

4. 令和5年度の成果の概要

4-1. 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

ア. 史料の収集とデータベース化

古代～中世の史料に基づき過去の関東地震の候補について検討し、繰り返す地震の組み合わせを変えながら、今後30年間の発生確率及びその時間変化を計算した^[HMEV02](図4-1)。日本海沿岸地域で発生した1828年越後三条地震について史料原本を精査し、同年春以降繰り返す豪雨・台風の被災と大飢饉の中で発生した多重複合災害により、復興に多年を要したことを明らかにした^[NGT_01]。東北地方で発生した1611年慶長奥州地震により、関東地域で震度4以上の地震動が発生していたことや、その地震動による落下物や建物被害の程度がわかった^[IRID01]。

安政南海地震の前に内陸で発生し被害をもたらした安政伊賀上野地震(1854年7月9日)の史料の記載内容をWeb-GISを用いて可視化し、表層地盤と被害の関係を確認した^[NGY_01]。

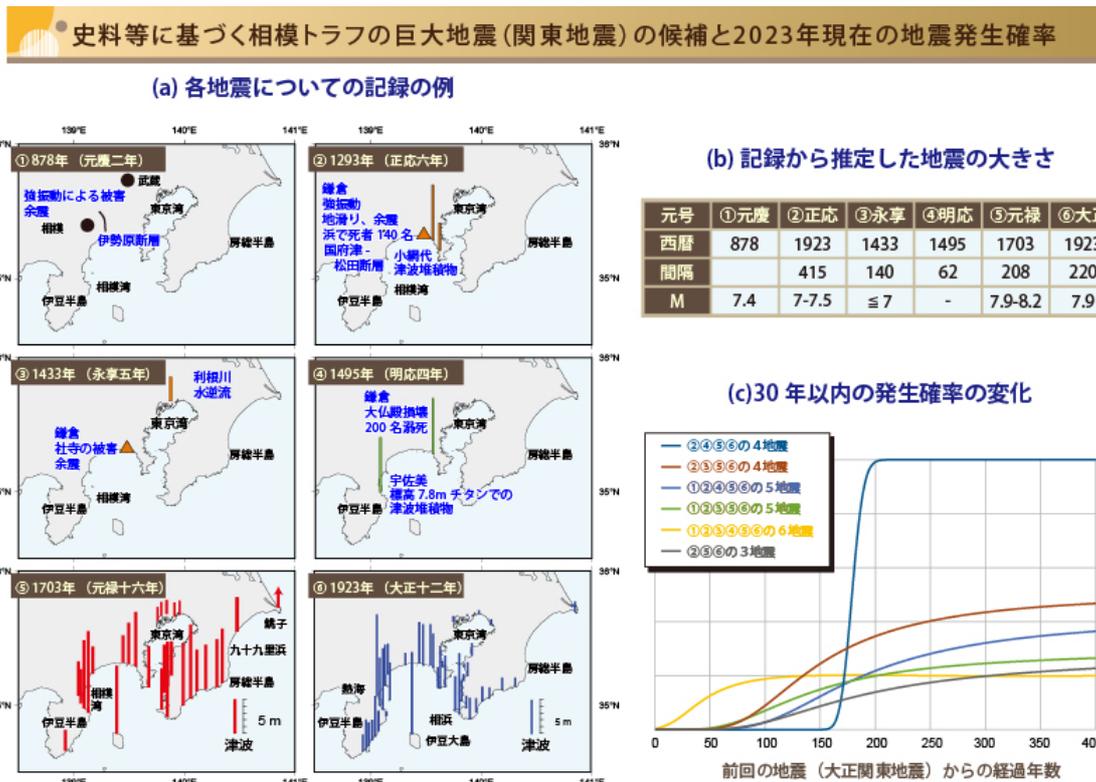


図4-1 史料等に基づく相模トラフの巨大地震(関東地震)の候補と2023年現在の地震発生確率。(a)史料ならびに古地震学的証拠から得られた1703年元禄関東地震以前に発生した関東地震の候補の詳細(1～4), 1703年元禄関東地震及び1923年大正関東地震の際の津波

の高さ（5～6）。(b)関東地震の候補とその地震規模。(c)関東地震の可能性のある地震の候補の組み合わせを変えて、Brownian Passage Time (BPT) 分布*を仮定し、今後30年間の関東地震の発生確率及びその時間変化を計算した結果。例えば、②正応、④明応、⑤元禄、⑥大正の4地震の組み合わせを考えると、平均発生間隔は 210 ± 7 年となり、最も規則的に発生していることになる。この場合、今後30年間の発生確率は、前回地震から160年間はほとんど0%であるが、その後急に増加し、前回地震から204年（西暦2127年）頃にはほぼ100%となる。6地震全てを考慮した場合、発生間隔は 209 ± 117 年とばらつきが大きい。この場合の今後30年間の発生確率は、現時点(地震発生後100年)で既に19%とポアソン過程* (13%)よりも高い。

イ. 考古データの収集・集成と分析

全国の考古発掘調査に伴って検出される災害痕跡を集成した「歴史災害痕跡データベース (Historical Disaster Evidence Database: HDE-GISdb)」の一般公開を開始した (<https://hde-gis.nabunken.go.jp/>)。またこのデータベースに、災害に関わる史料データを表示する機能を搭載した (図4-2) [NAB_01]。

縄文時代前期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代の特定等の基礎的な検討を行い、地震を伴う隆起活動と、集落動向からよみとれる津波を伴う大地震の発生時期とを推測した [NGT_01]。

災害痕跡GISの表示例

奈良文化財研究所 歴史災害痕跡データベース <https://hde-gis.nabunken.go.jp/>



検索できるキーワードの種類

検索 表示 移動

キーワードを入力 検索

地域 +

時代 +

基本図序 +

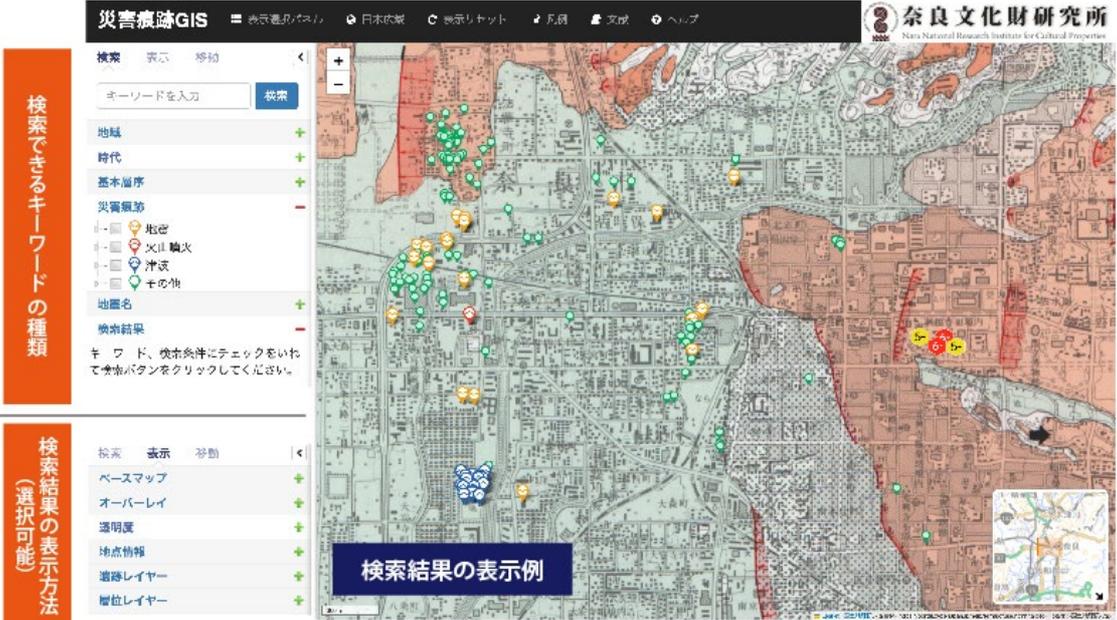
災害類型 -

- 地震
- 火山噴火
- 津波
- その他

地名 +

検索結果 -

キーワード、検索条件にチェックをいれて検索ボタンをクリックしてください。



検索結果の表示例

検索結果の表示方法 (選択可能)

検索 表示 移動

- ベースマップ
- オーバーレイ
- 透明度
- 地点情報
- 道路レイヤー
- 階層レイヤー

図 4-2 災害痕跡 GIS の表示例。地震・火山噴火・水害に関わる災害痕跡地点（橙・赤・青のピン）と、災害痕跡が検出されなかった地点（緑ピン）、及び、史料から推定した震度（数字のアイコン）を表示している。

ウ. 地質データ等の収集・集成と分析

千島海溝・日本海溝周辺域の北海道太平洋沿岸において地質調査を行い、17 世紀に発生した巨大津波をはじめとした過去のイベントに関するデータを取得した^[AIST08, HKD_01]。南海トラフ周辺域では、珪藻化石分析による地震性地殻変動の検討、津波堆積物の調査を行ったほか、湖底堆積物の火山灰分析・年代測定を行い、形成要因と堆積年代を推定した^[AIST08]。南西諸島海溝沿いの先島諸島及び奄美諸島において、LiDAR 等の測量機器を用いた地震、津波の地形学痕跡の測定と、津波石*等の過去の津波・地震の地質痕跡の年代測定を実施した。琉球列島南部では、歴史記録や地質記録をもとに、1771 年明和大津波と先史時代の津波波源を検討し、いずれも津波地震*による可能性が高いことを明らかにした^[UTS_01]。

2016 年熊本地震のトレンチ掘削調査*から、布田川断層と日奈久断層高野一白旗区間においては、一つ前の活動時（約 2,000 年前）には 2016 年熊本地震と同様の変位が同時期に生じたが、二つ前の活動時（約 4,000 年前）では、各断層での地震発生は同時期でなかった可能性があることがわかった^[NGY_03]。

富士火山の溶岩*及びスコリア*を対象として、かんらん石斑晶*と斜長石斑晶とメルトとの平衡からマグマの温度と含水量を算出し、算出結果と噴火様式との関連を調べた結果、噴火前のマグマ含水量が高い方が爆発的な噴火となる傾向が見られた。また、噴出物組成や噴出量、噴火間隔の時間発展についてマグマ供給モデルをもとに検討することで、噴出量の大きな変化には、マグマ溜まりの粘弾性変形によるマグマと周辺物質との密度差による浮力の効果が関与していることを示した^[ERI_02]。火砕丘群の長期間における噴火発生時期と規模を示す積算マグマ噴出量階段図*を草津白根火山について作成し、約 5000 年前の殺生溶岩の噴火後は活動が低調化したこと、約 2000 年前には白根火砕丘群と本白根火砕丘群が相次いでマグマ噴火を起こしたこと、約 1200 年前には本白根火砕丘群と逢ノ峰火砕丘群が相次いでマグマ噴火を起こしたことが明らかになるなど、火砕丘群間でマグマ噴火の連動があったことを覗わせる知見を得た^[TYM_01]。秋田焼山・御嶽山・雌阿寒岳では、火山地質図の取りまとめを進め、秋田焼山については完新世噴火史を公表した^[AIST03]。阿蘇火山では、阿蘇 4 火砕流堆積物分布図、阿蘇カルデラ阿蘇 3 火砕流堆積物分布図を整備した^[AIST03]。

（2）低頻度大規模地震・火山噴火現象の解明

日本海溝北部における海底地震観測記録から、浅部テクトニック微動*の活動に同期して通常の地震が活発化しており、これらは短期的 SSE により励起されている可能性が高いことがわかった^[ERI_05]。東北地方では、新しい余効変動モデルに基づく数値シミュレーションにより、2011 年東北沖地震後の GNSS 時系列を正確に再現することに成功した^[THK_07]。また、

2011 年東北沖地震前後の浅部プレート境界断層付近の構造を比較することにより、地震に伴い流体が上昇していた可能性が示唆された^[AORI01]。

反射法地震探査のデータ解析と試料分析により、鬼界カルデラにおける大規模火砕流の噴出量と流動堆積過程を推定した。物質科学的分析により鬼界アカホヤ噴火とその後に活動した溶岩ドームのマグマ供給系の変遷過程を推定した(図4-3)^[KOBEO1]。霧島火山群の噴出物の全岩主要元素、微量元素、Sr-Nd-Pb同位体比の組成分析から、新燃岳、御鉢、えびの高原硫黄山は共通の起源物質に由来する一方、御池は地殻物質の混染の影響を強く受けた起源物質に由来することなどを明らかにした^[ERI_03]。十和田カルデラ噴出物の基礎分析及びU-Th放射非平衡*分析から、約15,000年前のカルデラ噴火によりマグマ溜まりからマグマが全て放出され、その後5,000年ほどの時間をかけてマグマ溜まりにマグマが蓄積していったと推定した^[HKD_02]。

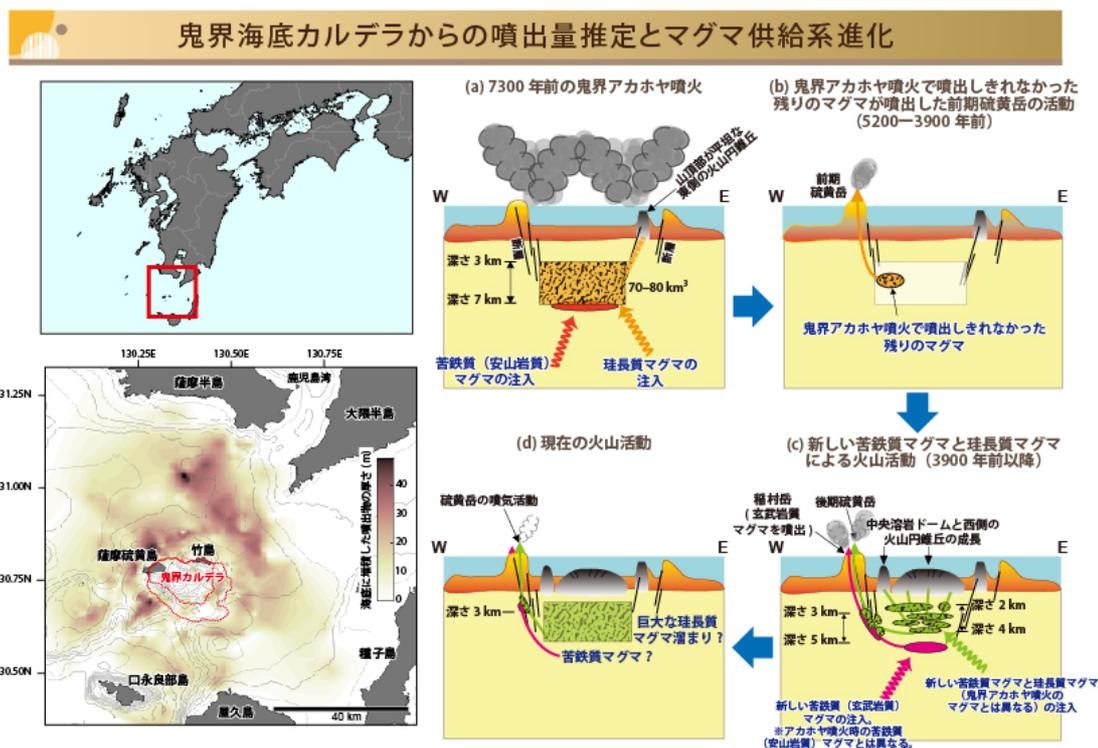


図 4-3 鬼界海底カルデラからの噴出量推定とマグマ供給系進化。反射法地震探査により得られた層構造と噴出物との対比から、2回の大規模火砕流噴火に相当する堆積物が海底に厚く堆積しており、噴出量は71 km³以上であると推定された。噴出物の分析からは、(1) マグマの起源物質の変化が起きたこと、(2) 鬼界アカホヤ噴火直後には出残りマグマが活動し、その後に新たな珪長質マグマと、より深部からの苦鉄質マグマによる供給系が形成され、海底の巨大溶岩ドームや薩摩硫黄島の活動を引き起こしていること、(3) 海底の溶

岩ドームではマグマ混合はほとんど起こっていないことなどが明らかになった。

(3) 地震発生過程の解明とモデル化

ア. 地震発生機構の解明

広域応力場を踏まえた中央構造線活断層帯の地震サイクル*シミュレーションにより、地震本部の長期評価において両論併記されている鉛直断層モデルと北傾斜断層モデルのうち、前者の方が地質学的に推定されている平均すべり速度をよく説明できることを示した [UTS_05]。

S波速度の異方性*の調査により、四国北部下のほぼ全域でウェッジマントル*が蛇紋岩*化していることがわかった [DPRI01]。広島県西部直下の下部地殻*では、狭い範囲内で複数の異なるメカニズムを持つ地震が起きていて、この領域内での高間隙水圧により様々な姿勢の既存クラック*が破壊している状況が示唆された [AIST07]。地震とスロー地震について、それぞれのスケール則を見直すことにより、これらは異なる物理の支配法則に従うことがわかった [UTS_03]。

蛇紋岩試料を用いた室内実験とフィールド調査から、間隙水圧変化に起因する間欠的微動は開口破壊に、短期的 SSE は粘性せん断帯の活動に対応すると考えられることがわかった [ERI_05]。

イ. 地震断層滑りのモデル化

室内摩擦実験により、試料サイズの違いから理論的に予測されるすべり速度の10倍程度の速度で動的弱化を示すことを、幅広い試料サイズに対して確認した [ERI_06]。熱水条件下では、流体の相変化に伴う急激な減圧によって岩石に多数の微小き裂が造成され、岩石強度が大幅に減少することで、断層面で摩擦係数が大幅に減少するとともに、連続的なゆつくりすべり*が起きやすくなることを発見した [THK_02]。岩石実験結果から、スラブ*流体に含まれる塩成分 (NaCl) が、界面エネルギーの異方性の効果によって流体の連結度を大きく下げることが見出され、地震波・電磁気観測*の結果から示される島弧下マントル*の流体分布の特徴を理解するための情報が得られた [THK_02]。2014年 Orkney M5.5 地震 (南アフリカ) の余震が面状分布する場所で見られる物性異常は、接触熱変性や熱水変質に起因する可能性があることがわかった [RTM_01]。

内陸断層の深部における地震発生と塑性流動の関わりを明らかにするため、地震発生層*最深部で形成した断層構造が見られる三重県の中央構造線で地質調査を実施した。また、岩石変形実験も併せて行い、塑性変形した岩石中の石英の動的再結晶微細構造から応力とひずみを読み取る手法を確立し、断層の力学的挙動を明らかにした [AIST05]。

(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

霧島火山の地震・空振観測データにより、新燃岳近傍で発生するバックグラウンド微動の振幅が新燃岳2018年3月の噴火に先行して増大したことが、微動源の移動の後に2018年4月の硫黄山噴火が発生したことがわかった^[ERI_07]。これらの結果は微動の活動把握が噴火発生予測に有用であることを示している。桜島の爆発的噴火に伴う地震・空振・傾斜の解析、噴出物の物質科学分析、火道流モデルに基づく数値計算から、爆発的噴火は火口底下深さ0.5-1 km付近の数十 mの領域における増圧によって開始し、噴出時には南岳A火口直下が減圧し、大きな噴火の場合は減圧が深さ数 kmにまで及ぶことが明らかになった^[THK_03]。海底火山の活動に伴う変色海水を再現する岩石-酸性化海水反応実験を行い、火山活動の活発化に伴って生成される熱水は強酸性であるためFeの割合が高くなる。一方、沈静化に伴って酸性度が低下するとFeとAlの割合が低くなることでSiの割合の高い熱水が生成されることがわかった^[TIT_01]。

イ. マグマ溜まりと火道内過程のモデル化

溶岩ドーム内のマグマにおいて、多孔質組織が形成されることによって過剰圧が増加し溶岩ドームの爆発を引き起こすことが推定されていたが、多孔質組織の形成は、ソリダス近傍の水飽和条件下において4日から8日で完了することを室内実験により明らかにした^[THK_04]。マグマ上昇から噴火に向かう最終段階において、多孔質組織によって浸透的な脱ガスが効果的に行われるため、噴火の爆発性を制御する可能性がある。よって、多孔質組織形成の時間スケールから、爆発性の異なる噴火に遷移する時間の推定ができる可能性が示唆された。

(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

ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震

南西諸島北部域において、海底地震計アレイデータを用いた浅部低周波微動の解析から、2022年6月と2022年8月～9月にかけて浅部微動エピソードが確認され、地震活動も活発化していることがわかった^[KGS01]。また、プレート境界域での小繰り返し地震(相似地震)を用い、日向灘から奄美大島にかけてのプレート境界の準静的すべり速度を求めたところ、2015年前後以降南西諸島北部は一般的に準静的すべり速度が増加しており、特に一部地域では、2022年頃から顕著な加速が見られることがわかった^[KGS01]。

中国大陸の地殻と上部マントルの3次元P波速度構造を高分解能で求めた結果、インドプレート、太平洋プレートとフィリピン海プレートの沈み込みが、中国大陸内部の地震・火山活動や造山運動に重要な影響を与えたことがわかった^[THK_05]。

イ. 内陸地震

潮汐に起因する地震波速度の時空間変化を全国で推定したところ、S波速度が遅い領域では潮汐ひずみに伴う応答が大きい傾向が見られ、高間隙水圧やクラックの存在が示唆さ

れた^[HRS_01]。

中国地方中北部・東部地域の次元比抵抗構造解析により、深さ約 20～40 km にかけて分布する低比抵抗領域の規模やつながりが明らかになった。また、浅部の高比抵抗領域の空間分布とこの深部低比抵抗領域のつながりから、山陰地方の地震活動や第四紀火山の活動に、深部低比抵抗領域の存在が重要な役割を担っている可能性を示唆した^[DPRI03]。

2016 年熊本地震震源周辺域での実効摩擦係数は、従来の応力インバージョン*からは 0.1 以下と推定されていたが、再解析の結果、それより有意に大きくなることがわかった^[DPRI03]。一方、地震観測による応力場の推定を通じ、日奈久断層帯では断層を挟み主応力軸の方向に違いがみられ、断層面が弱い可能性が示唆されたほか、日奈久断層帯がせん断帯として働くことにより、この地域の不均質な応力場を生み出す要因となっていることが示唆された^[KYU_01]。

令和 6 年能登半島地震に関する調査が行われた（第 3 章を参照）。

ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明

地震波の相関解析から、御嶽山の山頂の地表面から深さ方向に 5 km にかけて反射面を見出し、震源分布との対応から反射面は固結したマグマ溜まり上面や低透水層の境界面に対応すると解釈することで、火山性流体や熱輸送に関するモデルを提示した^[THK_08]。鹿児島湾奥の海底火山である若尊カルデラにおける定期的なヘリウム観測から、2015 年の桜島の火山活動活発化の時期に若尊カルデラの活動度は変化していなかったことを明らかにした^[AORI02, KOB032]。2018 年草津本白根山噴火後に実施した稠密 AMT 観測から、本白根火砕丘の浅部には白根火砕丘のような釣鐘状のキャップロック構造がないことを明らかにした^[TIT_03]。2018 年草津本白根山噴火に伴う地震波解析により鉛直開口クラックの上部にシール*状の圧力変動源の存在を推定し、開口クラックを通じて上昇してきた流体が一時的に停留した可能性を指摘した^[TIT_03]。

エ. 地震発生と火山活動の相互作用の理解

2016 年熊本地震後に顕著に見られた阿蘇カルデラ内の沈降を、粘性変形を考慮して調べたところ、阿蘇カルデラ内の 2 枚の断層面における正断層*成分を伴う余効すべりで説明できることを明らかにした^[GSI_01]。

オ. 構造共通モデル*の構築

地殻及び上部マントル条件での岩石（岩相-水-マグマ）の地震波速度及び電気伝導度*を再現するモデルの構築を進め、インバージョンにより安定的に各種パラメータ推定を行う手法を開発した^[DPRI_04]（図 4-4）。

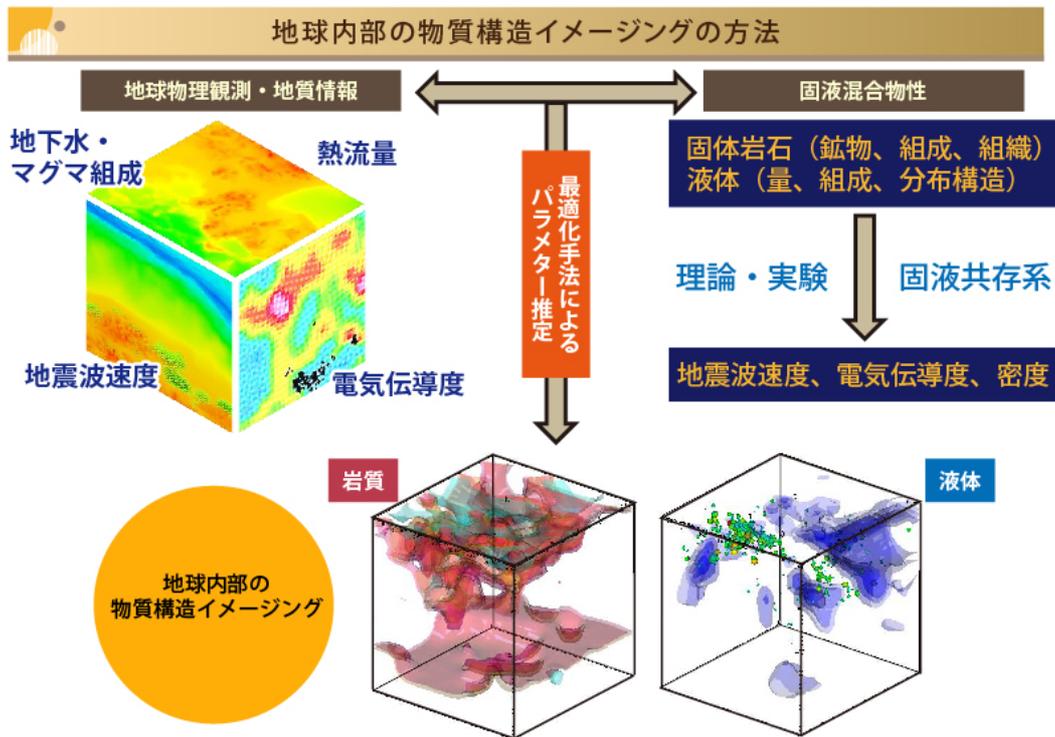


図 4-4 地球内部の物質構造イメージングの方法。地球内部の地震波伝播速度と電気伝導度を統合解析することにより、岩石と液体の種類、量比、分布形状を推定する手法を開発した。この手法を用いることにより、地殻とマントル最上部の構造イメージングが大きく進み、地震・火山活動のしくみの理解に資すると期待される。

4-2. 地震・火山噴火の予測のための研究

(1) 地震発生の新たな長期予測

ア. 海溝型巨大地震の長期予測

沖縄本島と宮古島の上に設置された海溝軸付近の2点の海底地殻変動観測により、プレート沈み込み方向への変動速度が小さいことが示され、現時点でこの地域がプレート間固着を示す積極的証拠はないことを明らかにした^[NGY_02]。すべり速度状態依存摩擦則*を仮定したプレート境界地震サイクルのシミュレーションによって、東北地震タイプのM9級地震の1サイクルにおける宮城県沖地震タイプのM7級地震の繰り返し間隔を調べ、M9地震のアスペリティ*周辺ではM7地震の発生間隔がプレート間すべりの時空間変化に起因して変動することが確認された^[JAMS01]。関東地方のGNSSデータの解析から、1703年元禄関東地震、1923年大正関東地震の震源域、および房総スロースリップすべり域では応力蓄積速度が大きく、房総半島南部域で大きな応力が蓄積していることが示された(図4-5)^[NIED03]。

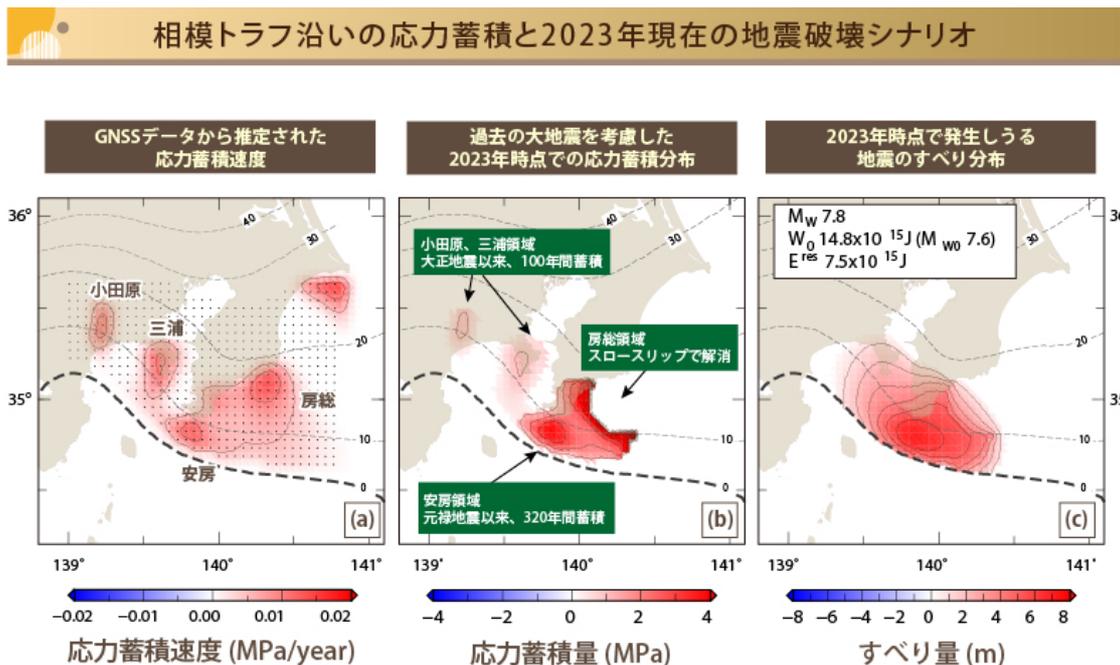


図4-5 相模トラフ沿いの応力蓄積と2023年現在の地震破壊シナリオ。(a) GNSSデータから推定された応力蓄積速度。(b) 過去の大地震を考慮した2023年時点での応力蓄積分布。元禄地震以来320年経過している安房パッチに応力が蓄積している。(c) 2023年時点で発生しうる地震のすべり分布。房総半島沖の安房パッチでは、2023年時点でもMw7.8程度の大地震が発生しうる。

イ. 内陸地震の長期予測

GNSS 観測によるひずみ速度*分布に基づいて、日本列島全域を対象に地殻内で発生する $M_{JMA}6.0$ 以上の地殻内地震の 30 年発生確率を試算した (図 4-6) [DPRI05]。2023 年トルコ東部の地震と 2024 年 1 月 1 日に能登半島で発生した地震 ($M7.6$) の動的破壊シミュレーションを行い、破壊過程*に対する断層形状と広域応力場の効果を調べた [UTS_05]。相模トラフや日本海溝のプレート境界地震によるクーロン破壊応力*変化 (ΔCFS) の計算を行ったところ、関東地方北部と南部で想定されている断層では、変化量は小さいものの、東北地震前後で異なる応力変化の挙動を示す。東北沖地震前は、関東地方北部では促進的、南部では抑制的であるのに対し、東北沖地震後その逆の傾向を示し、北部は東北地方で観測された断層の挙動と似た結果となった [ERI_11]。1944 年東南海地震 ($M7.9$) 及び 1946 年南海地震 ($M8.0$) 後の内陸震源断層に対する応力载荷*について、粘弾性緩和を考慮して計算し、1944 年からの 4 年間の間に西日本の内陸域で広範囲に 0.1 MPa 以上の応力変化が引き起こされることを示した [JAMS01]。SAR 時系列解析と GNSS 変位場の融合により、電離圏擾乱の大きい場合でもロバストな補正項推定が可能な手法が開発され、GNSS 観測網だけでは捉えることができなかった高精度かつ高空間分解能な地震間ひずみ速度場の検出に成功した [DPRI05]。

測地データと地震活動度から求めた内陸域での地震発生確率

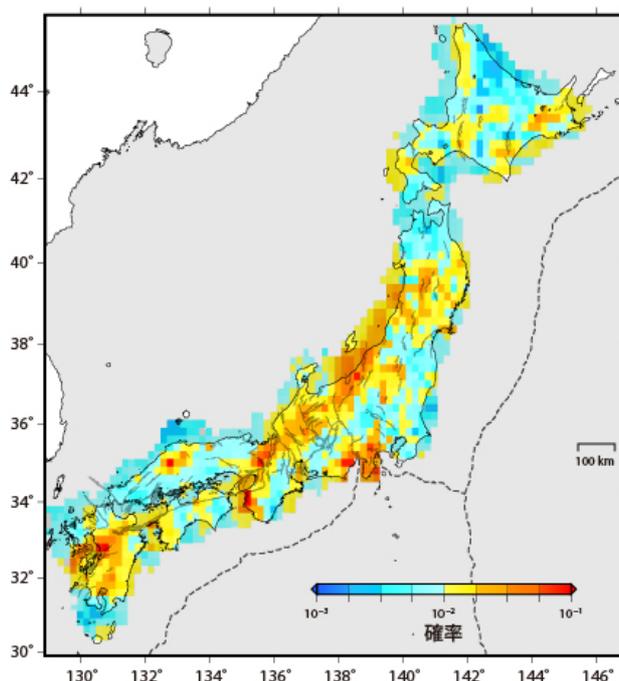


図 4-6 測地データと地震活動度から求めた内陸域での地震発生確率。2005 年～2009 年に観測された GNSS データに基づくひずみ分布から推定した内陸地殻に蓄積されるモーメント率と、過去の地震活動記録に基づく各地の背景地震活動データから、 $M_{JMA}6.0$ 以上の地殻内地震の 30 年発生確率を求め、その分布を色で示した。赤い色の地域ほど、発生確率が高く見積もられた。平均変位速度*が速い活断層では、余震の継続時間が短い傾向が見られた。

(2) 地殻活動モニタリングに基づく地震発生予測

ア. プレート境界滑りの時空間変化の把握に基づく予測

GNSS 等地殻変動観測データを用い、南海トラフ及び東北沖のプレート境界での固着状況の推定及び SSE の検出を進めるとともに、新潟-神戸歪み集中帯における非弾性*変形構造を推定した[AIST09, GSI_02, JMA_01, THK_09]。Hi-net 高感度加速度計(傾斜計*)記録に基づく、東北地震に先行して発生した加速的な先駆すべりに関する検証し、ノイズレベルを超える数時間の加速的変動がなかったことを確認した[ERI_12]。機械学習等の手法により、東北沖における地震活動や低周波地震活動の震源カタログのアップデートを進めた[THK_09, ERI_12]。プレート間非地震性すべり*の時空間変化の推定を進め、スラブ内地震の余震にも繰り返し地震活動があることを確認した[THK_09]。プレート境界周辺部での構造探査を行い、SSE や深部低周波微動活動域、大地震すべり域と構造不均質との関係の理解を進めた[ERI_12]。構造探査データと深海掘削データを組み合わせた解析により、タービダイト*が SSE 静穏域に集中して分布しており、透水性の高いタービダイトがプレート境界断層の間隙水圧を低下させているために SSE 活動が抑制されている可能性が示された(図 4-7)[ERI_12]。群発地震の解析から、流体に駆動されたスロースリップが群発地震に関与している可能性を示唆した[ERI_12]。Physics-Informed Neural Networks (PINN*)を用いた断層すべりモニタリング手法の開発を進め、プレート境界での摩擦特性の推定と SSE すべりの推移予測の試行を行った[KUS_01]。

南海トラフ沿いのスロー地震活動を規定するタービダイト

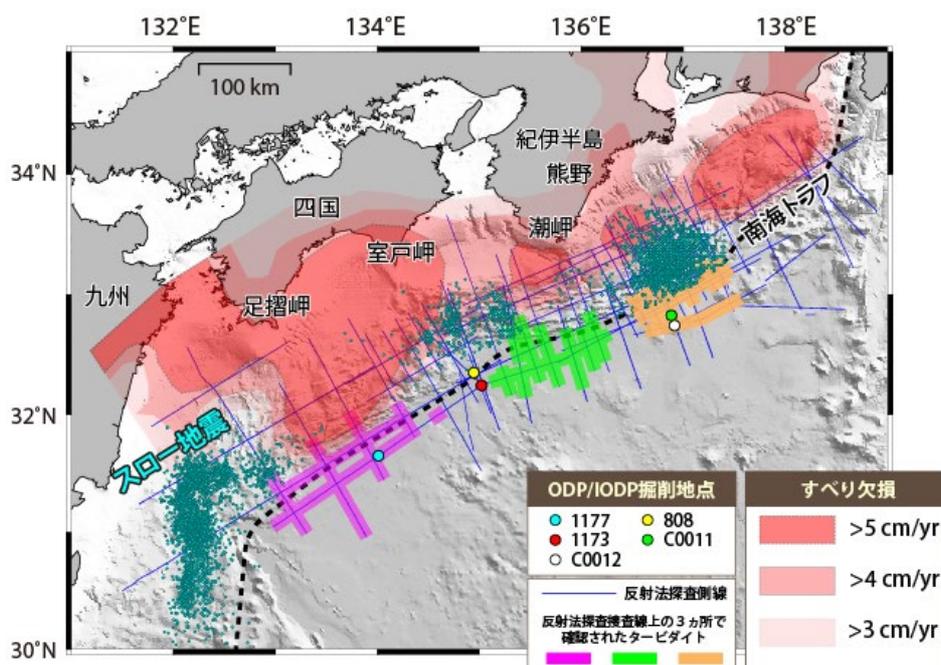


図 4-7 南海トラフ沿いのスロー地震活動を規定するタービダイト。南海トラフに沿って沈み込む深海堆積物を調査した結果、砂層に富むタービダイト（反射法探査測線上の桃、緑、橙色の領域）が、スロー地震活動の静穏域（水色の丸がない領域）、すなわちプレート間固着の強い領域（赤のグラデーションが濃い領域）に集中して分布することを発見した。透水性の優れたタービダイトがプレート境界断層の間隙水圧を低下させることで、断層面のせん断強度が大きくなり、スロー地震活動が静穏化した可能性を示唆する。

イ. 地震活動評価に基づく地震発生予測・検証実験

静岡県御前崎沖から沖合の南海トラフに沿った海域で DAS を用いた試験観測を開始し、浅海域における波浪などの振動現象の観測を行なった^[JMA_01]。また、南海トラフにおいて DONET の地震検知能力を評価し、観測網内であれば M1 以上、観測網の外周数十 km では M2 以上の地震については検知漏れがないことを確認した^[ERI_13]。深層学習*とアンサンブル学習*を組み合わせ、地震の自動検出手法の改良を進めた^[JMA_01]。富士山下の火山性低周波地震活動の解析により、2011 年東北沖地震後に低周波地震の発生頻度は増加し、その後低下していないことから地震後のマグマ供給系の変化を示唆した^[ERI_13]。P 波初動極性から応力場を推定する手法開発により、2000 年鳥取県西部地震域での高空間分解能応力場の推定を行った^[KUS_01]。2016 年鳥取県中部地震及び 2023 年モロッコハイ・アトラス地方での地震の観測データをもとに断層破壊停止要因に関する検証を進めた^[ERI_13]。ETAS モデル*に基づく予測地震数と観測地震数の比を GNSS による地殻変動データから計算した最大せん断ひずみ速度と比較し、正の相関が高いことを示した^[JMA_01]。余震活動の背景応力の時間変化を ETAS モデルとすべり速度状態依存摩擦則に基づく余震物理モデルを組み合わせ推定する手法を開発した^[ERI_13]。

（3）先行現象に基づく地震発生の確率予測

2024 年 1 月 1 日能登半島で発生した地震 (M7.6) の約 1 時間前からの前震活動について、M3 未満の前震が震央*近傍約 1 km 以内の範囲に集中していたことを明らかにした^[ERI_12]。開発を進めている、現在進行中の群発的な地震活動がより大きな地震の前震である確率の予測モデルと、実際に前震である確率が高い活動の特徴を併せたモデルを、日本の 1926~1999 年の地震で作成し、2000~2017 年 10 月末までの地震活動で検証したところ、本震発生確率の予測値と実際に本震が発生した割合は同程度によく一致していることを示した^[ERI_13]。2017 年以降の地震の連続波形記録同士の正規化相互相関関数の全チャンネル平均値の計算を高速化する手法を開発し、能登半島群発地震活動前にカタログ未記載の相似地震が発生した可能性を示した^[RTM_02]。室内実験において前震的微小破壊*（アコースティック・エミッション）イベントの発生状況を調べるために、人為的に低摩擦面を試料内部に配置する手法を検討した^[RTM_02]。2013 年 Lushan 地震（中国）に先行した大規模な地殻流体の移動に伴う顕著な重力の時間変化を検出した^[ERI_13]。

(4) 中長期的な火山活動の評価

ア. 火山噴火の長期活動の評価

富士山のマグマ全体の化学的な特徴を把握するために、文献などから計 1,417 の噴出物の全岩主要元素組成を収集し、このデータセットに対して統計分析を行い、3つの噴火年代と2つの宝永噴火の噴出物に分けられることを明らかにした。また、富士山の北麓から東麓で地表露頭調査及びトレンチ調査を実施し、時間的な連続性が保存される山中湖の湖底堆積物コア試料も活用して地層対比を行ったところ、比較的規模の大きなテフラ層が6枚あることを見出し、これらの噴火年代推定も行った^[MFR101]。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、岩石鉱物化学組成・組織など物質科学的情報の収集を実施し、テフラ層の区分や特徴を明確化した。特に伊豆大島では、大規模噴火に共通する性質及び、噴火推移やマグマ溜まり条件に制約を与える研究を進めた^[ERI_03]。御嶽山・秋田焼山等の岩石試料を対象とした年代測定を実施し、10万年より若い火山噴出物の噴火年代を明らかにした^[AIST03]。

イ. モニタリングによる火山活動の評価

人工衛星と地上観測による十勝岳の二酸化硫黄放出率の比較観測を行い、人工衛星データから推定された二酸化硫黄放出率が、冬季には噴火中の火山に相当するほどの大きな値となる原因を明らかにした。そして人工衛星データに対する誤差補正方法に関する検討を行い、地上観測が困難な冬季においても高頻度かつ高確度の二酸化硫黄放出率を衛星観測から推定する方法を構築した^[HKD_04]。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、地球化学的モニタリングを継続し、活動活発化を示唆する変化がみられないことを確認した。また、雌阿寒岳の温泉・噴気観測の結果をもとに熱水系の概念モデルを構築した^[HRO_01]。

(5) 火山活動推移モデルの構築による火山噴火予測

十勝岳では浅部の地殻変動源の膨張収縮とマグマからの熱及び物質供給の関係を、阿蘇山では噴火前駆地震と噴火様式及び規模との関係をそれぞれ議論し、吾妻山では長周期地震による深部からの流体収支推定を行った。御嶽山や草津白根山については数値モデリングによって、高圧流体による火山構造性地震*活発化を説明し、火口湖の湖底熱活動を表す湖水濃度変化を説明した^[THK_11]。また、日本国内外の噴火に関連する火山活動の推移について、1) 噴火前駆過程において地殻変動のみが起こる非破壊性マグマ貫入から、火山構造性地震を伴う破壊性マグマ貫入への移行、2) マグマ貫入速度と噴火の爆発力が比例、3) 古い噴出物を排出して新鮮なマグマを放出、4) マグマ噴火は揮発性成分が卓越する噴火、5) 脱ガスしたマグマ物質が卓越する噴火へ移行するという5段階からなる基本モデルを提示した^[DPRI06]。

4-3. 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(1) 地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化

ア. 強震動の事前評価手法

京都盆地及び奈良盆地内を対象に、強震観測点・震度観測点の波形記録を収集、整理、解析した。盆地基盤面で反射する地震波について、奈良盆地の多くの地点では観測往復走時と理論往復走時の差異は20%以内となったが、山科盆地と京都盆地の境界付近の狭窄部や基盤形状急変部などでは顕著な差異がみられた^[DPR108]。

双葉断層北方の仙台平野南部に存在する伏在断層の形状や断層長の推定を、浅部構造・重力探査や地震観測により行った。また、仙台平野南部の伏在断層の長さを25 km、幅を18 kmと仮定して、簡便法による震度予測を求めた結果、断層の浅部延長と山地に挟まれた帯状の領域では震度7程度と推定された(図4-8)^[THK_07]。

地表付近の強震動計算の高度化に資するため、2016年熊本地震を例として、既往調査に基づくすべり時間関数形状・すべり量・立ち上がり時間などのパラメータやこれまでのモデルの特徴を整理し、変動地形調査の結果を取り入れた震源断層浅部の破壊進展について、新たなモデル化に取り組んだ。また、震源断層が地表に達する断層モデルを想定し、断層浅部モデルのパラメータスタディを行って断層近傍強震動の計算結果に与える影響について調べた^[NGY_05]。

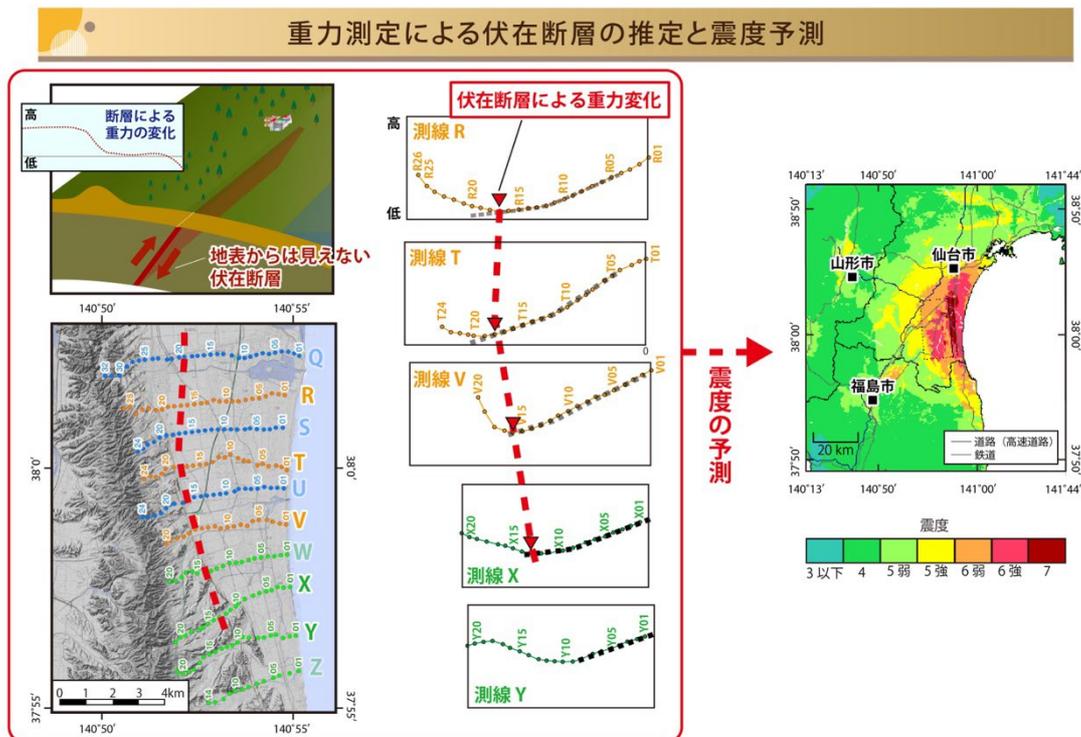


図4-8 重力測定による伏在断層の推定と震度予測。仙台平野南部において、反射法地震探査で確認されている伏在活断層に伴った重力変化を追跡した結果、伏在活断層による重力変化の分布が明らかになり、この断層の連続性が明らかになった。また、この断層の活動から各地の震度分布を予想したところ、断層の浅部延長と山地に挟まれた帯状の領域では震度7程度が推定された。

イ. 津波の事前評価手法

海底地すべりによる津波の事例である1929年Grand Banks（カナダ）の津波を対象とした再現実験を行った。震源近傍の海底の急斜面で地震動により誘発された斜面崩壊が徐々に深海域へと進展するモデルにより、海底ケーブルの断線時刻を再現した。また崩壊量をおよそ540 km³と仮定すると、検潮記録を再現できることがわかった^[HKD_05]。

南海トラフ沿いで発生する巨大地震の津波によって引き起こされる災害について、震源パラメータの不確実性を考慮した確率論的評価を実施した。南海・東南海地震津波を対象として、断層パラメータの不確実性の津波波高のばらつきに対する感度解析を実施した。津波によって発生する漂流物の挙動について水槽実験と数値計算結果との比較を行い、津波漂流物モデルの改良とその精度評価を行った^[CTOC01]。また、確率論的な津波浸水シミュレーションで予想されるハザードに基づいて、想定される避難モデルの結果から、そのリスクを推定する、といった、津波に対する一連の流れからリスク推定を行う統合的な枠組みを開発した^[CTOC32]。

ウ. 大地震による災害リスク評価手法

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ともに、地震動予測式の非エルゴード性*に関する日米比較を取り入れた国際共同研究を行った。国際的に構築された沈み込み帯の地震動フラットファイル（データベース）に比べ、日本の強震観測網による地震動フラットファイルが、地震動のばらつきの認識論的不確実性*を排除するために有効であることを定量的に確認した^[ERI_16]。

鳥取市鹿野町に立地し、1943年鳥取地震を経験した伝統的木造建築物を対象として、そこでの微動観測結果に整合する建築物の稠密モデルを作成し、個別要素法による震動の数値実験をおこなった。その結果、この伝統的木造建築物は現在の住宅に適用される簡易判定の評価よりも高い耐震性を有することが示唆された^[TTR_01]。

重点推進研究「巨大地震のリスク評価の不確実性に関するパラダイム構築の推進」を総括研究として実施した。これまでに震源過程や地盤構造等の各分野におけるリスク評価の不確かさの知見を統合し、南海トラフ沿いで発生する巨大地震により引き起こされる強震動による建築物被害推定を、木造を対象に行ってきたが、令和5年度は鉄筋コンクリート造（RC造）と鉄骨造（S造*）の建築物被害推定を同時に行った。これにより、それぞれの構造形式に与える影響を比較検討できるようになった（図4-9）^[CTOC01]。

建物被害による平均損失率（構造種別ごと）

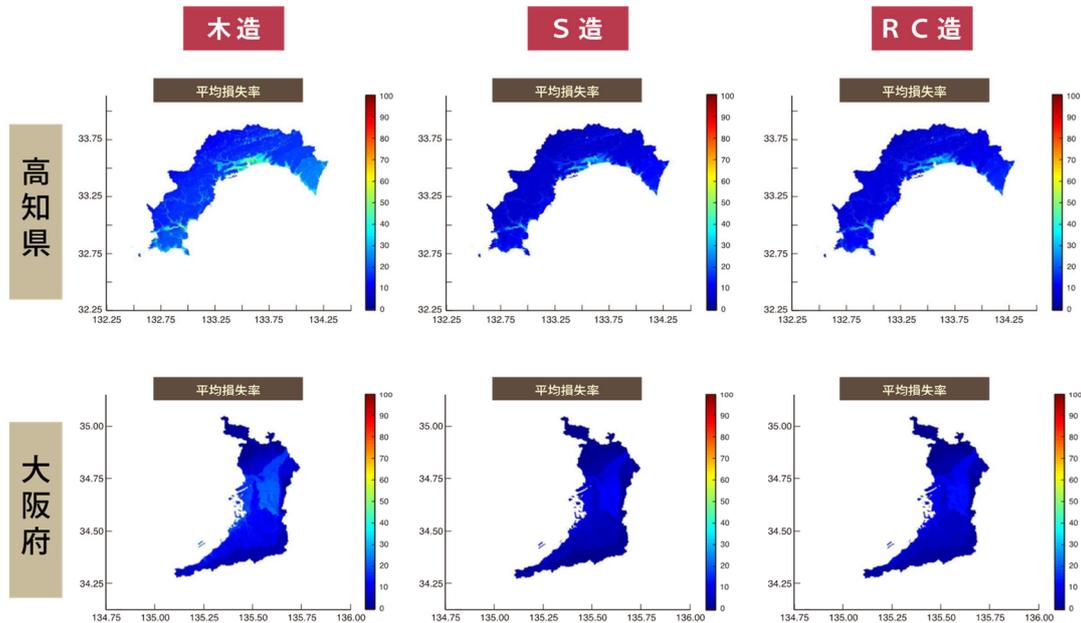


図 4-9 建物被害による平均損失率（構造種別ごと）。南海トラフ沿いの巨大地震が発生した際に生じる高知県及び大阪府における構造種別ごとの建物損失率の期待値を示す。最大値は、高知県では木造で 60 %，RC 造と S 造で 30 %，大阪府では木造で 35 %，RC 造と S 造で 20 %程度である。

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・九州内における過去の災害履歴を検討し、付加体*地域内に分布する砂岩領域において地すべり*・深層崩壊が多発していることを明らかにした。特に砂岩地域の中でもメランジュと呼ばれる変形帯の砂岩は深部まで亀裂が形成されており、さらには断層破碎作用によって中小角礫化している場所も分布していることを明らかにした^[DPRI10]。

インドネシアのメラピ火山は、過去に溶岩ドームの崩落が頻繁に発生し、大規模な被害を引き起こしてきた。2020 年頃から、メラピ山の溶岩ドームの一部が十数メートル変位しており、将来的には崩落し火砕流を引き起こす危険性が懸念されている。この背景から、地表設置型合成開口レーダ(GB-SAR*)の高精度化アルゴリズム*を用いた溶岩ドームの計測を提案し、実現に向けた準備を進めた^[IRID03]。

オ. 火山噴出物による災害誘因の事前評価手法

地盤変動、火山性地震、空振、火山ガス、映像等の観測データをもとに、火砕流の発生危険度をリアルタイム判定するロジックを高度化し、過去の火砕流発生時の前駆現象から危険

度を判定するパラメータの調整を行い、より適切な火砕流発生危険度の評価を可能にした [DPRI10]。

(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

鳥取平野を対象に、鳥取県の地震被害想定に用いられた地下構造モデル*を新たな視点で更新した。まず、平野内の地震観測点における地震基盤までの地下構造モデルを、拡散波動場理論を介して推定し、物性の標準値を設定した。その標準値に基づいて、大アレイの微動観測点における観測された地震波形の特徴を満足する地下構造を推定した。これら地震波解析に基づく地下構造の層境界と、重力異常に基づく密度層境界の対応を吟味して、観測結果を満足する3次元地下構造モデルを構築した [TTR_01]。

強震波形データから2観測点間の地震波伝播を表す伝達関数をあらかじめデータベース化し、大地震の強震観測記録に適用することで、震源から離れた地点の揺れを即座に予測する手法の有効性を検討した。2004年新潟県中越地震の関東平野を代表する横浜地点の長周期地震動をこの手法により予測した結果、観測された長周期地震動の波形と良く一致することを確認した [ERI_14]。

イ. 津波の即時予測手法

新たなデータ同化手法に基づく津波の波動場現況推定手法の定式化をさらに拡張し、波動方程式に類する一般の方程式に対してもこの手法が適用できるよう、一般的な方法論を検討した。またその応用として、津波のみならず地震波を記述する弾性体の運動方程式と異方性を含む一般的な線形構成関係式に対する方程式も導出した [HRS_02]。

津波の即時予測に必要な断層推定の高度化に関係する、国土地理院で運用している REGARD の1枚矩形断層推定手法について、マルコフ連鎖モンテカルロ法 (MCMC*法) によってリアルタイムで実現するアルゴリズムの精度評価を継続した。2024年1月1日に発生した能登半島の地震 (M7.6) 発生時に、RUNE によって断層モデルを自動推定することに成功した [THK_12]。

ウ. 火山噴出物による災害誘因の即時予測手法

霧島火山群全体に対する火山活動推移モデルを作成するとともに、各噴火事象の分岐確率についての評価を行った [ERI_17]。

焼岳火山北西の足洗谷流域を対象として、土砂動態シミュレーションモデルを用いて土石流発生ポテンシャルの変動に関する検討を行った。毎年の冬期から夏季にかけて凍結・融解作用で生産された土砂によって河床堆積土砂が増加し、豪雨を受けると土石流が発生し、堆積物が全て流出することでポテンシャルがリセットされ、生産土砂による河床堆積土砂増加により経年的にポテンシャルが増加するサイクルを再現することができた [DPRI12]。

(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

高知県において、南海トラフで発生する M8 クラスの地震の連発の発生確率等に関する研究成果を報告し、南海トラフ地震臨時情報の実効的活用に向けた課題に関する意見交換を行った。静岡県とも連携し、臨時情報に関する啓発セミナーの講師を務めるなど社会発信をしつつ、自治体やメディア関係者等と意見交換を行った^[IRID04]。

首都直下地震に関する認知体系について、都民に対するアンケート調査をもとに明らかにした。国や地方公共団体の公表している被害想定の内容に対する認知が低く、またそれらを住民が認知したとしても、その被害想定の内容に沿った地震対策が行われるわけではないということがわかった。これを踏まえ、地震に関する認知構造を把握したうえで、住民が理解しうる情報(被害想定)体系を考案した^[III_01]。

4-4 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、災害事象の発生場所を地域の歴史的・地理的・社会的特性と関連づけ、記録の信頼性も踏まえて分析することが重要である。1855年安政江戸地震において怪我人が出た状況について整理し、同地震の際の薩摩藩の芝屋敷や支柱のようすを描いた『江戸大地震之図』（東京大学史料編纂所蔵島津家文書、令和元年度に検討済み）にも『安政大地震絵巻』（三康図書館蔵）と同様の描写があることを確認するとともに、地震対策となる「地震口」がその後の1910年代にも東京で採用されていた事例を検討した。東京帝国大学では、1923年大正関東地震によって図書館等の蔵書が焼失し、貴重書としての史料の保管場所が、震災時の搬出に不便であった点が災いしたことなどを明らかにし、史料の防災対策の難しさを指摘した^[UTH_02]。津波災害はとりわけ地形環境とその変化に大きく影響を受ける。歴史地形の痕跡や、2011年の東日本大震災における被害状況に関する岩手県宮古市での野外調査の結果、市街地の南岸を流れる閉伊川の河口に前近代まで存在した砂州が埋め立てられた状況や、山口川で前近代の流路が変更され旧河道が暗渠化されている現状を確認した。また、砂州を埋め立てた場所に建設されていた当時の宮古市役所庁舎が津波で被災し、山口川の旧河道に沿って津波が侵入しており、歴史地形と2011年の津波被害に明確な因果関係があることを確認した^[IRID05]。

2011年東日本大震災に関して、復興後の被災地の防災力の強化について、宮城県女川町を事例に検証した。高台移転や低地の土地利用規制などによって津波に対する安全性は向上したが、人口の著しい流出により震災前と比較して世帯の分解・縮小が顕著に進んだこと、コミュニティの近隣関係・地域活動・生活条件が顕著に衰退・悪化したこと、地域の防災活動も著しく停滞した状態にあることなどを明らかにした。南海トラフ地震対策に関する高知市の調査も踏まえ、ハザードに対する科学的な理解や制御と、社会的な観点に立った災害・防災の捉え方とを組み入れた防災計画の必要性を指摘した^[NGY_06]。兵庫県による南海トラフ地震の被害想定のうち被害想定小さい兵庫県北播磨地域において被災者受け入れの意向を把握し、広域避難に伴う問題点を検討した。その結果、空き家活用特区制度について、かなり前向きな意見が多く、とりわけ人口減少・高齢化・空き家増加が課題となる地区において、地域活性化の仕組みとしての制度への期待が高いことが明らかになった。一方、都市部から人が流入する際の懸念を高齢世代の多くが持っているため、二地域居住といった、新規居住者と旧来からの住民との間に軋轢を生まないためには、平時からの両者の関係を構築する必要があることがわかった^[HGY_02]。

2021年10月20日の阿蘇山噴火は災害に至らなかったが、噴火発生時に火口から1~2kmの登山道に10名を超える登山者がおり、人的被害につながっていた可能性のあるインシデントである。これまでの阿蘇山での火山活動とそれによる災害、防災対策、火口周辺の利活用などに関する文献調査を行うとともに、このインシデントの発生過程を現地調査に基

づいて整理した。その結果、火山活動の活発化に伴い、気象庁からの情報は段階的に発表されていたが、それが速やかで効果的な登山道閉鎖にはつながらなかったこと、また、登山者の火山情報収集にも課題があったことが明らかになった^[KUS_03]。

南海トラフ地震を対象としたハザード・リスク評価における認識論的不確実性を考慮するための枠組みの構築に着手するとともに、地震ハザードの基盤情報として、2024年起点の確率論的地震動予測地図を作成し、基盤となる強震動観測記録、地下構造、活断層のデータベース群へのデータの追加を行った。津波ハザードステーション(J-THIS)に防災科学技術研究所の津波ハザード評価に関する研究成果を紹介するWebサイトJ-THIS Labsを新設し、南海トラフ沿いで発生する地震の最大クラスを含む多様性を考慮した確率論的津波ハザード情報を公開した。南海トラフ巨大地震のリスク評価として、被害評価に基づく特徴量を用いた地震像の類型化を実施した^[NIED04]。関係機関と連携し気象庁の発表する防災情報の改善や高度化に係る知見・成果を共有した。緊急地震速報の震源推定手法について、従来法を含む複数の手法の併用から改良を加えたIPF法*に一本化する運用を開始するなどの情報内容の改善を行った^[JMA_16]。地域の状況にあった様々な手段を用いて、地震・津波及び火山に関する知識や防災行動についての普及啓発に継続的に取り組んだ。とくに、地震本部と連携した地域講演会等の普及啓発を実施した^[JMA_17]。

(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

令和4年度に引き続き、社会における防災リテラシーの実態の把握については、応急期を想定したシナリオに基づき、個人及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、以下の成果が得られた。

災害後の被災者行動・行政対応についての現象解明にかかる研究、及び研究成果として得られた知見の社会還元を推進した。北海道太平洋沿岸部では、津波浸水想定区域が更新されることで、災害リスクの高い対象者・対象地域が変化することにより新たな浸水想定区域が指定された。これにより、津波避難行動において、地域性や対象者の属性等が既往の想定と異なるために津波避難上で発生する課題が変化する。これを踏まえ、災害リスク軽減のために国・地方自治体・住民組織・住民個人の間で流通させるべき情報種別の同定、避難開始や避難場所選定などに関する住民の意思決定要因の解明と、現実空間の模擬避難実験と仮想空間の避難シミュレーションを統合して避難移動の特性についての解明を試みた^[HKD_07]。災害情報が被害の発生抑止・軽減に資する過程を明らかにすることを目的に脳科学にかかわる実験・分析が行われた。その結果、リスクに関わらず「まず避難」する意思決定特性と、脳内の感情反応抑制特性の間に、正の相関があることが確認された。これは、被害リスクや避難行動に対する忌避感情が避難行動を阻害する要因になりうることを意味しており、「怖がらせれば逃げるだろう」という旧来の災害心理学的発想を否定する知見である^[IRID06]。災害後の生活再建にかかる公的な支援のあり方を研究するために、過去災害の生活再建支援相談対応に関するデータ分析を実施し、対話型での相談対応システムの基礎を整備した。あ

わせて、令和6年能登半島地震の発生を受け、被災地である富山県氷見市をフィールドとして、生活再建支援の礎となるデータ管理の基本要件を再整備するとともに、応援・受援を合わせた現場支援のあり方について実地研究を推進し、状況認識の統一を実現するためのツールとなる「共通方針」「共通実施計画」の基本テンプレートを整備・検証した^[TYM_03]。

日本の多くの火山地域で課題となる登山客や観光客を対象とした防災・減災策として、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について、各火山地域における観光施設の調査データを分析し、各火山地域に共通する主な課題として「噴火災害経験の継承」、「地域住民への火山防災啓発」、「登山者・観光客への火山防災啓発」、「観光と防災の両立」の4つを指摘した^[NGY_06]。桜島を対象とした研究では、一般公開行事として実施される観測施設を巡るバスツアーの参加者にアンケート調査を継続的に実施し、10年前の調査と比較することで、毎年開催されることによってイベントの認知度が上がったことがわかった。また、参加者が最も関心を持った展示や施設は観測坑道であり、そこに立ち入ることについての希少性と非日常性が理由であると考えられた^[DPRI13]。また、地震火山観測に関する科学的知見を、事前復興や防災リテラシーに生かすための方策について、京都大学防災研究所桜島火山観測所による観測データの公開や施設公開等のオープンサイエンスの実践から検討し、様々な団体との連携を通して、科学的な研究が市民（非専門家）に対して、より開かれた活動へと変革する過程を明確化した^[HYG_01]。

防災のために獲得すべき能力を8つに分類し、現在の学校や地域において実践されている防災教育の内容がそのどれを向上させるものであるのかを調査、分析することで、現状で何が不足しているのかを明らかにして、望ましい防災教育の在り方を提唱した。その内容は文部科学省が発行した「実践的な防災教育の手引き（小学生編）」にも活用され、社会に実装された（図4-10）^[NGT_02]。

防災リテラシー向上に寄与する知見の社会発信の一環として、京都大学防災研究所阿武山観測所では、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を取り入れた「サイエンスミュージアム運営による地震リテラシーの向上」「地震・津波避難訓練支援ツールによる市民参画型地震・津波訓練の推進」「自然災害に関する歴史資料の解説プロジェクトの推進」「内陸地震観測にかかるオープンサイエンス型地震学の試行」といった先端的な取組を継続した^[DPRI14]。また、地震・火山噴火災害における被害軽減のために利活用可能な要素・知識体系の整理・検証を進め、研修プログラムを構築し、研修体系の整備を進めた。関東地震100周年として開催されるイベント等の機会をとらえ、これまでの観測研究計画における研究で抽出・体系化された知見を再整理し、啓発コンテンツの発信を推進した。特に関東地震と南海トラフ地震の共通性と独自性を整理することで、地震現象の理解枠組みの整理を実施した。令和6年1月1日の能登半島での地震の発生後には、既往研究の成果として得られた理解枠組みと研究コンテンツ開発の技術に基づき教材を整備し、ハイブリット型での研究環境を活用した短期間で効率的な研究プログラムを構成した。この研修プログラムは、被災県内外からの多くの職員が断続的に応援活動を実施する中で、これらの職

員に対する研修として実装し、確実に災害対応実績があげられたことから、その効率性と有用性が確認された^[NGT_02]。

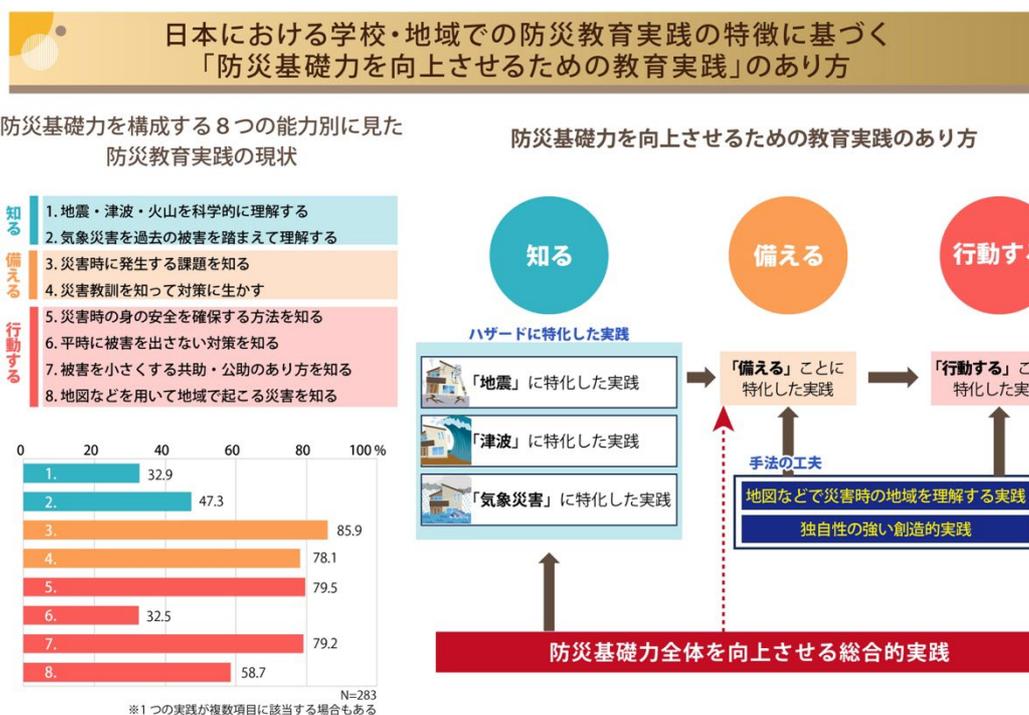


図 4-10 日本における学校・地域での防災教育実践の特徴に基づく「防災基礎力を向上させるための教育実践」のあり方。防災の基礎となる 8 つの能力について、現在学校や地域で実践されている防災教育がどの能力を向上させるものであるかを調査した（左図）。その結果、「地震・津波・火山を科学的に理解する」「気象災害を過去の被害を踏まえて理解する」「平時に被害を出さない方法を知る」、及び「地図などを用いて地域で起こる災害を知る」を向上させるための教育が相対的に少ししか実践されていないことが明らかとなった。この結果を体系的に整理することで、防災基礎力を向上させるための教育実践のあり方を提案した（右図）。本研究の成果は、文部科学省が発行した「実践的な防災教育の手引き（小学生編）」※に活用され、社会実装・社会普及を実現した。

※ <https://anzenkyouiku.mext.go.jp/mextshiryou/data/jissenbousaisyougakukou.pdf>

4-5 研究を推進するための体制の整備

(1) 推進体制の整備

本研究計画の適切かつ効果的な推進のため、測地学分科会は計画の進捗を把握し、参加機関間は密接に情報交換しながら計画の推進につとめた。年度末には地震・火山噴火予知研究協議会主催で成果報告シンポジウムを開催し、研究成果を取りまとめた。今年度、測地学分科会は地震・火山噴火予知研究協議会とともに、地震本部との連携を強化して対応することとなった。本計画の成果が地震本部施策へ活用されるための具体的な議論を進めた。

・拠点間連携共同研究

重点推進研究では「巨大地震のリスク評価の不確実性に関するパラダイム構築の推進」を総括研究^[CTOC01]とし、その中でリスク評価の不確かさの要因を検討する各分野の6グループ、それらの知見を統合する3グループ、の計9グループを構成して活動した。令和5年度はこのグループのうち、4つを特定研究として実施した^[CTOC31, CTOC32, CTOC41, CTOC42]。一般課題型研究としては、災害軽減に関する新たな研究課題の創出や新規参画者の開拓のため、新規と継続を合わせて11課題を実施した^[CTOC34, CTOC35, CTOC38~CTOC40, CTOC43~CTOC48]。令和元年度から令和5年度までの各年度において申請された研究提案について、東京大学地震研究所・京都大学防災研究所拠点間連携共同研究委員会により審査され、拠点間連携共同研究の趣旨に適合するものが採択された。

(2) 分野横断で取り組む総合的研究を推進する体制

ア. 南海トラフ沿いの巨大地震

成果の社会実装・ステークホルダーへの成果の還元を目的とした活動を実施した。2023年8月に宮崎県との共催で南海トラフ地震臨時情報に関する自治体向けのセミナーを実施し、臨時情報が発表された場合の自治体対応とその問題点の共有を図った。また、2024年2月にメキシコで国際ワークショップを開催し、南海トラフ及びメキシコにおける地震・津波研究成果の社会への実装と還元について議論を進めた。

イ. 首都直下地震

相模トラフ沿岸を襲った津波の歴史記録について整理を行い、それに関連した野外調査から津波の高さを検討した^[AIST08]。震源域近傍で記録された強震波形データを入力して、都心部での長周期地震動の速度応答スペクトル及び地震波形を予測する深層学習(CNN*)モデルを開発した^[ERI14]。関連する課題の研究者による意見交換会をオンラインで行った^[ERI15]。

ウ. 千島海溝沿いの巨大地震

GISを用いた津波浸水被害や津波避難行動解析の成果に基づき、災害情報流通に関する

分析を実施した。また、高校「地理総合」での防災リテラシーの向上に向けたシンポジウムを開催し、学校現場での課題を検討した^[HKD_07]。根室沖で船舶及びウェーブグライダー*での観測を実施した。プレート相対運動方向の変位が検出され、プレート境界浅部まで強く固着している可能性を示した^[ERI_05, HKD_09]。

エ. 桜島大規模火山噴火

大規模噴火の前駆現象としてのダイク貫入の重要性を再確認した。桜島南岳噴火の地盤変動に関する大量のデータから、噴火規模と噴火時間に関する確率モデルを構築し、発生予測モデルの検討を行った。火山灰ハザード予測について多くの知見が得られるとともに、火山岩塊、火砕流、土石流についても研究が進んだ。大規模噴火とその後の避難に関わる様々な取組のひとつとして、大規模噴火を想定した場合の噴出量と風速場に基づき、市街地への降灰危険度を予測した（図 4-11）^[DPRI13]。

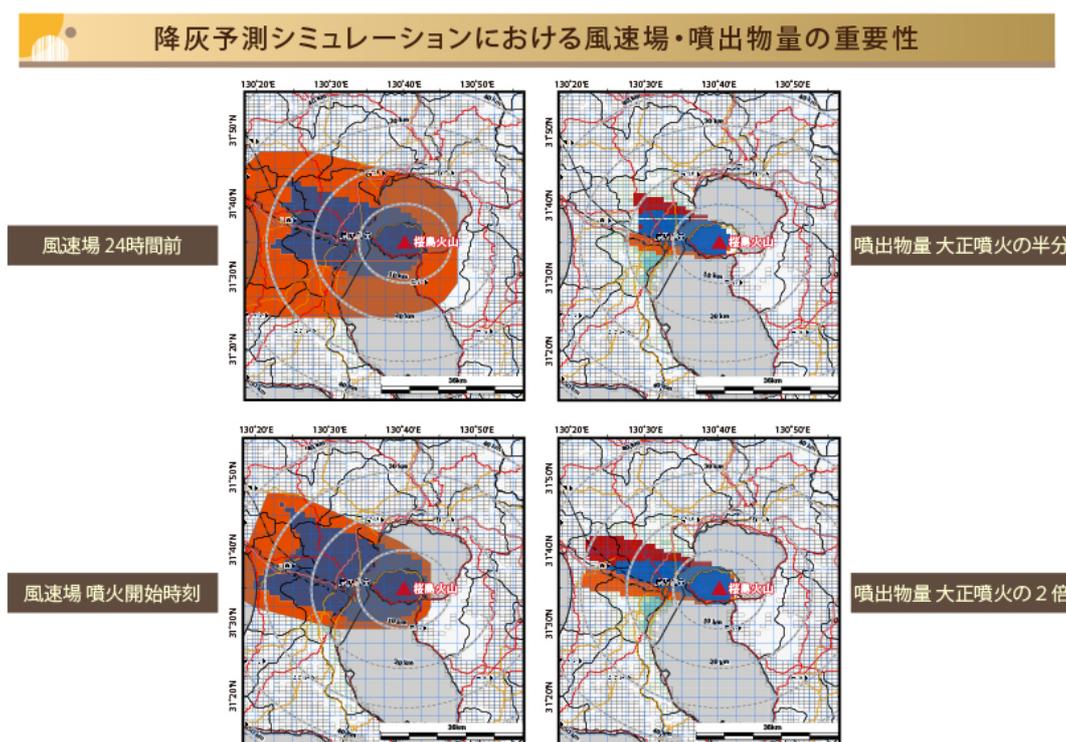


図 4-11 降灰予測シミュレーションにおける風速場・噴出物量の重要性。鹿児島市街地に影響が及ぶ風速場（2018年7月15日）において桜島南岳山頂火口において大規模噴火が発生した場合における降灰危険度予測（右上，右下）。降灰危険度予測を基に避難すべき範囲の余長の持たせ方の変化（左上，左下）。噴火の24時間前予測では余長域が広いが、現時点予測では余長域が狭くなるように設定されている（左図の赤色の範囲）。

オ. 高リスク小規模火山噴火

各地域の火山防災に関する先進的な取組を比較し、火山防災啓発における課題と対応を図にまとめた^[NGY_07]。火山活動に関する効果的な情報伝達手段をアンケート調査により調査した^[KUS_03, THK_11]。富士山周辺、阿蘇山、弥陀ヶ原火山等で様々な地球物理的観測を実施した^[MFRI02, KUS_02, TYM_02]。地震・噴火の国際的なデータベースを統計的に評価し、大地震の影響による火山噴火発生確率の変化等の知見を得た^[THK_11]。

(3) 研究基盤の開発・整備

ア. 観測基盤の整備

地震観測網や地殻変動観測網などの観測基盤を維持・運用するとともに、地震観測データを一元的に処理した結果を公開し、関係機関に提供した^[JMA_09, NIED05, GSI_04, GSI_08]。N-net においては、海底へ観測機材とケーブルを敷設し、海底からのデータ取得が可能になった^[NIED05]。全国の地盤・地殻変動を把握するため干渉 SAR 時系列解析を実施した^[GSI_07]。地震観測データ流通網 JDXnet の安定的な運用を継続した^[ERI_19]。

イ. 観測・解析技術の開発

三陸沖及び新潟県粟島周辺に設置されている海底地震観測システムの光ファイバーに 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た^[ERI_22]。広域火山観測網について観測・伝送装置を低消費電力化・DC 駆動に切り替え、非常時でも蓄電池で長時間の観測継続を可能にした^[THK_13]。機械学習を用いて Pi-SAR 観測データから津波等の浸水領域を抽出するモデルを構築するなど、データ解析手法の開発を行った^[NICT01]。

ウ. 地震・火山現象のデータ流通

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ーを安定的に運用し、大学・気象庁等関係機関データの充実を図った^[HKD_08]。試作してきた次世代の対話検出処理ソフトウェアに、ランニングスペクトルの表示や波形の選択部分のスペクトルの表示機能を追加した^[ERI_24]。WIN 波形データ伝送プロトコルの課題整理及び次世代における波形フォーマットや伝送プロトコルの策定・提言を行った^[KOC_02]。

エ. 地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開

地震カタログを作成してホームページに公開した^[JMA_14]。全国の 50 活火山*^[注]について、地震計、空振計、GNSS 等の観測データを常時収集して解析を行った^[JMA_15]。大規模噴火データベースの構築及び噴火推移データベースの構築を進めた^[AIST11]。いくつかのデータを機関リポジトリに登録し、DOI 付与を実現した^[ERI_18]。観測や開発したソフトウェア等のメタ情報を収集・整理し、研究成果共有システムで公開した^[ERI_25]。

(4) 関連研究分野との連携強化

近代観測以前の地震・火山現象の解明を目指し、e.ユミマップ*の整備を続けるなど、引き続き歴史学・考古学と連携して計画を進めた。また、進展の著しい数理科学、情報科学、計算機・計算科学等の研究分野の成果も取り入れつつ研究を進めた。

(5) 国際共同研究・国際協力

ニュージーランドや南アフリカで国際共同研究を進めた。ニュージーランド北島のヒ克蘭ギ沈み込み帯で発生する地震を、その発生場所毎に分類することに成功した^[THK_01]。また、この海域で発生する微動のエネルギーは、日本周辺域と比較して1桁以上小さく、海域観測によって初めてその活動が確認できることがわかった^[ERI_08]。

(6) 社会との共通理解の醸成と災害教育

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

(7) 次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成

地震・火山噴火予知研究協議会は、令和5年度に2名の特任研究員を雇用し、人材育成の一端を担っている。また、火山分野においては、次世代火山研究・人材育成総合プロジェクトにおいて、本研究計画に参画する大学や研究機関が、火山研究者を志す全国の大学院生に実習や講義などを行い、若手育成に取り組んだ。