

3. 平成 29 年度の成果の概要

3-1. 地震・火山現象の解明のための研究

地震や火山噴火が引き起こす災害の予知の基本となる地震・火山現象の科学的理解の深化を目指し、史料・考古・地質データも含めた過去の地震・火山噴火現象に関する研究、地震・火山噴火の発生場と発生過程を理解するための観測・実験に基づく研究を、以下のように実施した。

(1) 地震・火山現象に関する史料、考古データ、地質データ等の収集と整理

地震・火山噴火とそれに関連する諸現象やそれらによる災害に関する史料、考古データ、地質データの収集と、近代的観測データとの対比・統合を指向したデータベースの構築について、次のような研究を行った。

ア. 史料の収集とデータベース化

新たな地震関連史資料について、1854 年安政東海・安政南海地震（1854 年 12 月 23 日・24 日（安政元年 11 月 4 日・5 日））に関する高知県や東海地方を中心とした史料や、その前後の有感地震を含む史料、濃尾地震に関する資料について調査・収集を実施し、明治期以降の地震学史に関連する資料から歴史地震・津波の情報を収集した^{[2601][1701][2903]}。

地震・火山噴火史料データベースの構築に向けて、既刊地震史料集に所収されている史料記述について、高度な検索に適したデータ化作業を継続して行い、国土地理院の地図上に地震被害発生場所を表示できるシステムの改良を実施した^[2601]。

イ. 考古データの収集・集成と分析

全国の埋蔵文化財発掘調査報告書に記載されている、災害痕跡に関する地質・考古資料を新たに収集し、発掘調査地点ごとの災害痕跡のデータ整理を実施した。また、災害痕跡 GIS*データベースシステムについて、データベース構造・検索システムの改良とデータの更新を行い、「日本歴史地震関連史料データベース」（試作版）と連携して相互に検索できるシステムの開発を進めた。この他、奈良県や山口県など各地の埋蔵文化財発掘調査現場において、災害痕跡の地質考古学的調査と試料採取を実施した^[9001]。

ウ. 地質データ等の収集と整理

津波の痕跡が保存される条件を明らかにするため、2011 年東北地方太平洋沖地震津波で青森県三沢市の海岸に形成された津波堆積物を分析した。内陸に向かうにつれて薄層化と細粒化する傾向が確認されたが、堆積物分布の限界はイベント発生後に海側に後退することが明らかになった^[1501]。

活断層データベースに地形陰影図や航空写真等を表示させる機能を追加し、活断層と地形や構造物などとの関係を認識しやすくした^[5002]。

浅間山・西之島・諏訪瀬島の岩石試料を分析し、マグマ溜りの深度や状態を検討した。浅間山の 1783 年天明噴火では 3 つのマグマが海拔 0 m 付近で混合し短時間で噴火に至った可能性のあることがわかった^[1502]。

(2) 低頻度大規模地震・火山現象の解明

近代観測データと史料・考古・地質データを総合して、東北地方太平洋沖地震のような低頻度で大規模な地震・火山噴火現象の特徴を抽出し、その理解を目指して次のような研究を行った。

ア. 史料, 考古データ, 地質データ及び近代的観測データ等に基づく低頻度大規模地震・火山現象の解明

南海トラフ沿いの巨大地震である1854年安政東海地震・安政南海地震の前後数年間について、日記史料の調査・撮影を実施し、日記史料から有感地震に関する記録を抽出して、データベースと時空間分布図の作成を実施した。この結果、安政東海地震・安政南海地震の約10ヶ月後から西南日本において有感地震が増加し(図9)、1855年11月7日(安政2年9月28日)に大きな地震が発生して、現在の静岡県で被害の生じた状況が明らかになった^{[1501][2601]}。

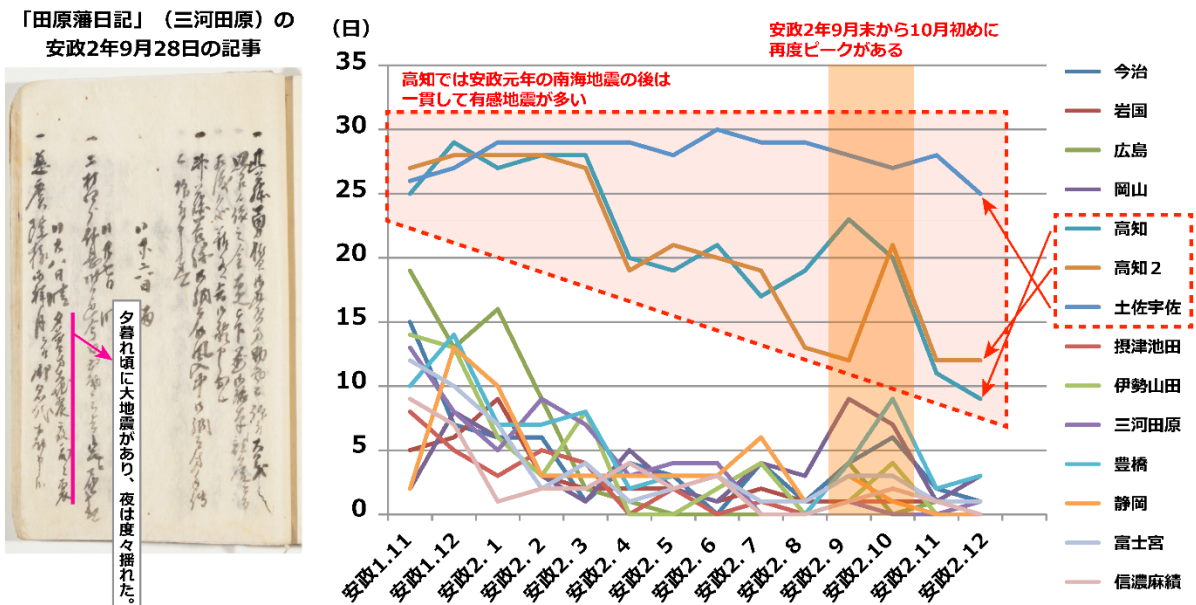


図9. 日記史料に基づく巨大地震後の有感地震の記録日数の推移

日記史料には地震の被害だけでなく、日々の有感地震についても詳細に記録されている。西南日本で記された複数の日記史料からは、安政元年(1854年)11月5日の南海地震の本震以降、頻発する有感地震を記録した日数の推移がわかる。グラフは、安政元年(1854年)11月から安政2年(1855年)12月末までの期間について、有感地震の記録日数を月ごとに示したものである。グラフより、西南日本では9月から再び有感地震の増加している状況がわかる。

1596年文禄豊後地震に関する既存の史料について史料学的な評価を行った結果、既存の学説における問題点を明らかにして、別府湾に津波被害をもたらした文禄豊後地震は1596年9月4日(文禄5年閏7月12日)ではなく、1596年9月1日(文禄5年閏7月9日)に発生したとする新たな地震像を提示できた^[2601]。

日本海沿岸地域の地震関連史料の検討から、1833年天保庄内沖地震の津波による、信濃川河口での船舶被害や輪島地域での家屋被害の実態を解明した。また、1828年文政越後三条地震に関する史料について史料学的な分析を行い、「潰家」「半壊」「大破」の定義について新たな見解を提示した。さらに、1714年正徳信濃小谷地震の3日後の天然ダム決壊による影響は、天然ダムの12km下流まで及んでいたことがトレンチ調査*による洪水堆積物の発見によって明らかになった^[2701]。

1831年11月14日(天保2年10月11日)に佐賀で発生したとされてきた地震被害について、原典史料の確認によって会津地方の地震の誤記であることを指摘した^[1901]。

日本海溝・千島海溝、相模トラフ、南海トラフ、南西諸島海溝および日本海沿岸で発生した巨大地震の履歴と発生様式を明らかにするため、津波堆積物、地形地質調査などに基づいたデータの収集と整理を行った^{[1002][1703][4002][5004][9101]}。

千島海溝沿いの北海道十勝地域において、古津波の堆積物と地殻変動の痕跡を抽出した^[1002]。十勝南部大樹町での調査では、12世紀と17世紀に発生した地震に伴う津波堆積物に相当すると考えられる砂～泥層が2層認められた。12世紀の地震後はしばらく隆起が継続したが、沈降に転じ17世紀のイベントまで継続した。一方で、17世紀のイベントは規模が大きく、その発生から1667年樽前山噴火までに50～70cm程度隆起したが、その後に沈降に転じる傾向は認められず、12世紀と17世紀のイベントで地震後地殻変動の推移は異なることがわかった。また、日本海溝域の過去の巨大地震の履歴を把握するため、海底に形成された堆積層について、精密かつ広範囲な対比を行うための地磁気永年変化標準曲線を確立し、大深度で得られた地質資料での過去7000年前までの堆積年代推定が可能となった^[4002]。房総半島南部の海岸段丘では、分布パターンと離水年代を再検討した結果、段丘形成の時間間隔が非常にばらつくことが明らかになった^[5004]。

断層の形状に関しては、海底と陸上の数値地形データ (DEM) を統合することにより、石垣島南東沖で北東—南西方向に伸びている活断層と推定される変動地形の抽出に成功した。また、平成28年(2016年)熊本地震の被害分布と、地震断層の分岐・ステップ・断層末端部の形状との関係を検討し、地震断層の分岐部や末端部に特に甚大な被害が集中していることを明らかにした^[1702]。

火山現象に関しては、ボーリング調査*を含む地質学的・物質科学的研究により、7,300年前の鬼界火山のカルデラ形成噴火とその準備過程の推移が明らかになった^[1001]。また、摩周火山でも同様の研究を進め、7600年前のカルデラ形成噴火を含む約3.5万年の活動史が明らかになりつつある^{[1001][2940]}。

雲仙岳1792年噴火時の眉山崩壊について文献史料の収集・分析をさらに進め、崩壊原因の諸説(火山爆裂説・地震説・地滑り説)について検討を行った。また、当時の島原半島では、地割れ及び断層活動が従来知られているよりも広域に及んでいたことがわかった^[1001]。

イ. プレート境界巨大地震

GNSS-音響測距結合方式による海底地殻変動観測から、マンツルの粘弾性効果の影響を含んだ東北地方太平洋沖地震の余効変動*は継続しているが、2015年以降は福島沖の観測点などで変動速度がやや鈍化する傾向が見られることがわかった^[8001](図10)。一方、2012～2016年に海陸で観測された平均変位速度を東北地方太平洋沖地震時の地殻変動と併合して、地震時滑りと地震後滑りの分布を同時に推定したところ、海溝軸近くの地震時滑りは北緯39度程度までしか広がっておらず、津波波源解析の結果が要請する北緯39度以北の津波波源は、プレート境界断層の滑りとは異なる変動によるものである可能性があることがわかった^[1503]。

海陸の地殻変動観測データを用いた、南海トラフ沿いのプレート境界における固着強度の空間分布の推定を行った。その際、西南日本弧を複数のブロックに分割し、ブロック境界断層とプレート境界断層での滑り欠損*を同時に推定することにより、ブロックを仮定しない先行研究の結果に見られた深部での不自然な固着が推定されなくなった。トラフ軸沿いの深さ0～25km付近までの固着は強い傾向があるものの、日向灘や室戸岬沖、潮岬沖、熊野灘の一部領域など、部分的に固着が弱い領域が存在していることがわかった。これらの解析結果は、海域のプレート間固着状態が非常に不均質であることを示唆している^[1703]。プレート間固着状態を把握することは、将来のプレート境界巨大地震の地震像を精度良く推測するために必要不可欠であるが、現状の海底地殻変動観測データを用いても、トラフ軸近傍・プレート境界浅部の滑り分布の推定分解能は十分ではないことから、更なる観測体制の充実が望まれる^[8001]。

2015年1月～2017年12月の間の平均速度

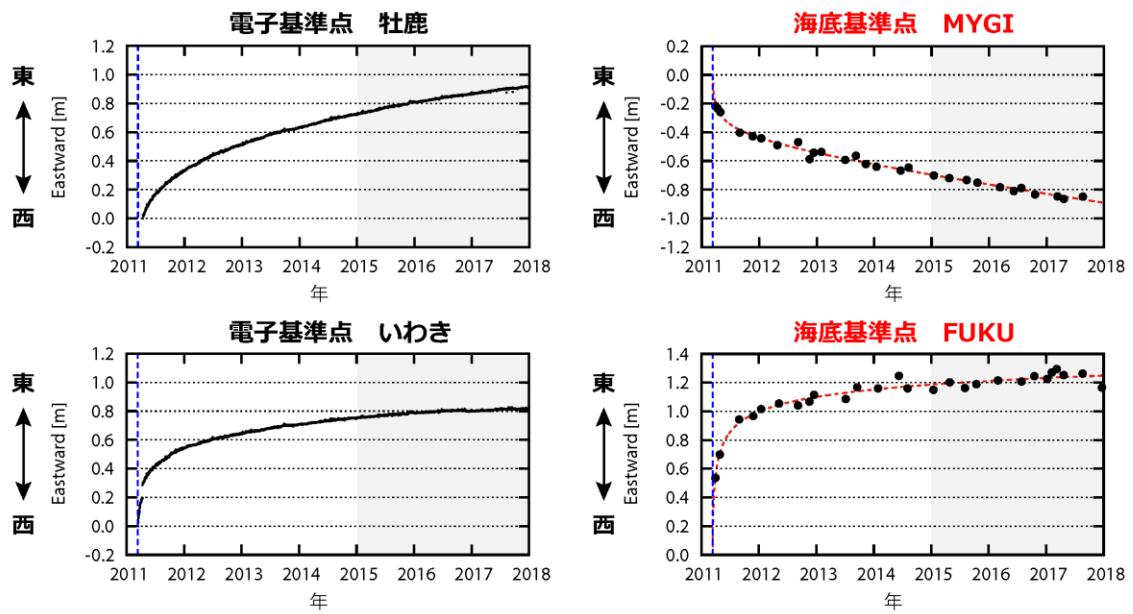
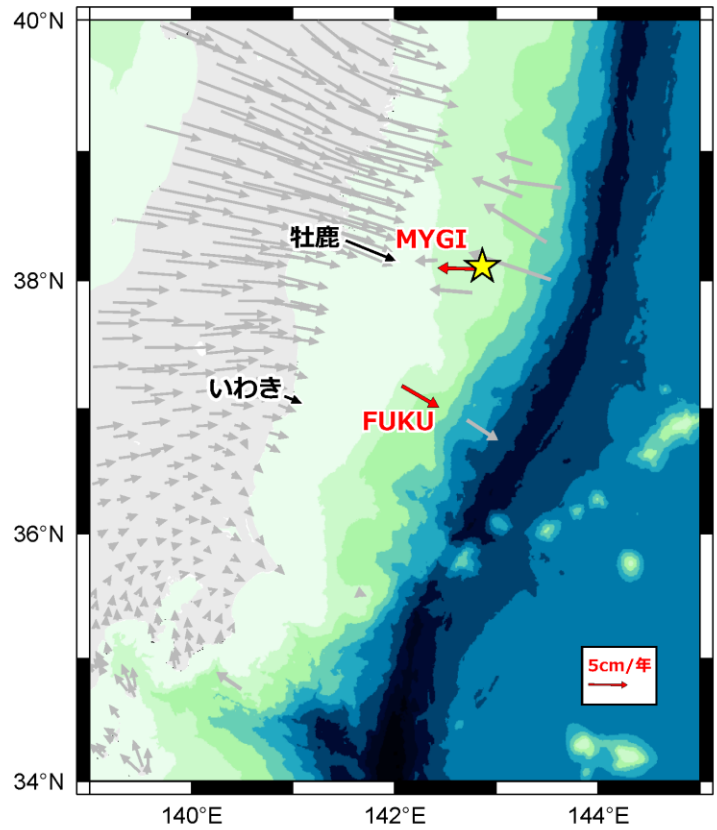


図 10. 2011 年東北地方太平洋沖地震の余効変動

上段：2015 年 1 月から 2017 年 12 月までの平均変位速度。黄星印は東北地方太平洋沖地震の震央。

下段：時系列の例。黒および赤の矢印で速度を示した観測点でのもので、東向きの動きが正。青線は東北地方太平洋沖地震が発生した 2011 年 3 月 11 日。グレーの網掛けをした期間（2015 年 1 月～2017 年 12 月）のデータから平均変位速度を求めている。海底基準点の赤点線は観測データ（●）から求めた近似曲線。

(3) 地震・火山噴火の発生場の解明

地震・火山噴火の発生場における地下構造や応力場を明らかにし、断層上の摩擦特性や断層周辺の流体分布、地震と火山噴火の相互作用などを明らかにするため、以下のような観測に基づく研究を実施した。

ア. プレート境界地震

陸上稠密地震観測と海底地震観測で得られたデータを用いて、千島海溝沿いの日高衝突帯からその海域延長部に到る領域の3次元P波およびS波速度構造を推定した結果、千島弧の下部地殻の深い部分が日高山脈直下で分離（デラミネーション）して、1982年浦河沖地震（M7.1）の震源域直下の太平洋プレート上面の深さにまで達していることが明らかとなった^[1002]。

房総沖で行われた人工地震探査データを解析し、ゆっくり滑り（スロースリップイベント、SSE）発生領域での反射波強度についての解析を行った^[1509]。その結果、フィリピン海プレート上面からの反射波強度には顕著な空間不均質があるが、明瞭な反射波が観測できる領域はSSE発生領域と一致することがわかった。

イ. 海洋プレート内部の地震

伊豆半島の約100km北方で発生している孤立した42個の地震（深さ40–90km）の震源決定およびメカニズム解^{*}の推定を行ったところ、プレート境界地震と解釈される低角逆断層地震よりも深いところで37個の地震が発生していることが明らかになった。これらの地震は沈み込むフィリピン海スラブ内の地震と考えられるが、その活動の原因には局所的な含水化の可能性が考えられる^[1201]。

ウ. 内陸地震と火山噴火

2016年熊本地震について、臨時地震観測で得られたデータから、詳細な余震活動、地震波速度構造、応力場、震源断層の分布などを明らかにした。最大前震（M6.5）は東南東傾斜の断層から破壊が始まり西傾斜の断層へ広がったこと、本震（M7.3）は深部の東南東傾斜横ずれ断層から破壊が始まり布田川断層と日奈久断層の二つの面で大きな滑りを起こしたこと等が明らかになった。地震時の滑り方向は応力場によって規定されており、地震前の応力場に対して最適な断層面で大きな滑りが起こったとともに、周辺部にも滑りが及んだことが明らかになった（図11）。また、二つの低比抵抗^{*}体に挟まれた領域で熊本地震本震の破壊が生じたことが示唆された^[2201]。粘性緩和による地殻変動は徐々に減衰するものの、10年後でも年間数mmの変動が予測されることが明らかにされた^[6001]。

2011年東北地方太平洋沖地震の約1か月後に発生した福島県浜通りの地震（M7.0）震源域における高密度地震観測網で得られたデータを解析したところ、地震活動域下部に地殻内流体の存在を強く示唆する顕著な二つの反射面群を見出した。このことは、地殻内流体がこの地震活動を引き起こしたことを示している^[1203]。

西南日本において地殻変動のモデル化を実施し、ブロックの相対運動と内部変形速度を推定した。その結果、ブロック内部で顕著な内部変形が生じていることや、中央構造線や濃尾断層帯で推定された相対変位速度は地質学的な滑り速度とほぼ一致することが明らかになった^[1907]。

地震のメカニズム解から間隙流体圧^{*}の空間分布を推定する新しい解析法を用いて、御嶽山周辺域の3次元間隙流体圧分布を推定した（図12）。その結果、2009年～2014年の5年間に御嶽山東麓（図12中のB）に高圧な間隙流体圧が維持されていたことが明らかになった。このような高圧流体の存在が、活発な微小群発地震活動を継続させる重要な原因になっている可能性がある^[1907]。

蔵王山では地震・地殻変動観測、重力観測、地磁気観測などからなる総合観測が実施されており、2018年1月から2月にかけて観測された火山性微動をとまなう地殻変動源は、山体下浅部に位置するクラックの開口であることが明らかになった^[1202]。

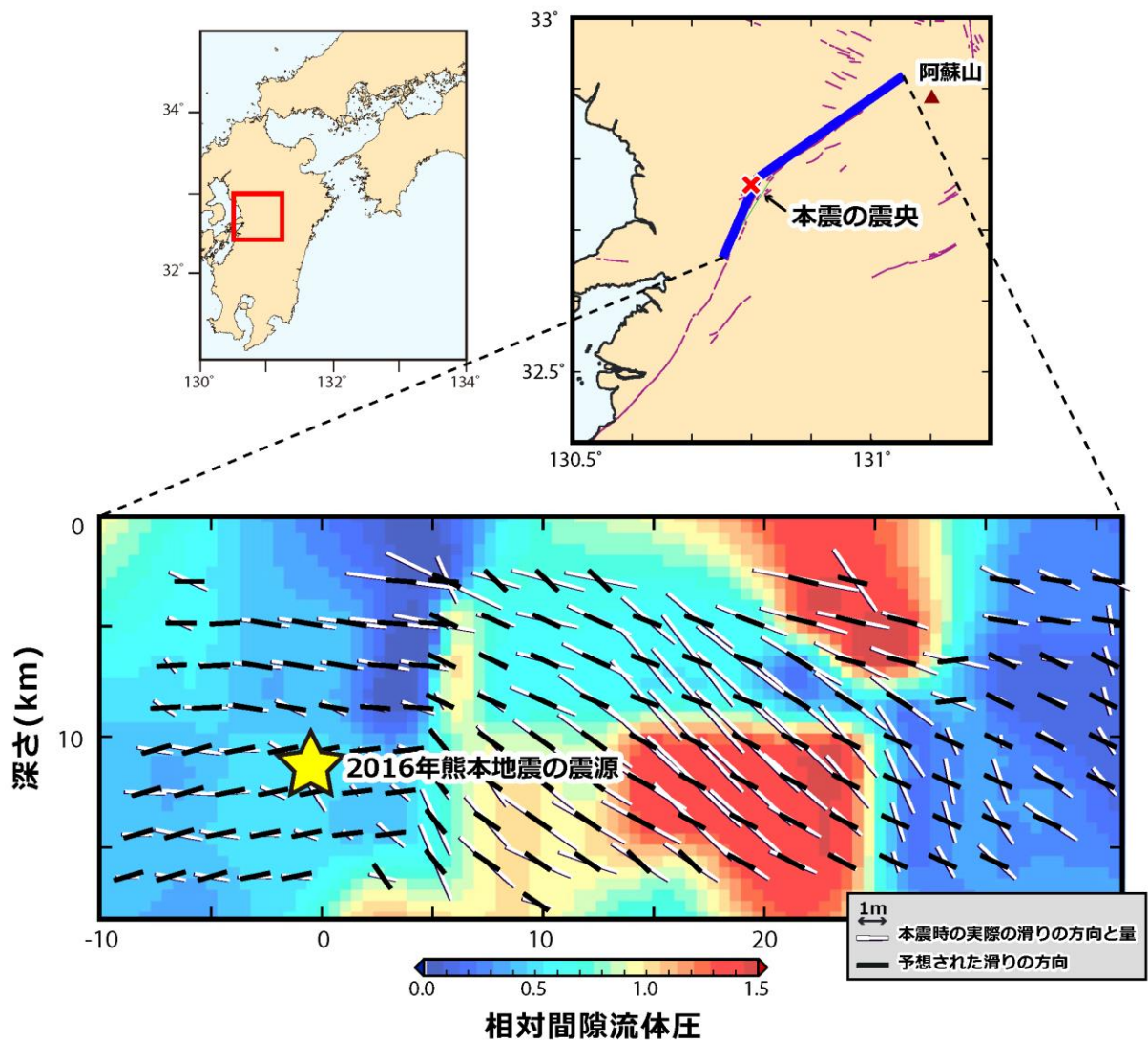


図 11. 2016 年熊本地震の断層滑り方向の予測

2016 年熊本地震発生以前の応力場から、熊本地震断層面で期待される滑り方向の予測（下図の黒の直線）を行った。本震時の実際の滑りの方向（下図の白の直線）とよい一致が見られ、地震時滑り方向は応力場に規定されていることが明らかになった。一方で、断層面に関しては、応力場から期待される最適面と実際の断層面のずれが大きい領域があったが、その原因を間隙流体圧が高く岩盤の強度が弱かったためと考え、両断層面のずれの程度から間隙流体圧の相対的な大きさ（相対間隙流体圧）を推定したものを、下図に青～赤の色で示した。暖色系の色は、間隙流体圧が相対的に高いことを表している。

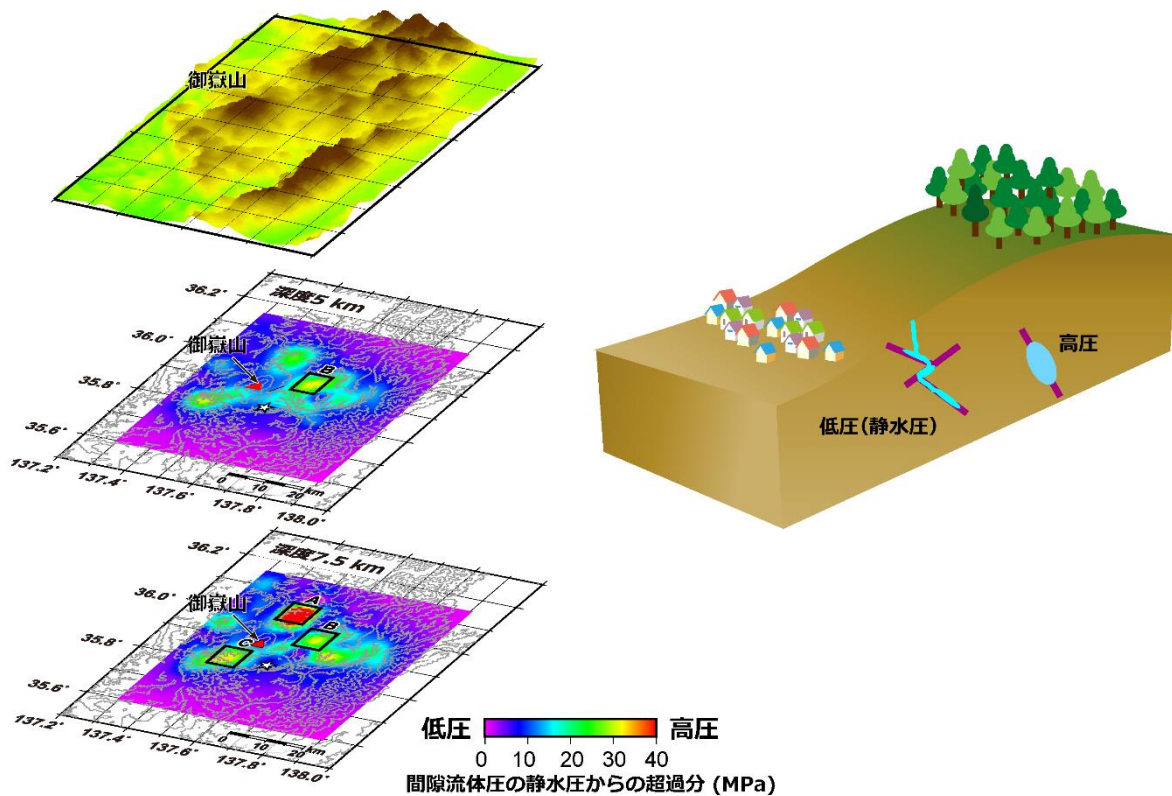


図 12. 地震のメカニズム解から推定された御嶽山周辺域の間隙流体圧の 3 次元分布
 山麓の地下 5 ～ 8 km あたりに間隙流体圧が高い断層が存在することが推定された(左図中の矩形 A ～ C)。☆は 1984 年長野県西部地震の震央。右図に間隙流体圧が低い(静水圧)断層と高い断層のイメージを示す(水色は間隙流体、茶色は断層)。

(4) 地震現象のモデル化

地震やプレート境界での滑り過程のシミュレーションに応用するために、これまでの研究成果に基づく標準的構造モデルを構築するとともに、滑りや破壊過程を記述する断層の物理モデルの高度化を目指して、次のような研究を実施した。

ア. 構造共通モデルの構築

前年度まで構築を行った太平洋プレート及びフィリピン海プレートの位置及び形状のモデルについて、データの公開を開始した (<http://evrrss.eri.u-tokyo.ac.jp/database/PLATEmodel/>)。また、フィリピン海プレートと太平洋プレート接合部の形状モデルの検討を行った。関東域における構造探査の結果から、複雑なフィリピン海プレートの形状モデルの再定義を行い、伊豆半島北部から北西方向に複雑な屈曲が見られる可能性が示唆された。中国・四国・近畿地方の震源断層モデルを推定するとともに、モホ面モデルの高度化を実施した^[1505]。

イ. 断層滑りと破壊の物理モデルの構築

高速せん断中の接触点温度と強度の関係を明らかにするために、高時空間分解能での温度分布の直接測定を行った。2 色温度法という新技術により、局所的瞬間的発熱(フラッシュヒーティング)によって発生した温度の絶対値を正しく捉えることが可能になり、接触点の最高温度は常圧での試料の融点を越え、2500℃程度まで

上昇していることが明らかとなった^[1507]。

日本海溝沈み込み帯深部に分布すると考えられる、変成作用を受けた岩石を試料として摩擦実験を行ったところ、温度 100~300°C の間で $a-b$ 値*が負となることが示された。東北地方太平洋沖地震の震源域温度が約 160°C 程度と推測されていることから、この岩石の摩擦特性は震源核形成に関与し得ると考えられることがわかった^[1503]。さらに、 $a-b$ 値が正の温度条件においても、間隙水圧の上昇により $a-b$ 値が負に遷移し、スロー地震*の発生条件が現れることが示唆された。一方で、大型振動台を利用した岩石摩擦実験の結果からは、載荷速度の増加につれて震源核サイズが減少し高速な破壊が励起されやすくなることや、断層面の粗さが初期及び主破壊過程に大きく影響することが示された^[3001]。

地球潮汐の影響を取り入れた SSE 発生サイクルの数値シミュレーション研究により、繰り返し発生する短期的 SSE のサイクルに対する外的応力擾乱の影響は、潮汐を考慮した場合、考慮しない場合に比べ早期に繰り返しサイクルが復元することから、潮汐は SSE 発生サイクルを安定化させる役割を持つ可能性が示唆された^{[1509][3002]}。

(5) 火山現象のモデル化

大規模な災害を引き起こす可能性があるマグマ噴火や、噴火規模は小さいものの火口付近での災害を引き起こす可能性が高い水蒸気噴火や火山ガス噴出の予測を目指し、火口近傍や火山周辺における多項目観測や火山噴出物の解析を進め、先行現象とそれに続く噴火現象の把握および諸現象のモデル化を進めた。

ア. マグマ噴火を主体とする火山

桜島昭和火口では2017年4月以降、噴火の頻発・溶岩噴泉活動・ブルカノ式噴火頻発と噴火様式の変遷が見られた。これは、新鮮なマグマが地表に到達した後に脱ガスとともに結晶化が進行し、火道上部の閉塞が進んだことによると考えられる^{[1908][5006]}。2017年4月以降の異なる様式の噴火現象のいずれでも、南岳下のマグマ溜まりの膨張が先行した。2017年8月下旬の溶岩噴泉活動前のマグマ溜まりの膨張速度は40万m³/日と見積もられた。これは、桜島で通常見られるブルカノ式噴火に先行する膨張速度の10万m³/日以下とは異なることから、膨張速度が噴火様式を支配していることが改めて裏付けられた。2017年10月31日からは噴火活動が昭和火口から南岳山頂火口に移った。噴出物粒子の結晶度の変化から、昭和火口と南岳山頂火口の両火口へのマグマ上昇が連動していたことが明らかになった^[5006]。広域GNSS観測により、桜島の活動の元となる始良カルデラ下のマグマ溜まりが膨張収縮を繰り返しつつ体積増加が継続していることが明らかになった^[6002]が、2017年以降はその体積増加率が減少していることが、桜島島内のGNSS観測や水準測量により示された^[1908]。

噴火発生前の先行現象を検出し解明するためには、長期間の継続観測が不可欠である。浅間山では火山ガス組成の繰り返し観測を継続した^[5006]。伊豆大島では、地殻変動データに非線形の時間依存インバージョン*を適用し、圧力源の深さが2012年以降殆ど変化していないことが明らかになった^[6002]。また、光波測距と多成分ひずみ計による地殻変動観測、繰り返し重力測定も実施している^[7003]。明神礁や西之島など海域火山の観測も継続されている^[8003]。

火山噴出物の微細組織観察から噴火過程を推定する手法の開発をさらに進め、顕著な爆発を伴わずにマグマの破碎を発生させる要因が、ナノスケールの微小結晶の生成であることを明らかにした^[1205]。

イ. 熱水系の卓越する火山

地震波干渉法を十勝岳・吾妻山・草津白根山・阿蘇山・口永良部島のデータに適用したが、火山活動に対応する速度変化は検出されていない^[1003]。霧島山新燃岳・御嶽山・阿蘇山・草津白根山・口永良部島での水

蒸気噴火前後の地震動・傾斜変動の比較から、水蒸気噴火のメカニズムに共通性があることが強く示唆された^[1003]。

十勝岳、吾妻山、安達太良山周辺で比抵抗探査を実施し、詳細な3次元比抵抗構造が得られた^{[9102][1003]}。その結果から、吾妻山と安達太良山の熱水・マグマ溜りは一体であると解釈できた。また、吾妻小富士の東側で観測される深部低周波地震*は高比抵抗領域で発生していることがわかった。

水蒸気噴火堆積物の分析から、十勝岳では浅所の不安定な熱水系に由来する変質物のみが認められ、大規模で安定した熱水系に由来する変質火山灰が認められた御嶽山とは大きく異なっていることがわかった。これは、マグマ貫入頻度が低い御嶽山と、貫入頻度が高い十勝岳における熱水系の発達様式の違いと解釈される^[1003]。

吾妻火山での地質調査及び試料分析の結果、約5000年前の吾妻小富士形成噴火の詳細な推移および様式の違いによる斑晶量の違いが明らかになった。これは、噴火様式の分岐条件を判断する材料となり得る^[1003]。

御嶽山ではGNSS観測や水準測量によって活動の沈静化を示す山体収縮が観測された^[1802]。口永良部島ではGNSS観測や水準測量により火山活動の低下が継続していることが示唆されたが、二酸化硫黄放出量は100-500トン/日の高いレベルを保っており^[1403]、小規模な水蒸気噴火のポテンシャルは有していると判断された^[1802]。阿蘇火山では、人工ソースによる比抵抗探査データを解析するための三次元有限要素法*を用いたインバージョンのプログラムを開発し、2014年11月のマグマ噴火前後に地下水層の消失や粘土キャップ層の含水率低下があったと考えられる比抵抗構造の変化を検出した^[1802]。これは、噴火様式の予測につながり得る成果である。

焼岳火山の観測網強化により、2017年8月9日から10日にかけて発生した黒谷火口の噴気発生に伴う低周波地震が捉えられた^[1909]。また、弥陀ヶ原火山・地獄谷において、水準測量、レーザースキャナによる高精度地形測量および地中温度測定により、噴気活動の活発な領域での局地的な隆起が観測された^[2941]。雌阿寒岳では比抵抗構造探査を実施し、熱消磁域と比抵抗構造との関連性を見いだした^[7005]。十勝岳周辺での多項目地球物理観測と30年以上にわたる温泉水の地球化学的な観測により、吹上温泉地域での温泉水の変化が十勝岳の火山活動の変化に対応していることが明らかになった^[9102]。

箱根山の大涌谷と上湯場の二か所での噴気の採取・分析結果から、地震活動とマグマからの脱ガスの対応が示唆された^[2949]。噴気ガス中のマグマ性揮発性物質の寄与を調べるヘリウム同位体比測定を箱根火山において継続的に行った^[2802]。海底火山の周辺の海水の変色過程を明らかにするため、酸性海水と岩石の反応実験を行った結果、火山活動が極めて活発な状態においては、火山ガスにより酸性化した海水によって岩石中からFeが溶かし出され、Fe（鉄）の割合が高い黄褐色～褐色の沈殿物が生成されることが明らかになった^[1602]。

3-2. 地震・火山現象の予測のための研究

地震や火山噴火現象の科学的理解に基づき、地震活動や火山活動の予測研究を行った。地震発生予測では、プレート境界地震の長期評価の研究及び先行現象に関する研究を行った。火山活動予測では、火山噴火の規模、推移、様式の予測のために、噴火事象系統樹の高度化に関する研究を進めた。

(1) 地震発生長期評価手法の高度化

プレート境界で発生する大地震に対しては、観測データ等から得られたプレート境界の状態を考慮した数値シミュレーションを実施し、新たな地震発生長期評価につながる手法の開発を行った。内陸地震については、

地質データ等と近年の観測データとを統合して得られる地震発生の繰り返し特性の多様性を把握するための調査を実施した。

不均質弾性媒質における速度状態依存摩擦則*に従う地震サイクルシミュレーションにおいては、鉛直の逆断層への拡張を実現し、傾斜断層での動的破壊、全無限媒質及び半無限垂直断層での動的破壊過程を含むシミュレーションプログラムの開発に成功した^[1801]。

2014年に長野県北部の地震が発生した神城断層で、過去の地震の多様性を明らかにするためトレンチ調査を実施し、白馬駅東方地点のトレンチでは、2014年の前に二回以上の地震イベントがあったことを確認した^[1702]。

(2) モニタリングによる地震活動予測

物理モデルに基づく数値シミュレーションと地震活動や測地データ等の観測データを比較することにより、プレート境界滑りの時空間発展機構を包括的に理解する研究を実施した。さらに、プレート境界滑りを予測する手法の開発を進めた。また、地殻応力の変動を断層滑りや広域応力場を基に推定する手法を開発し、地震活動を評価した。統計的モデルを用いて地震活動の予測実験を行うとともに、その予測性能を評価した。

ア. プレート境界滑りの時空間発展

GNSSデータを用いた、内陸ブロック運動を考慮したプレート間固着分布の推定により、紀伊半島東岸での固着が2014-2015年に比べて2016年以降では若干小さくなる結果を得た^[6003]。

地殻変動データに、滑りによる応力変化が引き起こす地震活動データ（余震の空間分布）を加えることで、断層面上滑りの推定の精度を大きく上げる新しい手法を開発し、2005年に発生した宮城県沖の地震に適用して良好な結果を得た^[1803]。

重力観測によって、長期的ゆっくり滑り（スロースリップ、SSE）の発生時期に重力が小さくなることを発見し、この現象が断層破碎帯内の流体移動で説明可能であるとした^[1509]。

観測された波形相関を利用した深部超低周波地震*の自動検出システムを構築し、豊後水道で長期的SSEが発生した時期に深部超低周波地震活動が活性化し、活性化領域の位置や大きさは、長期的SSEの活動範囲や規模の大きさに影響されることがわかった。また、2014年後半以降、豊後水道から愛媛県西部にかけての深部超低周波地震活動が低下しており、プレート間の固着強度が長期的に変化している可能性を示した^[1509]。

日向灘から奄美大島にかけてのプレート境界において、相似地震*の発生状況から準静的滑り速度を推定した結果、多くの場所で2015年頃から準静的滑り速度がほぼ同期して増加または減少するという変化をしていることがわかった（図13）。これは、プレート境界での固着の変化を示唆している可能性がある^[2301]。

短期的SSEの検出と断層滑り分布の時空間変化の推定を同時に行う手法を開発し、シミュレーションデータを用いて検出精度を評価した結果、高精度で滑りの開始・終了を推定でき、滑り量の時空間変化の推定精度も改善された^[5007]。

速度状態依存摩擦則に従う2次元バネブロックモデルにより、数値シミュレーションを行った結果、三つの滑り様式（高速破壊・余効滑りを伴う高速破壊・スロー地震）が出現することがわかった^[1512]。

ゲル状物質を用いて模擬地震を発生させる室内実験で、滑り面の画像解析を実施した結果、初期条件はほぼ同じであるにも関わらず、前駆滑りの履歴によって直前のせん断応力場に違いが生まれ、その後の破壊挙動が大きく異なることがわかった^[1512]。

南海トラフ沿いの巨大地震に関するシミュレーションを行い、巨大地震の発生履歴、昭和東南海・南海地震の滑り分布、滑り欠損レート分布、長期的ゆっくり滑りを再現するモデルを構築した。また、東日本地域についても、東北地方-関東地方の太平洋沖で発生するM7-9の主な地震を再現できるモデルを構築した^[7006]。

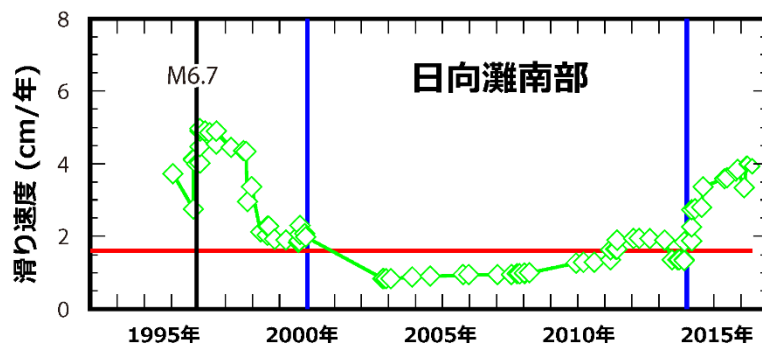
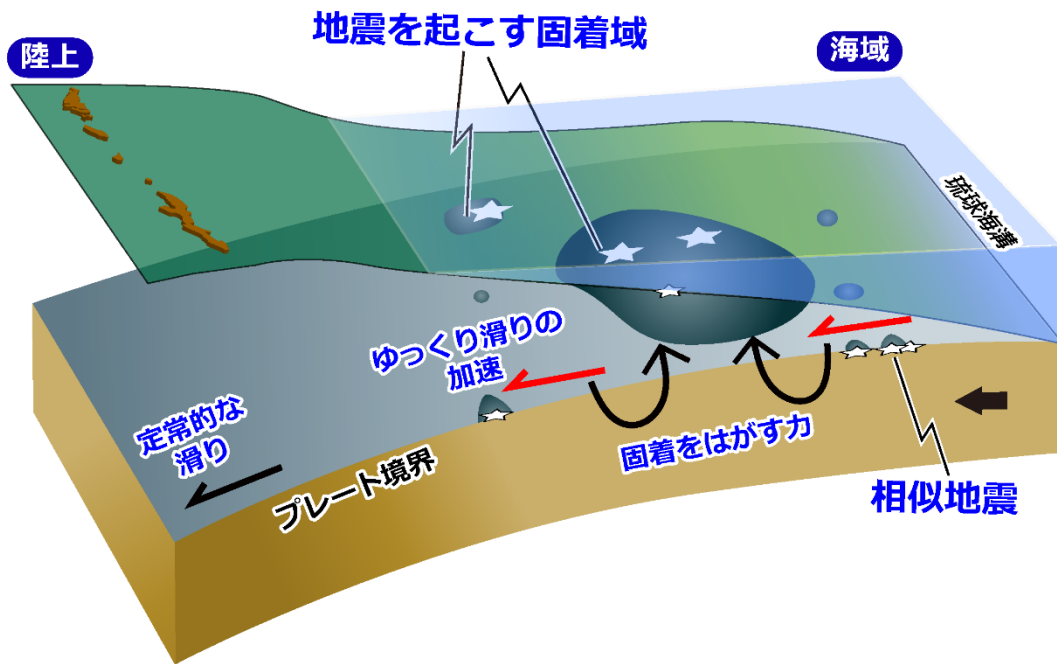


図 13. 相似地震活動の解析から推定された南西諸島海域でのプレート間滑り速度の時間変化
 (上図) 滑りが加速することで相似地震の活動が活発になると考えられるため、相似地震の活動から滑り速度を推定することができる。滑りが加速すると、大きな地震の震源域での固着をはがそうとする作用が働く可能性がある。(下図) 日向灘南部では、2015年頃以後、滑り速度が加速していることが捉えられた。青線は地震活動度が変化した時期を示す。

イ. 地殻ひずみ・応力の変動

活断層周辺の応力状態の空間分布を、P波の押し引きのデータを用いて推定する手法を開発し、2000年鳥取県西部地震の余震域への適用を試みた。その結果、断層南端において、断層をまたいだ応力状態の変化が確認され、その変化は断層運動から期待される応力場の回転と整合的であった^[1206]。

南アフリカ大深度鉱山では、M5.5の震源断層域において掘削を実施し、絶対応力測定を行った結果、M5.5の地震の余震域の上端より深い領域では、系統的に差応力が10-20 MPa上昇することを明らかにした^[2401]。

ウ. 地震活動評価に基づく地震発生予測・検証実験

有限断層を考慮に入れた統計的地震活動モデルを用いて、大地震の滑り分布と余震との関係を推定した結果、本震に直接起因する余震は地震時に大きく滑った断層領域近傍に発生する 경우가多く、本震による滑りを補完する部分に発生することがわかった。この研究成果は、余震分布を活用することによる本震時滑り

領域推定の高度化や、本震後の短期の余震確率予測に役立つことが期待される^[1206]。

2011年東北地方太平洋沖地震の地震波によって誘発された西南日本の地震活動を調査した結果、大振幅のラズ波*到達との相関が良いことがわかった。また、地震波によって誘発された地震*活動の継続時間は7日間程度であった^[1206]。

中規模繰り返し地震について、3年間の発生確率予測と実際の発生状況のモニタリングを実施し、予測成績の分析を行った結果、指数分布モデルよりも事前分布を用いて得られる対数正規分布モデルの方が予測の成績が良いことを確認した^[7006]。

(3) 先行現象に基づく地震活動予測

地震カタログから定量的に群発地震を検出する手法を開発し、茨城沖の約30年の地震活動に適用し、プレート境界での群発地震活動を客観的かつ定量的に検出できた。特に活発なものは1982年と2008年のM7の地震の前震活動であった^[1402]。

2016年に発生した鳥取県中部の地震(M6.6)に関して、前震活動が、本震発生の約2ヶ月前から震源域周辺で発生し、不連続な移動を起こしながら本震の破壊開始点へ近づいて行ったことがわかった。複数の断層において前震活動が発生したものと解釈される^[1206]。

岩石試料を用いた実験において、断層ガウジ*が残置された条件下で、試料全面がすべる大規模な動的滑りイベントに先行して前震が発生することが確認され、その中には互いに波形が酷似した相似的な前震の発生もあった。それらの相似的前震は「本震」の直前を中心に発生していることがわかった^[2402]。

地震発生の長期静穏化について、千島から伊豆小笠原にいたる海溝沿いの地域を網羅的に走査し、10.8年以上の静穏化が続けば、半径100 kmの地域に4年間、大地震がおきやすいという予測(警報)を出す、1年更新の予測マップを試作した。警報が出された時空間領域は全対象時空の24%を占めたが、予測対象となっていたMw7.5の地震10個のうち7個が警報域で発生した。確率利得*は2.9で、偶然である確率は0.24%となることから、長期静穏化は有意な地震の前兆であると考えられることができる^{[1206][2501]}。

b値の低下について、全世界で、活動度の高い地域を網羅的に走査し、地域のb値が過去7年にわたって-0.025/年よりも顕著に下がっていれば、5年間の警報を出すこととした場合、予測対象となっていたM8以上の地震29個のうち55.5%が警報ONの時空で発生し、一方、警報分率*は26.1%であった。確率利得は2.1、偶然である確率は0.75%であり、これも有意な地震の前兆であるという肯定的な結果となった^[2501]。

巨大地震直前のGNSSデータを用いて計測した電離圏全電子数(TEC)変化について、Mw7級の地震まで含めた解析を行い、Mwの大きな地震ほど異常の振幅が大きく、先行時間が長いという傾向を明確に示した。また、観測された程度の電離圏異常を起こすためには、地震破壊域の範囲の地表に0.2 V/m程度の電界異常が発生すればよいことを理論的に示した^[2501]。

気象庁柿岡観測所の地磁気データから、ノイズの少ない深夜帯だけに着目して異常を網羅的に検出し、周辺100 km以内でおきたM4以上の地震52個と比較した結果、異常が見られてから8-9日後の間に地震が発生すると仮定したときに有意性が高く、警報分率21%で、45%の予知率*を達成でき、偶然である確率はほぼゼロとなった^[2501]。

(4) 事象系統樹の高度化による火山噴火予測

阿蘇山、桜島、口永良部島、霧島山、十勝岳、吾妻山、草津白根山などについて、観測量やそれに基づくパラメータの時間変化が系統的に整理され、噴火時期が近づくにつれて、多くの項目の観測量に火山活動の活発化を示すシグナルが現れることが見いだされた。特に阿蘇山の2014年噴火では、水蒸気噴火の発生前とは異なる現象が捕捉され、噴火様式を直前現象から予測できる可能性が示された。また、一つの噴火におい

てもマグマ噴出をする火口と水蒸気噴出をする火口で直前の熱活動に違いがあることが見出された^[1208] (図14)。

十勝岳について、過去100年間の火口域、噴火タイプおよび前兆的な地震活動度を考慮し、噴火に至らないケースを含めた噴火事象系統樹を再構築し、それぞれの分岐に経験的確率を与えることに成功した^[1004]。桜島については、2017年に発生した溶岩噴泉イベントを含めた過去100年間の噴火事例について、マグマの貫入速度の観点から事象分岐の経験的論理が提案された^[1908]。

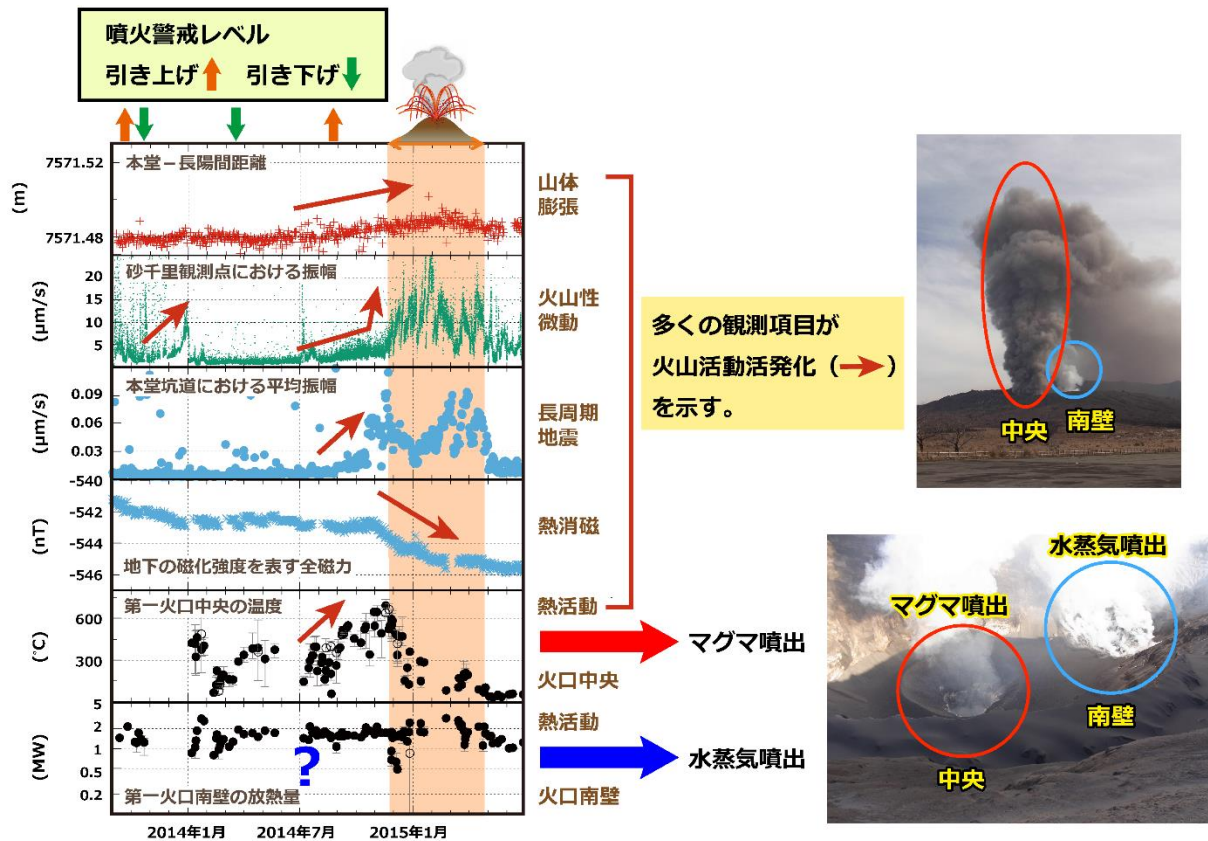


図 14. 阿蘇山における噴火に伴う各種観測の時間変化、および火口中央部と火口南壁の活動様式の違い

阿蘇山においては地球物理学的多項目観測が行なわれている。2013年9月から2017年6月までの各種観測の変化と、2015年から2017年に掛けて発生した噴火との対応を調べたところ、噴火時期が近づくにつれて、地下の体積変化量を示す基線長の伸び、熱的活動の活発化、火山性地震の微動振幅増加、熱消磁を反映する地磁気変化等、多くの観測項目に火山活動の活発化を示すシグナルが現われることが明らかになった(図左)。

火口中央部の温度変化は活動変化に対応しているのに対し、火口南壁の総放熱量変化と活動変化との対応は明瞭でない。これは、火口中央部からは火山灰が放出されるが火口南壁は噴火中でも水蒸気放出が卓越する(図右)という活動様式の違いに関係があると考えられる。即ち、火口中央部はマグマの通り道であるために活動変化が直ちに温度変化として現れるのに対し、火口南壁はマグマの通り道になっておらず、放熱量変化が噴火活動と直接は対応しないため、と考えることができる。

3-3. 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

災害科学の確立に資するため、災害誘因（ハザード）がもたらす「災害」現象の解明に焦点をあてた研究項目である。基礎的な研究から災害軽減への応用が期待できる研究まで、それぞれ進捗があり、研究成果の結実が見られた。

(1) 地震・火山噴火の災害事例の研究

歴史地震研究では、1855年の安政江戸地震を描いた「江戸大地震之図（東大史料編纂所蔵）」の人物から、図中にあるのは薩摩藩芝屋敷であることを特定し、基本史料としての価値を高めた。また、2016年熊本地震の被災地での社会調査から、住民の事前リスク認知について「地震発生前から活断層の存在を知っていた」約3割のうち、半数が「地震はたぶん起きないと認識」していたことが明らかとなり、災害に関わるリテラシー向上の必要性を認識させる結果を導いた。

(2) 地震・火山噴火の災害発生機構の解明

2016年熊本地震の臨時余震強震観測によって、従来の地下構造モデルでは地震動増幅率が過小に評価される箇所が多く、より深く・速度が遅い構造に修正する必要性を明らかにした。火山災害の広域避難については噴火中／直後の域内避難の検討を行い、避難の制約となる降灰が交通網に与える影響を調べた^[1914]。

ハザードを災害に顕在化させる「社会の脆弱性」について、「土地利用」「社会的凝集性」「災害対策」「災害文化」の4要素と仮説化し、検証を実施した。東日本大震災の被災地における過去100年間の土地利用調査を空間解析することで、人口増加と相まって「都市」が移動し、「津波襲来により醸成された災害文化」をふまえながらも「街や『まちの形成』や産業の発展が土地利用を規定する」様子を可視化することに成功した（図15）^[1704]。

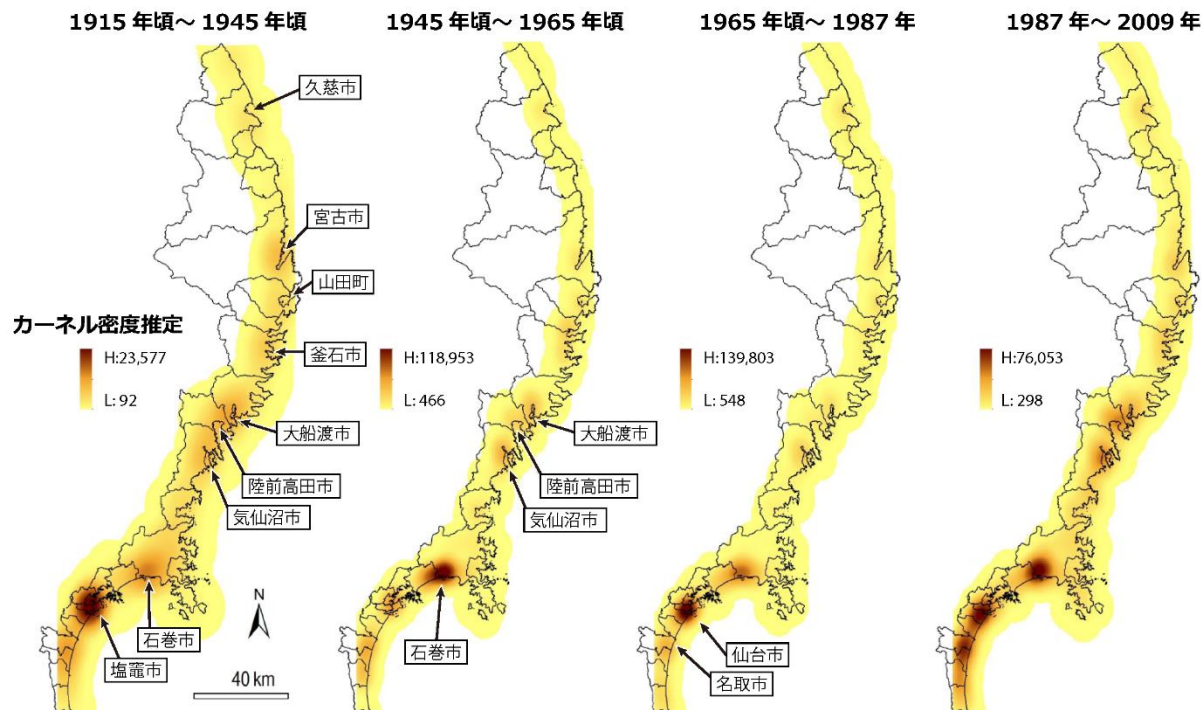


図15. 都市的土地利用に変化した地点のカーネル密度分布

カーネル密度推定は、点分布が与えられたとき、そこから密度を推定する方法のひとつ。ただし、密度の均一分布を仮定せず、計算地点からの距離減衰効果を考慮に入れて推定する。数値の高いところは、都市的土地利用に変化した地点が空間的に集中していることを表す。

(3) 地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化

地震動の事前評価に関しては、震源・地下構造モデルの高度化と、強震動特性の解析を進めた。2016年熊本地震の本震など、地表地震断層が生じた大地震の震源近くの地震動を調べたところ、約3秒～10秒と様々な周期に卓越する長周期パルス波が発生していたことを確認した^[1903]。また、関東平野において長周期地震動の増幅が方位に依存することについて、地震動シミュレーションにより調べたところ、その要因は、震源から平野に向かい伝わる表面波*の放射パターンと、平野の3次元堆積層構造における表面波の伝播・増幅特性との相乗効果であることを明らかにした^[1516]。更に、熊本平野や八代平野における長周期地震動特性を把握するため、波形データを分析したところ、周期1秒以上の長周期帯域で振幅が顕著に増幅することがわかった^[1911]。東京湾西岸部では、2011年東北地方太平洋沖地震時、周期2～3秒の長周期地震動が局所的に観測されたが、この地域の浅部および深部地盤の影響を微動観測により調べたところ、この周期帯では浅部深部の影響を分離できないことがわかり、統合的な地盤モデルの必要性が明らかになった^[2988]。2004年新潟県中越地震について、震源から近く関東方向に位置する強震記録のP波の到達直後からS波到達までの間に、周期5～10秒の大振幅かつ長時間継続するPL波*が確認された。これは堆積平野で強く増幅されることで後続のレイリー波*と同程度の大きい振幅をもたらすことがわかった。また個々の地震について、気象庁マグニチュード(M)がモーメントマグニチュード* (Mw)より大きく、西日本ではその差がより大きいことが知られているが、この原因を探るために周期5～6秒程度の表面波の距離減衰を調べたところ、西日本では東日本と比べると震源から遠く離れた場所でも表面波があまり減衰しないことがわかった。このために気象庁マグニチュードが大きく算出されることがあると考えられる^[1516]。

山体崩壊*による津波について、実地形に基づいて土砂の移動を計算し、その結果から津波を計算する方法を1741年の渡島大島及び1792年の雲仙眉山の事例に適用し、概ね歴史津波観測高と整合的な計算結果を得た^[7009]。

地震動による構造物被害の事前評価に関して、海溝型地震による木造建物の被害予測モデルを、内陸地殻内地震に適合するようチューニングし、2016年熊本地震の益城町の地盤構造を考慮した再現強震動に適用したところ、被害の空間分布は再現できなかったが全域の平均的被害率は概ね再現できた^[2979]。

地震による地滑りの事前評価に関しては、過去の海溝型地震、および、2016年熊本地震によって発生した地滑りについて、地形解析、現地調査、および室内分析により地質・地形的特徴を抽出した。南海トラフおよび相模トラフの海溝型地震による大規模崩壊は、主に太平洋側の付加体*で発生していることがわかった。熊本地震による斜面崩壊の滑り面は、約3万年前の草千里ヶ浜軽石や約7300年前の鬼界アカホヤ火山灰近傍の暗色土に多く、これらの層には、粘土鉱物の一種が生成していることがわかった。また、地震による地滑りの発生メカニズムの議論のため、地滑りブロック内での多点地震観測や高密度微動観測を実施し、斜面の震動の多様性を明らかにした^[1912]。

火山噴火による火山灰や溶岩噴出の事前評価に関しては、2015年5月29日の口永良部噴火において、衛星観測による火山灰分布計測値に合うように全球移流拡散モデル*の初期値を調整してシミュレーションを行った結果、よりよい精度で大気中の火山灰濃度予測ができる可能性が示された^[7010]。

(4) 地震・火山噴火の災害誘因の即時予測手法の高度化

地震動の即時予測について、“揺れから揺れを予測する”というPLUM法による地震動即時予測の高度化のため、地盤増幅特性による地震動継続時間の予測や、震度観測点周辺の非観測点での予測、非線形地盤応答導入の検討を進めた^{[7008][2001]}。

地震による建物応答を即時的に予測するため、近くの防災拠点建物で実際に観測された記録を用いて建物の応答特性を補正する手法を開発し、距離減衰式による応答特性の推定誤差を改善することができた^[2981]。

津波の即時予測に関し、日本海溝海底地震津波観測網（S-net）の圧力観測波形を利用して津波発生域を即時推定する手法を開発した。北海道太平洋沖で地震が発生した際に、予め計算した圧力波形と観測波形と比較して津波発生域を推定し、地震発生から約 500 秒で津波高等が推定可能となった。更に、津波が非常に大きくなる津波地震について、超長周期地震波形解析とプレート境界地震の規模に関する経験則等から断層モデルを求める手法を開発した。この手法をニカラグア近傍で発生した地震に適用した結果、津波地震を含む海溝型地震による津波を高精度に予測できることを示すことができた^[1005]。また、スロー地震に似た津波地震の規模を即時かつ適正に推定する手法として、変位を積分した波形の振幅を用いて、地震の規模が推定可能であることを確認した^[7009]。

震源断層の即時推定に関して、GNSS 搬送波位相データから断層滑りを直接推定する手法（Phase To Slip, 以下 PTS と表記）を 2016 年熊本地震に適用し、日奈久断層および布田川断層に沿うように 2 枚の断層上での滑りの時空間発展の推定を行った（図 16）。他の手法で求められた滑り分布モデルと大局的によく一致する結果が得られ、推定までに時間を要する GNSS 衛星や GNSS 観測点の位置推定をしない、搬送波位相のみを用いたモニタリングの有効性が示された^[1209]。

火山噴火に伴う降灰等の即時予測に関して、霧島、桜島、薩摩硫黄島、口永良部島、諏訪之瀬島を対象に X バンド MP レーダー*の稼働を開始した。2017 年 10 月 12 日の新燃岳噴火では、レーダーによる強い反射強度の領域は新燃岳の火口上 2200 m に達し、気象庁による目視の噴煙高度である火口上 2000 m という値と概ね一致した^{[1913][7010]}。

(5) 地震・火山噴火の災害軽減のための情報の高度化

無償公開されているソフトウェアの一部を活用して津波浸水に関する時間発展の可視化を実施した。また、御嶽山噴火発生時の登山者とその遺族への調査から「登山者の意識を高める場所の必要性」の要望を明らかにし、他火山における火山観測情報開示の取り組みとの比較を実施した。

3-4. 研究を推進するための体制の整備

地震・火山現象に関する研究を推進する体制を構築し、研究成果を災害軽減に活用するため、観測網やデータベースなどの研究基盤の整備・拡充と成果公開、国際的な共同研究の推進、幅広い人材育成、災害軽減に関する教育や理解増進等の取組を組織的に行った。

研究基盤の開発・整備

・地震・火山現象のデータベースとデータ流通

2016 年熊本地震の一連の地震活動は非常に活発であったため、概ね M1.7 以上の地震と思われるものについて優先的に震源・マグニチュードを求めていたが、波形相関解析と簡易的な確認方法を用いることによって、これより小さな規模の地震を多数検出し、一元化震源に追加登録した。

西南日本の南海トラフ沿いで広範に発生する深部低周波地震の検出に関しては、波形相関を利用した手法による検出能力及び震源決定能力を検討した。平成 29 年度末から同手法を用いた深部低周波地震の自動震源決定の運用を開始した結果、深部低周波地震の検出が大幅に増加し、これらは一元化震源に登録された^[7019]。

コミュニティ・モデル*の一つであるプレート境界形状モデルに関して、関東地域における人工地震探査等の結果を基に複雑なフィリピン海プレート形状の再定義を試みた^[1506]。また、海域と陸域を統合した 3 次元地震波速度構造モデルや、再決定された高分解能な地震カタログ、海底地殻変動の時系列データを Web サイトで公開した^{[3004][8001]}。

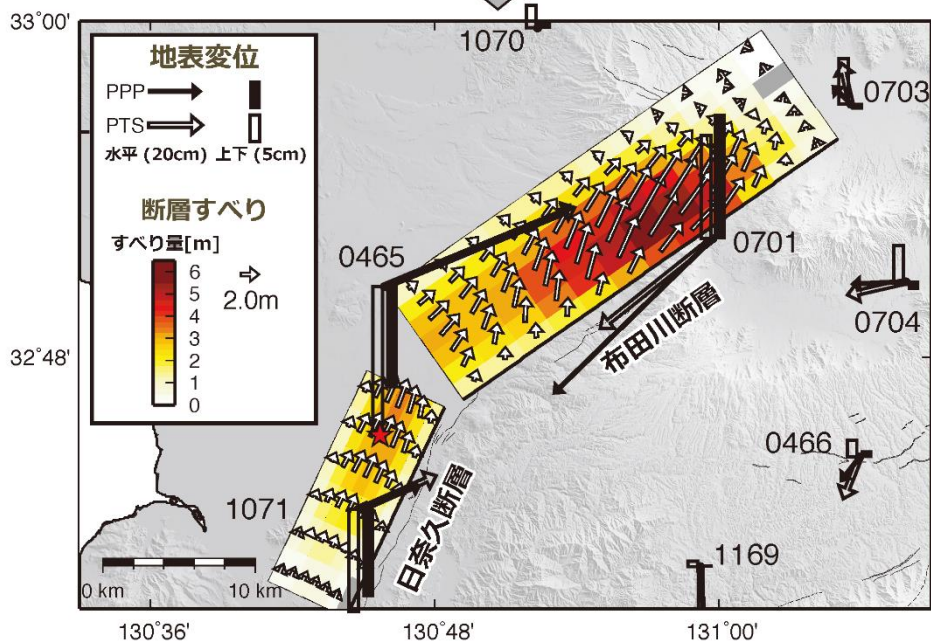
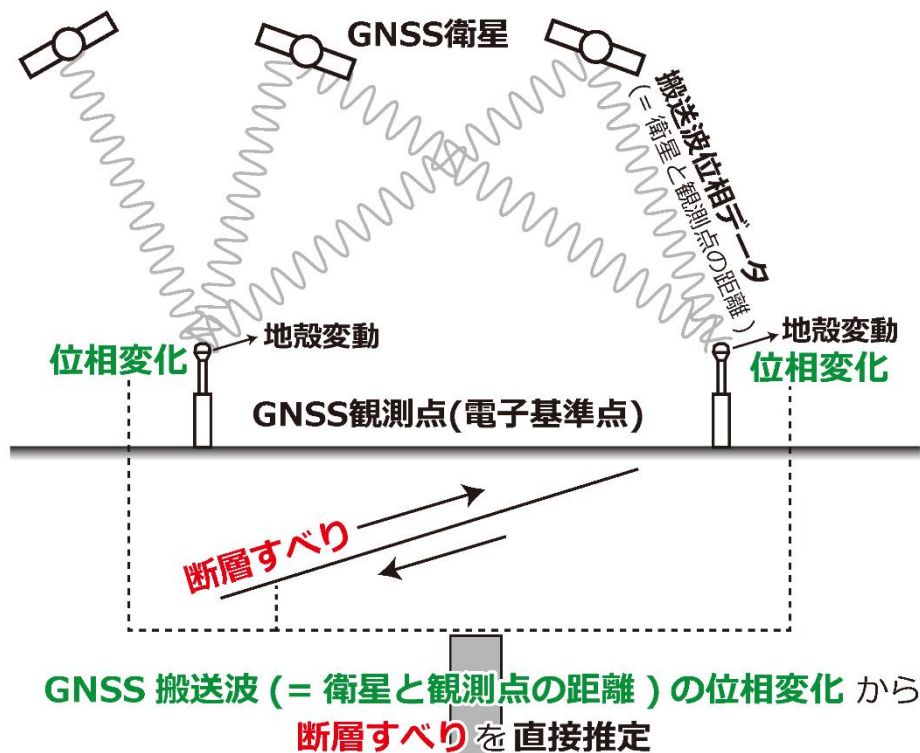


図 16. GNSS 搬送波位相データから断層滑りを直接推定する手法 (PTS) により推定された 2016 年熊本地震本震の滑り分布

(上段) 断層滑りと GNSS 搬送波位相データの模式図。通常の解析と異なり GNSS 観測点の位置を推定しないことで解析が軽量になること、及び、GNSS 衛星の概略位置のみで解析ができることから、解析時の外部情報への依存が少ないことが同手法の利点となる。

(下段) PTS によって推定された断層滑り。黒矢印と棒は、本解析とは独立に、精密単独測位法 (PPP) によって算出された地震に伴う水平および上下変位を示す。同様に PTS によって推定された断層滑りから期待される地表面変位を白抜き矢印と棒で示す。両者はおおむねよく一致している。

データ蓄積機能を包含するデータ流通システムの開発を行い、安定的運用が可能であることを確認するとともに、長期連続データ解析のための大規模解析システムにおいて、過去の地震波形データの保存を進めた^{[1518][1519]}。

陸域の基盤的地震・火山観測網の整備・維持を行うとともに、海域の地震・津波観測監視システム（DONET・DONET2）と日本海溝海底地震津波観測網（S-net）も含めた陸海統合地震津波火山観測網（MOWLAS）を構築するとともに、今後の利活用を発展させる準備を整えた^[3004]。特に、S-netの日本海溝軸外側の25観測点の試験運用を開始し、全150観測点からの気象庁へのデータ配信も始めるとともに、DONET2においては強震計及び広帯域地震計の観測データの公開を始めた。

・観測・解析技術の開発

東北地方太平洋沖地震の最大滑り域付近の日本海溝において、海溝軸を跨ぐ形での海底間音響測距観測の3回目を実施し、観測データの解析を進めた。その結果、平均3 mm/yrの基線長変化の検出精度を達成し、測定精度の範囲内で有意な海溝軸の基線長変化は見られないことを示した^[1210]。

電子基準点リアルタイム解析システムで用いられている相対測位法に加え、精密単独測位法を試験的に導入した。この手法では、固定点を仮定する必要がなく、且つ、固定点付近で発生する地震についても正確な地殻変動を把握することが可能となるため、今後、震源断層モデル推定の安定化が見込まれる^[6004]。また、干渉SAR時系列解析時に使用するソフトウェアに改良を加えるとともに、電離層起因の誤差を低減する手法を開発した^[6013]。

火山測地学的技術の高度化を進めた。地上設置型レーダー干渉計で得られたデータから大気遅延ノイズを軽減するための手法開発をおこなった。小型絶対重力計については、系統誤差の除去・補正手法を確立し、蔵王火山で動作確認を行った^[1506]。小型単発機に搭載可能な熱赤外カメラによる計測データの処理手法を開発し、10 m以内の精度を持つ箱根山大涌谷付近の数値表層モデルを作成した^{[3003][3005]}。火山監視情報システムを更新して、傾斜データに対する降水補正機能の導入、GNSSデータ解析の高品位化、および、だいち2号（ALOS-2）のSAR解析を行うことにより、火山活動監視・評価能力を高度化した^[7004]。

宇宙線（ミュオン）を利用した高解像度の火山浅部透視技術により、桜島B火口直下の低密度領域が昭和火口直下の低密度領域より大きいことを確認できた^[1523]。

噴火等、火山の表面活動を把握するための手法開発も進められた。二酸化硫黄簡易測定装置の解析方法を改良し、口永良部島火山の二酸化硫黄放出率の解析結果が福岡管区气象台へ自動的送信されるようにした。また、二酸化硫黄可視化モニタリング装置を一新し、桜島で可視化測定を実施した^[1403]。2018年度に公開が予定されている気候変動観測衛星「しきさい」の画像データを、火山活動状況の把握や避難計画策定等に活用するためのシステムを開発し、試験公開された噴火中のマヨン火山（フィリピン）を含む地域の画像データを用いて、火砕流の分布状況の把握が可能であることを示した^[1520]。火山噴出物の分析において、新たに開発した帯磁率計を用いることにより、これまで数日かかっていた粒子構成比分析が試料採取とほぼ同時に行える可能性があることが明らかになった^[1205]。

・社会との共通理解の醸成と災害教育

地震動や津波の不確実な長期予測情報を、災害軽減に有効に役立つものとするためのコミュニケーション手法を確立することは、長期予測情報の高度化に貢献するため、2016～2017年度に大きな地震があったイタリアやニュージーランド、台湾などにおいて被害やリスクコミュニケーションに関する現地調査を行った^[1517]。

昨年度から引き続き、災害の人文社会学的研究に関する地理空間情報、GIS、衛星測位の統合的活用方法の

開発を行った。さらに、町内会レベルもしくは個人レベルの避難に関する分析、自治体・住民組織を対象とした災害関係の情報流通に関する分析を行い、防災・減災の対策を、各種避難警報やハザードマップなどを要素とした情報の流通に関して検討した^[1006]。また、準リアルタイム火山情報表示システム開発に協力をお願いした北海道の他、道内の3市9町の担当者との意見交換会を札幌で開催した^[1009]。

・国際共同研究・国際協力

ニュージーランドのヒ克蘭ギ沈み込み帯において、日本、ニュージーランド、米国で共同して設置された海底地震計の観測記録の解析を進め、微動の震源決定を行った結果、微動は沈み込んだ海山の基底部周辺に集中することが示された^[1524]。

3-5. 優先して観測研究を推進する対象の地震・火山噴火

以下に挙げるような重要度の高い地震・火山噴火に対しては、多くの研究項目に跨がる総合的な実施計画の遂行が災害科学の発展のために効果的であると考えられるため、総合的な研究として推進している。ここでは、概要のみ記述し、それぞれの地震・火山噴火に関連する個別の研究成果は2-3及び3-1から3-4に記述した。

・東北地方太平洋沖地震

2011年東北地方太平洋沖地震は、日本の観測史上最大の地震であり、我が国に甚大な災害をもたらした。しかし、その地震発生の子知はおろか、地震発生ポテンシャルの正しい推定も困難であった。将来の巨大地震による災害の軽減に役立てるために、この地震に関する研究が行われた。例えば、今なお続いている余効変動の推移の把握や、広域の応力場の変化や地殻流体の移動による地震活動への影響、同様な巨大地震の発生による強震動の事前・即時予測や津波即時予測手法の高度化、土地利用調査に基づく災害素因に関する研究が行われた。

・南海トラフの巨大地震

今年度の成果は「2-3 南海トラフ巨大地震」に記載した。

・首都直下地震

地震像が多様で、発生した場合の社会的影響が甚大な首都直下地震について、その災害誘因予測に必要な基盤となる地球物理的観測データ及び史料・地質データの取得と、それらの解析・分析が行われた。房総半島南部の海岸段丘における地形・掘削試料解析から、フィリピン海プレートと陸のプレートの境界付近で発生する大地震の再来間隔が非常にばらつくことが明らかになった。また、関東平野における長周期地震動の生成・増幅特性の方位依存性に関しては、表面波の入射方向と堆積平野の3次元地下構造がその主要因であることが解明された。

・桜島火山噴火

桜島火山では、2006年以降続いていた昭和火口の噴火活動が低下し、2017年10月31日以降は南岳に活動の中心が戻った。2017年8月には昭和火口でこれまでとは異なる噴火様式である溶岩噴泉活動が発生し、それに先行するマグマの貫入速度が見積もられたことは、新たな知見である。

火山灰の即時予測研究に関しては、複数のリモートセンシング手法により、噴煙の高度や拡散状態などを把握できる可能性が示された。

大正噴火級の大規模噴火が発生した場合の広域事前避難に関し、類似の例であるインドネシアのメラピ火山噴火やケルト火山噴火の事例を検討した。いずれの火山においても、過去の噴火を教訓として、避難場所の確保、避難方法の確認、避難訓練等が実施されていたことは注目に値する。