

### 3. 令和4年度の成果の概要

#### 3-1. 地震・火山現象の解明のための研究

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

##### (1) 地震・火山現象に関する史料・考古データ、地質データ等の収集と解析

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

##### ア. 史料の収集とデータベース化

東北地方で発生した地震について、各地の史料等の調査から、1454年に東北地方の太平洋沖で発生した享徳地震は関東でも大地震と認識される地震であったこと、1611年の会津慶長地震で形成された山崎新湖の形状、安政江戸地震の江戸より東方の被害地域の境界などが明らかになった [NGT\_01]。また、1616年の仙台地震における津波の記述は、慶長奥州地震津波(1611年)に関する記述が伝わったものであり、現段階では仙台地震によって大きな被害をもたらした津波は発生しなかったと考えるのが妥当であると考えられる [IRID01]。阿蘇山において、熊本県の阿蘇高森で書かれた瀬井家日記から、1830年8月12日に新火口とスコリア丘が形成されたことや、1854年の安政南海トラフ地震の4～9カ月前に阿蘇山の火山活動が活発化していたことを確認した [HMEV02]。

情報工学研究者と連携して人工知能(AI)による史料中の地名表現の自動抽出を試行した [UTH\_01]。安政東海・南海地震、安政江戸地震、濃尾地震等についての歴史史料翻刻、および目録作成を行った [NGY\_01]。Web-GIS\*を活用して南海トラフ巨大地震史料の現在地点を地図上に表示するとともに各史料の情報が表示されるようにした。これをもとに宝永地震、安政東海地震、昭和東南海地震についての比較検討を行い、宝永地震と安政東海地震は異なる震源域で発生したことが示された(図2) [NGY\_01]。歴史地震\*のカタログや震度分布を活用したツールの開発、デジタルアーカイブを活用するためのWebアプリの改良、歴史地震IDに基づくポータルサイトの試作を行った [ERI\_01]。

研究会の開催、書籍の刊行、勉強会の開催を通じて、歴史地震に関する研究コミュニティの構築・教育・市民への普及を図った [NGT\_01, IRID01, ERI\_01]。

## 史料の整理による南海トラフ巨大歴史地震像の解明

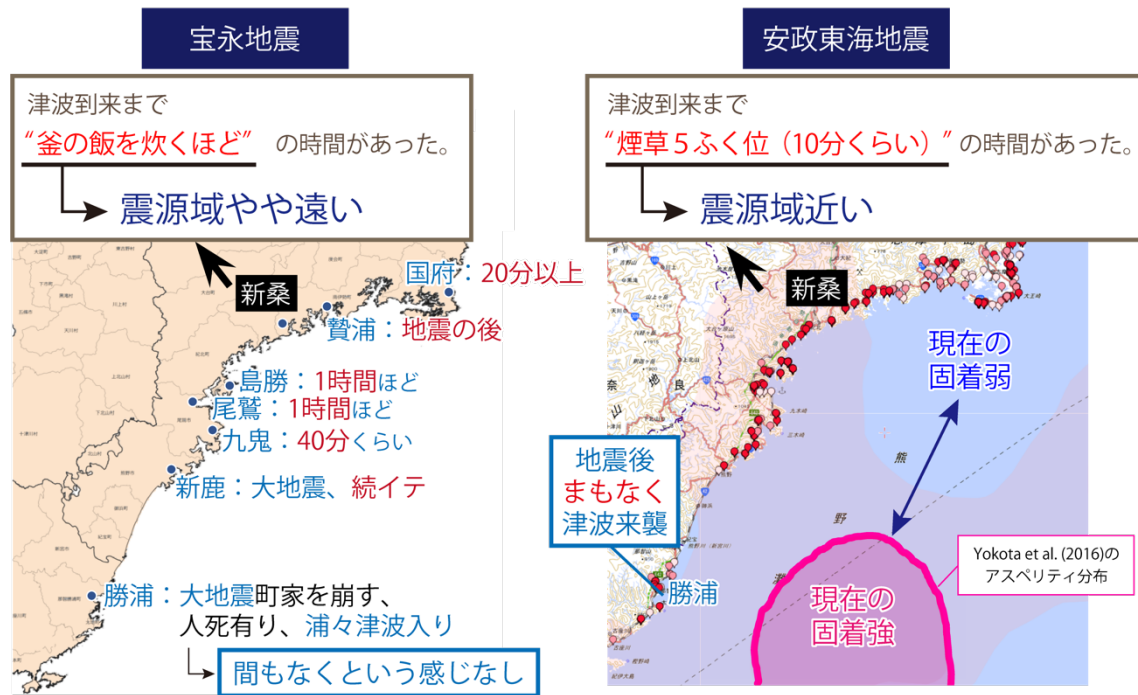


図2. 史料の整理による南海トラフ巨大歴史地震像の解明。史料からみえる宝永地震、安政東海地震の違いを示す。史料データは e コミマップ\*上で整理しており、史料の存在地点を地図上のマーカー（右図の沿岸地域にある赤色や桃色などのバルーン）で示し、これらのマーカーをクリックすると史料の情報が表示される。この比較により、例えば宝永地震（左）と安政東海地震（右）による津波到来までの時間は同じ地域でも異なっており、2つの地震が異なる震源域で発生したことが、史料からも明示された。

### イ. 考古データの収集・集成と分析

「歴史災害痕跡データベース (Historical Disaster Evidence Database: HDE-GISdb)」の試作版を作成し、調査地点ごとの災害痕跡情報を収集することで、過去の災害発生時期を捉えることができるようになった<sup>[NAB\_01]</sup>。縄文集落の分析から本州東部で発生した地震活動について考古年代の特定等の基礎的な検討を行った結果、縄文時代前期（約6,000年～5,000年前）後葉の時期に房総半島先端部の隆起を伴う相模トラフの地震、および津波をともなう三陸の大地震が発生したと推測される<sup>[NGT\_01]</sup>。瀬井家日記に記載された有感地震の情報を収集・調査し、1854年（安政元年）12月24日の安政南海地震と、12月26日の豊予海峡地震の際の阿蘇南郷谷の被害状況が明らかになった。また同年3月に、阿蘇山中央火口付近で突然熱水が噴出し、死者が出ていたことが確認された<sup>[UTH\_01]</sup>。

### ウ. 地質データ等の収集・集成と分析

千島海溝・日本海溝周辺域では、17世紀に発生した巨大津波をはじめとした過去のイベントに関する地質調査を行うとともに、17世紀巨大津波の波源に関する予察的な計算を行った<sup>[AIST08]</sup>。その結果、北海道胆振地方東部の厚真町で発見された津波堆積物<sup>\*</sup>は、1611年の慶長奥州地震津波の痕跡である可能性が高く、内閣府が想定する17世紀型巨大地震の津波は小さくなることを示唆した<sup>[HKD\_01]</sup>。

南海トラフ周辺域では、和歌山県串本町の橋杭岩の巨礫の運搬条件についての数値解析から、過去に1707年宝永地震の津波よりも大きな津波が発生していたことを明らかにした。また、宮崎県日南市での津波堆積物の分布と数値計算から、1662年日向灘地震の断層モデルを構築した。南西諸島海溝沿いでは、石垣島における掘削調査から1771年明和津波由来の可能性のあるイベント堆積物を発見した<sup>[UTS\_01]</sup>。

内陸活断層<sup>\*</sup>について、愛媛県の石鎚山脈北縁西部区間では、トレンチ調査<sup>\*</sup>によって西暦1596年文禄（慶長）の大地震群、その中の伊予地震に対応する可能性がある撓曲<sup>\*</sup>変形が認められた<sup>[AIST02]</sup>。糸魚川―静岡構造線断層帯では、北部木崎湖地区周辺での浅層反射法地震探査<sup>\*</sup>により、横ずれ断層<sup>\*</sup>が比較的地下浅部で逆断層<sup>\*</sup>に収斂する可能性が示唆された<sup>[NGY\_03]</sup>。

富士山では、御殿場山体崩壊<sup>\*</sup>後の噴出物の斑晶<sup>\*</sup>、メルト包有物<sup>\*</sup>、石基<sup>\*</sup>ガラス組成の分析から、山体崩壊直後は山体の荷重が減少するためにマグマの噴出経路が容易に確立し、噴火しやすい状態であったと推定された<sup>[ERI\_02]</sup>。草津白根山では、完新世<sup>\*</sup>テフラ<sup>\*</sup>の岩石磁気分析から熱水変質<sup>\*</sup>鉱物を同定し、噴火様式<sup>\*</sup>を推定できる可能性が見出された<sup>[TYM\_01]</sup>。また、草津白根火砕丘<sup>\*</sup>群北側の2地点では、テフラ調査、テフラのX線回折分析、土壌の放射性炭素年代<sup>\*</sup>測定が行われ、各地点におけるテフラの年代値が得られた<sup>[TYM\_01]</sup>。このほか、日光白根及び三岳火山では地質図が出版され、秋田焼山火山では地質図及び原稿がまとめられた。また、大規模火砕流<sup>\*</sup>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<sup>[AIST03]</sup>。

## （２）低頻度大規模地震・火山噴火現象の解明

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

海底地殻変動観測<sup>\*</sup>の継続により、根室沖のプレート境界の浅部まで固着していることが示唆された（図3右）<sup>[ERI\_05]</sup>。東北沖の日本海溝では、浅部プレート境界断層の間隙水圧<sup>\*</sup>が異常に高いことを発見した<sup>[AORI01]</sup>。メキシコ・ゲレロ州沖合では、地形や重力異常のパターンが周囲と異なる領域において、微小地震とテクトニック微動<sup>\*</sup>のいずれも発生していないことがわかった<sup>[DPR101]</sup>。

霧島山13世紀御鉢噴火の堆積物の層序<sup>\*</sup>区分と、粒子物性（密度、粒径、粒子形状、連結空隙率）、および岩石組織<sup>\*</sup>の定量解析から、マグマ上昇過程・噴火強度の詳細な時間変化が

明らかにされた<sup>[ERI\_03]</sup>。始良カルデラ噴火\*およびその先行噴火の噴出物の分析から、珪長質マグマ\*の大部分はU-Th放射平衡に到達しており、マグマ生成から約40万年以上の時間が経過していることが示された。他方、溶岩\*流として噴出した珪長質な先行噴火のマグマはU-Th放射非平衡\*であることから先行噴火のよりも新しいマグマであることがわかった。  
[HKD\_02]

**海溝・トラフ軸近傍のプレート境界固着状態の推定**

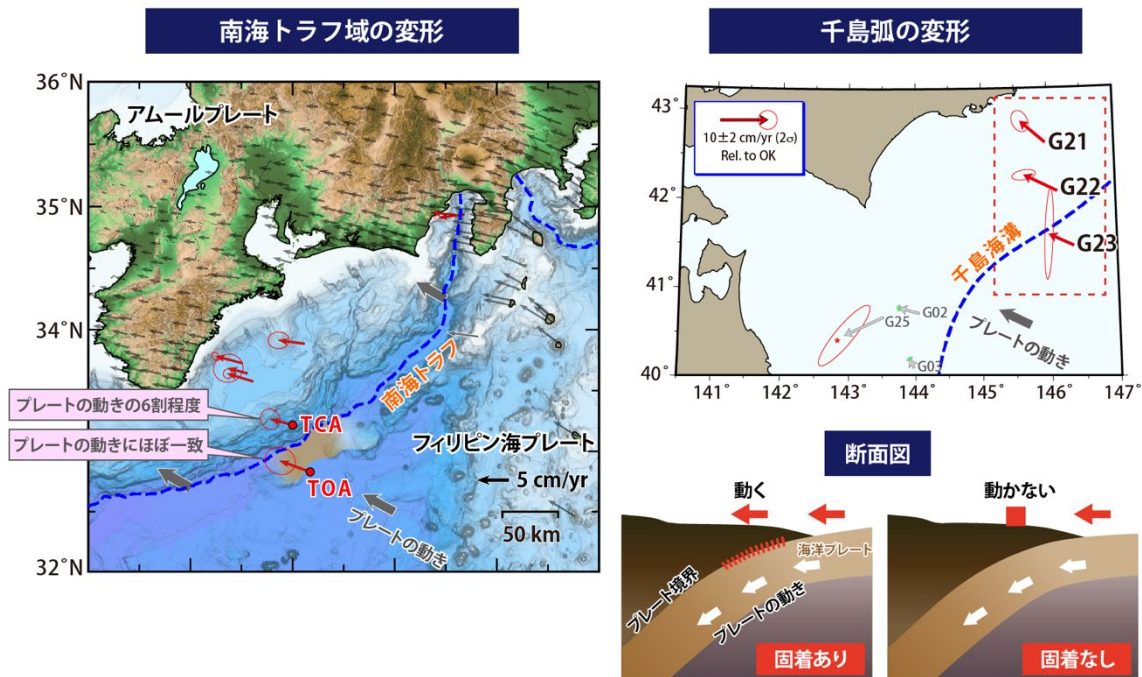


図3. 海溝・トラフ軸近傍のプレート境界固着\*状態の推定。継続的な海底地殻変動の観測により明らかとなったプレート境界の固着状況。(左図) アムールプレートに対する各観測点の年間移動量を、方向とともに赤矢印で示す。南海トラフより外側(南東側)では、これまで知られているプレート相対運動と同じであるが、内側(北西側)ではその約6割程度の移動が観測された。(右図) 千島海溝根室沖に設置された観測点のオホーツクプレートに対する年間移動量を赤矢印で示す。海溝より内側(北西側)でプレート収束速度と同程度の年間約7 cmの移動が観測された。これらの結果は、いずれの領域でもプレート境界浅部ではプレートが固着し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

**(3) 地震発生過程の解明とモデル化**

多様な断層すべりや地震活動に関する研究を通して地震発生過程の解明を進めた。また、地球科学的観測や調査、室内・数値実験などを通して、地震断層すべりの物理・化学モデルの構築を行った。

## ア. 地震発生機構の解明

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

GNSS\*データおよび発震機構解\*による広域応力場のデータを反映した地震サイクル\*シミュレーションを行う物理モデル化手法を構築し、中央構造線活断層帯を対象に適用したところ、トレンチ調査による推定値と概ね一致する平均変位速度\*と地震発生間隔が得られた [UTS\_05]。アスペリティ\*での破壊を伴いながらゆっくりすべり\*が伝播した場合について、断層の摩擦パラメータ\*とすべりの伝播速度の関係を与える理論式を導入した [JAMS01]。深部での地殻変形を実験的に理解するため、その環境を模した温度 800 °C、封圧 0.8 GPa における試料の内部摩擦を求め、差応力\*を精密に決定する手法を確立した。またこの実験により、下部地殻の力学特性と石英粒子の発達過程に関係があることを明らかにした [ERI\_06]。

## イ. 地震断層すべりのモデル化

日本列島内陸域の Mw3~7 の地震のモーメント\*レート関数を系統的に推定・解析することにより、中小地震の破壊の複雑性の多様性を明らかにした [THK\_07]。セメント強さ試験標準砂として売られている石英砂 (SiO<sub>2</sub> が約 98%) を使って乾燥、室内、湿潤、加水の 4 条件で、速度ステップの摩擦すべり実験を行い、乾燥環境でも速度弱化\*特性を示すことがわかった [THK\_02]。粗さの異なる二つの断層面を設定したメートルスケールの超大型摩擦実験\*から、断層の表面形状と断層強度や震源核\*形成過程、破壊伝播速度の関係を明らかにした。これは自然の断層でのこれらのパラメータの推定結果を解釈する上で重要な成果である [NIED03]。

### (4) 火山現象の解明とモデル化

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

## ア. 火山現象の定量化と解明

2007 年から 2017 年に得られた浅間山の多項目データの再検討により、N型地震\*の出現時期に火口下の帯磁\*傾向が停止することが明らかになった。N型地震多発時には熱水もしくはガスが火口浅部に供給され、そのため火口下の帯磁域の冷却が停滞することが示唆さ

れた<sup>[ERI\_07]</sup>。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、カルデラ縁辺部直下の磁化が非常に低い一方、沈降するカルデラ内の磁化は平均的な値を示し、2000年噴火時のカルデラ形成による破砕はカルデラ縁辺部付近に局在していることが示唆された<sup>[ERI\_07]</sup>。2012年から2020年に発生した桜島の爆発的噴火\*に伴う地震を対象に、過去の人工地震探査による速度構造と山体地形を考慮した震源再決定が行われ、震源の深さは従来の推定よりもはるかに浅い火口底数百メートル下という極浅部であることが示された<sup>[THK\_03]</sup>。2019年8月から2020年6月の阿蘇中岳噴火に伴う火山灰\*の岩石磁気測定が行われ、飽和残留磁化\*と飽和磁化\*の比が高い期間が火口底において火映が確認された期間に対応しており、火道\*のマグマヘッドの物理条件の変化を反映していると推定された<sup>[KOB023]</sup>。

## イ. マグマ溜まりと火道内過程のモデル化

浅間火山天明軽石の分析から、斜長石斑晶とマイクロライト\*の組成範囲がほぼ一致し、バイモーダルな分布を示す組成の頻度分布も酷似していることが明らかにされた。マイクロライトは、マグマ溜まりで混合前のマグマから晶出したものと、マグマ混合後に均質化したメルトから晶出したものとの半数ずつで構成され、火道上昇中の減圧結晶作用\*で晶出したマイクロライトは極わずかであることが示された<sup>[THK\_04]</sup>。ニカラグアのMasaya火山で実施した火山ガス\*組成観測データの解析からは、火山ガスの大気中での酸化作用についての知見がまとめられた<sup>[AIST06]</sup>。

## (5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化

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

## ア. プレート境界地震\*と海洋プレート内部の地震

1662年日向灘地震について、宮崎県沿岸部における新たな津波堆積物の調査結果と、地震活動の高精度決定により構築した断層モデルを用いた、津波浸水シミュレーションにより、これまで最大でM7.9と考えられていたものがM8級の巨大地震であった可能性を初めて示した<sup>[DPRI01, AIST04]</sup> (図4)。潮岬沖～四国沖で得られた反射法探査の断面から、1946年南海地震のすべり域やプレート間の固着が強い地域と、スロー地震が観測される地域の境界に、トラフ軸に沿った上盤プレート\*内の低速度帯(構造異常)があることを見出した<sup>[JAMS02]</sup>。紀伊半島沖のDONET\*で蓄積された地震波初動の読み取りデータから、短期的スロースリップ\*イベント(SSE)の発生期間に地震活動が活発になることを明らかにした<sup>[JAMS01]</sup>。温泉溶存ガス濃度の継続的な観測から深部低周波地震\*を検出するシステムを製作し、紀伊半島の本宮、川湯、大紀で観測を実施したが、深部低周波地震に伴う変化は検出されなかった<sup>[UTS\_04]</sup>。

ニュージーランドヒ克蘭ギ沈み込み帯\*北部のテクトニック微動の多くは、SSEが発生した直後からバースト的に発生し、SSE発生期間の前後ではその発生域が拡大していたことがわかった。また、この海域で発生するテクトニック微動のエネルギーは、南海トラフ浅部、東北沖、十勝沖と比較して1桁以上小さいことがわかった [ERL\_08]。

3次元地震波速度構造解析から、2003、2021、2022年に福島沖～宮城沖で発生したM7級のスラブ\*内地震\*の余震分布に沿ってP波の低速度域が局在していることが明らかになった [THK\_06]。また、太平洋スラブの上面付近にスラブ内の含水断層を反映した低速度・高ポアソン比の異常体が見られ対応する含水断層の破壊で2021年と2022年福島沖地震(M7.1, M7.4)のようなスラブ内地震が起こると思われる [THK\_05]。

2011年東北沖地震後10年間の余効変動\*から、マントル\*ウェッジ\*や火山前線の下での粘性\*領域など、個々の領域がもたらすレオロジー\*不均質性の寄与を明らかにした。[THK\_07]。

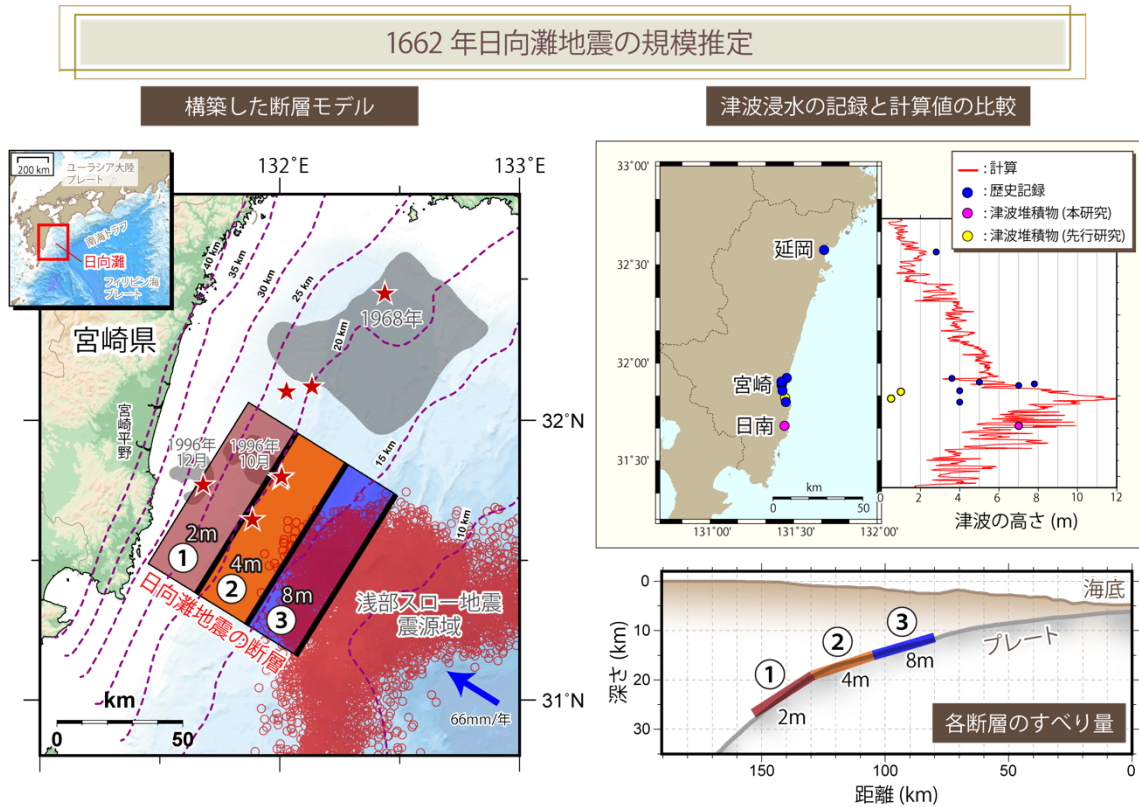


図4. 1662年日向灘地震の規模推定。浅部スロー地震\*発生域やプレート境界位置などの最新の知見をもとに新たな断層モデルを構築し、1662年日向灘地震がM8級の巨大地震であった可能性を科学的に初めて示した。左図の①～③は本研究で構築した断層モデルで、従来の推定より浅部(断層③)でもすべりがあった可能性を示した。赤星は1923年以降のM7級プレート境界地震の震央、灰色領域は主なプレート境界地震の震源域、赤丸は浅部低周波微動\*の震央、紫破線はプレート境界位置の等深線をそれぞれ示す。右上図は津波浸水シミュレーションから断層モデルを評価した結果。①～③の3断層を用いて計算された津波高は、本

研究で新たに津波堆積物が発見された地点（日南）の浸水を説明する。右下図は深さ方向の断面図で示す断層の位置とすべり量。太い灰色線はプレート境界，細い茶色線は海底地形を示す。本成果は地震調査研究推進本部\*が2022年3月に発表した「日向灘及び南西諸島海溝周辺の地震活動長期評価（第二版）」に反映されている（Ioki et al., 2022 に加筆修正）。

## イ. 内陸地震\*

有馬高槻断層帯の北方の下部地殻\*内に存在する地震波反射体は，厚さ5 km以下の薄い地震波低速度の層と解釈され，深部低周波地震の震源域から有馬高槻断層帯へ向かって南上りに分布していることがわかった [DPRI03]。長野県西部地域の地震メカニズムの逆解析\*により，2017年6月に発生したM5.6の地震の震源断層\*付近において，長野県西部地震による応力変化と背景応力場，および地震発生域より深部の逆断層における非地震性すべりによる応力変化で説明できる最大主応力軸の回転が検知された [DPRI03]。

3次元地震波速度構造解析の結果から，2007年能登半島地震，2007年中越沖地震，2019年山形県沖の地震はP波の高速度域と低速度域の境界で発生したことが明らかになった [NIED02]。

GNSS 観測データの解析から，九州の内陸地震が下部地殻の非弾性\*変形の影響を強く受けていることが示された。また，警固断層の北西端付近（2005年福岡県西方沖地震の地震断層の南東端）と南東端付近に低比抵抗体の存在が推定された。低比抵抗体が破壊に対するバリアとして働き，警固断層の走向と約 $10^\circ$ ずれた方向に2005年福岡県西方沖地震の破壊が進展したことが示唆された。内陸地震発生域が2つの低比抵抗体に挟まれた場所にあるという結果は，2016年熊本地震や北海道東部での解析結果と類似している [KYU\_01]。

2020年末ごろから能登半島北東部で発生している群発地震の震源分布を高精度に決定し，地震が面構造上を深部から浅部へ移動していたこと，震源域付近において高間隙圧流体を示唆する高  $V_p/V_s$ \*領域が存在することが確認された [THK\_02]。箱根火山で相似地震\*から非地震性すべりの履歴を推定し，傾斜計\*記録との比較を行ったところ，非地震性すべりの加速と同じ時期に有意な傾斜変動が観測されており，群発地震に伴う非地震性すべりの発生が示唆された [THK\_02]。

## ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系\*・熱水系\*の構造の解明

鬼界カルデラを対象に調査・探査航海が行われ，広帯域海底地震計，海底電位差磁力計\*，海底磁力計等の長期海底観測機器の回収・設置が実施された。また，火山噴出物の化学分析とその時間変化から，鬼界アカホヤ噴火以降のマグマ供給系とその変遷についてのモデルが提案された [KOBEO, JAMS03]。草津白根山では湯釜火口北側噴気のヘリウム/アルゴン比 ( $^3\text{He}/^{40}\text{Ar}$ \*比) が地下でのマグマ発泡度変化を反映していることが提案され，さらに発泡度変化が浅部熱水だまりの膨張・収縮と同期していることから，マグマ発泡がその上部の浅部熱水系\*に影響を及ぼすことが示された（図5） [TIT\_03]。阿蘇山周辺と雲仙岳周辺のヘリウ



同位体比\*調査と両者の比較から、阿蘇山は雲仙岳よりもマントル起源のマグマの寄与が少ない一方で、浅部ではより発達した熱水系を持っていることが示唆された [AORI02]。

### 水蒸気噴火の準備過程を捉えるための火山熱水系構造モデル

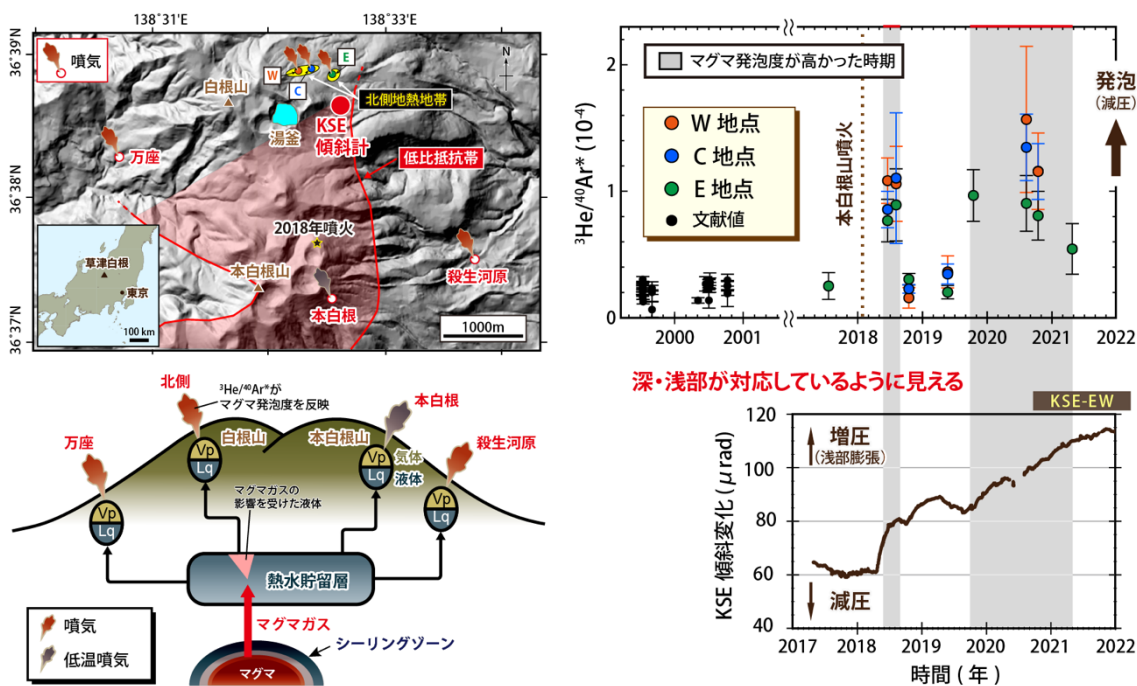


図5. 水蒸気噴火\*の準備過程\*を捉えるための火山熱水系構造モデル。草津白根山の湯釜火口北側の噴気について、 $^3\text{He}/^{40}\text{Ar}^*$  比 ( $^{40}\text{Ar}^*$ はマグマ由来の $^{40}\text{Ar}$ を意味する) に基づきマグマ発泡度の変化が火山活動活発化と関係していること、さらにマグマの発泡で説明できることを示した。発泡度変化のタイミングは浅部熱水だまりの膨張・収縮とよく一致しており、同火山の活動の活発化を駆動するマグマ～浅部活動の物質学的な繋がりが確認できた。草津白根山のような熱水が卓越している火山の活動活発化にマグ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

## エ. 地震発生と火山活動の相互作用の理解

阿蘇カルデラを含む九州中部、および始良カルデラを含む九州南部のそれぞれの領域に分布する地下水について、溶存元素組成データを統計解析し、カルデラ内外における浅部の流体循環、火山性成分の循環、および沈み込んだプレート由来と考えられる深部流体を見分け、それらの分布と地質学的構造との間の関連性を捉えることに成功した [DPRI04]。2016年熊本地震による粘弾性\*変形を補正した上で余効すべり\*とマグマだまりの体積変化の同時推定を試み、地震後に顕著に見られた阿蘇カルデラ内の沈降が、阿蘇カルデラ内の正断層\*的なすべりで説明できること、また阿蘇山のマグマだまりの体積には地震前後で顕著な変化は見られなかったことがわかった [GSI\_01]。

2011 年東北沖地震以降活発化したいわきの地震活動域と他の地域の地下構造を比較するため、この地域から新潟まで延びる測線を設けて電磁気学的構造を調べた結果、火山フロント\*の背弧側で、マントルから地殻にかけての顕著な低比抵抗域の存在が見られた<sup>[ERI\_09]</sup>。

#### オ. 構造共通モデル\*の構築

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

### 3-2 地震・火山噴火の予測のための研究

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

#### (1) 地震発生の新たな長期予測

##### ア. 海溝型巨大地震\*の長期予測

日本海溝および千島海溝根室沖や、南海トラフ沿い、南西諸島海溝沿いにおける海底地殻変動観測を実施し、新たに取得したデータと既存データを再解析することで、プレート境界浅部における固着・すべり状態の定量的評価を進めた(図3) [ERI\_05, JCG\_03, IRID02, NGY\_02]。

大地震発生シナリオの構築手法で重要となるプレート境界でのせん断応力蓄積速度を直接的に推定する手法を開発し、南海トラフ沿いの海陸測地データに適用した。推定された応力蓄積速度およびプレート境界における地震性・非地震性すべりの摩擦特性\*を想定することで、M8クラスの前震\*・M8地震の余効すべり・本震発生、という一連の地震シナリオを作成した [NIED03, JMA\_01]。

##### イ. 内陸地震の長期予測

測地データから推定されるひずみ速度\*分布に基づいて、北海道を対象にM6以上の30年地震発生確率の計算を行った。1919~2020年に発生したM5以上の震源分布と比較すると、統計的に有意とは言えないまでも、計算された地震発生確率の高いところで地震が発生している傾向が認められた。しかし、予測された地震発生数は実際の地震数より過大(2.2倍)であった。この要因として、最近100年間の地震発生率が長期的なものより低いことや、北海道では非弾性変形が卓越していることが考えられる。また、西南日本を対象に、M6以上の30年地震発生確率を求める際の地震発生層の厚さと平均剛性率の2つのパラメータについて、領域内で一様の場合と不均質な場合の違いを調査した。その結果、パラメータを変えても大規模な構造線・変動帯(糸魚川-静岡構造線、新潟-神戸ひずみ集中帯\*、四国の中央構造線等)沿いや九州中部において、比較的高い地震発生確率が得られた [DPR105]。

## (2) 地殻活動モニタリングに基づく地震発生予測

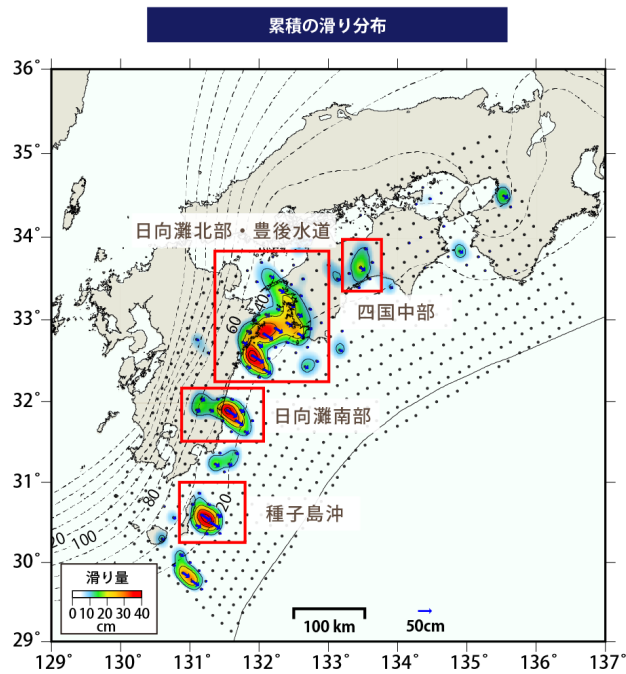
### ア. プレート境界すべりの時空間変化の把握に基づく予測

地殻変動データから南海トラフ域の SSE の時空間変化を調べ、日向灘北部・豊後水道や四国中部等において 2019 年初め頃から開始した長期的 SSE の時空間変化を推定することに成功した (図 6)。2020 年半ば頃から本格的に始まった日向灘南部の長期的 SSE は、2021 年半ば頃に終了している。さらに、四国中部の長期的 SSE が短期的 SSE と連動していることや、2019 年種子島地震 (M6.4) の余効すべり後に短期的 SSE が起きていることなど、スロースリップに関する新たな知見が得られた [GSI\_02]。

2011 年東北沖地震の大すべり域周辺における繰り返し地震\*の解析から、福島県沖～宮城県沖で 2021 年から 2022 年にかけて発生した M6～7 クラスの地震発生に伴う非地震性すべりが検出された [THK\_09]。また、豊後水道で発生している深部微動の潮汐\*相関について調べたところ、長期的 SSE の隣接領域では潮汐への感度が高いことが示された [JMA\_01]。さらに、紀伊半島南東沖における浅部超低周波地震\*によるモーメント解放量の空間分布を調べたところ、沈み込んだ古銭州海嶺の西端でモーメント解放量が大きいなどの特徴が明らかになった [ERI\_12]。

南海トラフのプレート形状を模擬した地震発生サイクル\*シミュレーションにおいて、摩擦特性や有効法線応力の分布を調整することで、巨大地震に加えて、固着域深部で繰り返す長期的・短期的スロースリップイベントの発生間隔や規模を概ね再現できた [JMA\_01]。

## プレート境界面上の滑りの時空間変化の把握



### 領域ごとの累積モーメントの時間変化

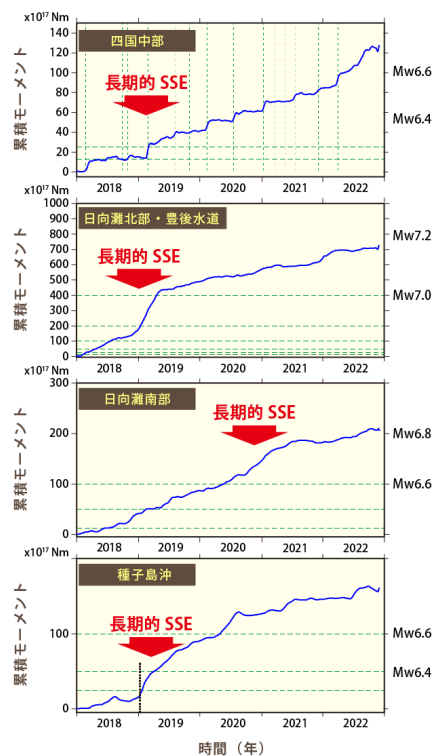


図 6. 長期的 SSE の時間発展。(左図) 2018 年から 2022 年の間に南海トラフ沿いの非定常地殻変動\*から推定したプレート境界での累積のすべり量分布 (カラスケール)。青い矢印は各地点のすべりの方向と大きさを、赤枠は右図のグラフそれぞれの範囲を示す。(右図) 左図の赤い領域ごとの累積モーメントの時間変化。右側の縦軸は、地震モーメント\*で示した値である。四国中部の縦線は短期的 SSE の発生時期を示す。四国中部、豊後水道で 2019 年始めに長期的 SSE が発生したことがわかる。また、日向灘南部では長期的 SSE が 2020 年半ばから 2021 年半ばにかけて発生したこと、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

### イ. 地震活動評価に基づく地震発生予測・検証実験

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

く説明でき、大すべり域での地震活動静穏化は百年以上継続する可能性が高い。またこの傾向は、スケールダウンすると M8 や M7 地震後の地震活動推移にも当てはまり、地震の空白域や地震活動の時空間変化を評価するうえで重要である。同様の視点で 2016 年熊本地震前後の地震活動変化を調べた結果、断層面上の余震活動は約 7 年で元に戻るのに対し、断層面外の余震活動は 20 年以上にもおよぶことがわかった [DPRI05]。

繰り返し地震の周期性に加え、2011 年東北沖地震後の応力蓄積率の時空間変化を考慮したモデルを作成し、2020 年四半期毎の繰り返し地震の予測実験を行ったところ、ポアソン過程\*に比べて優れた予測性能が示された [THK\_09]。

2021 年 3 月に宮城県沖で発生した Mw7.0 のプレート境界型の地震が、Mw5~6 の準繰り返し地震の震源域から開始したこと、さらに Mw5~6 の準繰り返し地震の震源域内部には更に小さい繰り返し地震が複数発生していたことが明らかとなり、震源域の階層性\*に関する知見が得られ、地震発生予測に向けて震源域の構造に関する理解が深まった [THK\_09]。

### (3) 先行現象に基づく地震発生の確率予測

過去の地震活動からの時空間距離と活断層からの空間距離をもとに大地震発生確率を評価する手法を中国の四川-雲南地方の地震活動に適用し、M6 以上の地震 14 個の予測性能を調べたところ、ランダム予測よりは優れた予測結果を示した [ERI\_13]。

任意の地震群内にあるイベントのマグニチュード差や時空間的距離に着目する前震識別モデルを、様々な機械学習\*手法で作成し、アンサンブル学習\*を導入して複数の特徴量を学ぶことで、従来の前震識別手法に比べて精度を少し向上させることができた。また、前震活動のメカニズムに関する研究や地殻流体や電磁気的な先行現象に注目した研究も実施した [ERI\_13]。

### (4) 中長期的な火山活動の評価

#### ア. 火山噴火の長期活動の評価

富士山星山期（約10万~1万7,000年前）の岩層なだれ\*堆積物に含まれる火山礫\*の斑晶鉱物組合せや斑晶量、石基組織の分析から、複数の溶岩流を含む山体が崩壊したことや、星山期におけるマグマが多様であったことを示した。また、富士山北麓~東麓のテフラ層の分析から、約4,000年前以降の比較的規模の大きなテフラの層序を確立した。さらに、富士山に関する学術文献収集の分類・リスト化、地質情報を地理情報システム (GIS) への組み込み、噴出物データベース作成を進めた [MFR101]。伊豆大島の山頂からの大規模噴火（準プリニー式噴火\*）では時間とともに斜長石斑晶に富むようになり、より爆発的な活動に遷移するというパターンがある。これを大規模噴火に遷移するかどうかの判断基準を事象系統樹\*に組み入れ、改訂版伊豆大島噴火シナリオ\*を提案した [ERI\_03]。また、桜島の大規模軽石噴火の噴出物の層序・分布・噴出物の解析から長期的な噴火活動の推移とそのメカ

ニズムを明らかにした [AIST10]。

## イ. モニタリングによる火山活動の評価

火山活動を観測データから評価するための火山活発化指数 (VUI)\*<sup>1</sup>について、吾妻山では各種データにおける量や活発化を示す基準を記載するワークシートの作成を終えた。阿蘇山ではワークシートの作成を継続し、草津白根山では作成方針を策定した [HKD\_04, KUS\_02]。霧島山の硫黄山における2018年の小規模水蒸気噴火と、2021年の熱水による噴騰現象に伴って観測された地電位変化の発生モデルを提示した [HDK\_04]。阿蘇山において実施した相対重力測定 of 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を求め、火口周辺域での陸水あるいは熱水の影響と思われる年周変化を捉えた [KUS\_02]。多成分火山ガス連続観測装置のセンサー感度変化を室内実験により調べ、リアルタイムで補正する手法を開発した [JMA\_05]。国内外の歴史記録にある大規模噴火の噴火推移を収録した「噴火推移データベース」ならびに、日本で発生した火山噴火の噴出物の大部分を網羅した「火山灰データベース」を公開した [AIST10]。

### (5) 火山活動推移モデルの構築による火山噴火予測

桜島火山の総合的な観測研究を進め、最近1年間は、地殻変動の傾向や起震応力場に時間変化が見られずマグマ供給率はほぼ一定である一方、桜島直下の圧力源は減圧傾向にあることから、脱ガスが継続していると推察した。この間、2023年2月8日の約5年ぶりに発生した昭和火口での噴火では、噴火に前駆してハーモニック微動と昭和火口の白色噴煙が観測されたことから、微動や噴気現象に着目することで活動火口の分岐を理解・予測できる可能性が示された [DPRI07]。国内火山を対象とした火山観測データ解析や噴出物分析及び理論的研究をもとに、火山活動推移のモデル構築や火山活動・噴火現象の分岐判断指標に関する研究成果について発表と意見交換を行い、共通点および相違点についての議論を進めた [THK\_11]。蔵王山の約800年前以降の噴火活動について水蒸気噴火、水蒸気噴火から小規模マグマ噴火\*<sup>2</sup>、そして準プリニー式噴火後小規模マグマ噴火となる3ケースについて堆積物の解析から相違点および類似点を抽出し、噴火事象分岐\*<sup>3</sup>の要因を検討した [KOB028]。

### 3-3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

#### (1) 地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化

##### ア. 強震動\*の事前評価手法

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

既往の震源断層モデル\*の特徴を調べるため、国内の地震で強震波形記録が使用されている震源インバージョン\*結果から、地殻内地震、プレート境界地震、全ての地震について、断層上のすべり角のばらつきの特徴を推定した [DPRI09]。

地震波形解析と地震波伝播シミュレーションから、琉球海溝沿いで発生するスラブ内地震について、沈み込む太平洋プレート上面でのS波反射波が、中部日本で帯状の強い揺れを起こすことを確認した。これまで3次元地震波速度構造解析においては、この深さでの太平洋スラブの高速異常が認められず、スラブの断裂または薄化の可能性が議論されてきたが、太平洋スラブからの明瞭なS反射波が存在することから、スラブは完全には消失(断裂)していないと考えられる [ERI-14]。

野外調査による詳細な地表地震断層\*をモデル化して強震動計算に反映させることで強震動ハザード評価の高度化に資するため、断層近傍の地震動について検討を行った。屏風山・恵那山断層を対象として、詳細な地形データにもとづく活断層トレースデータの作成と、それにもとづく活断層周辺の詳細な地盤構造モデルを断層モデルに反映させ、強震動計算に組み込むためのツール整備を行った。またその強震動予測の試算を実施した [NGY-05]。

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

能登半島北部で2022年6月19日に発生したM5.4の地震では、震度6弱を記録したK-NET\*正院 (ISK002) の水平動の卓越周波数\*が約1 Hzであった。当該サイトにおいて微動アレイ\*探査を実施し、浅部地盤構造を推定すると、工学的基盤面相当以浅の浅部地盤構造モデルによりこのサイトが約1 Hzの卓越周波数を持つことが明らかになった [DPRI09]。

震源過程および強震動予測について、プレート間巨大地震の強震動生成域に対する距離減衰の特徴をまとめた。震源像を推定するために、断層面におけるP波の反射・透過係数の違いから、摩擦強度を推定するための理論研究を拡張し、SH波が任意の角度でプレート境界に入射して反射する時に観測される反射波の振幅変化から、摩擦強度の推定をした。ま



た、地殻の粘弾性応答解析の効率を高める手法を開発し、高詳細な実地殻構造モデルを用いた有限要素法\*による地殻変動の解析に適用して、その効果を確認した〔CTOC01〕。各種模型振動実験で用いられることの多い豊浦標準砂を対象に液状化\*試験を実施したところ、初期せん断が液状化発生回数に影響を及ぼす傾向が示された。また水平2方向の入力地震動を与えた振動台実験の結果、1方向入力よりも2方向入力とした場合の方が、液状化の度合いが大きくなることが確認された。地盤・構造物（杭）系の模型振動実験と数値シミュレーションの比較から推定された地盤モデルと地盤-杭間相互作用モデルによる解析により、地盤の流動が杭に及ぼす力を分析した〔CTOC20〕。

既往の文献調査に加え古文書の調査などに基づき、1894年（明治27年）庄内地震の被害について調査した。1894年庄内地震の被害と地震動およびそれに大きな影響を与える基盤構造との関係を調査するためには、庄内平野東縁部のみならず、盆地全体の基盤構造を詳細に調査する必要があることがわかった。また、1830年文政京都地震の震央は京都盆地北西端付近と推定されているが、建物・人的被害は京都盆地東縁部に沿って南北に被害が集中していた。その原因を検討するため、盆地構造を調査した結果、盆地端部から数百m西に離れた地域の盆地境界に沿って被害地域が続いていることがわかった。これに基づき実施した地盤増幅特性\*のシミュレーションでもそれを再現することができ、1830年文政京都地震の被害集中は、盆地端部におけるエッジ効果\*によるものと推察された〔CTOC35〕。

表層地質が地震動に及ぼす影響を調べるため、熊本平野を対象に複数の研究者グループに分かれて、微動及び表面波\*探査の観測データの分析とS波速度モデルの推定をそれぞれで行ったところ、各グループが推定した位相速度の推定結果は類似するが、S波速度構造モデルは大きく異なることがわかった。この事例は、速度構造モデル推定時の合理的な仮定の設定に関するコンセンサスの必要性を強く示している〔CTOC37〕。

2003年十勝沖地震によるKiK-net\*厚真の強震記録\*を、開発した実大一層縮約試験体\*に入力した振動実験を行ったところ、大きな被害が発生することがわかった。実験から得られた変形角とベースシア係数\*（層せん断力係数）の関係から、最大変形角は1/10近くに達し、内外装材が剥落後、両筋交が座屈して全壊に至ったことがわかった〔CTOC40〕。

## イ. 津波の事前評価手法

2018年アナク・クラカタウ島火山噴火（インドネシア）では、地すべり\*により津波が発生しジャワ島西岸からスマトラ島東岸に津波が押し寄せ被害をおよぼした。このような火山島の地すべりによる津波の即時予測手法の開発を行った。具体的には、地すべりが終了した時点で地形条件の変化に対応した波高の推定方法（ブシネスクモデル\*）に切り替えて津波計算を実施する枠組みを構築した。さらに、周辺の諸島の仮想観測点で津波波形が得られるものとして、ジャワ島西岸やスマトラ島東岸での津波を予測する手法を開発した。仮想観測点での波形と3地域での津波（波高・速度分布）をデータベース化すると共に、仮想観測

点が無い方向への地すべりによる津波が予測可能かどうかを検証した結果、高い精度で予測できることが明らかになった [HKD\_05]

津波増幅率について、高速で簡便に沿岸域の津波水位を求めるため、メキシコ太平洋側で発生する海溝型地震を対象に地形の効果による津波の増幅率を推定した。この津波増幅率は、波源の特性に依存しない周辺地域との相対的な津波ハザードの大きさを表す指標として有用であることが示された。また、南海・東南海地震想定域で多数の地震津波シナリオ\*にもとづいた津波計算を行い、駿河湾内部およびその周辺沿岸域の地形による津波の周波数応答特性を求め、津波伝播過程での各シナリオの地震規模に対応した卓越周期を抽出した。抽出した応答関数は単純化した地形条件での理論的な共振周期と一致し、本手法の妥当性が示された [CTOC22]。

#### ウ. 大地震による災害リスク評価\*手法

広帯域地震動プラットフォームの構築に関する国際共同研究を行った。米国南カリフォルニア大学に本部を置く南カリフォルニア地震センターにおける、断層面と地下構造モデル\*を入力情報として、複数の強震動予測手法に基づく検証を行う広帯域地震動プラットフォームに対して、日本で開発された強震動予測手法を実装し、国際展開を図った [ERI\_16]。

北海道庁の地震防災対策における減災目標策定に関するワーキンググループと連携し、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震における津波及び地震動による北海道の地域特性を反映したハザード評価および物的ならびに経済リスクの地震被害想定を行った。津波避難のリスク評価結果を避難行動に反映させるために、市町村と共同で防災教育を実践し、自動車避難での課題、住民と避難に関する課題・認識を把握・共有した [HRO\_02]。

構造物被害予測の高度化のために、フラジリティ曲線\*の高度化と、地震被害発生時に即座に建物・インフラ施設の被災度を判定する技術の概要調査を実施するとともに、これまでに蓄積された膨大な地震被害写真を機械学習させる被害判定システムの構築を試みた。リスク評価の高度化のためには、対象となるエクスポージャ情報\*の精密化が必要不可欠であり、地上設置型3Dスキャナにて取得した高密度点群による高精度な建物3D形状推定や赤外線カメラを用いた壁内の筋交い位置推定の可能性を検討した。様々な地震動想定を表示可能とする防災リスク情報のためのシステムの構築を継続しており、今年度は地表における内閣府の南海トラフ巨大地震モデルの想定地震動を用いて評価を行った。改良したシステムを用いて自治体職員に対して行ったヒアリングにもとづき、災害シナリオに多様性があることへの理解を深めてもらうための方策を検討した。また、地盤物性の空間的不均質性を考慮した有効応力解析により、液状化に伴う直接基礎建物の沈下・傾斜評価においては地盤物性の空間的不均質性の影響が無視できず、振動後の過剰間隙水圧の消散過程が地点により異なるため、建物の不同沈下や傾斜といった被害が誘発されることがわかった [CTOC01]。

フラジリティ曲線の作成方法に関して、地震被害ではなく非線形地震応答解析を援用した方法の可能性を検討した。また、目視調査に代わる新たな被害把握の方法として、①衛星

画像を用いた広域の被害把握, ②ドローンなどの飛行体を用いた地域の被害把握, および③センサーを用いた建造物の被害把握の3つの新技術に着目し, その概要と実現可能性について調査を行った。災害対応策として採用するためにはその精度評価が重要となるため, 特に精度に関する情報の整理を行った [CTOC21]。

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

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

## 地震動と火災のマルチハザードリスク評価

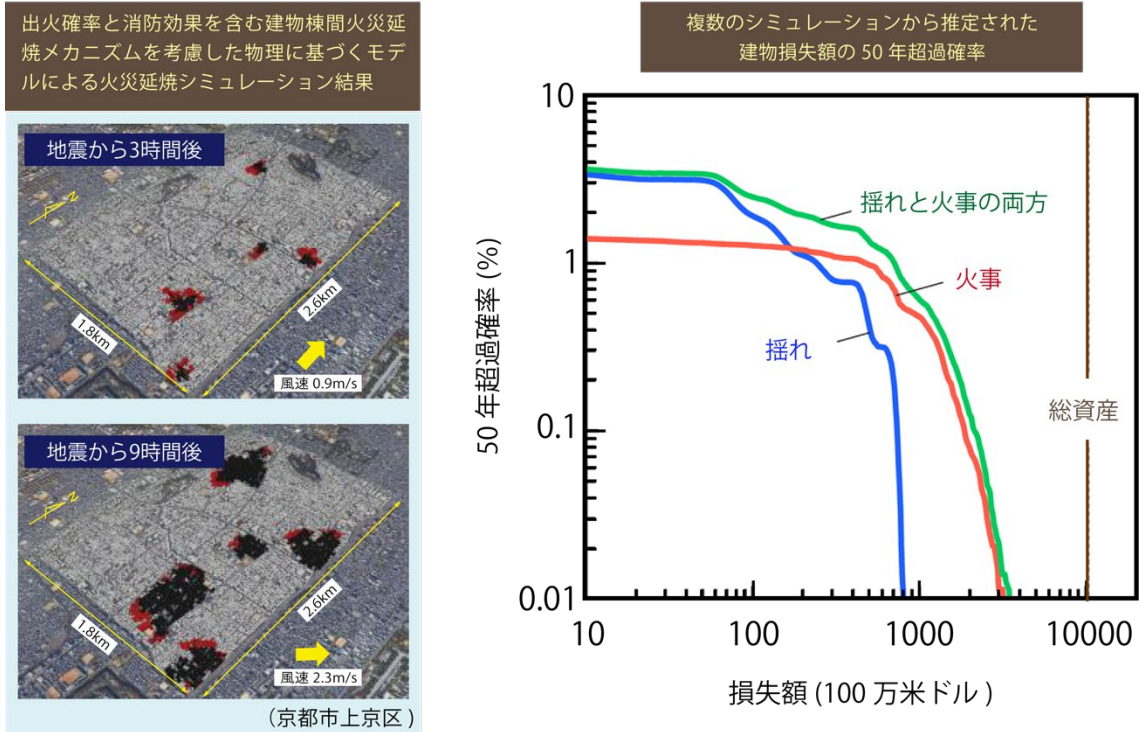


図7. 地震動と火災のマルチハザードリスク評価。(左) 経験的出火予測式による予測地震動強さに対応した出火確率と消防効果を含む建物棟間火災延焼メカニズムを考慮した物理に基づくモデルによる火災延焼シミュレーション結果。灰色、赤、黒の立体物は、それぞれ燃えていない建物、燃えている建物、焼けた建物を表す。(右) 青線は地震動だけ、赤色は地震火災だけ、緑線は地震動と地震火災を考慮したときの建物損失額の50年超過確率\*。総資産は、対象地域全体での建物構造別の延床面積から算定される建物価値の合計 (Nishino, 2023に加筆修正)。

### エ. 地震動や火山活動による斜面崩壊の事前評価手法

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

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

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

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

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

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

富山県立山カルデラの大鳶池や大鳶小池は、1858年飛越地震時の鳶崩れ（山体崩壊）発生時に形成されたものではなく、これより8,000年以上前に開始した山体重力変形によって形成され、その後長い準備期間を経たのちに鳶崩れにいたったことが明らかとなった。また、跡津川断層の活動のたびに大鳶山の山体重力変形が間欠的に進行したのち、ついに1858年の飛越地震時に大規模崩壊にいたった可能性があることを示した [CTOC33]。

## オ. 火山噴火による災害誘因の事前評価手法

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

## (2) 地震・火山噴火の災害誘因の即時予測手法の高度化

### ア. 地震動の即時予測手法

震源域近傍での強震観測波形から、遠地の平野での長周期地震動\*の波形を予測する深層学習モデルを構築した。2011年東北沖地震とそれ以降に発生した多数の地震の地震波形を

予測したところ、1) 応答スペクトル、2) 弾性エネルギー積算量、3) 地震動継続時間、4) 波形エンベロープ相関係数の4つの評価指標において、いずれも四分位範囲が0.5~2倍に収まることを確認した。また、地震波伝播シミュレーションオープンコードOpen SWPCの機能拡張を進め、最新コード(Ver 5.3.0)を2023年2月にGitHubにおいて公開した[ERI\_14]。

鳥取県内の計測震度観測点からリアルタイム震度と最大加速度値を受信し、PLUM法\*に震度の距離減衰と全予測点を2次震源とする改良を加え、P波振幅による震度予測を加えて県内のリアルタイム震度をWebベースで県庁と共有した[TTR\_01]。

地震波動の伝播方向や伝播速度を地震動の実況把握に活用するため、Wave gradiometry法\*の利用を検討した。予備解析の結果、観測点が多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。深層学習によって、単独観測点の地震波形から地震波動の伝播方向の観測情報を得る手法の開発を行った。開発した手法によって、連続して地震が発生するケースでもP波検測をせずに波形の形状から直接伝播方向を推定可能であることがわかった。データ同化\*手法を適用することにより、観測値が得られなかった領域でもある程度地震動分布が復元できる見通しを得た[JMA\_06]。

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

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

## イ. 津波の即時予測手法

新たなデータ同化手法に基づく新たな波動場現況推定手法の定式化ならびに数値実験による精度検証を実施した。現在時刻を含む一定時間幅の間の観測と予測の残差を最小にするという目的関数を持ち、有限の時間区間内で仮定する波動方程式(浅水波方程式)にもっとも適合するような波動場を推定する新しい手法を開発した[HRS\_02]。

リアルタイムGNSS\*による震源断層即時推定における不確実性の定量評価をマルコフ連

鎖モンテカルロ (MCMC) 法\*で行うための技術開発、および同技術の国土地理院リアルタイム地殻変動監視システム (REGARD) \*への技術移転を継続して進めた。観測網が十分に断層面をカバーしている場合、断層すべりの制約として用いた自己相関関数について相関距離を正しくかつその誤差の幅とともに推定できることを初めて実証した。また、MCMC法を用いた1枚矩形断層推定では、2022年福島県沖の地震に対し、断層モデルを自動推定することに成功した。同アルゴリズム\*は今後REGARD内の1枚矩形断層推定のメインアルゴリズムとして実装・運用されることが予定されている [THK\_12]。

2016年福島県沖の地震津波について、長時間津波伝播計算を行い、近地の沿岸での津波減衰過程の再現度を調べた。その結果、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、津波波形に着目し、津波伝播計算におけるエネルギー散逸について調べた。また、2022年のフンガ・トンガーフンガ・ハアパイ火山の噴火に伴う水位変動について、各地で観測された海面変位には、気圧変化由来の海面変位と固体地球現象由来の津波が混在していると考えられるため、日本の沖合水圧計観測網の観測データを用いて噴火後の火山島の地盤変動等による固体地球現象に起因した津波の規模を概算したところ、日本へ到来した津波全体にそれが占める割合は大きくないことを示した [JMA\_06]。

#### ウ. 火山噴出物による災害誘因の即時予測手法

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

二重偏波気象レーダー\*等による噴煙の観測結果から、噴煙に含まれる火山灰等の分布を定量的に推定する手法の開発を行った。また、二重偏波化された一般気象レーダー (福岡) のデータを用いて、2021年阿蘇山噴火の解析を行った。その結果、10月14日・20日の噴火は共に水分の寄与が大きかったが、20日の噴火の方が噴煙内部の火砕物\*の量が多いことがわかった。2021年福徳岡ノ場噴火と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い、壱型噴煙\*の形状を明らかにした。大気との相互作用や各種保存則など火山噴煙の力学を考慮した1次元噴煙モデルの開発を進め、現実の噴煙でみられる特徴を再現していることを確認した [JMA\_07]。

#### (3) 地震・火山噴火の災害誘因予測を災害情報につなげる研究

地震波形・GNSS・傾斜計等のデータを即時解析して震源や地盤変動源を表示するシステムの構築のために、参照サーバ側の立ち上げ作業をより簡便にする目的で、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、球状+ダイク\*の圧力源をMCMCでリアルタイム推定するプログラムの開発を継続した<sup>[HKD\_06]</sup>。

地震災害に関する住民調査を前提に、地震災害・火山災害の発生確率、被害想定、関連する災害情報（火災情報や降灰情報）などの住民の受け止め方に関する詳細な解析を行った。内閣府（2013）が公表した被害想定をもとに、4日間にわたって放送されたドラマ「パラレル東京」の前後で行った、アンケート調査結果を解析した。解析の結果、まず「パラレル東京」を視聴したことの効果として、考えられるいくつかのリスク事象について、番組視聴前よりも自分が被害に巻き込まれると思う確率が上がった。さらに3か月が経過しても、4つの事象は「恐ろしさ」因子が高く、被害想定の情報、元々リスクイメージとして感情的に恐ろしいと考えられていた事象を刺激したということがわかった<sup>[III\_01]</sup>。

M8 クラス以上（半割れ\*）および M7 クラス（一部割れ）の地震発生後に後発するM8以上の地震の発生確率計算に関して、南海トラフにおける地震発生履歴を考慮し、一日以内、一週間以内、三年以内の後発地震発生確率を評価した（図8）。また半割れ地震発生後の後発地震に対する津波リスクマップの作成手法の開発も進め、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<sup>[IRID04]</sup>。

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

大量軽石火山灰降下の被害の恐れがある鹿児島市街地の八幡校区の住民を対象に2回のワークショップを実施した。1回目では同校区の広域避難先に指定されている南さつま市の現地視察を行い、参加者は都市部の住民を受け入れるだけの収容能力が不足していることを認識するに至った。また、2回目には参加者に事前に避難するか、自宅にとどまるかの意思決定をしてもらい、その判断のもとで懸念される事項について考える機会とした。昨年度のワークショップ終了時点では「事前避難」の選択が多数派だったが、6月の現地視察後は「自宅にとどまる」との選択が多数派となった。こうした思索の機会を通じて、住民、研究者が状況改善の糸口を見いだす可能性があることを示した<sup>[CTOC34]</sup>。

火山災害誘因（ハザード）について住民の認知度を調べるための標準的な調査項目として、1. 火山現象の特性の理解、2. 対象とする火山が噴火した場合に発生する各噴火現象の理解、3. 溶岩流、火砕流、融雪型火山泥流・土石流の移動速度の理解、4. 避難等に係



る用語の認知， 5. 各噴火現象と居住地域への影響の認識， 6. 避難先や移動方法， を設定した。常時観測火山の近くに立地する 9 道県15市町村を対象として，作成した調査票の質問項目をもとにオンライン調査を実施し，各地域住民の火山災害に関する意識を明らかにするとともに，設計した調査票の有効性について検討した。設計した調査票は火山に関する標準的な質問紙として機能すること，本調査票を用いることにより地域間の火山に関する住民意識の比較が可能であることが確認された [CTOC38]。

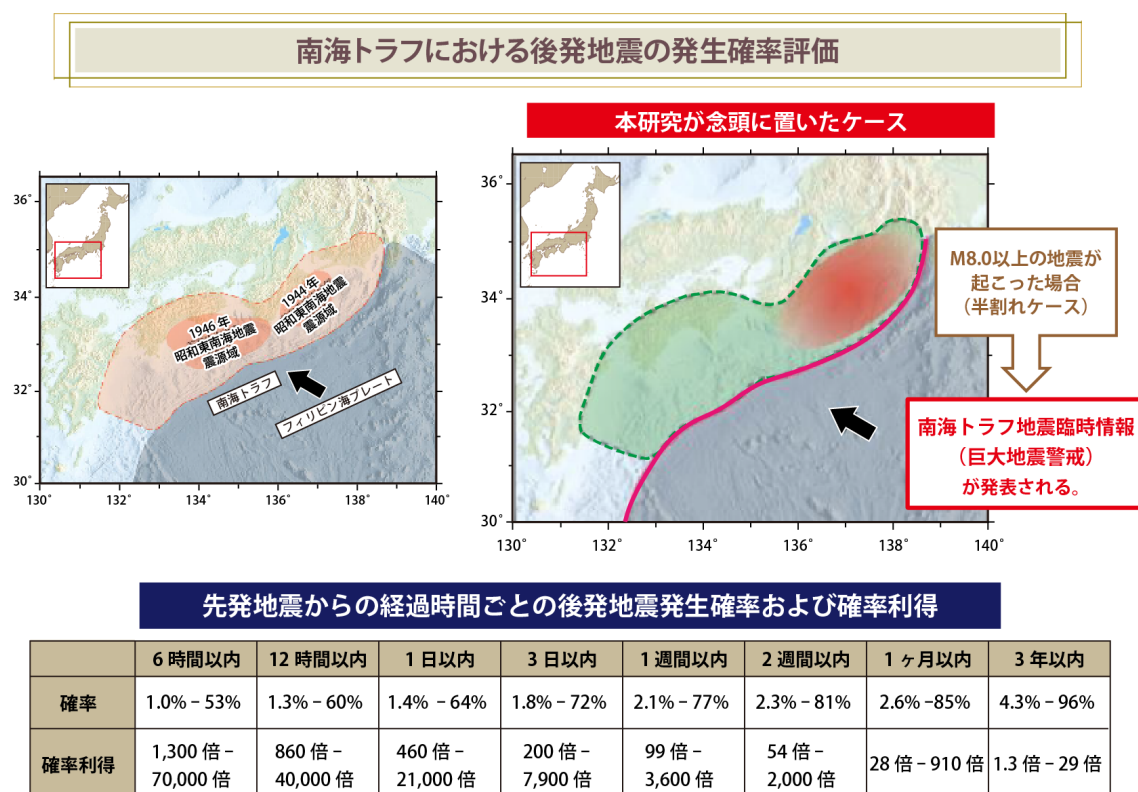


図 8. 南海トラフにおける後発地震の発生確率評価。M8クラス以上（半割れ）およびM7クラス（一部割れ）の地震発生後に後発する地震の発生確率を，南海トラフにおける地震発生履歴を考慮し，評価を行った。例えば，M8クラス以上の地震発生から1週間以内に，M8以上の後発地震が発生する確率は約2%～77%，平時の約100～3,600倍と算出される (Fukushima et al., 2023に加筆)。

### 3-4 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究

#### (1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明

地震・火山噴火災害の発生機構を理解するためには、災害事象を、それが生じる場所や地域の歴史的・地理的・社会的特性と関連づけ、記録の信頼性も踏まえて分析することが重要である。近世初期の蝦夷地（北海道）に関係する史料は限られるが、1640年北海道駒ヶ岳噴火の関係史料を書誌学的に整理し、火山学の知見と照らし合わせながら内容を精査した。その結果、ブラストや火砕流など、噴火中に起きた高温の流れ現象を示す史料が確認され、降灰で暗くなった時間や降灰の範囲など、従来の理解とは異なる噴火当時の状況や認識が判明した<sup>[UTH\_02]</sup>。津波災害はとりわけ地形環境とその変化に大きく影響を受ける。岩手県宮古市を対象として、幕末・明治の絵図史料や旧版地形図により当時の地形を復元し、山奈宗真『岩手県沿岸大海嘯\*部落見取絵図（丙）』により1896年明治三陸地震津波の浸水範囲や家屋や道路の配置情報を可視化した。その結果、2011年東北沖地震の津波浸水範囲は、1896年のそれに含まれない市街地を多く含み、それらは戦後から高度経済成長期に拡大した市街地部分に当たることが明らかになった<sup>[IRID05]</sup>。

2007年新潟県中越沖地震における柏崎市の生活再建に関する相談データ（主として仮設住宅入居者）の共起ネットワーク\*分析から、被災者自身の抱える生活再建上の課題を抽出した結果、被災者の再建を推進する上で住宅再建の方法や方針についての情報を提示する必要性が明らかになった。また、住家被害認定調査や罹災証明発行業務において「行政職員が学ぶべき知識」の体系化と行政職員向けの効果的な教育プログラムの構築を進めてきた。2022年3月の福島県沖地震では、被災地の新地町に、本プログラムを受講した応援体制「チームにいがた」が派遣され、3週間弱で約5,500棟の調査が効率的に遂行できた。図9は1年前の災害時の新地町職員による調査と本事例の調査件数の日次推移の比較である。調査の開始も早く、日別調査件数も多く、現場において効率的に調査ができたことが確認された<sup>[TYM\_03]</sup>。南海トラフ地震で被害が想定される尼崎市内の中小企業の災害対策の実情を把握するために、質問紙調査（無作為に抽出、回答者数754）を行った。その結果、被災によって事業活動中断に至る事由としては、建物（事業拠点）損傷やライフラインの寸断、従業員の被災や通勤困難と考えている企業が多い。また、災害誘因予測の精緻化に伴い、企業の立地を分散してリスクを低下させる施策の可能性が示唆されるにもかかわらず、主として資金面の課題により多くの企業が現在の立地場所での事業継続しか考慮していない状況が明らかになった<sup>[HGY\_02]</sup>。南海トラフ地震により甚大な津波被害が予測され、新想定によって津波浸水想定\*地域からの人口転出が顕著になった高知市において、小地域統計データを分析し、災害リスクを逃れるための人口・事業所の移転が階層的格差と関連し、災害に脆弱な零細事業所、高齢層、借家層の偏在が進んだことを明らかにした。防災リテラシーにとって重要である科学知が脱文脈化\*し、予期しないネガティブな社会的影響をもたらすことがあり、防

災リテラシーを生活構造や災害文化，土地利用といったローカルの文脈と関連づけてとらえる必要性を指摘した [NGY\_06]。

地震・津波・火山噴火に関する地域の災害特性や過去の災害履歴等の把握に資するデータベースの整理を進めることは，地域の特性や災害リスクの認知，防災リテラシーの向上につながる。地震ハザード評価について，数百～数万年といった長期間の再現期間に対応する，地震による揺れの大きさを評価した長期間平均ハザードのモデル構築を進めるとともに，2022年起点の確率論的地震動予測地図を地震ハザードステーション(J-SHIS)\*より NIED 作成版として公開した。また，確率論的地震動予測地図と同様に，今後の一定期間内に強い揺れに見舞われる可能性を，工学的基盤における地震動の応答スペクトルの観点から示した地震動ハザード評価（試作版）が地震本部より公表された。千島海溝・日本海溝・相模トラフ・南海トラフ沿いで発生する地震を対象に，4 海域を統合した確率論的津波ハザードを試算した [NIED04]。気象庁の発表する防災情報の改善や高度化に係る知見・成果を共有し，長周期地震動に関する観測情報のオンライン配信や推計震度分布図を 250 m メッシュに高解像度化するなどの情報内容の改善を行った [JMA\_16]。地震・津波及び火山に関する知識や防災行動について一般の人々への理解を深めるために，地方自治体や教育機関，報道機関等と連携して地域の状況に合わせた方法を構築した。[JMA\_17]。

## 生活再建支援のための住家被害認定調査の効率化



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

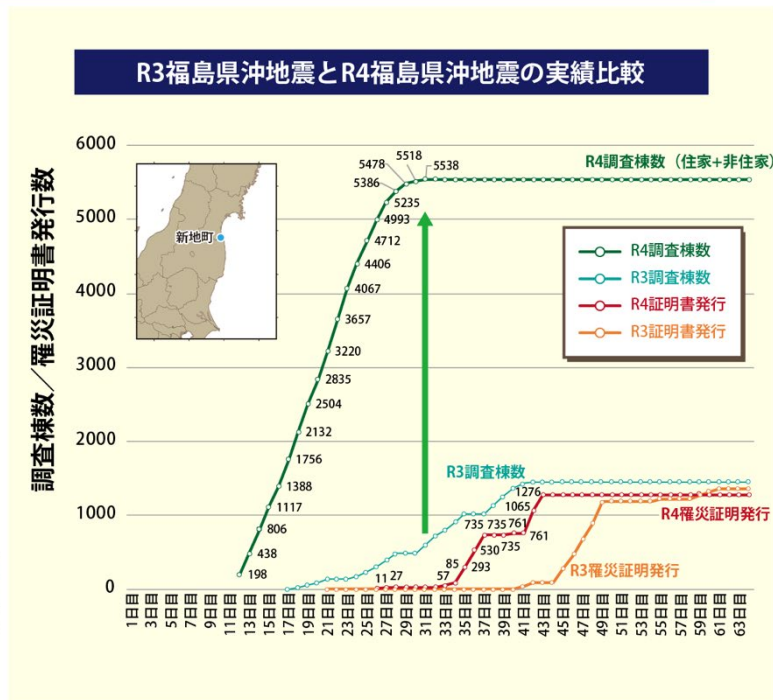


図9. 生活再建支援のための住家被害認定調査の効率化。住家被害認定調査や罹災証明発行業務において「行政職員が学ぶべき知識」の体系化と行政職員向けの効果的な教育プログラムの構築を進めてきた。2022年3月の福島県沖地震では、被災地の新地町に対し、本研修を受講した応援体制「チームにいがた」が派遣された。共通理解の下で効率的な調査が実施され、3週間弱で約5,500棟の調査が完了した。図は1年前の災害時の新地町職員による調査と本事例の調査件数の日次推移の比較である。調査の開始も早く、日別調査件数も多く、現場において効率的に調査ができたことが確認された。

## (2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

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

本格的に乗り出した。

北海道太平洋沿岸部の津波浸水想定区域の更新に伴う集団避難時の課題を抽出するために、苫小牧市を事例に、準天頂衛星に対応した津波避難支援ナビゲーションシステムを用いて、集団の疑似的津波避難に関する移動軌跡データを収集して、避難距離・歩行速度・避難時間に着目した分析を行った。その結果、歩道の狭さや歩道脇の植物の繁茂、公園敷地入口の杭や路上駐車といった障害物、公園敷地内の地面状況（砂）など、ミクロな地物が集団による円滑な歩行を妨げており、豪雪や凍結といった冬季の路面状況によっては、比較的短距離であっても、津波到達までに全員の避難が完了しないことが示唆された<sup>[HKD\_07]</sup>。

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、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おいて見られ、定性シナリオでは、より高い脳活動が両大脳半球において認められた。この実験結果は、定量シナリオと定性シナリオは避難の意思決定や防災教育に対して考慮するメリットがあることがわかった<sup>[IRID06]</sup>。

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、比較表を完成させた。その結果、火山防災教育に関する考え方の共通点として、防災をあまり前面に出さずに火山の恵みを伝えることを通じて、火山特有の景観を形作った噴火災害について考える契機をつくっていること、子供に対する啓発教育を通じて、周囲の大人の火山防災意識の向上も期待されていることがわかった<sup>[NGY\_07]</sup>。

日本の火山地域の中でも、桜島や阿蘇には大学の観測研究施設が所在し、地域の火山防災に対する基幹的な役割が期待されている。京都大学防災研究所桜島火山観測所では、鹿児島市と連携して桜島住民を対象とする火山防災勉強会を開催してきた。2020年6月4日未明の噴火による火山岩塊（噴石\*）の居住地近傍への着弾に関連して、噴石飛散による噴火警戒レベル\*引き上げの認知度に関する質問紙調査（回答340名）を行った結果、噴石飛散で噴火警戒レベルが引き上げられることの認知度は高いが、基準となる飛散距離の認知度が低いことが明らかになった<sup>[DPRI13]</sup>。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<sup>[DPRI13, DPRI14, HYG\_01]</sup>。

一方、全国的な火山観光地に位置する京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センターでは、阿蘇ジオパークや阿蘇火山博物館といった地域の様々な学習施設と連携して、火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための実践的な研究を進め、2016

年熊本地震によって被災した研究センター本館の復旧作業の一部を、ジオパークガイドと協力して行うことによって、地震観測の歴史や災害復旧過程などについての知識を地域社会と共有した。また、総合研究グループ「高リスク小規模噴火」とも連携して、昨年度実施した「阿蘇への観光客に対する火山防災に関する意識調査」の結果を分析した結果、火口周辺での火山ガスの危険性に関する音声ガイド・掲示板の存在や噴火の痕跡が、観光客が退避壕に入るといふ安全確認行動を促進することが明らかになった [KUS\_03]。

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

地震・火山噴火災害に対する社会の共通理解の醸成のための研修プログラムの作成において、対象・目標を明確化した上で内容を精選し、方法の吟味，評価・検証とフィードバックを行った。これまでの評価検証において、それぞれの知識項目について説明できる人と説明できない人の割合に研修前後で統計的に有意な差が見られ、この研修によって参加者の理解が促されたことがわかっている。本年度は、要素化した「地震・火山研究者が理解してほしいこと」を、自治体職員のニーズをもとに再構成し、地震の基礎知識習得にかかる研修プログラムを1編，火山の基礎知識取得にかかる研修プログラムを8編，シナリオ作成，収録を実施した。また、関東地震（関東大震災）100周年に向けて、特に津波を伴った地震災害としての側面に着目し、南海トラフ地震との比較の中で、より理解を深め、また観測研究への関心の喚起をねらいとしたコンテンツを作成した [NGT\_02]。

### 3-5. 研究を推進するための体制の整備

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

#### (1) 推進体制の整備

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

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

火山噴火予知連絡会\*は、定例会を2度開催し、全国の火山活動の状況についての検討を行った。また、火山噴火予知連絡会のあり方について検討を行い、令和4年8月24日に「あり方検討作業部会最終報告」にて将来的に目指すべき体制を提言、令和4年12月27日にその提言を踏まえた「あり方報告の具体化作業部会報告」にて、令和5年度から始める体制を提言としてとりまとめた [JMA\_08]。

## ・ 拠点間連携共同研究

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

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

## (2) 分野横断で取り組む総合的研究を推進する体制

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

### ・ 南海トラフ沿いの巨大地震

地震・測地観測網で得られたプレート間固着\*やスロー地震の知見に基づき、南海トラフ沿いの巨大地震の広帯域震源モデルを構築する。その上で地震波および津波の伝播モデルに基づき、西南日本地域の強震動および津波浸水モデルを提示することを目的とする。今年度は、日向灘で過去最大級とされている1662年日向灘地震について、浅部スロー地震の海底地震観測の成果や人工地震波を用いたプレート境界の位置情報、2011年東北沖地震で得られた浅部スロー地震と巨大地震大すべりの関係など最新の地球物理学研究の知見を基に、新たな断層モデルを構築した(図4)。並行して実施した宮崎県沿岸部における津波堆積物の調査結果と断層モデルを用いた津波による浸水シミュレーションにより、この断層モデルの妥当性を評価し、1662年日向灘地震がM8級巨大地震であった可能性を科学的に初めて示した<sup>[DPRI01]</sup>。

### ・ 首都直下地震

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



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

### ・ 千島海溝沿いの巨大地震

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

千島海溝南部に設置した3か所の海底地殻変動基準局において船舶及びウエーブグライダー\*を用いた4回目の測定を実施し、プレート境界浅部においても太平洋プレートと陸側プレートの相対運動速度に調和的な変位量が得られ、プレート境界浅部までの固着率\*が高い可能性が示唆された。応力条件を拘束したプレート境界のすべり欠損\*推定を複数の期間を区切って行い、2003年十勝沖地震前後のプレート間固着の時空間変化が推定された。北海道から東北北部の長期広域的な地殻変動場を調査し、M7.5程度以上の大地震の余効変動が長期間継続し、プレート間固着率の推定等で留意する必要性が示唆された<sup>[ERI-05]</sup>。十勝沿岸・当縁川周辺の珪藻群集の解析を詳細に実施し、17世紀初頭の超巨大地震時の隆起はそれほど大きくなく、その後1.5 m程度隆起したことが明らかになった。胆振地方東部厚真町や苫小牧勇払の津波堆積物の空間分布を調査し、17世紀初頭の津波浸水深さが最大でも標高5 m程度までしか分布していないこと、津波堆積物は17世紀初頭以前となると2,500年前まで存在しないことが明らかにされた<sup>[HKD-09]</sup>。千島海溝からカムチャツカ海溝にかけての広域的な1977年以降の地震活動を調査し、色丹島沖～択捉島沖にかけての津波地震\*が発生している領域にのみ統計的に有意な静穏化が見られることが明らかになった<sup>[HKD-09]</sup>。強震動による地盤液状化痕跡を考古資料から抽出する作業を継続し、5,500年前～4,000年前の間に発生したイベントによる痕跡が広域かつ規模が大きいことが明らかになった。一方、石狩低地帯でも広域的にみられる噴砂\*イベントが同定されたが、近隣の活断層系の地震による可能性が高い<sup>[HKD-09]</sup>。千島海溝・日本海溝地震津波に関して、北海道庁の地域減災計画策定、自治体の津波避難緊急事業計画策定において専門的な助言を行った。津波避難計画策定に関する勉強会を北海道日高振興局等の関係機関と連携して実施した。ライフライン対策について産業保安監督部と連携し専門的な助言を行った<sup>[HKD-09]</sup>。

## ・ 桜島大規模火山噴火

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

令和4年度研究集会の議論の要点は以下の4点に集約される。

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

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

## ・ 高リスク小規模火山噴火

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

災害情報の発信に関する研究に関しては、吾妻山について VUI の試作を進めており、気象庁や国土地理院のデータを活用したワークシートを試作した<sup>[THK\_08, HKD\_04, KUS\_02]</sup>。数値指標で示す VUI が専門外の人々にどう見えるか、活動シナリオの想定や火山活動評価はそれほど自明ではないのではないかと、など予測可能性とリスク評価に関するいくつかの問題が指摘された<sup>[HKD\_04, KUS\_02]</sup>。御嶽山火山マイスター\*の火山防災・火山リテラシー向上の取り組みの位置づけを明確化するために、阿蘇火山博物館、富士山科学研究所、箱根ジオミュージア

ムの火山防災に関する取り組みに対する調査・比較を進めた<sup>[NGY\_07]</sup>。御嶽山噴火の事例から、市町村の災害対応のボトルネックとなる事項の抽出と対応策の検討を行い、マンパワーに限られる小規模自治体の対応に関する問題点や噴火の影響が複数自治体にまたがる場合の連携などの課題を指摘した<sup>[HYG\_01]</sup>。

小規模噴火の発生する場の把握に関しては、草津白根山において土壌ガスに基づく側噴火\*リスクの評価を進めており、ガスフラックスの強弱と希ガスの同位体分析を組み合わせることにより側噴火の危険度が高い場所を同定できる可能性が示された<sup>[TIT\_03]</sup>。

観測による火山の活動把握に関しては、吾妻山において地震・地殻変動の連続観測を継続的に実施しているが、大学から現地関係者へ提供される観測情報が過多とならないよう工夫する必要があることが、防災関係者とのやりとりを通じてわかった<sup>[THK\_08]</sup>。空中電界変動\*を活用する手法の開発も継続している。霧島火山観測所での観測を新たに開始したが、2022年11月の硫黄山での泥噴火では顕著なシグナルは検出されなかった<sup>[THK\_03]</sup>。弥陀ヶ原火山において、活動状態を把握するための多項目地球物理観測を継続している<sup>[TYM\_02]</sup>。

噴火の予測に関する研究に関し、極小規模噴火を含めた見逃がしのない「真の噴火履歴」解明を目指した取り組みとして火口内や火口近傍の湖沼堆積物を新たな情報源とする調査を開始し、弥陀ヶ原での予備調査では微小噴火と思われる火山灰層を検出した<sup>[TYM\_01]</sup>。

### (3) 研究基盤の開発・整備

#### ア. 観測基盤の整備

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

国土地理院は、全国に展開されたGNSS連続観測システム (GEONET\*) を維持するとともに国際GNSS事業 (IGS) へ参画し、観測データの提供を行った。加えて、最新のGPS衛星およびITRF\*に対応したGEONETの新しい解析ストラテジの運用を着実に継続した。また、GEONETによる日本列島全域の地殻変動・火山活動のモニタリングを行い、結果を速やかにホームページなどで公表するとともに、地震調査委員会\*、火山噴火予知連絡会等に報告した<sup>[GSI\_04]</sup>。また、ALOS-2の合成開口レーダー (SAR)\* データを使用して北方四島を含む国土全域を対象に定常的にSAR干渉解析を行ったほか、ALOS-2の蓄積された観測データを用いた干渉SAR\* 時系列解析を国内の火山を対象として行い、国土地理院のHPで解析結果を公開するとともに、火山噴火予知連絡会に提出し火山活動評価に活用された<sup>[GSI\_07]</sup>。このほか、リアルタイムで地殻変動を観測し、巨大地震後数分での断層推定を目指す、電子基準点\*を用いたREGARDを継続的に運用しており、断層パラメータの不確実性の評価も取り入れるなど、従来法からの置き換えに向け、試験運用中である (図10)<sup>[GSI\_08]</sup>。

気象庁は地震観測網や地殻変動観測網などの観測基盤の維持を継続し、関係機関の地震観測データを一元的処理した結果を公開し、南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会\*や地震調査委員会において報告を行った〔JMA\_09〕。また、全国の50火山について全国4か所の火山監視・警報センターにおいて連続的な監視観測を継続するとともに、50火山と他の活火山のうちのいくつかの火山について、地震観測・GNSS繰り返し観測、熱観測等の調査的な機動観測を計画的に実施し、噴火警報\*・火山の状況に関する解説情報\*・火山活動解説資料等の防災目的の情報や資料として公表した〔JMA\_12〕。

海上保安庁は、航空機による南方諸島及び南西諸島における海域火山の定期巡回監視観測を実施するとともに、西之島、噴火浅根、海徳海山及び福徳岡ノ場において監視体制を強化した。また、測量船により硫黄島の海域火山基礎情報調査を実施した〔JCG\_04〕。

大学は、観測データ流通網JDxnet\*の安定的な運用を継続し、TDXへの移転対応を実施した。また、大規模並列計算機を利用したリアルタイム地震データ解析の開発を継続した〔ERI\_19〕。高知大学は、3成分広帯域地震計\*と常時微動\*アレイの運用を継続し、常時微動アレイによって常時推定している位相速度の時間変化からは時間雨量 5 mm 程度の降雨に対応した変動を抽出することができた〔KOC\_01〕。

## 高速な断層推定

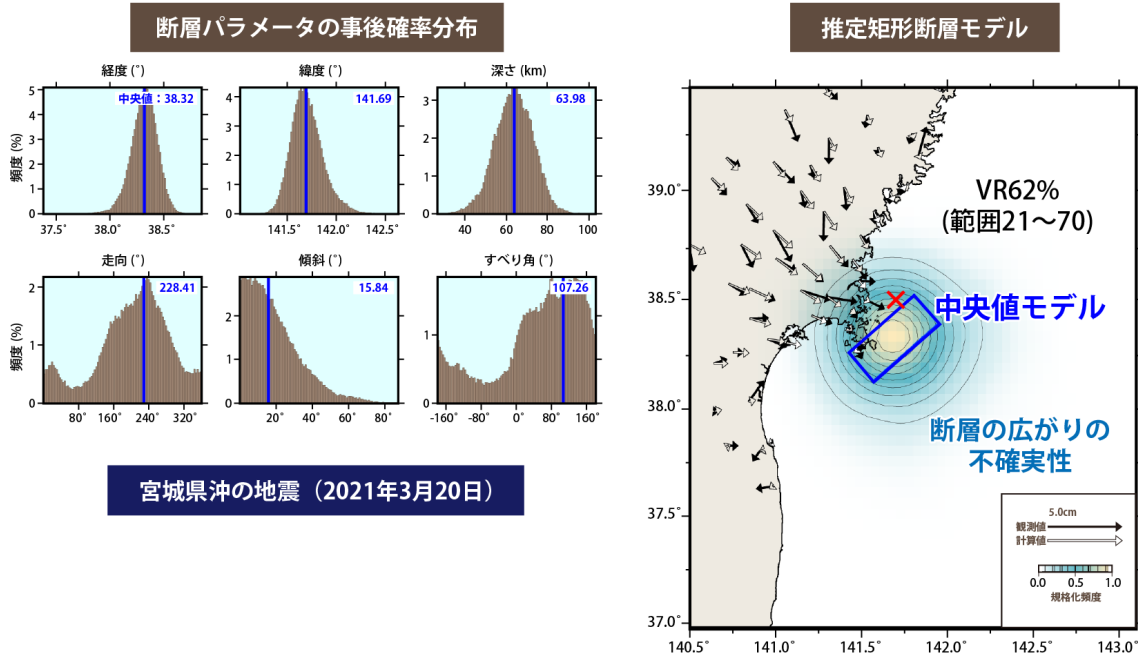


図10. 高速な断層推定 (REGARD) による断層推定結果の例。2021年3月20日に発生した宮城沖地震のときの地殻変動から断層パラメータを推定したもの。左は断層パラメータの事後確率分布、右は推定された矩形断層モデルの位置とその不確実性の広がりを示す。左の青線は中央値で、右上にその数値を示す。東北大学で開発された推定パラメータの不確実性を評価できるプログラムを国土地理院に技術移転した。従来法からの置き換えに向け、試験運用中である。

### イ. 観測・解析技術の開発

東京大学地震研究所は、三陸沖光ケーブル式海底地震津波観測システムの予備の光ファイバーケーブルにDAS計測\*を適用することにより、空間的に高密度の海底地震観測を実施した [ERI\_22]。東北大学は、無線システムと接続を行う携帯系の通信の検討のため、情報通信研究機構のIoTゲートウェイと学術情報ネットワーク (SINET\*) の広域データ収集基盤のプロジェクトに引き続き参加し、能登半島の群発地震の臨時観測にて携帯テレメータ\*装置を運用し、データ流通を行なった [THK\_13]。情報通信研究機構は、Pi-SAR X3\*の初期機能・性能確認試験を実施して、来年度からの各種実証観測を行える体制を整えたほか、富士山等の試験観測で15 cm分解能での地表面画像取得に成功した [NICT01]。

### ウ. 地震・火山現象のデータ流通


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

多項目データの全国流通・一元化・蓄積・公開を行うデータサーバの安定的かつセキュアな運用のためサーバの更新作業を行った〔HKD\_08〕。東京大学地震研究所は、次世代の対話検測処理系システムについて試作を引き続き進め、昨年度試作したソフトウェアを試用するとともに、震源決定プログラムや地図表示機能を実装した。また、伝送系システムの仕様について検討を継続した〔ERI\_24〕。

## エ. 地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開

気象庁は、地震カタログ\*の作成及び震源過程解析を実施し、関係機関へのデータ提供、一般への公開を実施した。2020年9月より一元化处理\*にS-net\*, DONET2のデータの活用を開始している〔JMA\_14〕。産業技術総合研究所は、大規模噴火の特徴・推移、中長期的前駆活動を取りまとめた大規模噴火データベースを公開した。また、目撃事例のある噴火の中長期的・短期的前駆活動、噴火推移情報を取りまとめた噴火推移データベース、日本国内外の噴火で噴出した火山灰粒子の顕微鏡画像などの情報を収録した火山灰データベースを公開した。加えて、アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システムの構築を継続した〔AIST11〕。国土地理院は、六日町断層帯、高田平野東縁断層帯、阿寺断層帯及び長良川上流断層帯、佐賀平野北縁断層帯、糸魚川―静岡構造線断層帯など8面の1:25,000 活断層図を公開した。また、長町―利府線断層帯、会津盆地西縁・東縁断層帯、長野盆地西縁断層帯、伊那谷断層帯、屏風山・恵那山断層帯及び猿投山断層帯、弥栄断層、糸魚川―静岡構造線断層帯について整備を実施した〔GSI\_09〕。また「諏訪之瀬島」の火山土地条件図・数値データ及び「御嶽山」「神津島」「有珠山」「倶多楽」の火山基本図・数値データを公開した。「蔵王山」の火山土地条件を調査し、「北海道駒ヶ岳」「白山」「鶴見岳・伽藍岳」「九重山」「諏訪之瀬島」の火山基本図を整備した〔GSI\_10〕。地震・火山噴火予知研究協議会では、令和3年度における観測や開発したソフトウェア等のメタ情報を整理して研究成果共有システムにて公開した〔図11〕〔ERI\_25〕。


## 研究計画で観測や開発したソフトウェア等のメタ情報の公開




研究成果共有システム

地震・火山噴火予知研究協議会のホームページで公開中

<http://evrssl.eri.u-tokyo.ac.jp/database/index.html>





**調査・観測等一覧**  
(地図・表、どちらでも表示できる)

観測や開発した  
ソフトウェア等のメタ情報

↓

開発したソフトウェア等一覧




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

### （４）関連研究分野との連携強化

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

### （５）国際共同研究・国際協力

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

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

日本と同様に沈み込み帯に位置するニュージーランドにおいて地震観測を実施し、地震発生機構の解明のための国際共同研究を進めている。今年度は2016年ニュージーランド・カイコウラ地震の震源域の Slip Tendency 解析\*や地震波速度構造推定等を行った [THK\_01]。2020年11月にヒ克蘭ギ沈み込み帯中部に位置する固着強度遷移域周辺に設置した海底観測機器について、2021年5月に観測網直下で発生した短期的 SSE の観測に成功した。微動活動の時空間分布を把握することを目的として、観測全期間にわたる海底地震計観測記録のみを用いた解析を実施した [ERI\_08]。

プレート沈み込み帯周辺の国際共同研究においては、メキシコ・ゲレロ州沖合で、2022年3月末から4月初めにかけて海底地震計の設置回収作業を実施した。また、海底地震・測地観測網のデータを解析し、観測されたテクトニック微動と微小地震の活動域を残差地形及び重力異常\*と比較した [DPRI01]。近地地震と遠地地震のP波走時データの同時インバージョン\*を行い、東北アジア地域の3次元P波速度構造と異方性\*分布を求め、マントル遷移層に停滞する太平洋スラブ上の big mantle wedge (BMW) 内の構造不均質とマントルの対流パターンを調べた。その結果、中国大陸東部を南北に走る Tanlu 断層帯を境にして BMW は東西方向に二つのブロックに分けられ、その東部ブロック直下の熱い上昇流によって日本海が開き、東北アジアのプレート内部火山が生まれたことがわかった [THK\_05]。

インドネシアの火山を対象とした国際共同研究では、火山活動推移モデルを構築に向けて、VEI\*4の規模に達した2014年ケルト火山噴火と2010年メラピ火山噴火に至る地震活動、地盤変動、火山ガス等に関するインドネシアの火山地質災害軽減センターのデータを再検討した。噴火の準備過程として、まず地盤変動が観測され、そして地盤変動の進行とともに地震活動の活発化が両火山で見られた。また、メラピでは土壌からの二酸化炭素濃度の急増、ケルトでは火口湖水温の温度上昇が見られた。噴火直前の現象としては、両火山とも急速な地盤の隆起・膨張、低周波地震発生数の急増から連続発生への移行から、溶岩ドーム\*の破壊を経て、プリニー式噴火の発生という推移をたどった [DPRI06]。

国際 VLBI\*事業 (IVS) の観測計画に基づき、石岡 VLBI 観測施設において VLBI 国際共同観測を238回実施した [GSI\_07]。石岡局の水平速度は約20.6 mm/年 (方位角136° 方向) であった。これは、通常のプレート運動の成分に2011年東北沖地震の余効変動を含んでいるものと考えられる。

## (6) 社会との共通理解の醸成と災害教育

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

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



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

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

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

#### **(7) 次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成**

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

阿蘇ジオパークガイドと2016年熊本地震の震災遺構ガイド（計44名）を対象とした勉強会を実施した<sup>[KUS\_03]</sup>。その際、本計画の課題 NGT\_02 にて製作中の教育用ビデオのうち2本（「地震と災害」「地震の観測」）を参加者に視聴させた。また、前年度に実施された「阿蘇への観光客に対する火山防災に関する意識調査」の結果を分析し、「火口周辺での火山ガスの危険性に関する音声ガイド・掲示板の存在と噴火の痕跡を認識させることにより、観光客が退避壕に入るという安全確認行動が促進される」という結論を得た。この結果は、阿蘇火山防災会議協議会\*の対策に有効活用されており、また2016年熊本地震の震災遺構の意義づけにもつながることから、震災遺構ガイドの勉強会でも有効活用されている<sup>[KUS\_03]</sup>。