中央大学山村研究会（編）白水智（編集代表）「山村は災害をどう乗り越えてきたか—山梨県早川町の古文書・民俗・景観を読み解く」，小さ子社，193-196，ISBN:9784909782137
- 片桐昭彦，2022，東国の年代記にみる15世紀の地震，第10回歴史地震史料研究会講演要旨集，7-8
- Murata, T., 2022, The Construction of the Historical Disaster Evidence Database and its Effectiveness, J. Disast. Res., 17, 420, doi:10.20965/jdr.2022
- 村田泰輔，2022，歴史災害痕跡データベースの構築とその有効性，第1回日本災害・防災考古学会研究会資料，1，41
- 村田泰輔，2021，（展望）歴史災害痕跡データベースの構築とその有効性，考古学研究，68-3，16
- 齋藤瑞穂，五十嵐聡江，宅間清公，安井健一，鈴木正博，齋藤弘道，2022，陸中・山田湾におけるパブリック・アーケオロジーの実践と縄文三陸津波研究，第1回日本災害・防災考古学会研究会資料・予稿集，67-72
- 齋藤瑞穂，鈴木正博，2022，縄文三陸地震津波研究（5）—「縄文海進」定着後の天変地異と陸中・山田湾—，第10回歴史地震史料研究会講演要旨集，1-6
- Sugimori, R., K. Ariizumi, K. Satake, 2022, Origin Time of the 1854 Tokai Earthquake Recorded in the Logbook of the Russian Frigate Diana, J. Disast. Res., 17, 409-419, doi:10.20965/jdr.2022
- 矢田俊文，中村元，長岡市立中央図書館文書資料室編，2022，災害史研究とチラシ・ポスター・絵葉書の資料学，新潟大学人文学部附置地域文化連携センター，1-36
- 矢田俊文，2022，明治初期における相馬付近・仙台平野南部の潟湖—「磐城岩代両国全図」—，災害・復興と資料，14，115-123
- 矢田俊文，2022，1855年安政江戸地震被害の境界と1856年安政台風の被害：石河明善日記・渡辺東淵雑録，第10回歴史地震史料研究会講演要旨集，31-33

・学会・シンポジウム等での発表

- 馬場道人, 加納靖之, 2022, 関東周辺の史料を用いた1855年安政江戸地震の余震活動の分析, 日本地球惑星科学連合2022年大会, MIS22-P02
- 榎原雅治, 2022, 古代・中世の富士噴火と関東の地震, 東京大学史料編纂所 特別公開講座 「歴史のなかの災害—史料から読み解く—」
- 蝦名裕一, 2022, 元和二年(1616)仙台地震の津波被害をめぐって, 第39回歴史地震研究会大会, 0-16
- 原直史, 2022, 大名留守居廻状と災害情報の共有—文政11年三条地震を中心に—, 第10回歴史地震史料研究会, 7
- 原田和彦, 2022, 地震体験談の蒐集—善光寺地震を素材として—, 第10回歴史地震史料研究会, 8
- 平井敬, 2022, 大沢家本願寺関係文書に記された安政東海・南海地震 その2, 歴史地震研究会, 0-09
- 平井敬, 2022, 資料紹介 災害かわら版翻刻集 1 安政東海・南海地震編, 第20回中部『歴史地震』研究懇談会
- 平井敬, 2022, 大沢家本願寺関係文書の分析 安政東海・南海地震に関して, 第21回中部『歴史地震』研究懇談会
- 堀健彦, 2022, 1828年三条地震と平安越後古凶—災害を契機とした古景観像の創出と流布, 第10回歴史地震史料研究会, 6
- 加納靖之, 2022, 地震史料のデータベース化の現在, 地震史料シンポジウムII「災害史料研究が拓く歴史学の新たな方法」
- Kano Y., M. Baba, 2022, Analysis of Aftershock Activity of the 1855 Ansei-Edo Earthquake Using Historical Documents Around the Kanto Region, Joint General Assembly of Asian and African Seismological Commission
- Kano Y., M. Baba, 2022, Analysis of Aftershock Activity of the 1855 Ansei-Edo Earthquake Using Historical Documents Around the Kanto Region, AOGS2022, SE13-A006
- Kano, Y., 2022, Development of Search Tools for Japanese Historical and Current Earthquake Catalogues, AOGS2022, SE13-A007
- 加納靖之, 2022, 前近代と近代以降の地震カタログの統合検索ツールの開発, 日本地球惑星科学連合2022年大会, 日本地球惑星科学連合2022年大会, MIS22-P01
- 片桐昭彦, 2022, 中世・近世の地域における災害と史料—年代記の出典の検討を中心に—, 第16回「災害文化と地域社会形成史」研究会, 2
- 片桐昭彦, 2022, 東国の年代記にみる15世紀の地震, 第10回歴史地震史料研究会, 2
- 片桐昭彦, 2022, 年代記の史料学的研究と災害研究, 地震史料シンポジウムII 災害史料研究が拓く歴史学の新たな方法, 8
- 水野嶺, 2022, 19世紀西日本の広域有感地震—近世日記の活用—, 地震史料シンポジウムII 災害史料研究が拓く歴史学の新たな方法
- 水野嶺, 加納靖之, 榎原雅治, 2022, 弘化元年5月・6月の被害地震について, 歴史地震研究会高槻大会
- 水野嶺, 2022, 日記史料にみる19世紀前半の地震・気象—阿蘇山噴火史の再検討を中心に—,

「災害文化と地域社会形成史」研究会

- 村田泰輔, 2022, 考古資料による潜在する地震ハザードの見える化と歴史地震研究, 地震史料シンポジウムII「災害史料研究が拓く歴史学の新たな方法」, 9
- 村田泰輔, 2022, 歴史災害痕跡データベースの構築とその有効性, 日本災害・防災考古学会第1回研究会
- 村田泰輔, 2023, 考古資料による潜在する地震ハザードの見える化と歴史地震研究, 佐保川歴史勉強会
- 大邑潤三, 加納靖之, 2022, 1596年9月に近畿地方で発生した地震に関する震度の検討, 日本地球惑星科学連合2022年大会, MIS22-P04
- 齋藤瑞穂, 2022, 災害考古学の方法と資料, 第16回「災害文化と地域社会形成史」研究会, 1
- 齋藤瑞穂, 五十嵐聡江, 宅間清公, 安井健一, 鈴木正博, 齋藤弘道, 2022, 陸中・山田湾におけるパブリック・アーケオロジーの実践と縄文三陸津波研究, 第1回日本災害・防災考古学会研究会
- 齋藤瑞穂, 鈴木正博, 2022, 縄文三陸地震津波研究(5) — 「縄文海進」定着後の天変地異と陸中・山田湾一, 第10回歴史地震史料研究会, 1
- 杉森玲子, 2022, 安政東海地震の発震時刻—外国語史料の活用—, 地震史料シンポジウムII 災害史料研究が拓く歴史学の新たな方法
- 杉森玲子, 2022, 史料からみた1640年北海道駒ヶ岳噴火, 歴史地震研究会高槻大会
- 杉森玲子, 2022, 江戸で記録された噴火・地震, 東京大学史料編纂所 特別公開講座「歴史のなかの災害—史料から読み解く—」
- 都築充雄, 2022, 三河地震(1945)における寺院被害状況と集落別住家被害率, 歴史地震研究会, 0-29
- 山中佳子, 2022, 南海トラフ巨大地震解明に向けた史料の見える化, 歴史地震研究会, 0-13
- 山中佳子, 2022, 南海トラフ巨大地震解明に向けた史料の見える化, 日本地震学会, S08-08
- 山中佳子, 2022, 南海トラフ巨大地震解明に向けた史料の見える化, 第20回中部『歴史地震』研究懇談会
- 矢田俊文, 2022, 1855年安政江戸地震被害の境界と1856年安政台風の被害: 石河明善日記・渡辺東淵雑録, 第10回歴史地震史料研究会, 10

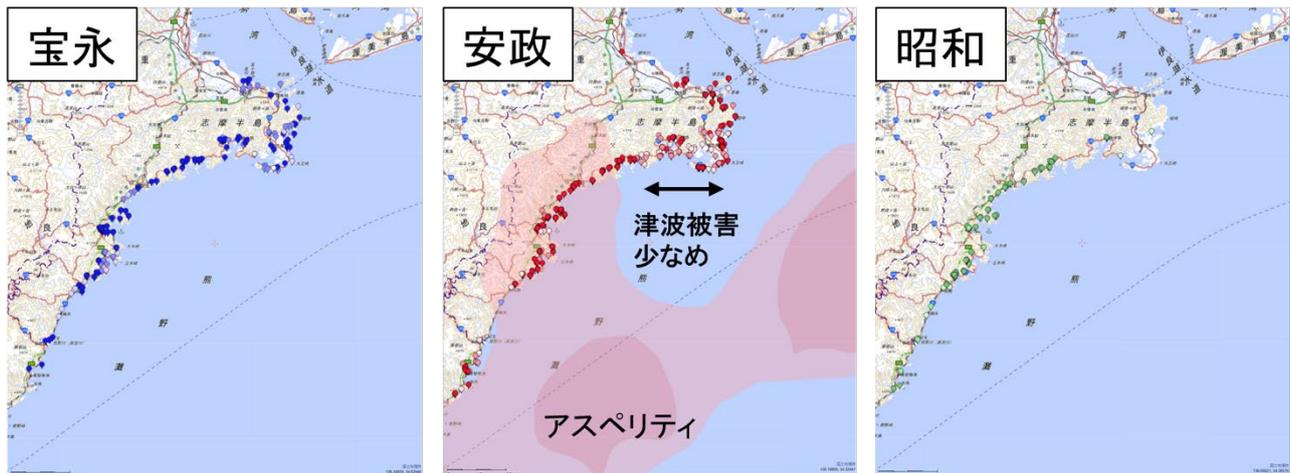


図1. e-コミマップで整理した宝永地震、安政東海地震、昭和東南海地震における津波被害に関する史料。マークで示した場所での津波被害の史料が存在する。e-コミマップではこのマークをクリックすると元史料がみえるようになっている。色の濃さは大まかな津波被害の程度を示す。安政東海地震に描かれたピンクの塗りつぶしはYokota et al. (2016)のアスペリティを示す。ここでは津波被害のみを示したが、このほかに揺れの被害、地殻変動や液状化などの情報も見えるようになっている（名古屋大学[課題番号：NGY01]）。

独立行政法人国立文化財機構
奈良文化財研究所
「歴史災害痕跡データベース」

独立行政法人 国立文化財機構 奈良文化財研究所
歴史災害痕跡データベース 利用規定

1 ご利用にあたって

独立行政法人 国立文化財機構 奈良文化財研究所「歴史災害痕跡データベース」（以下、当Webサイトという）で公開しているコンテンツ（地図・記号・地質データ・文書・画像・意匠等のデジタルデータ）の著作権は、独立行政法人 国立文化財機構 奈良文化財研究所（以下、当機関という）または当機関の関係者が有しております。ご利用に際しては、次の条件に従ってください。

【サイトポリシー】

当機関では、活動を広く皆さまにご理解いただけるよう、運営・提供をしています。
当サイトの閲覧・利用においては下記内容をご確認ください。

1 著作権について

特に明示のない限り、本サイトの文書、画像等の著作権は当機関にあります。
サイトの内容を無断で複写・複製・改変することはできません。ただし、原典を明示したうえで貴組織の内部限りの利用のために複写・複製することは差支えありません。

2. ページへのリンクについて

本サイトの各ページへのリンク、URL の雑誌等媒体への掲載については原則として自由ですが、貴ホームページの内容等によりお断りする場合があります。リンクされる場合は下記についてご留意下さい。
本サイトにリンクしていることを、貴ホームページ等の広告・営業とする方法は禁止いたします。
当機関のサイトへのリンクであることがわかるようにしてください。
貴ホームページのフレーム内に当サイトのページを表示する方法は禁止いたします。
※リンクを張られた場合や雑誌等に掲載した場合に、当機関への通知は不要です。
※なお、予告なく当該ページの URL を変更、または掲載を停止することなどがありますので、予めご了承ください。

3. 外部へのリンクについて

本サイトに掲載している外部へのリンクに関し、リンク先の内容について当協議会は責任を負いません。また、外部へのリ

上記に同意して利用する

図2. 歴史災害痕跡データベースのα版の入り口画面（奈良文化財研究所[課題番号：NAB_01]）。

データベースを用いた研究事例

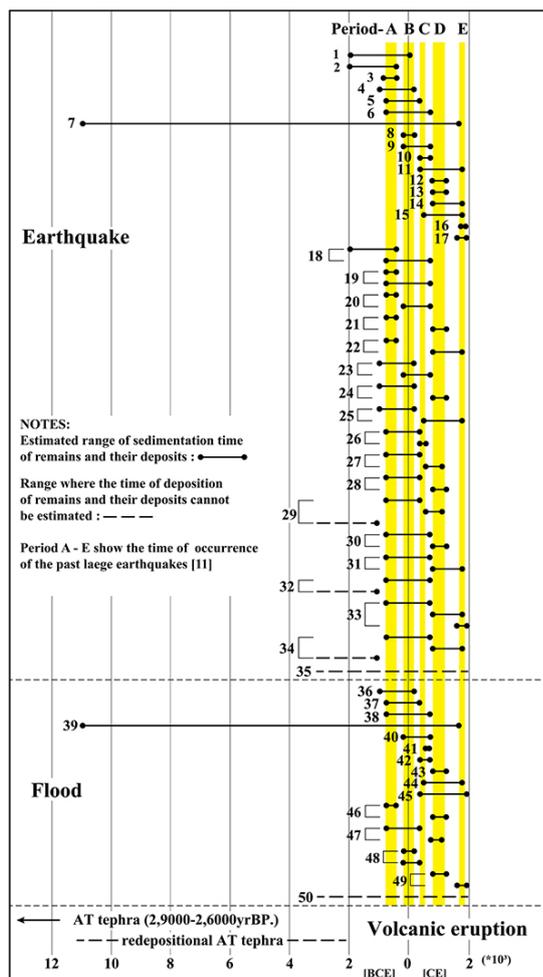


図3 長岡宮・京跡および周辺から発見された災害痕跡の形成時期

図3. 災害発生時期を絞り込んだ事例。発掘調査で検出された遺構の切り合いや出土した遺物の型式、さらに放射性炭素年代測定の結果などを調査地点ごとにデータ収集することにより、検出した災害痕跡から過去の災害発生時期を絞り込んだ（奈良文化財研究所[課題番号：NAB_01]）。

発掘調査によって明らかとなる遺構の切り合い関係や、出土遺物からわかる時代と、発見される災害痕跡の層位(地質の中の位置)の関係から、災害が発生した時期を探ることができる。

図は、長岡宮・京跡および周辺から垂発見された地震、洪水、火山噴火災害の痕跡について、地点ごと(下表)にまとめた一覧である。

上のグループに地震、中のグループに洪水、下のグループに火山噴火の痕跡を示した。

火山噴火の痕跡は、始良Tn火山灰(約2万9千~2万6千年前)である。

地震の痕跡は、層位関係から以下の5時期に発生した巨大地震であった可能性が高い。

- A: 縄文時代晩期中葉~縄文時代晩期末
[約780 BCE - 約350 BCE]
- B: 弥生時代前期末~弥生時代後期末
[約210 BCE - 約250 CE]
- C: 古墳時代
[約350 CE - 約650 CE]
- D: 平安時代~中世末
[784 CE - 1603 CE]
- E: 近世~現代
[1603 CE -]

また洪水痕跡のうち、この地震発生時期と一致するものがある。地震による地形変化を起因とするような災害の複合的発生を示唆している可能性がある。

Taisuke Murata, 2022, The construction of the Historical Disaster Evidence Database and its effectiveness.

Journal of Disaster Research, Vol. 17, No. 3, pp.420 - 429. (DOI: <https://doi.org/10.20965/jdr.2022.p0430>)

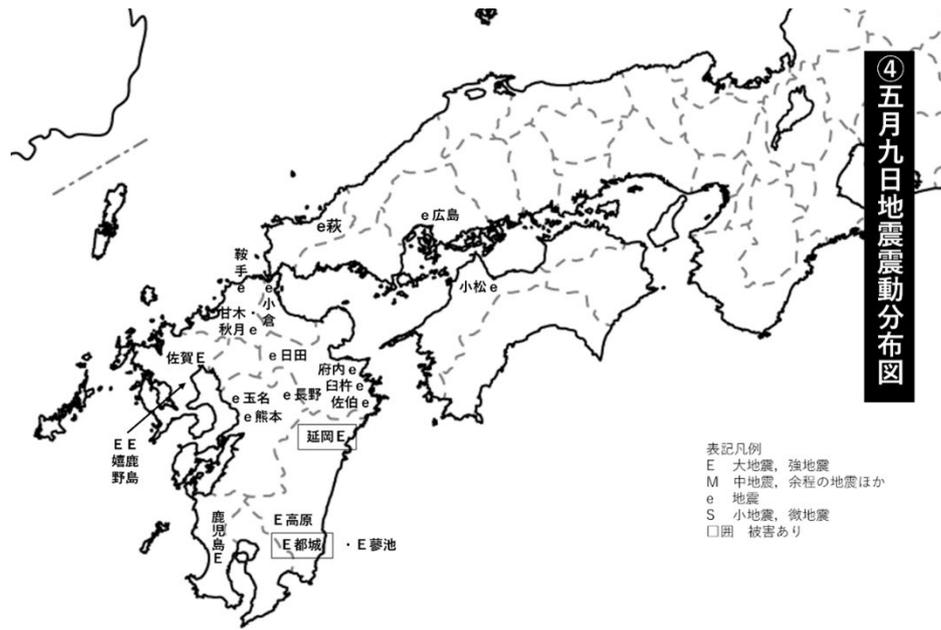


図4. 弘化元年5月9日地震の震度分布（東京大学史料編纂所[課題番号：UTH_01]）。

1 (8) 観測研究基盤

「観測研究基盤」計画推進部会長 鶴岡 弘
(東京大学地震研究所)
副部会長 青山 裕
(北海道大学大学院理学研究院)

観測研究部会においては、地震火山研究にとって不可欠である観測データを安定的かつ継続的に取得するために、1)日本全国に展開されている陸域および海域の地震、地殻変動、津波、潮位、電磁気、重力等の観測基盤の維持(観測基盤の整備)、2)これらの観測データの解析技術等の開発・高度化(観測・解析技術の開発)の進展、3)観測データをリアルタイムに効率的に流通する基盤(地震・火山現象のデータ流通)の維持と、4)観測データの公開や研究成果を共有するシステムの開発(地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開)を引き続き粛々と進めている。以下に令和4年度の成果の概要をまとめた。

観測基盤の整備

防災科学技術研究所においては、陸海統合地震津波火山観測網(MOWLAS)及び首都圏地震観測網(MeS0-net)を安定して運用することにより、地震・低周波地震・超低周波地震・スロースリップイベントについてイベント検出、震源位置・震源メカニズム解・断層モデルの推定、余震活動の予測等を継続して行った。2022年1月15日13時(JST)頃のトンガ諸島付近のフンガ・トンガ-フンガ・ハアパイ火山での大規模噴火発生後にS-netとDONETの海底圧力計で観測された記録から、日本周辺に到来した海洋波の性質を調べ、日本国内での大気圧の観測データと海底圧力データを合わせた解析を行った結果、顕著な海洋波の波群に対応する形で気圧波の波群が複数到来していることが示され、トンガ噴火によって放出された複数の気圧波と海洋波との相互作用が日本周辺で観測された複雑な海洋波の形成に寄与していたことを示唆した。また、噴火からの1週間で観測された海底圧力観測記録をデータベースサイトより公開した。石川県能登地方において2022年6月19日15時08分にMj5.4、20日10時31分にMj5.0の地震が発生した。これらの地震は、2000年代前半以前からの活動域の南に位置するとともに、大局的には2021年夏ごろからの地震活動域内で発生した。この活動域において、比較的地震活動が低調であった場所でMj5.4の地震が発生し、その東側でMj5.0の地震が発生した。陸海統合地震津波火山観測網等を用いた三次元地震波速度構造や観測点補正值(Matsubara et al., 2019)を用いて震源を再決定した結果、活動域がその東西から高速度域に挟まれていることが示された。活動域では、2020年11月以前は地震活動が低調で地震発生層の下限深さ(D90)は10.0~14.0 kmであったが、2020年12月以降は活発化し、D90は13.0~17.5 kmと深くなった。Mj5.4の地震は、2020年12月以降の活動から推定されたD90(14.5 km)よりも浅部(12.6 km)で発生した。2022年11月9日茨城県南部の地震(Mj4.9、深さ51 km)では、震央の北東36 kmに位置する城里町小勝において、茨城県の震度計で震度5強を観測し、その他の地点の最大震度は4であった。K-NET及びKiK-netの最大加速度、震度分布では、茨城県南部の地震において震源直上よりも北部で地震動が大きい事例がしば

しば見られ、観測された震度とその地域性について検討した結果、2022年の地震では城里町小勝周辺の観測点での周期0.1秒と0.15秒の加速度応答値が過去の同規模の地震と比べて大きいことがわかった。城里町小勝で震度5強が観測された理由として、この短周期帯域の地震波が浅部地盤の影響でさらに増幅し、震度計算用のフィルタ後も一定以上の振幅が残った可能性が示唆された。N-netにおいては、海底観測機器の製造に入る前に水圧計の長期信頼性確認等のための試験を実施し、宮崎県串間市の新設陸上局では、陸上装置等を設置するための局舎建物が完成した。高知県室戸市の陸上局では、既存のDONET2の局舎を共用するための局舎内および周辺の整備工事を実施した（防災科学技術研究所[課題番号：NIED05]）。

気象庁は地震観測網や地殻変動観測網などの観測基盤を維持し、関係機関の地震観測データの一元的処理結果の関係機関への提供を行った。また気象庁における地震観測データおよび地殻変動データを収集・解析するためのシステム（EPOS）の更新および、文科省と共に地震観測データの一元的処理を行うためのシステム（REDC）の更新を行った。顕著な地震活動や地殻変動観測結果について、定期・臨時に情報発表・記者会見等を行うとともに、南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会や地震調査委員会において報告を行った。震源データを日々、更新するとともに、2020年8月までの精査後の震源データ（確定値）を公開した（気象庁[課題番号：JMA_09]）。

国土地理院は、全国において、GNSS連続観測点を維持し、観測を継続した。また、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更新に対応した、GNSS連続観測（GEONET）の新しい解析ストラテジの運用を着実に継続した。地殻変動の監視においても、新しい解析ストラテジによる座標値に基づき行われ、従来手法に比べ、僅かながら季節変動を抑えられるようになった（国土地理院[課題番号：GSI04]）。全国の電子基準点を対象とした電子基準点リアルタイム解析システム（REGARD）を引き続き運用した。また、従来の相対測位手法をPPP（精密単独測位）に置換したプロトタイプシステムを構築した。さらに、PPPの精度を高めるために、GNSS衛星の軌道情報推定手法を改良した（国土地理院[課題番号：GSI_08]）。2022年9月17日と18日（UTC）に発生した台湾の地震では、「だいち2号」SAR干渉画像により、最大1m程度の衛星に近づく変動が検出された（図1、国土地理院[課題番号：GSI_07]）。

大学は、観測データ流通網JDXnetの安定的な運用を継続し、京都大学防災研究所宮崎観測所においてSINET6への新規接続を完了した（東京大学地震研究所[課題番号：ERI_19]）。高知大学においては、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時間雨量5mm程度の降雨に対応して変動が抽出された。また、3成分広帯域地震計のHVSR解析でも、位相速度変動が見られた周波数帯域に対応するHVSR値の変動が検出された。降雨開始から間もない時間帯からこれらの変動が開始していることにくわえ、変動周波数帯が12Hz付近と高周波にあるため、雨水のごく浅層への浸潤によって表層地盤の速度構造が変化していることがわかった（高知大学[課題番号：KOC_01]）。

気象庁、国土地理院及び海上保安庁は、潮位連続観測を継続した（気象庁[課題番号：JMA_10]、国土地理院[課題番号：GSI_05]、海上保安庁[課題番号：JCG_02]）。気象庁は、柿岡、女満別、鹿屋及び父島での地磁気4成分観測を実施し、陸域、海域での磁気測量をはじめ、大学等による電磁氣的観測研究あるいは幾つか提案されている日本域における標準的な全磁力磁場モデルの算出方法の検証・改良を進めるために、高精度な地磁気基

準値を提供した。データの引用・追跡を容易にするため、令和3年度から地磁気観測所のデータに、DOI (Digital Object Identifier) が付与され、地磁気観測所ホームページで確認できる(気象庁[課題番号: JMA_11])。国土地理院は、地磁気測量については、測地観測所等(鹿野山測地観測所、水沢測地観測所及び全国10か所に設置している地磁気連続観測装置)において、機器更新を行い、地磁気連続観測データを取得するとともに、地磁気絶対観測等を実施した(国土地理院[課題番号: GSI_06])。山梨県富士山科学研究所は、富士山5合目における絶対重力測定を実現し、MFRI基準点との間の重力差を利用した相対重力計の検定観測を実施した(山梨県富士山科学研究所[課題番号: MFRI02])。北海道立総合研究機構地質研究所は、雌阿寒岳、十勝岳、樽前山、倶多楽、有珠山及び北海道駒ヶ岳において、地球物理学的・地球化学的モニタリングを継続して行い、火山活動の変化を捉えるためのデータの蓄積を行った(北海道立総合研究機構[課題番号: HRO_01])。

気象庁は、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、地震計、空振計、GNSS、監視カメラ等による連続的な監視観測を継続した。全国の活火山について、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た(気象庁[課題番号: JMA_12])。

観測・解析技術の開発

東京大学地震研究所は、1996年に設置した三陸沖光ケーブル式海底地震・津波観測システム(旧システム)の予備光ファイバーに、DAS計測を適用することによって、空間的に高密度の海底地震観測を実施している。2019年2月に最初の観測を行って以来、1回あたりは短期間であるが、これまでに9回の観測を行った。2022年については、地震研究所に導入されたDAS計測器を用いて、2月末から2日程度の試験観測を実施し、10月には約2週間の観測を行うことで多数の地震が記録された。どちらの観測も、測定全長は100km、観測点間隔は2m、ゲージ長は100mとした。長いゲージ長を設定することにより、感度の高い計測を試みた。今回導入したDAS計測器は、S/N比が高く、記録区間全体にわたって地震波を記録することができた(図2、東京大学地震研究所[課題番号: ERI_22])。

大学は、新たな無線通信帯域・技術を活用した地震火山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ている。VHF帯(V-High周波数:207.5-222MHz)での通信試験が実施された。仙台で行われた八木アンテナおよびオムニアンテナでの変調方式2値FSKでの通信試験について検討した結果、地震波の伝送に十分な速度が出ることが期待されること、オムニアンテナでも、20km以上離れても通信が可能な場所があり、八木アンテナを用いると最大84kmの通信が可能であることがわかった(図3、東北大学理学研究科[課題番号: THK_13])。名古屋大学においては、小電力、小型・携帯テレメータ地震観測装置の改良開発を実施した。昨年度までに改良を終えた5台を御嶽山山頂の試験観測地に配置し、改良機10台による実地試験を継続した(名古屋大学[課題番号: NGY_08])。

情報通信研究機構においては、富士山、浅間山、草津白根山、焼岳のPi-SAR X3を用いた試験観測を実施し、15cm分解能での火山観測に成功した(図4、情報通信研究機構[課題番号: NICT01])。

地震・火山現象のデータ流通

北海道大学は、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。GNSS データサーバについてはセキュリティアップデートを行った。新たにひずみ観測点1点、重力観測点1点のデータの登録を開始し、重力データについては過去に遡って登録した。解析機能においては、一度設定したパラメータがセッション期間保持可能な機能付加を行ったほか、多成分ひずみ計ではひずみ解析時に成分を選択できるような改良を行った（北海道大学[課題番号：HKD_08]）。

東京大学地震研究所は、前年度に引き続き、次世代の対話観測処理系システムについて試作を進めた。今年度は、昨年度試作したソフトウェアを本課題の担当者及び関係者で試用するとともに、メカニズム解の計算や表示の機能を実装した（東京大学地震研究所[課題番号：ERI_24]）。高知大学においては、VPN トンネルを用いた現状の WIN パケットの伝送実験を実施した（高知大学[課題番号：KOC_02]）。

地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開

東京大学地震研究所は、DOI 等の永続的識別子付与と公開を進めた。外部で公開しているデータベース等のメタデータを東京大学の機関リポジトリ（UTokyo Repository）へ登録し、DOI 付与も実現した。機関リポジトリを通じて「データカタログ横断検索システム」や Google Dataset Search などにも登録されることを確認した（東京大学地震研究所[課題番号：ERI_18]）。

気象庁は、地震月報（カタログ編）2020年9月～2021年3月号を公開した。なお、2020年9月より、S-net と DONET2 のデータを一元化処理に活用しており、公開予定の月報には、これらのデータが用いられた震源情報が記載されている（気象庁[課題番号：JMA_14]）。定常観測点の4地点（柿岡、女満別、鹿屋、父島）に、調査観測点の祓川を加えた5観測点における地磁気4成分連続観測データを、月毎に地磁気観測所データベースに登録、公開するとともに、定常観測点のデータを国際的なデータセンターに提供した。加えて、1983年2月～1993年3月の柿岡の確定毎秒値を観測所データベースに登録・公開するとともに、国際的なデータセンターに提供した（気象庁[課題番号：JMA_13]）。常時観測火山に選定された全国の50活火山について、東京の火山監視・警報センター、札幌、仙台、福岡の地域火山監視・警報センター、及び鹿児島地方気象台において、地震計、空振計、GNSS 等の観測データを常時収集するとともにデータの解析を行い、それらの成果の蓄積を進めた（気象庁[課題番号：JMA_15]）。

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ている。火山関連データベースとして、2022年7月に大規模噴火の特徴・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 (<https://gbank.gsj.jp/volcano/ledb/>) を公開した。摩周カルデラ、支笏カルデラ、洞爺カルデラ、濁川カルデラ、十和田カルデラ、始良カルデラ、阿多カルデラ、池田カルデラの8つのカルデラにおける詳細情報を掲載した（図5、産業技術総合研究所[課題番号：AIST11]）。

国土地理院は、令和3年度に調査を行った「諏訪之瀬島」の火山土地条件図及び数値データを公開した。また、令和3年度に作成した「御嶽山」「神津島」「有珠山」「倶多楽」、

令和4年度に作成した「諏訪之瀬島」の火山基本図及び数値データを公開した。令和4年度においては、「蔵王山」の火山土地条件調査及び「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(国土地理院[課題番号:GSI_10、GSI_09])。

研究成果共有システムの運用方針については、昨年度以下を定めた「運用責任は戦略室とし、戦略室が中心となってポリシーの検討、コンテンツの調整、課題や部会への関係情報収集や依頼、周知広報を実施する。システム運用は企画部の学術支援職員と戦略室教員及び課題担当者で実施する。収集する情報は、課題間連携及び部会間・総合研究グループ間連携で必要となるメタ情報を中心とし、課題間連携や部会間・総合研究グループ間連携で活用可能な関係情報の所在を示すハブ的な役割を果たす。」。今年度はこのテスト的な運用を実施した。部会内や部会間・総合研究グループ間連携を促進するための共有オンラインストレージ (Nextcloud) を継続して運用した。また、昨年度に調査観測のメタ情報を集約し、課題間や部会間・総合研究グループ間連携をより推進するため、建議で実施されている社会調査・ソフトウェア開発・観測・地質調査等を一元的に収集することとなったことを受けて、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を行なった(東京大学地震研究所[課題番号:ERI_25])。

今後の展望

観測基盤については関係機関によって適切に維持がなされ、データが着実に蓄積されている。また、データ流通基盤も同様に維持がなされリアルタイムでの配信が実現できている。解析システムについても着実に高度化がなされ整備が進んだ。また、データベースについても粛々と整備が進められているところである。さらに、研究成果についても戦略室による方針の実施が開始され、本計画において取得されたデータや開発されたソフトウェアの公開が始められた。来年度にむけて、これらの公開をさらに進めて、データベースの統合化や研究成果共有システムの構築の実現が期待される。

成果リスト

- 大和田泰伯, バボウ シェック サリユー ンバケ, 佐藤剛至, 2022, 220MHz帯を用いた2値FSKの通信実験, 信学技報, SeMI2022-98(2023-01)
- 加納靖之, 2022, 歴史地震研究におけるデータ整備と公開, 令和4年度ROIS-DS-JOINT2022共同研究集会「オープンサイエンス時代の重力観測・データの流通と利活用」, 15, <http://id.nii.ac.jp/1291/00017200/>
- Spica, Z. J., J. C. Castellanos, L. Viens, K. Nishida, T. Akuhara, M. Shinohara, T. Yamada, 2022, Subsurface Imaging With Ocean-Bottom Distributed Acoustic Sensing and Water Phases Reverberations, Geophys. Res. Lett., 49, e2021GL095287, doi:10.1029/2021GL095287
- 篠原雅尚, 山田知朗, 悪原岳, 望月公廣, 酒井慎一, 2022, 分散型音響センシング計測と三陸沖海底光ケーブル観測システムによる地震観測, 月刊地球, 4, 37-43

- Shinohara, M., T. Yamada, T. Akuhara, K. Mochizuki, S. Sakai, 2022, Performance of seismic observation by distributed acoustic sensing technology using a seafloor cable off Sanriku, Japan, *Front. Mar. Sci.*, 9, 844506, doi:10.3389/fmars.2022.844506
- Fukushima, S., M. Shinohara, K. Nishida, A. Takeo, T. Yamada, K. Yomogida, 2022, Detailed S-wave velocity structure of sediment and crust off Sanriku, Japan by a new analysis method for distributed acoustic sensing data using a seafloor cable and seismic interferometry, *Earth Planet. Space*, 74, 92, doi:10.1186/s40623-022-01652-z
- Viens, L., L.F. Bonilla, Z.J. Spica, K. Nishida, T. Yamada, M. Shinohara, 2022, Nonlinear Earthquake Response of Marine Sediments With Distributed Acoustic Sensing, *Geophys. Res. Lett.*, 49, e2022GL100122, doi:10.1029/2022GL100122
- 上本純平, 2022, 合成開口レーダーによる高さ計測 ~代表的な手法とその応用解析手法の紹介~, 電波技術協会報誌 (FORN)
- 牛腸正則, 2022, Deconvolution ISTA: A solver for multi dimensional convolution problems with low computational complexity, *IEICE Communications Express*, 11, 784, doi:10.1587/comex.2022COL0023
- Kubo, H., T. Kubota, W. Suzuki, S. Aoi, O. Sandanbata, N. Chikasada, H. Ueda, 2022, Ocean-wave phenomenon around Japan due to the 2022 Tonga eruption observed by the wide and dense ocean-bottom pressure gauge networks, *Earth, Planet. Space*, 74, 104, doi:10.1186/s40623-022-01663-w
- 宝田晋治, 池上郁彦, 金田泰明, 下司信夫, 2022, 大規模噴火データベースと噴火推移データベースで噴火の詳細を明らかに, *科学, 岩波書店*, 92, 951-954
- Ogburn, S.E., D. Charlton, D. Norgaard, H.M. Wright, E.S. Calder, J. Lindsay, J.E. Ewert, S. Takarada, Y. Tajima, Y., 2023, The Volcanic Hazard Maps Database: an initiative of the IAVCEI Commission on Volcanic Hazards and Risk, *J. Appl. Volcanol.*, 12, 2, doi:10.1186/s13617-022-00128-9
- 栗原忍, 大森秀一, 兒玉篤郎, 畔柳将人, 半田優実, 吉樂絵里香, 飯尾研人, 中島正寛, 飯塚康裕, 松尾功二, 富山顕, 2022, 精密重力ジオイド・モデル構築に向けた航空重力測量(中間報告) - 信頼性の高い標高を誰もが利用できる社会を目指して -, *国土地理院時報*, 135
- Matsumoto, S., T. Nakakuki, T. Yutsudo, H. Ueshiba, Y. Takagi, K. Hayashi, K. Mori, Y. Sato, T. Kobayashi, 2023, Status of the Ishioka VLBI Station for the Past Two Years, *International VLBI Service for Geodesy and Astrometry 2022 General Meeting Proceedings*, NASA/CP-20220018789, 56-58
- Matsumoto, S., H. Ueshiba, T. Nakakuki, Y. Takagi, K. Hayashi, T. Yutsudo, K. Mori, Y. Sato, T. Kobayashi, 2022, An effective approach for accurate estimation of VLBI-GNSS local-tie vectors, *Earth Planet. Space*, 74, doi:10.1186/s40623-022-01703-5
- Nakamura, Y., S. Watanabe, Y. Yokota, A. Suzuki, H. Ueshiba, N. Seo, 2022, Shimosato Co-Location of the SLR and GNSS Stations, *International Association of Geodesy Symposia*, 1-7, doi:10.1007/1345_2022_156
- 高橋良, 鈴木隆広, 大森一人, 2022, 地球化学的・鉱物学的調査から推定した倶多楽火山登別地熱地域の熱水系, *火山*, 67, 453-469, doi:10.18940/kazan.67.4.453

柴田智郎, 高橋良, 秋田藤夫, 2022, 北海道有珠山の火山活動と洞爺湖温泉の水位・温度・化学組成の変動, 地学雑誌, 131, 585-595, doi:10.5026/jgeography.131.585
安田敦, 亀谷伸子, 嶋野岳人, 吉本充宏, 田島靖久, 2022, 類似したテフラを識別・対比する定量的な方法の数学的な取り扱いについて, 月刊地球, 44

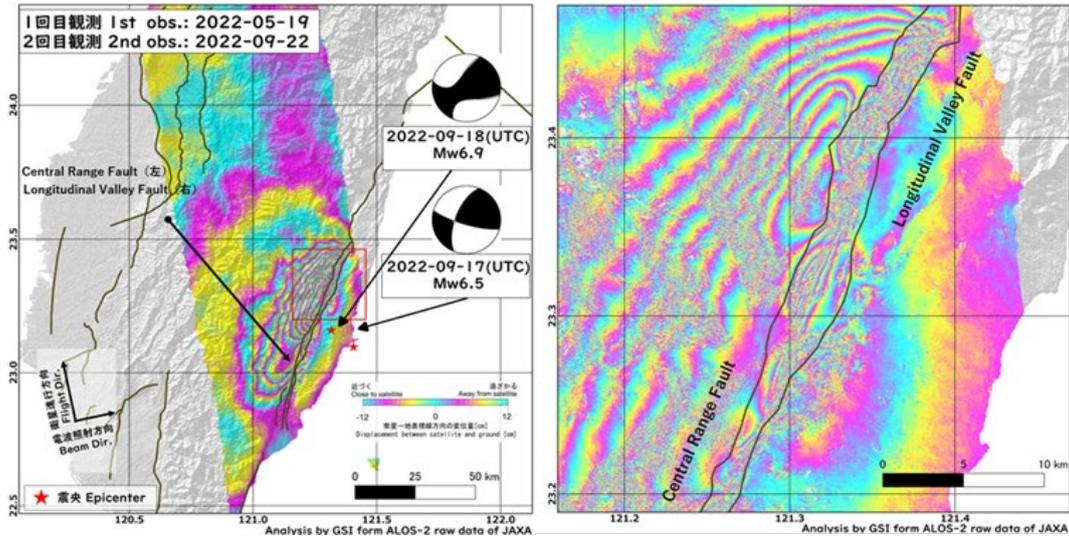


図1. 「だいち2号」SAR干渉画像による台湾の地震に伴う地殻変動。左図は広域の干渉画像、右図は左図の一部を拡大した図。断層帯の西側で変動が大きく、最大1 m程度の衛星に近づく変動が見られる。断層線はStyron et al. (2010)より(国土地理院[課題番号: GSI_08])。

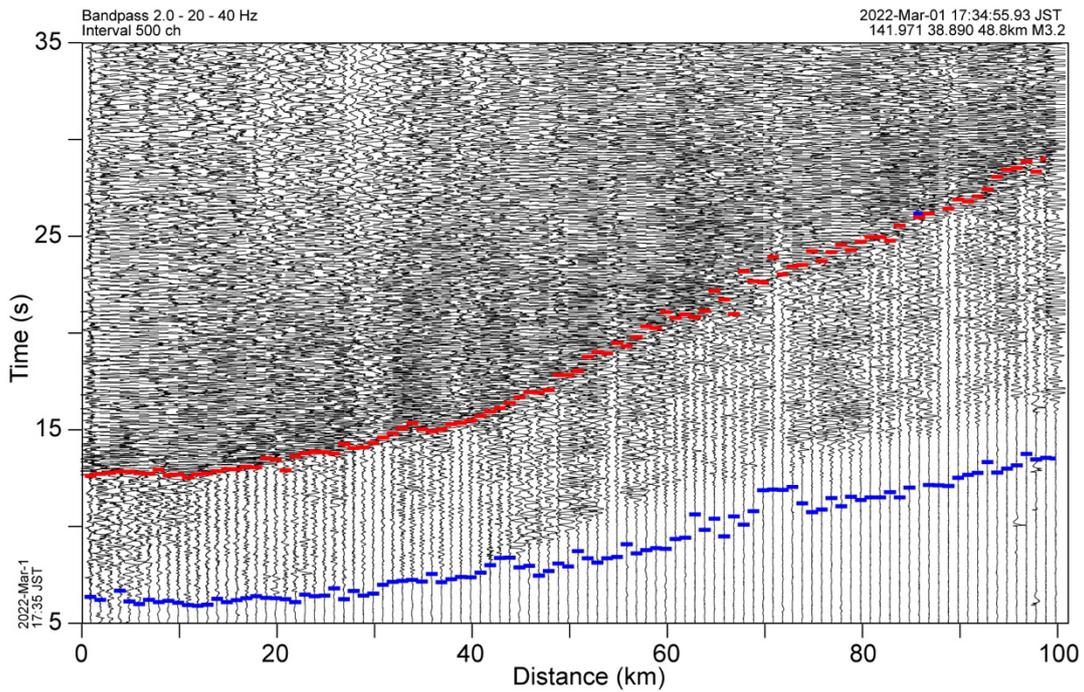


図2. 三陸沖光ケーブル観測システムに新しく導入されたDAS計測器により収録された地震波形記録例。横軸は陸上局からの距離、縦軸は時間を示す。青線と赤線は読み取ったP波・S波の初動をそれぞれ示す(東京大学地震研究所[課題番号: ERI_22])。

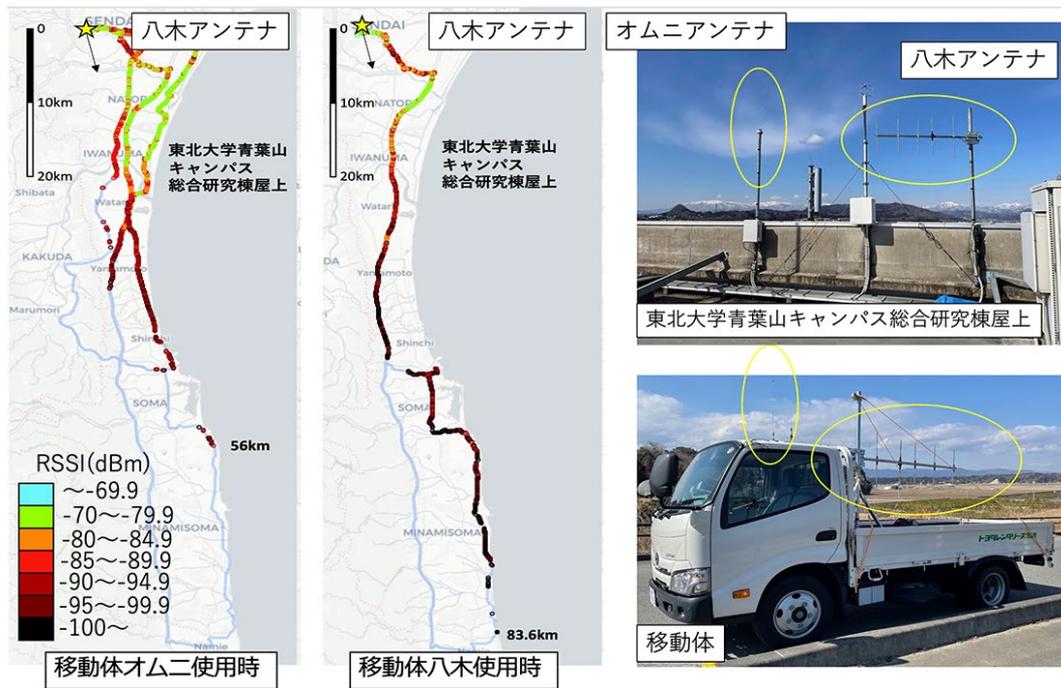


図 3. VHF帯通信試験における発信点・受信点の様子と信号受信強度(RSSI) (東北大学理学研究科[課題番号: THK_13]、大和田・他(2022)に加筆修正)。



図 4. Pi-SAR X3による火山観測結果 (空間分解能15 cm) (情報通信研究機構[課題番号: NICT01])

大規模噴火データベース

本データベースでは、後期更新世以降（過去約13万年間）に発生した大規模噴火のうち、数10～1,000 km³クラスの火砕物を噴出し、カルデラ形成を伴った噴火を対象に、その噴出物の特徴、噴火推移、長期・短期的前駆活動、後カルデラ活動をまとめています。カルデラ形成を伴う大規模噴火では、火砕流や降下デフラ等により、火山周辺地域から数1,000km離れた地域まで被害が発生する可能性があります。このため、大規模噴火の推移、長期・短期的前駆活動は、近年多くの分野で注目されています。大規模噴火の推移、数万年程度の長期的前駆活動・数千年～数百年程度の短期的前駆活動には、多様性が認められ、その詳細を明らかにし、大規模噴火の総合的理解を深めるためには、複数の火山の事例について比較検討することが重要です。そのため、産総研地質調査総合センターでは、複数の火山の事例について比較検討するため、統一的な基準でデータを収録した大規模噴火データベースの構築を進めています。



図5．大規模噴火データベース。摩周カルデラ、支笏カルデラ、洞爺カルデラ、濁川カルデラ、十和田カルデラ、始良カルデラ、阿多カルデラ、池田カルデラの8つのカルデラにおける詳細情報が掲載されている（産業技術総合研究所[課題番号：AIST11]）。