

資料 1 - 1

科学技術・学術審議会 測地学分会
地震火山部会（第31回）
H30.10.2

「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」

平成29年度年次報告

【成果の概要】

(案)

目 次

【平成 29 年度の成果の概要】

1. はじめに	1
2. 顕著な火山噴火及び南海トラフ巨大地震に関して得られた重要な成果	5
2-1. 草津白根山（本白根山）鏡池北火口からの噴火	5
2-2. 霧島山（新燃岳・硫黄山）の火山活動	6
2-3. 南海トラフ巨大地震	9
3. 平成 29 年度の成果の概要	15
3-1. 地震・火山現象の解明のための研究	15
3-2. 地震・火山現象の予測のための研究	23
3-3. 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究	28
3-4. 研究を推進するための体制の整備	32
3-5. 優先して観測研究を推進する対象の地震・火山噴火	34
4. まとめ	35
用語解説	37
災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画 実施機関	43
災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画 平成 29 年度研究課題一覧	44

【参考資料】

I. 災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画の推進について（建議）の概要	49
II. 計画推進部会および総合研究グループ等別の成果	55
1 (1) 海溝型地震	57
1 (2) 内陸地震	84
1 (3) 火山	117
1 (4) 地震先行現象・地震活動評価	137
1 (5) 地震動・津波等の事前予測・即時予測	168
1 (6) 地震・火山災害	205
1 (7) 史料・考古	217
1 (8) データベースとデータ流通	227
2 (1) 東北地方太平洋沖地震総合研究	236
2 (2) 南海トラフの巨大地震総合研究	257
2 (3) 首都直下地震総合研究	267
2 (4) 桜島噴火総合研究	270
3 拠点間連携共同研究	274

[平成 29 年度の成果の概要]

1. はじめに

「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」（以下、「本研究計画」という。）は、科学技術・学術審議会において平成25年に建議され、平成26年度から5か年計画として実施されている。本研究計画は、平成23年の東日本大震災の発生を受け、これまでの「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」の方針を見直し、地震発生・火山噴火の予測を目指す研究を継続しつつも、地震・火山噴火による災害誘因*の予測の研究も組織的・体系的に進め、国民の生命と暮らしを守る災害科学の一部として、以下の4項目を柱として計画を推進することとなった。

1. 地震・火山現象の解明のための研究
2. 地震・火山噴火の予測のための研究
3. 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究
4. 研究を推進するための体制の整備

上記項目のうち、1は地震・火山噴火の発生予測や地震・火山噴火に伴う地震動、津波、火山灰*、溶岩流などによる災害に備えるための基本として重要である地震・火山現象の科学的解明のための研究を行うものであり、次のような中項目に分けられている。

- (1) 地震・火山現象に関する史料、考古データ、地質データ等の収集と整理
- (2) 低頻度大規模地震・火山現象の解明
- (3) 地震・火山噴火の発生場の解明
- (4) 地震現象のモデル化
- (5) 火山現象のモデル化

2は、1で得られた科学的理解に基づき地震と火山噴火の予測を目指した研究を行うものであり、次のような中項目に分けられている。

- (1) 地震発生長期評価*手法の高度化
- (2) モニタリングによる地震活動予測
- (3) 先行現象*に基づく地震活動予測
- (4) 事象系統樹*の高度化による火山噴火予測

3は、地震・火山噴火が引き起こす地震動や津波、火山灰や溶岩流などの災害誘因を予測するための研究を行うとともに、自然・社会の脆弱性である災害素因*と災害誘因の結びつきを考慮して地震・火山現象による災害事例や災害発生機構を研究し、地震・火山に関する情報を災害軽減に利用するための方策を研究するものであり、次のような中項目に分けられている。

- (1) 地震・火山噴火の災害事例の研究
- (2) 地震・火山噴火の災害発生機構の解明
- (3) 地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化
- (4) 地震・火山噴火の災害誘因の即時予測手法の高度化
- (5) 地震・火山噴火の災害軽減のための情報の高度化

4は、計画全体を組織的に推進する体制の整備や、基礎的な観測体制の強化を図るものであり、本研究計画全体に関わる観測・解析技術の開発や、本研究計画で得られるデータや研究成果に関するデータベース等の研究基盤の開発・整備が含まれ、次のような中項目に分けられている。

- (1) 推進体制の整備
- (2) 研究基盤の開発・整備
- (3) 関連研究分野との連携の強化

- (4) 研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成
- (5) 社会との共通理解の醸成と災害教育
- (6) 国際共同研究・国際協力

本研究の実施に当たり、東北地方太平洋沖地震、南海トラフの巨大地震、首都直下地震、桜島火山噴火については、多項目に亘る実施計画の遂行が災害科学の発展に著実に貢献できることや、発生した場合の社会への影響の甚大さから、上記4項目を含む総合的な研究として優先して推進することとなっている。

本研究計画は、平成29年度において、国立大学法人等、国立研究開発法人、独立行政法人、政府機関、公設試験研究機関が策定した146の実施計画（個別課題）及び公募による12の実施計画（個別課題）、拠点間連携共同研究²としての16の実施計画（個別課題）からなっている。平成29年度の個別課題の成果は、「平成29年度年次報告【機関別】」（文部科学省及び地震・火山噴火予知研究協議会*のホームページに掲載）に取りまとめられている。これらの個別課題による成果を基に、本観測研究計画の項目別の成果を取りまとめたものが、本報告書「平成29年度年次報告【成果の概要】」である。

本報告書では、難解な学術用語をなるべく避け、平易な文章で学術的成果を記述することを心がけて作成した。しかし、説明が冗長となることを避けるためにやむを得ず専門用語等を使用する場合には、本報告書付録の「用語解説」³のページで当該用語を解説しているため、必要に応じて参照されたい。

また本報告書では、各研究成果が得られた研究課題を[0101]のように課題番号で示している。それぞれの研究実施機関・研究課題名・研究代表者については「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画 平成29年度研究課題一覧」のページを参照されたい。

また、参考資料編には「地震・火山噴火予知研究協議会計画推進部会及び総合研究グループ等別の成果」を添付した。これは上記の中項目別あるいは研究テーマ別に学術報告として成果を取りまとめたもの⁴であり、より詳細な成果が報告されているので参考にされたい。

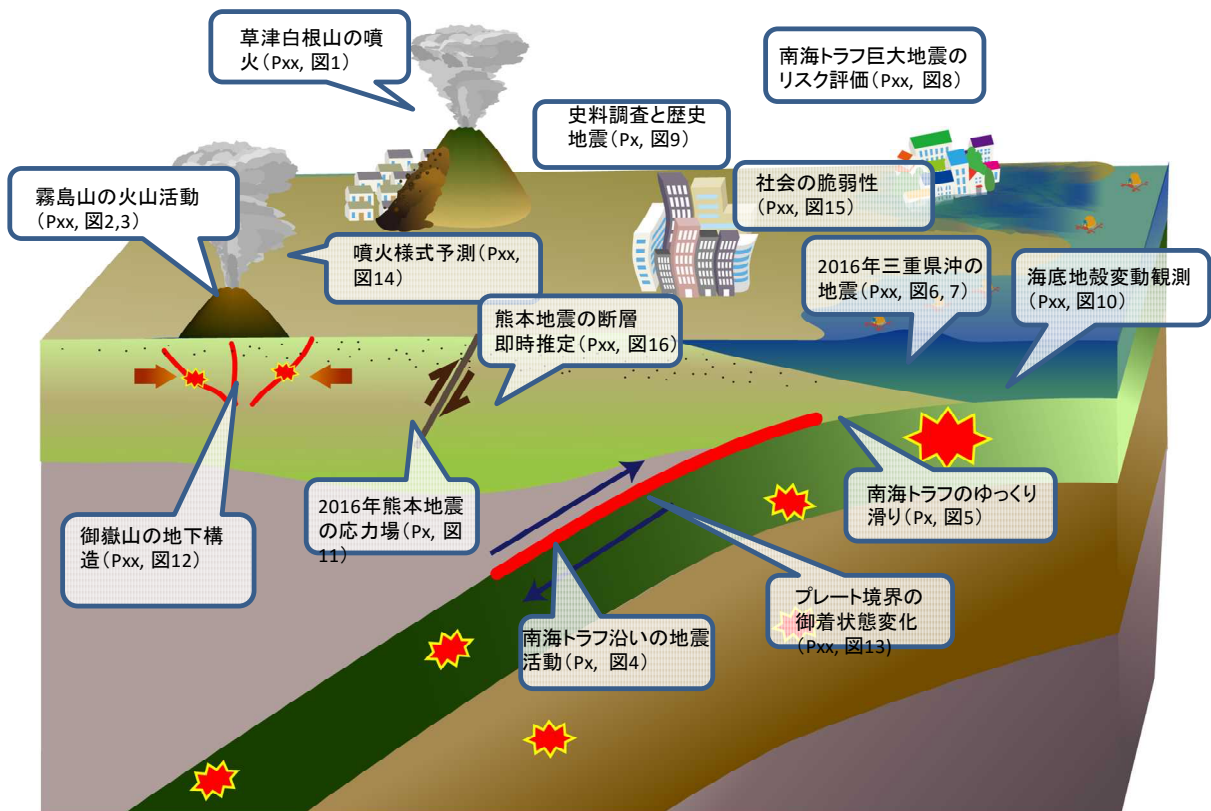
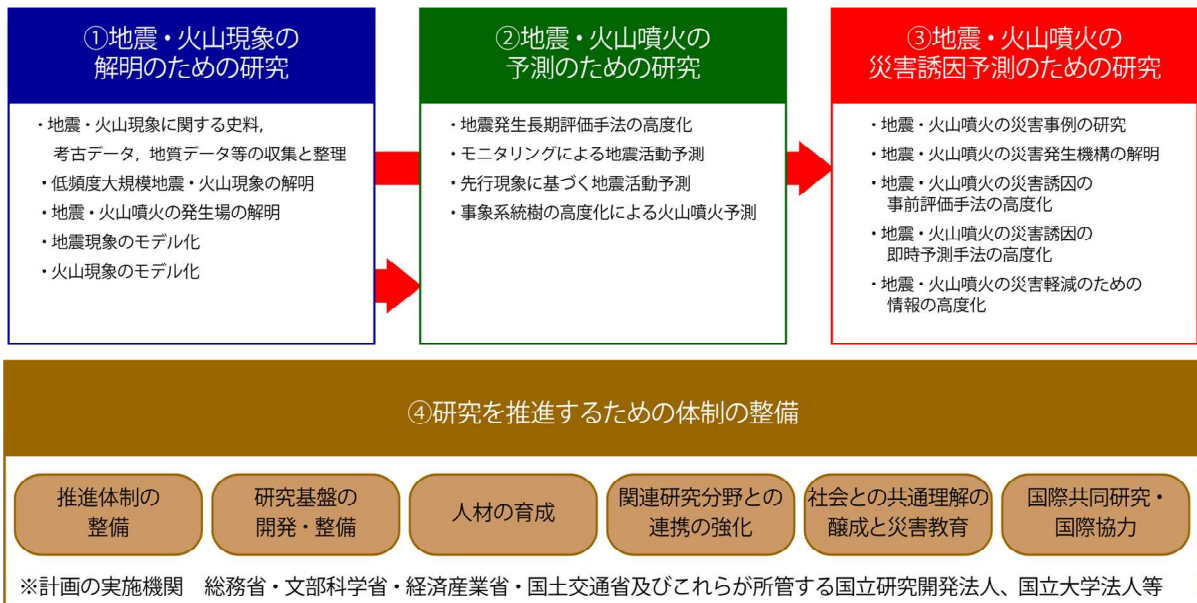
¹国立大学法人等（北海道大学、弘前大学、東北大学、秋田大学、新潟大学、東京大学、東京工業大学、名古屋大学、京都大学、鳥取大学、高知大学、九州大学、鹿児島大学、立命館大学、東海大学）、国立研究開発法人（情報通信研究機構、防災科学技術研究所、海洋研究開発機構、産業技術総合研究所）、独立行政法人（国立文化財機構）、政府機関（国土地理院、気象庁、海上保安庁）、公設試験研究機関（北海道立総合研究機構、山梨県富士山科学研究所）

²「地震・火山科学の共同利用・共同研究拠点」である東京大学地震研究所と「自然災害に関する総合防災学の共同利用・共同研究拠点」である京都大学防災研究所が連携して進める共同研究。両拠点の研究者が中核となって研究計画を立て全国の研究者の参画を募集する「参加者募集型研究」と、両拠点の呼びかけにより研究課題を公募する「課題募集型研究」からなる。

³用語解説に掲載している用語に、下線（点線）と*を付記している。

⁴東京大学地震研究所には、本研究計画で立案された研究を推進する目的で地震・火山噴火予知研究協議会が設置され、同協議会には研究分野毎に効率的かつ調和的に研究を推進するために、8の計画推進部会と4の総合研究グループが設置されている。参考資料編の「地震・火山噴火予知研究協議会計画推進部会および総合研究グループ等別の成果」は、計画推進部会、総合研究グループ等別に平成29年度の学術的成果を取りまとめたものである。

災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究



成果の概要概念図

災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究平成29年度成果のまとめ
 災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究の全体像を描き、その主要な成果を吹き出しで記述した。
 詳しくは吹き出しに記載されたページと図を参照。

2. 顕著な火山噴火及び南海トラフ巨大地震に関して得られた重要な成果

2-1. 草津白根山（本白根山）鏡池北火口からの噴火

草津白根山（群馬県）は最高所付近に白根山・逢之峰・本白根山等の火砕丘群が並び、白根山山頂部付近には湯釜等3つの火口湖がある。有史以来の噴火は湯釜火口湖周辺に集中し、本白根山の噴火は3000年前のマグマ噴火しか知られていなかった。湯釜を主たる観測対象として各種観測が20年以上にわたって継続されてきたが、2011年に本白根から湯釜への流体の移動を示唆する地殻変動が観測されて以降、本白根山を対象とした地質調査や地物観測も行われるようになり、近年の地質調査では本白根山の最新のマグマ噴火が1500年前に発生したことが判明していた^[2942]。

草津白根山の湯釜火口周辺では、2014年3月から2015年8月にかけて、地震活動の活発化・山体膨張・火山ガス中の H_2S （硫化水素）の減少・湯釜火口湖の温度上昇・湯釜直下の熱消磁*が観測され、これらの一連の活動は、熱化学的研究に基づき、湯釜を取り囲む粘土キャップへの高温の火山ガス・熱水流入が続いたことによるものと解釈された。また、2017年には熱活動の縮退に対応する地磁気変化や噴気ガスの成分変化が観測されていた^[1601]。

草津白根山に関する理解が進む中、2018年1月23日10時02分に本白根山鏡池北火口からの噴火が発生した。この噴火では新火口列を生じると共に人的な被害が発生した。噴火により観測網の伝送・電源系統が被害を受けたが、2015年度の災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画や2016年度の国立大学法人設備整備費補助金等により複数の系統を整備していたため、観測を継続することができた。噴火直後には臨時地震観測点の設置も実施した。以下に、このイベントに関する観測結果や噴火前の活動状況などに関連する知見をまとめる。

湯釜火口周辺5カ所に設置された傾斜計では、噴火直前の1月23日09時58分58秒頃から湯釜南方が隆起する傾斜変動が観測され、10時02分08秒～10時02分12秒の間に反転した（図1）。新火口列から1.1kmのレストハウス（KSR）に設置した空振計に10時02分13秒頃から顕著な高周波振動が観測されていることから、噴火開始は10時02分10秒頃であり、噴火直前まで地下浅部で圧力が増加（膨張）し、噴火と共に圧力緩和（収縮）が進行したと考えられる。傾斜変動源を新火口列直下の鉛直クラック*と仮定すれば、火口直下の海拔1000 m（地表面下1000 m）において約2分間で 42.5 m^3 の体積増加が起き、その後約8分間で 30 m^3 の体積減少が起きたと計算される。

GNSS連続観測によると、湯釜周辺で2014年春の隆起変動以降、緩やかな沈降が継続していた。2018年1月23日の本白根山噴火に先行する地殻変動は不明瞭であるが、これは、噴火直前に進行した膨張が噴火後の収縮で大部分が相殺されたために、サンプリング間隔が粗いGNSS観測では捉えられなかったためと解釈でき、傾斜変動に基づく地殻変動モデルには矛盾しない。

2017年には本白根周辺地域で月1-2個程度の地震の震源が決定されていた。地震活動の中心は2018年に生成した新火口列の北方約500 mに位置し、その深度は地殻変動源の鉛直クラックとほぼ一致する。本白根火砕丘では、群発地震活動が年に2-3回程度の割合で観測されていたが、噴火直前の地震活動の活発化は認められなかった。噴火の3か月前に実施した空中赤外線観測でも、北鏡池火砕丘周辺の地表面温度に異常は認められなかった^[1601]。

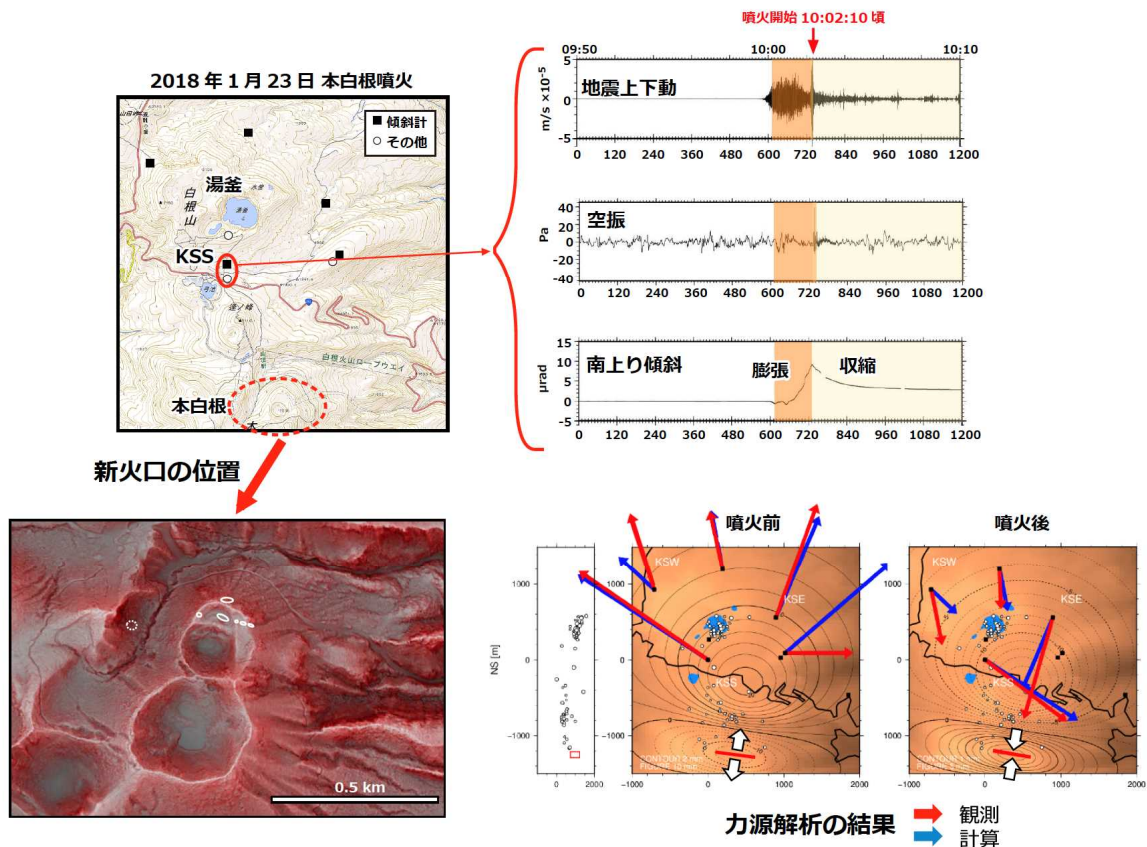


図1. 草津白根山（本白根山）鏡池北火口からの噴火前後の傾斜変動

2018年1月23日10時02分に本白根山鏡池北火口からの噴火が発生し、新火口列を生じると共に人的な被害が発生した。湯釜火口周辺5カ所に設置された傾斜計では、噴火の2分ほど前から湯釜南方が隆起する傾斜変動が観測され、噴火時刻の10:02:10に収縮に転じた。新火口列から1.1 kmのレストハウス付近に設置した地震計には隆起と共に発生した地震が捉えられた。また、空振計では噴火とともに発生した空振による顕著な高周波振動が10:02:13頃から記録された。観測された傾斜説明する力源の最適解は、新火口列直下の海拔1000 m（地表面下1000 m）に位置する鉛直クラックが約2分間で42.5万 m^3 膨張し、その後約8分間で30万 m^3 収縮したことを示した。右下の図には、観測された傾斜と計算された傾斜の方向を示す矢印に加え、地面の上下変動を示す等値線、湯釜から本白根にかけて発生する地震の震源分布を示す。また、平面図の赤線と震源分布の南北断面図中の赤四角は鉛直クラックの投影を示す。

2-2. 霧島山（新燃岳・硫黄山）の火山活動

霧島山は、宮崎・鹿児島県境に位置し、新燃岳、韓国岳、硫黄山、御鉢、高千穂峰など20を超える火山体から成る。その中で2008年から小規模な噴火が続く新燃岳では、2011年には約300年ぶりの本格的なマグマ噴火が発生し、大量に流出した溶岩は山頂火口を埋めた。溶岩の流出に伴い、新燃岳の北西約6 km、深さ約10 km付近で大規模な収縮が観測されたことから、そこが新燃岳へマグマを供給するマグマ溜まりだと考えられている。また、地震波干渉法*により霧島山の3次元S波速度構造を推定した結果、霧島山の真下から北西方向に約10 kmにわたって、海拔下5-10 kmに低速度異常が存在すること明らかになっている^[7003]。

一方、新燃岳北西約5 kmに位置する硫黄山においても活動の活発化が進んだ。噴煙中の二酸化炭素を構成する炭素と酸素の同位体比測定によると、硫黄山の火山ガスは島弧火山として一般的な $\delta^{13}\text{C}$ の範囲にあること

がわかった^[1003]。また航空機SAR*による観測では、硫黄山付近の膨張を示す地殻変動が明瞭に捉えられた^[1008] (図2)。霧島硫黄山における火山活動に関する観測データを整理し、活動の推移についてとりまとめを行うとともに、2017年4月からの硫黄山浅部の地殻変動及び2017年9月の地殻変動を伴った地震活動について傾斜変動源の推定を行い、硫黄山浅部の活動モデルの推定を行った。陸域観測技術衛星「だいち2号」(ALOS-2)のデータによるSAR解析では、硫黄山付近が2015年以降ほぼ一定速度で膨張していることが明らかになった^[7003]。

新燃岳は2011年9月の噴火を最後に表面的な活動は停滞していたが、継続的な観測研究により活動の把握が行われていた。無人ヘリを用いた空中磁気測量により火口内容岩の冷却による帯磁*の進行が観測される一方で、SAR干渉解析結果からは、2016年夏頃までは火口浅部への微量なマグマの供給を示唆する隆起が見られていた。その後、火口内は沈降に転じ、さらにその変化は徐々に減少傾向にあった。また、GNSS観測網のデータを用いた地殻変動解析によると、新燃岳北西のマグマ溜まりの膨張が間欠的に続いていた。

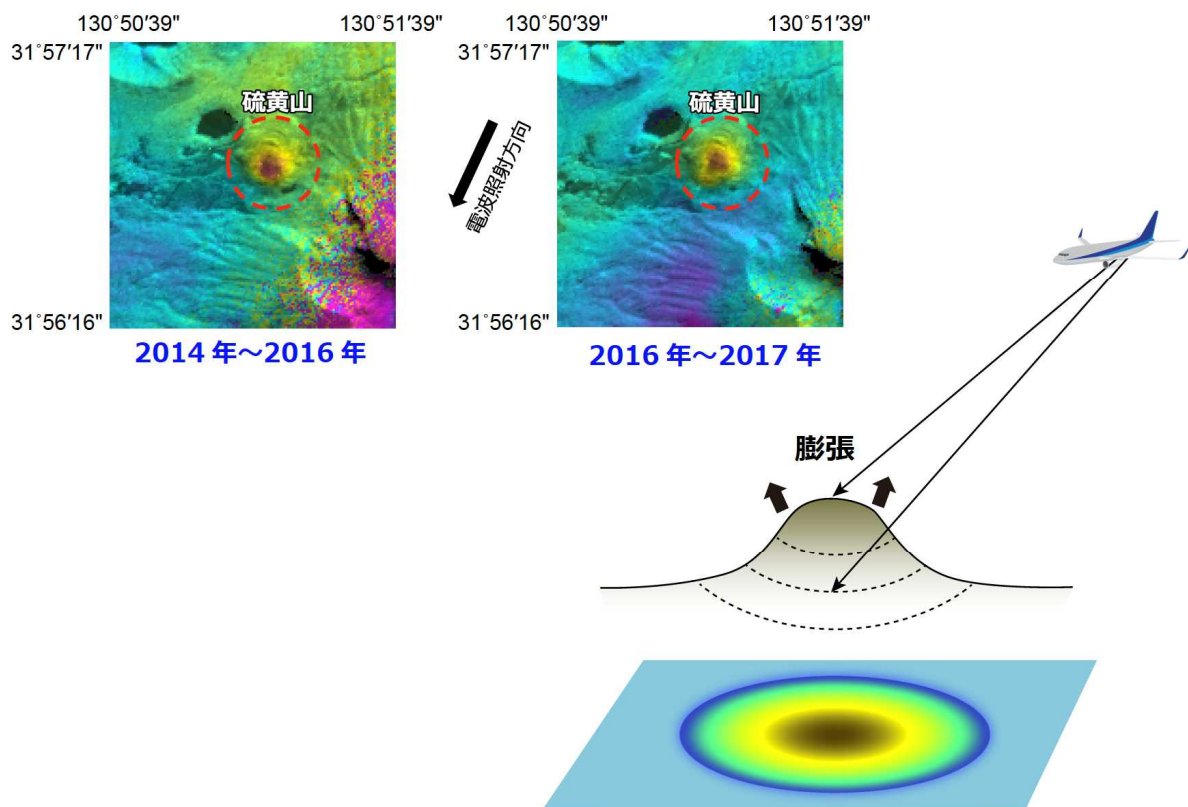


図2. 航空機SARによって捉えられた硫黄山付近の地殻変動

人工衛星を用いた干渉解析手法である InSAR 解析を航空機 SAR に応用するための手法開発を進めている。衛星と異なり、航空機の場合は風などの影響により飛行軌跡を均一に保つことは難しいため、独特の解析手法の開発が不可欠である。今年度までに手法の開発・改良が進み良好な解析結果が得られるようになったことから、火山活動が高まっている霧島の硫黄山で得たデータを解析したところ、明瞭な地盤膨張を検出することができた。航空機 SAR は人工衛星による観測と比較して多方向からの観測が容易であることを利用し、将来的には地殻変動を3次的に捉えることを目指している。

2017年2月以降、新燃岳北西のマグマ溜まりの膨張が再び始まり、比較的速い速度で膨張が続く中で、10月9日に、火口直下浅部に流体が移動したことを示す微弱な傾斜変動が微動を伴いながら観測された^[1508]。そして、2日後の2017年10月11日に噴火が発生した(図3)。その後、新燃岳では小規模噴火が10月17日まで断続的に発生した。マグマ溜まりは2017年10月の噴火直後にわずかに収縮したが、すぐに膨張を再開し、2018年3月1日からの爆発的な噴火活動が始まった。3月6日までに火口内への溶岩流出が始まり、2011年の活動で火口を満たしていた溶岩は新しい溶岩で覆われた。その後も溶岩流出は継続し、3月9日には溶岩が火口から溢れだして北西斜面を200 mほど流下した。溶岩流出に伴い、3月6日から7日にかけてマグマ溜まり

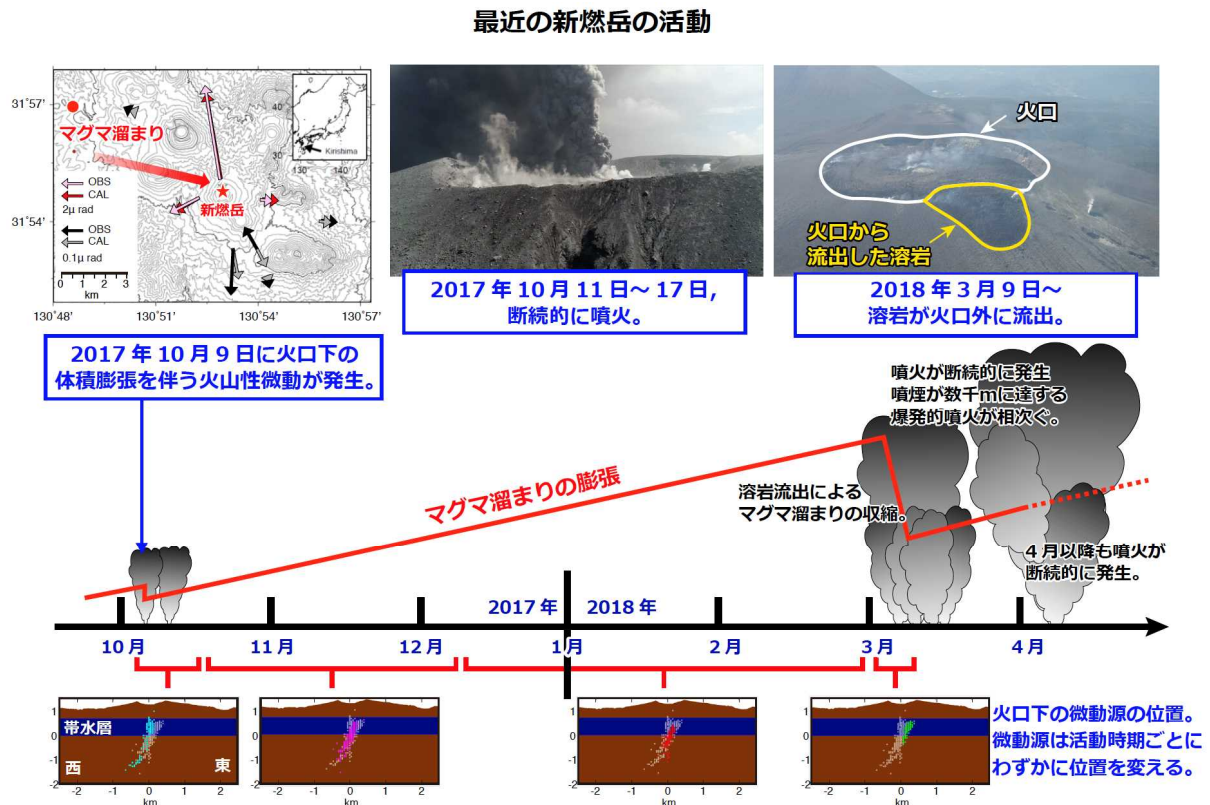


図3. 最近の新燃岳の活動

新燃岳では、2017年2月以降マグマ溜まりの膨張が再び始まり、2017年10月11日に噴火が発生した。噴火の2日前には、火口直下浅部への流体移動を示す傾斜変動が観測されている。マグマ溜まりは2017年10月の噴火直後にわずかに収縮したが、すぐに膨張を再開し、小規模噴火が10月17日まで断続的に発生した。3月1日からは爆発的な噴火活動が始まり、3月9日には火口内へ流出した溶岩が火口北西方向に溢れた。溶岩流出に伴い、3月6日から7日にかけてマグマ溜まりは一旦収縮したが、再び膨張に転じた。

火口直下海拔ゼロメートル付近で発生する微動は、2017年10月11日の噴火後振幅が次第に増加し、発生位置は火口北西の海拔-1.5 kmから新燃岳直下浅部の間で何度か移動した。2018年3月1日噴火以降の微動震源は、溶岩が噴出した火口の北東縁直下に移動した。爆発的噴火が増えた2018年3月10日以降、微動振幅は2017年10月の噴火前の水準に戻った。

2018年3月中は噴煙中の高さが3000 mを超える噴火が頻発し、4月以降も月に1回程度の割合で噴火が発生している。

りは一旦収縮したが、再び膨張に転じた。新燃岳火口近傍の広帯域地震観測網のデータを用いた火山性微動活動の解析も行われた。その結果、微弱ながら連続的な微動が2017年10月11日の噴火2日前から検出され、噴火後、微動活動は一度低下するものの、2018年3月の噴火に向けて振幅が次第に増大したことが明らかになった。その震源が精度よく推定され、新燃岳直下の海拔ゼロ km 付近に集中すること、海拔約1 kmから新燃岳直下浅部の間で何度か移動したこと、2018年3月1日の噴火以降は、溶岩が流出した火口の北東縁直下に移動したことなどが分かった。

噴火後の火口内の状況把握を目的として、航空機搭載型 SAR (Pi-SAR2) による観測が行われた^[0101]。また、噴火直前の火口内の地殻変動を捉えるため干渉 SAR*解析が行われた。時間分解能は限られるものの、日本と欧州の人工衛星データを用いた解析をつなぎ合わせると、2017年7月から沈降が加速したこと、2017年10月11日の噴火前の数日以内には10月11日の噴火位置付近である火口内東縁付近で膨張が発生したと考えられることがわかった^[3005]。2017年10月11日の噴火では、セスナ機による火山ガス組成と放出率の観測が行われ、SO₂放出率が1万t/日を超える大規模脱ガスが生じていることがわかった。また、噴出物を構成する粒子の解析から、10月11日の噴火は地下の熱水系の活発化によるマグマ水蒸気噴火であったことが明らかになった^[5006]。2018年3月中は、噴煙柱の高さが3000 mを超える噴火が頻発し、4月以降も月に1回程度の割合で噴火が発生している。

2-3. 南海トラフ巨大地震

南海トラフでは、ユーラシアプレートとフィリピン海プレートとの間（※プレート間またはプレート境界と呼ばれるが、両者は同一である）で巨大地震の発生が懸念されている。2011年3月11日の東北地方太平洋地震の発生を受けて、南海トラフにおいて発生しうる巨大地震に関する社会の注目度は一層高まっており、気象庁においても確度の高い地震予測を前提としない「南海トラフ地震に関連する情報」の運用を2017年11月より開始するなど、日本における南海トラフ沿いの巨大地震に関する防災体制は大きく変化している。学術研究の分野においても、南海トラフ沿いで何が起きているのか、南海トラフ沿いの巨大地震についてどこまで分かっているのかといった視点で、関連する研究成果が社会の注目を集めている。

本計画では、南海トラフ沿いの巨大地震に関連する研究を総合的研究として優先して実施している。今年度は、陸上・海底観測による地震活動やゆっくり滑り*に関する研究、数値シミュレーションに基づくシナリオ予測の研究等に関する成果が挙げられた。特に、2016年4月1日に三重県南東沖のプレート間で発生したM6.5(Mw5.8)の地震に関する研究が進められた。この地震自体は被害を及ぼすことはなかったが、前回の南海トラフの巨大地震である1944年東南海地震・1946年南海地震の活動以来、約70年ぶりに発生した南海トラフでのプレート間地震であり、また発生場所も同東南海・南海地震の震源域に近かったため、より大きなプレート間地震を誘発する可能性が危惧されている。このような事情から、この地震に関しては、南海トラフ巨大地震に関する研究の一環として詳細な研究が進められてきた。これらについて、特筆すべき研究成果を述べる。

・地震活動

南海トラフ沿いの地震活動について、2006年以降の気象庁一元化震源カタログから規模別頻度分布の指標である b 値の詳細な空間分布を求めた(図4)。1944年東南海地震と1946年南海地震で滑り量の大きかった領域では b 値が低く、それらの領域の間では b 値が高い事が分かった。 b 値が低いところは潜在的に地震を起こす力が大きいということが知られていることから、南海トラフ巨大地震の破壊過程の詳細解明に繋がる成果であると言える^[2902]。

JMA cat.: 2006年1月1日 - 2017年10月29日, $M \geq 0$, 深さ 20-60 km

・ : 低周波地震

★ : $M \geq 6.5$ 地震

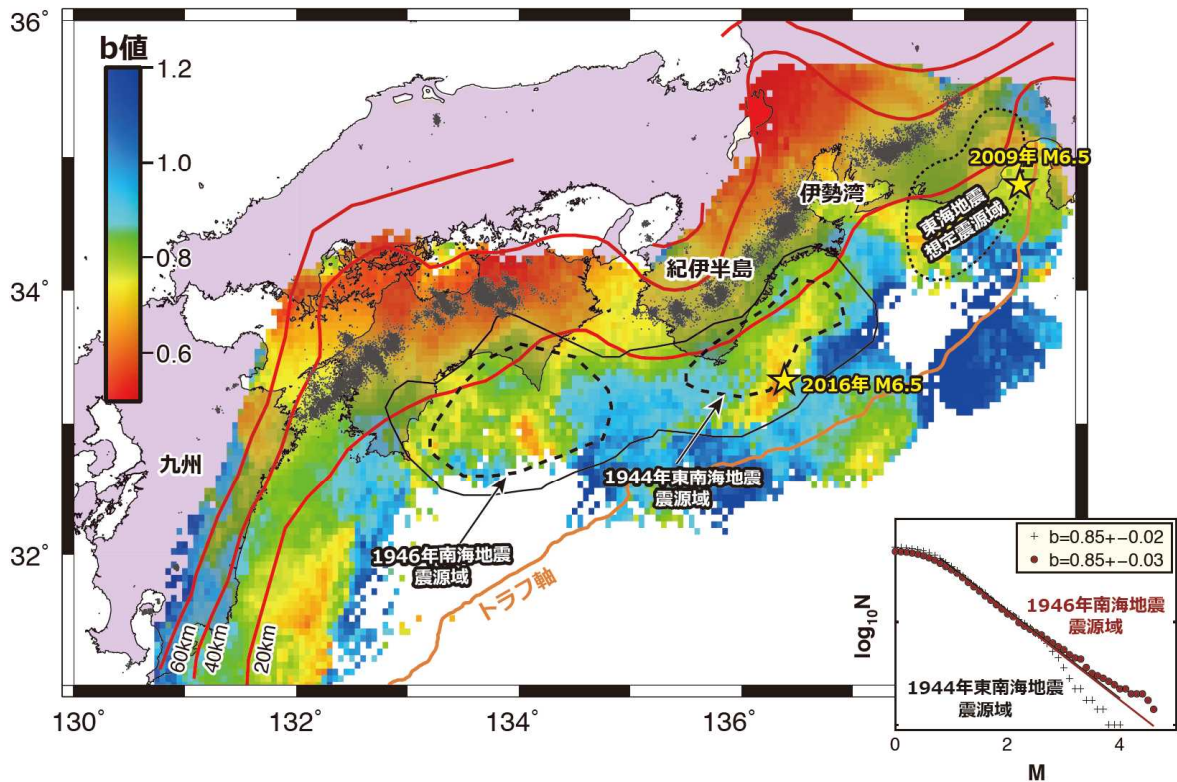


図4. 南海トラフ沿いで発生する地震の b 値の空間分布

1944年東南海地震と1946年南海地震の震源域(点線で囲んだ領域)で発生した地震の規模別頻度分布を右下に示す。

・ゆっくり滑りと地殻変動

南海トラフの掘削坑内での間隙水圧の観測から、熊野灘のプレート境界でゆっくり滑りが8~15か月間隔で繰り返し発生し、海溝軸近傍での低周波微動を伴うことが明らかになった(図5)^[4002]。陸上の異なる観測網で得られるひずみ・地下水・傾斜データをリアルタイムで共有して、南海トラフ周辺地域の短期的ゆっくり滑りを解析するシステムの運用を継続した^[5007]。また、GNSS-音響測距結合方式による南海トラフ周辺域での海底地殻変動観測も継続され、プレート間固着の影響による地殻変動が観測されている^[8001]。

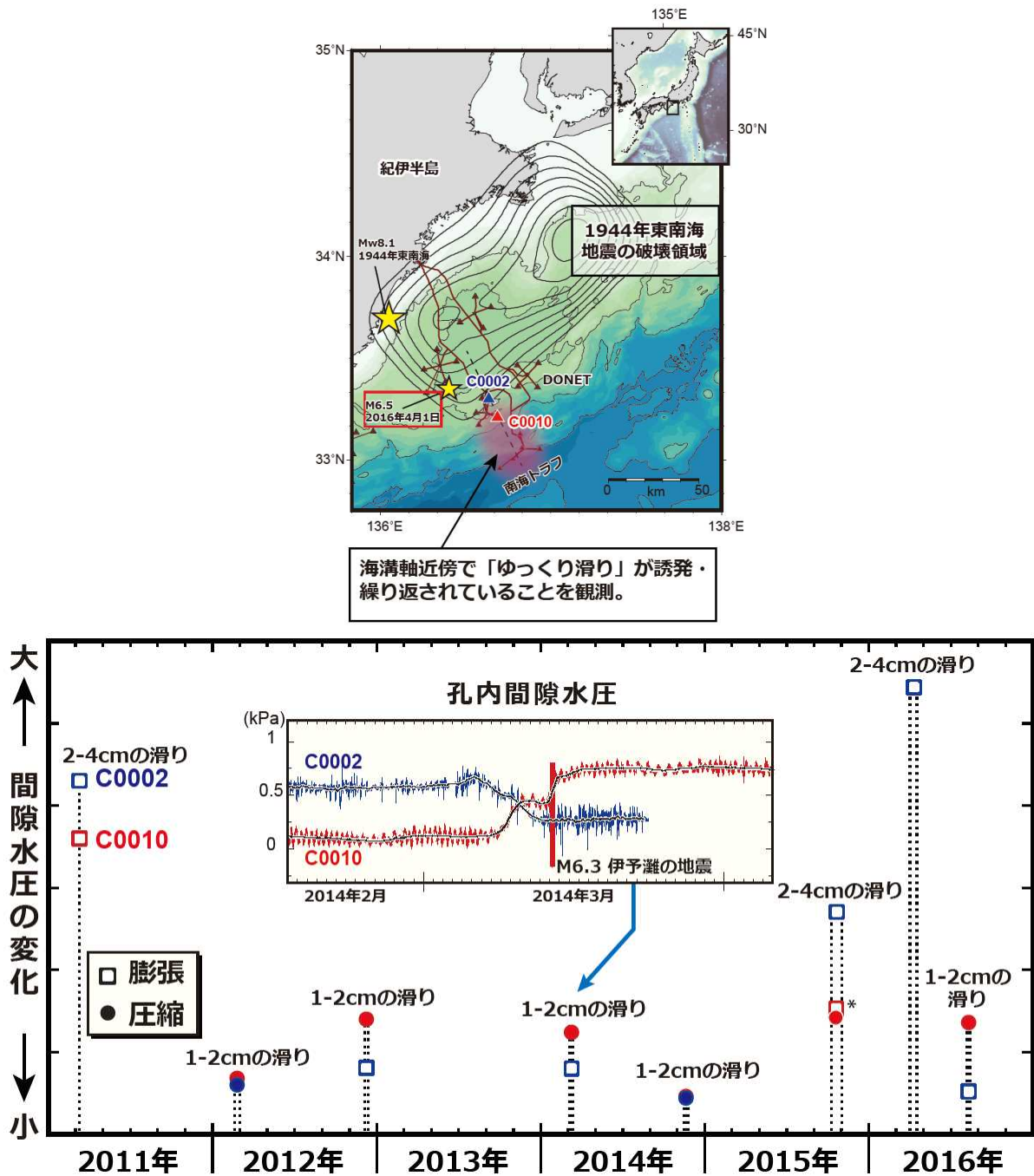


図5. 南海トラフ近傍（熊野灘）の坑内観測システム(C0002 および C0010 観測点)で計測された、海溝軸近傍で繰り返し起こる「ゆっくり滑り」に伴う間隙水圧の変動イベント

下図には、ゆっくり滑りに伴う間隙水圧の変化の大きさと、その変化がプレート境界での滑りであると仮定した場合の各イベントの滑り量の推定を示した。2016年4月1日に発生した三重県南東沖の地震(M6.5)後に続発した、浅部超低周波地震の活動に連動した大きな滑りが観測されている。図中には、一例として2014年3月のゆっくり滑りに伴う両観測点の間隙水圧の変化を示した。

*印：2015年10月のイベントではC0010観測点ではその期間中に圧縮とそれに続く膨張が計測された。(Araki et. al., 2017)

・三重県南東沖の地震

2016年4月1日に、三重県南東沖の熊野灘の下の、フィリピン海プレートと陸のプレートの浅部境界でM6.5の地震が発生した。この地震はケーブル式の地震・津波観測監視システム (DONET) の直下で発生し、様々な記録が得られた。間隙水圧の変化から、この地震に伴うゆっくり滑りと海溝軸近傍での低周波微動の発生とが観測された^[4002]。圧力波形から、海底地殻変動や断層モデルが精度良く推定する事ができ、震源直上での津波観測網が津波の即時予測に有効であることが明らかになった^[1005]。また、強震動*を生成した領域を推定し応力降下*の値を調べたところ、東北沖で発生する同規模のプレート間地震より値が小さく、従って短周期の波が比較的弱いことが分かった^[1903] (図6)。今後、海底観測記録等も活用し調査を続けることで、南海トラフで発生する巨大地震による地震動の予測を高精度化するための重要な知見が得られるものと期待される。

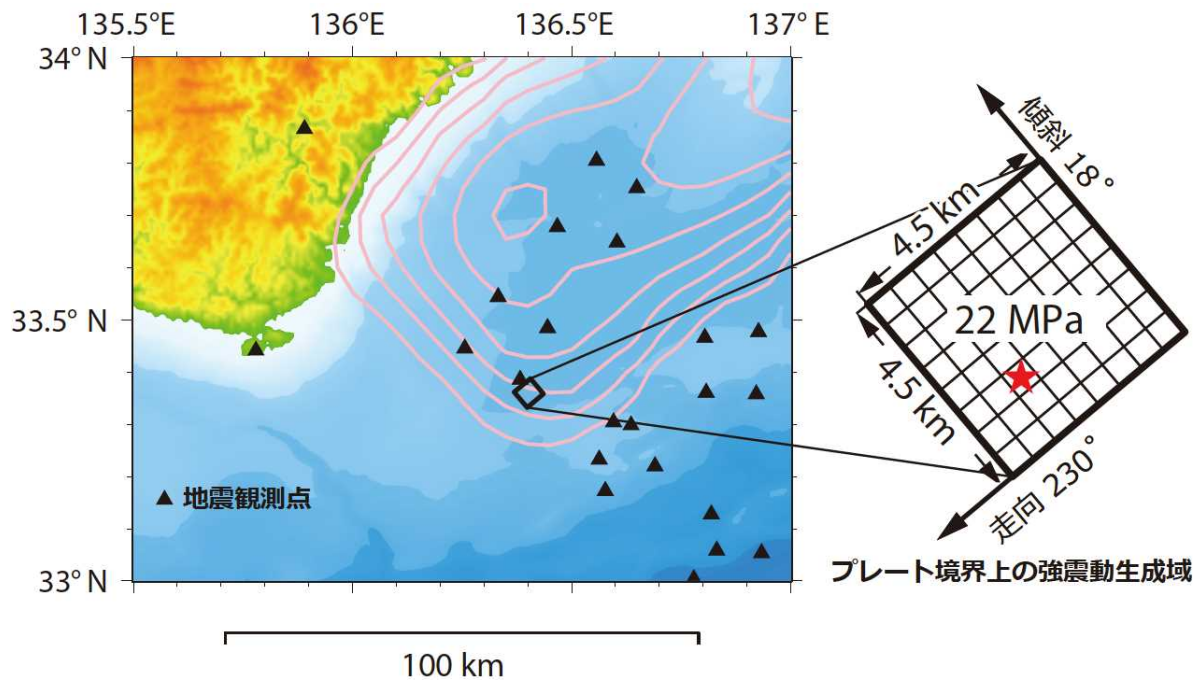


図6. 2016年4月1日三重県南東沖の地震 (M6.5) の強震動生成域

海域及び陸域の地震観測点 (左図) での強震波形記録を併用して求めた強震動生成域 (右図)。4.5 km 四方の強震動生成域に対して、浅い側 (海溝軸側) から深い側 (陸側) に向かう北向きに伝播する破壊様式が推定された。左図中の桃色のコンターは、Kikuchi et al. (2003)による1944年南海地震のすべり分布 (0.5m 間隔)。

数値実験によるシナリオを予測する研究も行われた。今回の地震と同程度の規模の地震とM8クラスの巨大地震が、繰り返し起こる状況を計算機上で作り出して調べたところ、M6程度の地震後、余効滑り*がプレート境界の浅い側 (海溝軸側) だけに伝播して収まる場合や、深い側 (陸側) にも広がり数年後にM8クラスの地震に発展する場合等が得られた^[4002] (図7)。2016年4月1日三重県南東沖の地震の事象では、地震後の滑りが浅い側だけに伝播して収まっており、今のところは前者のシナリオで示された時間経過をたどっていると言える。必ずしも将来の現象予想を約束するものではないが、考えられるシナリオを認識しておくことは、防災上重要である。

・その他

この他の研究として、過去の記録から指摘されているような、南海トラフ巨大地震と西南日本内陸地震の活発化・静穏化の因果関係を、西南日本内陸における応力場の変化や内陸活断層に作用する応力を計算機上でモデル化することにより解明する試みが行われた^[1907]。また、巨大地震のリスク評価の精度向上のための研究として、リスク評価の不確かさの要因を個別に検討し、これらの知見を統合したリスク評価およびその不確かさに関する検討が行われた^[2975] (図8)。例えばリスク評価に対して影響の大きな、地盤増幅特性、地震動の距離減衰、人口や建物動態の傾向分析を重点的に検討した。

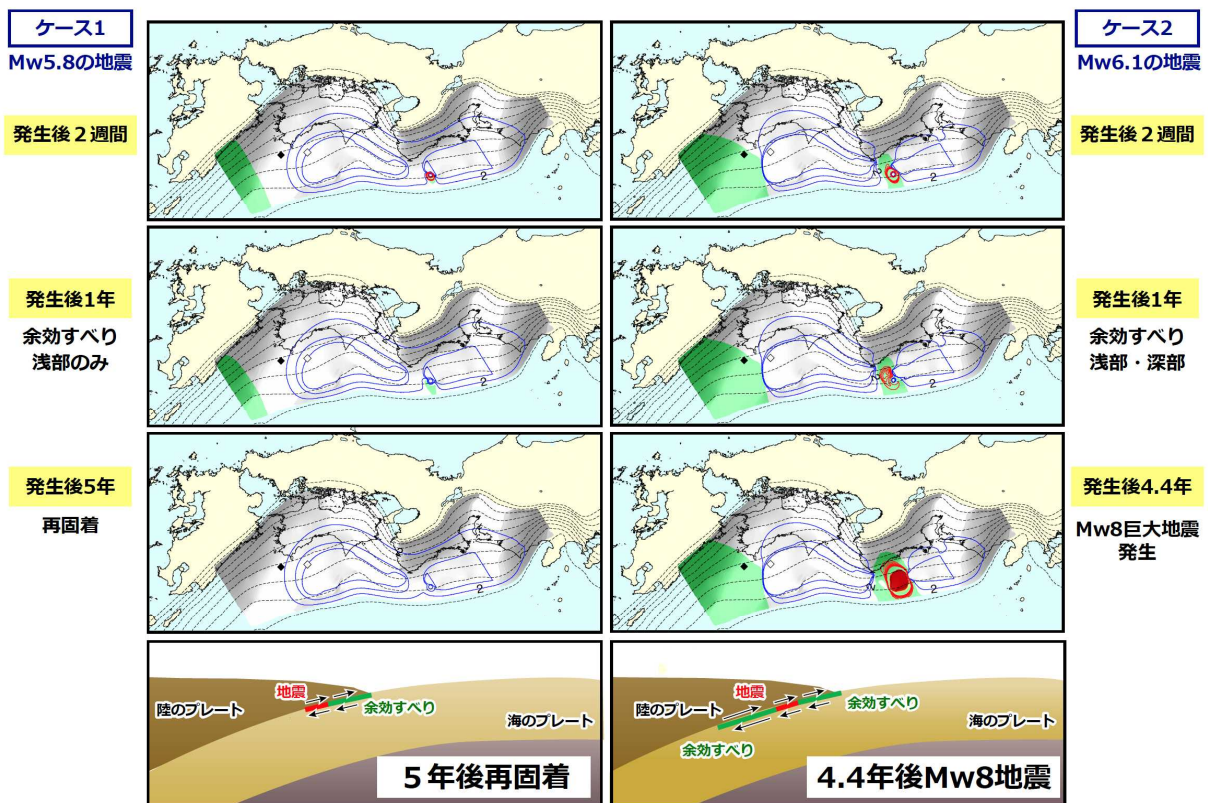


図7. 地震発生シミュレーションにより検討した、2016年に発生した三重県南東沖の地震による南海トラフ巨大地震への影響

左図ケース1. 三重県南東沖の地震によって余効すべりが浅部にのみ発生した後、再固着するケース。

右図ケース2. 三重県南東沖の地震によって余効すべりが浅部・深部ともに発生し、巨大地震につながるケース。

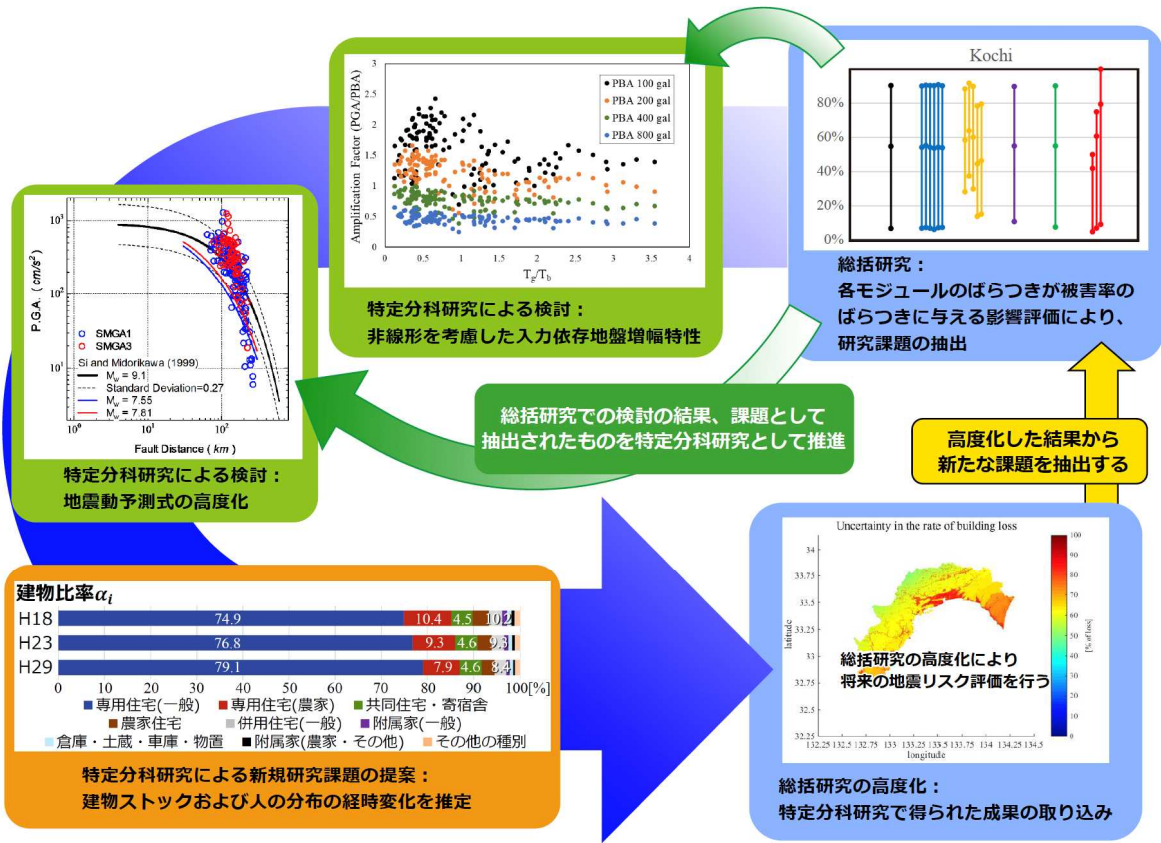


図8. リスク評価およびその不確かさに関する検討の概要図

南海トラフ巨大地震による地震リスク評価の総括研究の結果から、各モジュールのばらつきが被害予測のばらつきに与える影響評価を行った。影響が大きいモジュールに関わる研究課題を特定分科研究として推進し、その結果に基づき総括研究の高度化を行っていく。

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を調査して、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、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安政東海地震・安政南海地震（1854年12月23日・24日（安政元年11月4日・5日））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]}。

巨大地震後の有感地震の発生状況

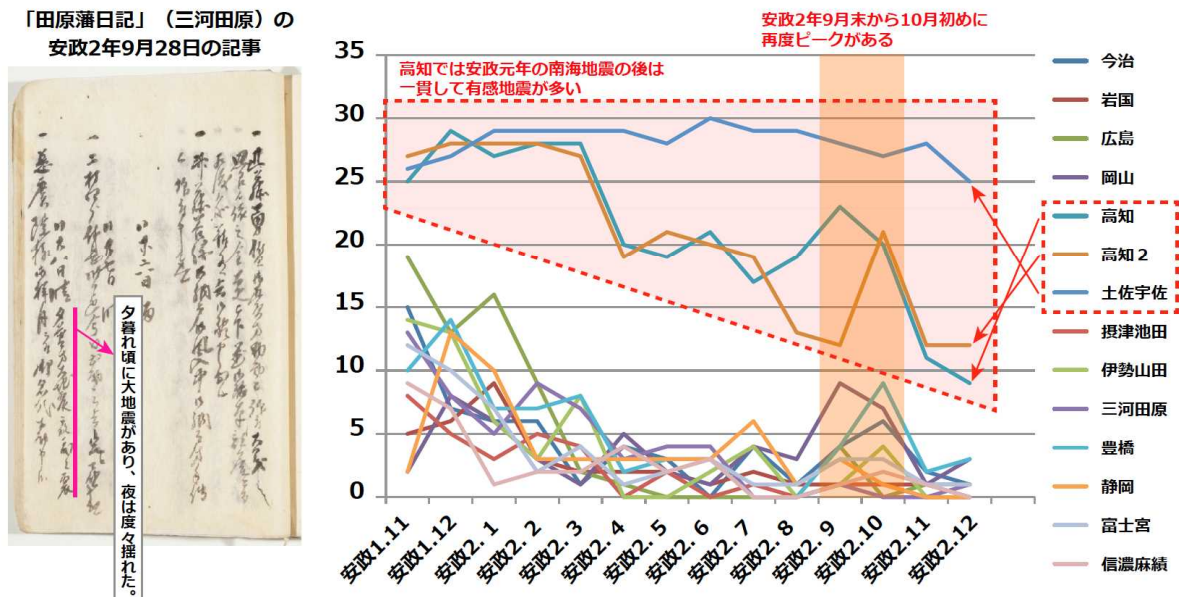


図9. 日記史料に基づく有感地震の記録日数の推移

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科学的な分析を行い、「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超巨大地震の履歴を把握するため、海底に形成されたタービダイトについて、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、地震時すべりと地震後すべりの分布を同時に推定したところ、海溝軸近くの地震時すべりは北緯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すべ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すべ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0～25 km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すべり分布の推定分解能は十分ではないことから、更なる観測態勢の充実が望まれる^[8001]。

2015年1月～2017年12月の間の平均速度

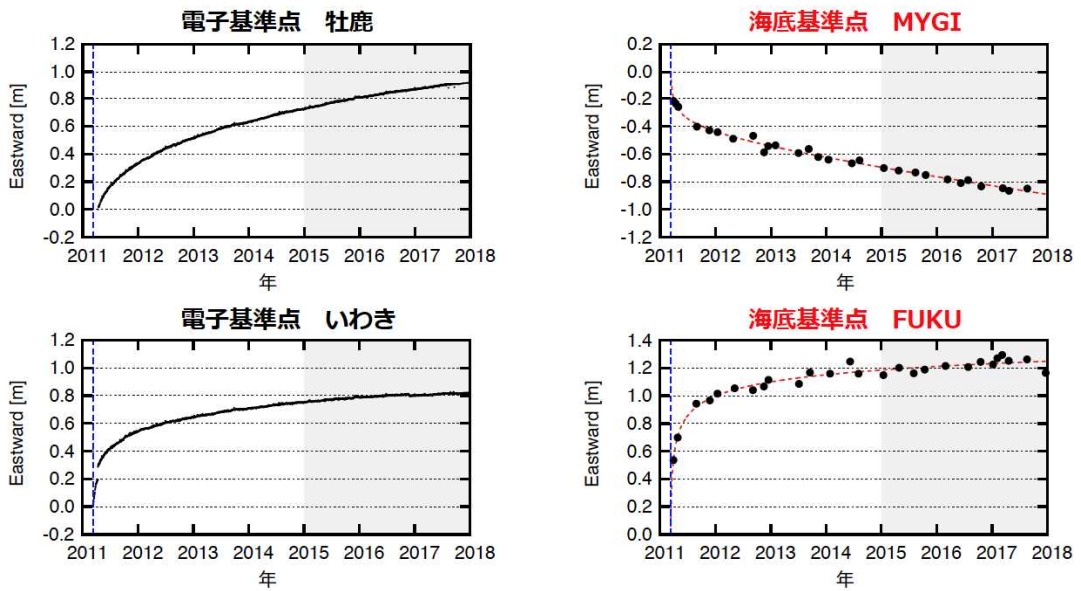
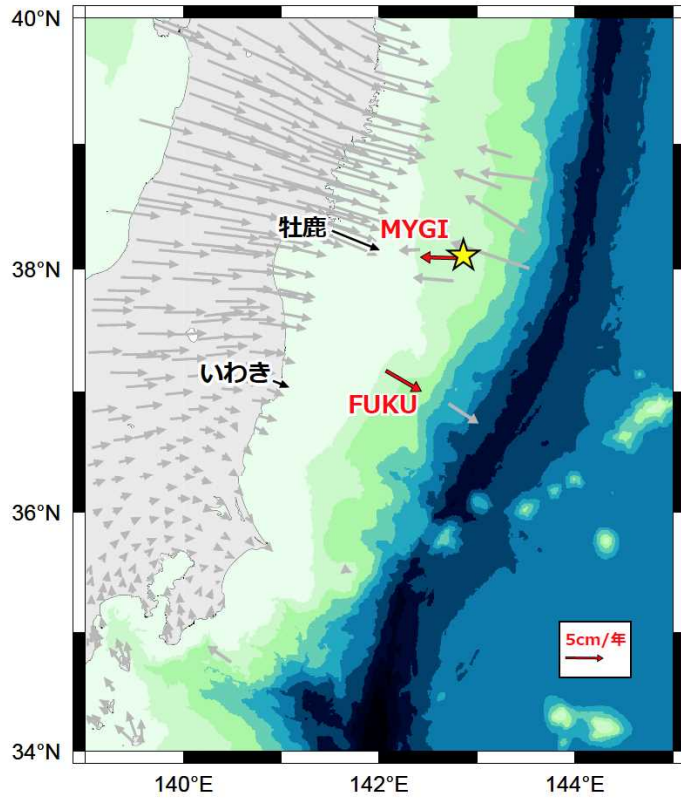


図 10. 2011 年東北地方太平洋沖地震の余効変動

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のデータから平均変位速度を求めた。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]（Kono et al., 2017）。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100 km北方で発生している孤立した42個の地震（深さ40-90 km）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、温度や応力状態が周囲の非地震的なスラブと大きく異なるとは考えにくいことから、この孤立したスラブ内地震活動の原因は、局所的な含水化であると推測できる^[1201]（Nakajima, 2018）。

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。地震時のすべ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）震源域における稠密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可能性を示唆している^[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すべ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^{*}場を推定する新しい解析法を用いて、御嶽山周辺域の三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）に高压な間隙流体圧が維持されていたことが明らかになった。このような高压流体の存在が、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もなう地殻変動源は，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]。

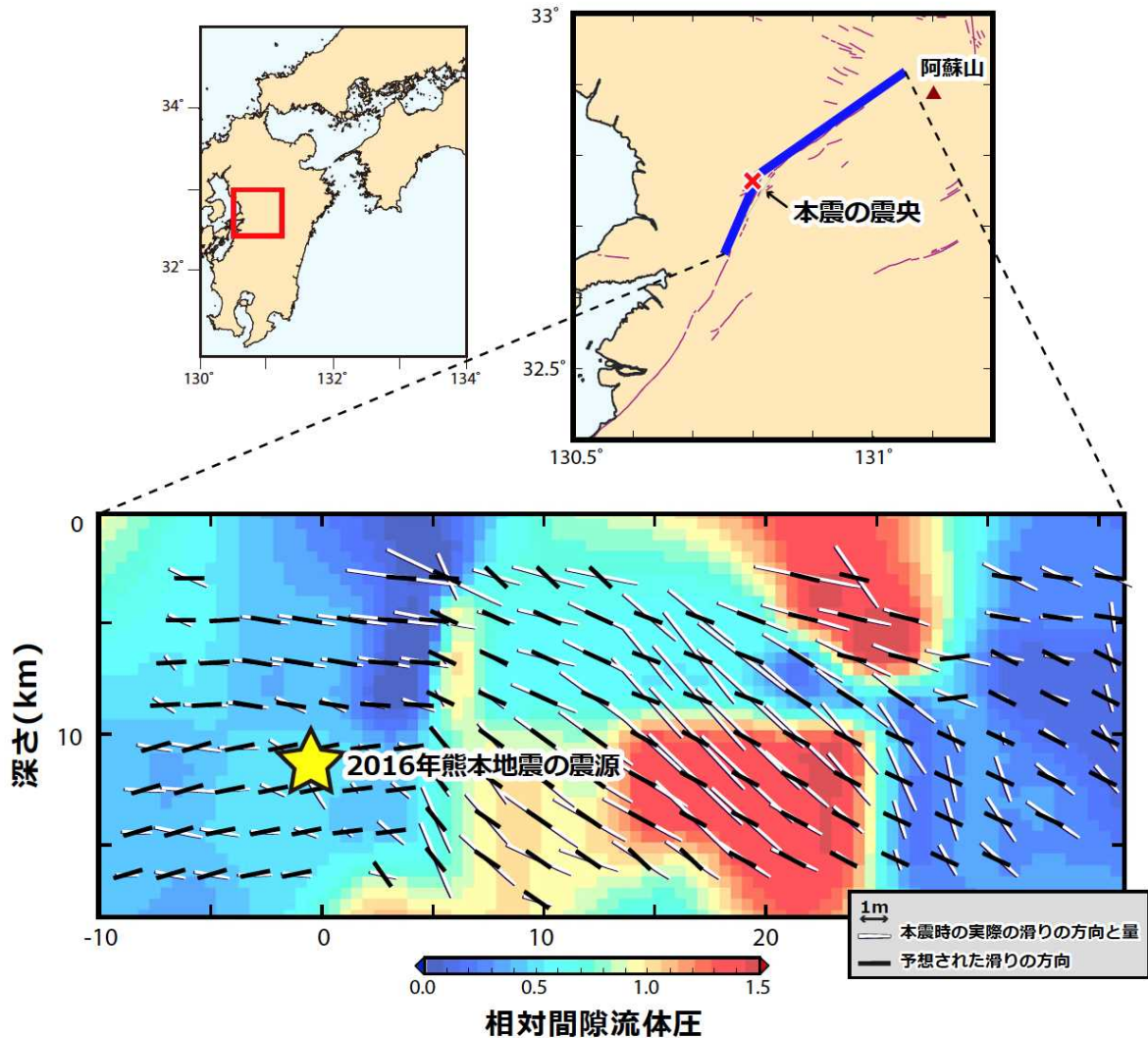


図 11. 2016 年熊本地震の断層滑り方向の予測

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。Asano and Iwata (2016)による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。また，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，その原因は，その領域の岩盤の強度が弱かったためと考えられる。強度を弱めた要因は間隙流体圧が高かったことであると仮定し，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。

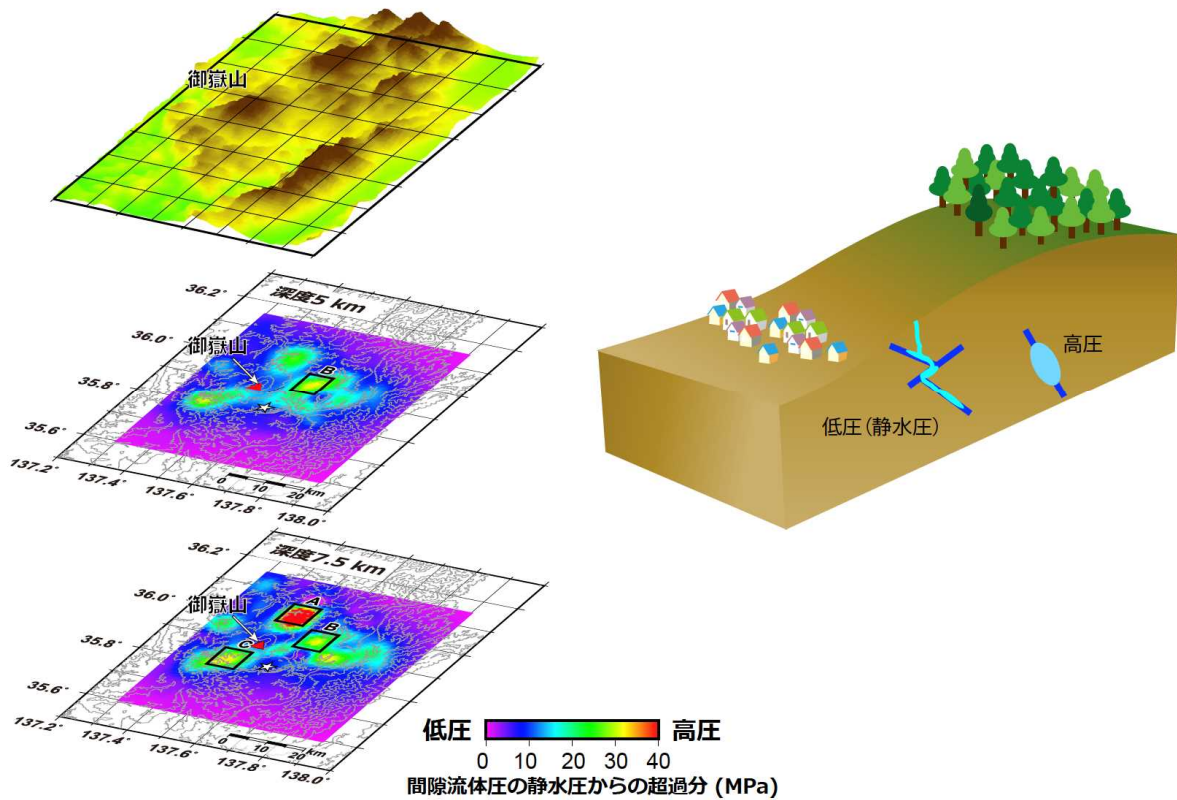


図 12. 地震のメカニズム解から推定された御嶽山周辺域の間隙流体圧の3次元分布

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。

(4) 地震現象のモデル化

地震やプレート境界でのすべ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、すべ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°C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藍閃石片岩試料についての摩擦実験から、藍閃石片岩は温度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、そこに存在する藍閃石片岩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]。

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持しており^[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]。

箱根山の太田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]。

地球潮汐等の外部擾乱の影響を取り入れたゆっくり滑り（スロースリップ、SSE）発生サイクルの数値シミュレーション研究を実施した^{[1509][3002]}。

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、すべ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、断層面上すべ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分かった。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分かった（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の検出と断層すべ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、高精度ですべりの開始・終了を推定でき、すべ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、三つのすべり様式（高速破壊・余効すべりを伴う高速破壊・スロー地震）が出現することが分かった^[1512]。

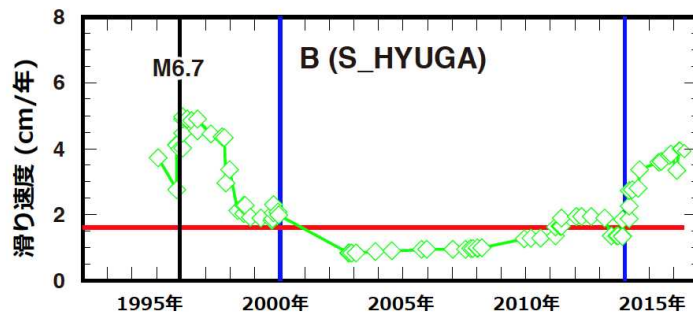
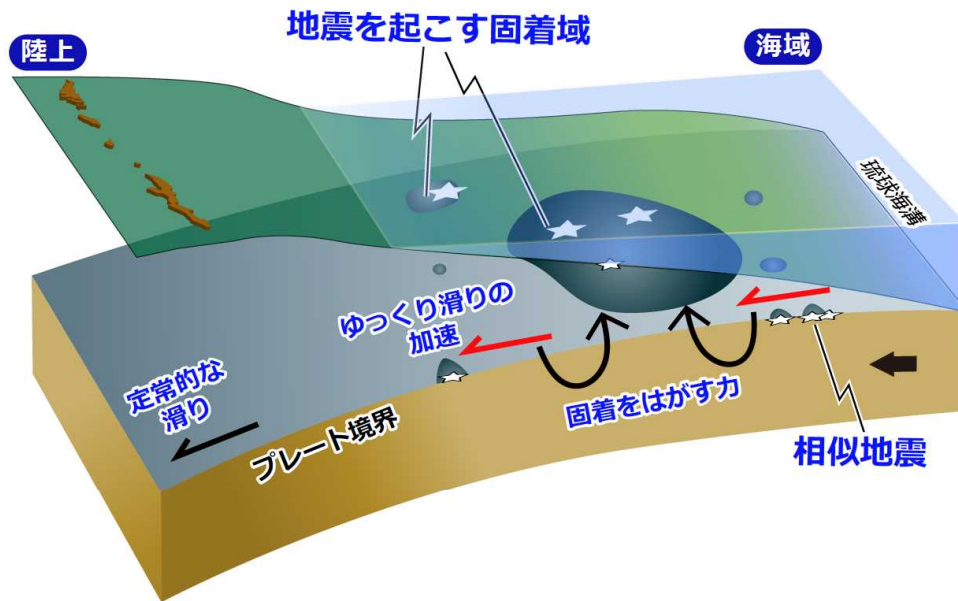


図 13. 相似地震活動の解析から推定された南西諸島海域でのプレート間滑り速度の時間変化
滑りが加速することで相似地震の活動が活発になると考えられるため、相似地震の活動から滑り速度を推定することができる。すべりが加速すると、大きな地震の震源域での固着をはがそうとする作用が働く可能性がある（上図）。日向灘南部では、2015 年以後、滑り速度が加速していることが捉えられた（下図）。

ゲルを用いた室内実験で模擬地震を発生させ、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、前駆すべ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分かった^[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・南海地震のすべり分布、すべり欠損レート分布、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]。

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ETASモデルを用いて大地震のすべ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アスペリティ近傍に発生する 경우가多く、本震によるすべ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すべ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、大振幅のラブリ波*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たベイズ統計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分かった。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、断層ガウシジ*が残置された条件下で、試料全面がすべる大規模な動的すべ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分かった^[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。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ULF帯(300 Hz-3 kHz)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る^[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)。

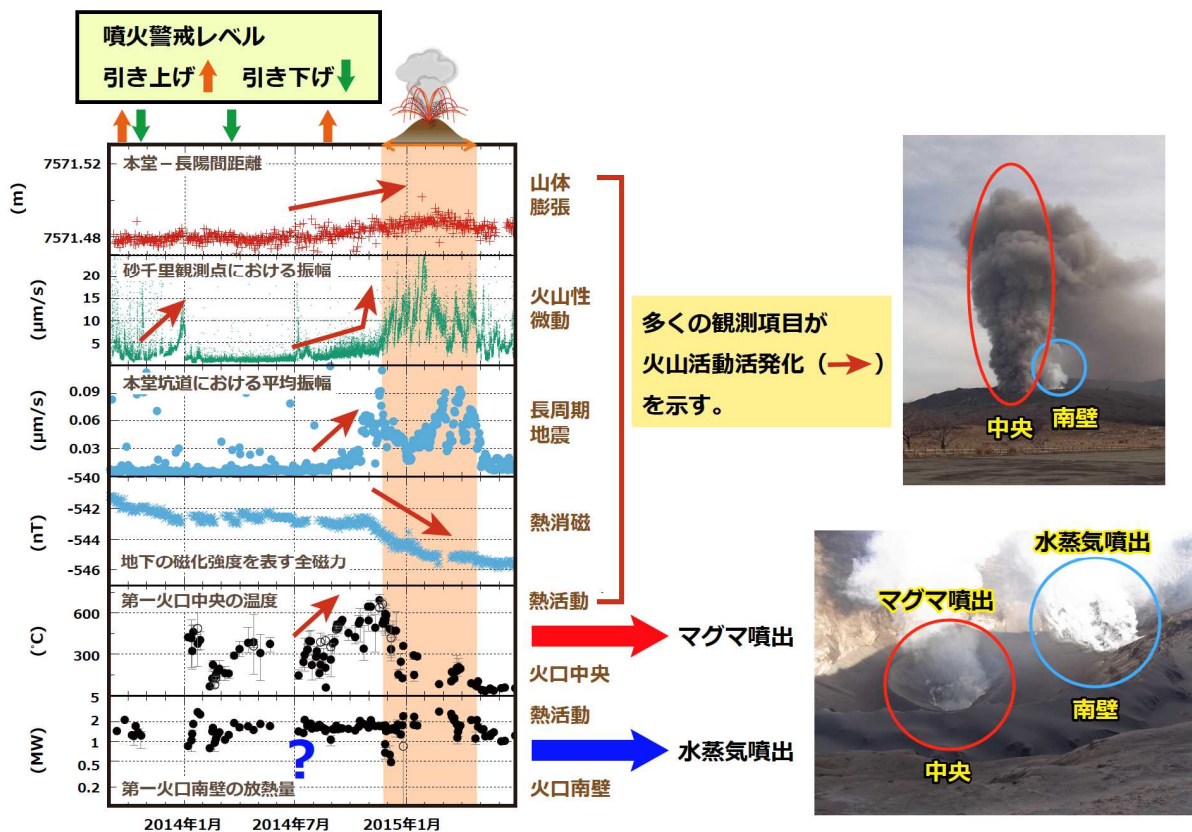


図14. 阿蘇山における噴火に伴う各種観測量の時間変化, および、火口中央部と火口南壁の活動様式の違い

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月までの各種観測量の変化と、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。

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]。

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」に係るフラジリティカーブ*モデルの構築を実施した。

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（図15-1）。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15-2）。

(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ず、統合的な地盤モデルの必要性が示唆された^[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

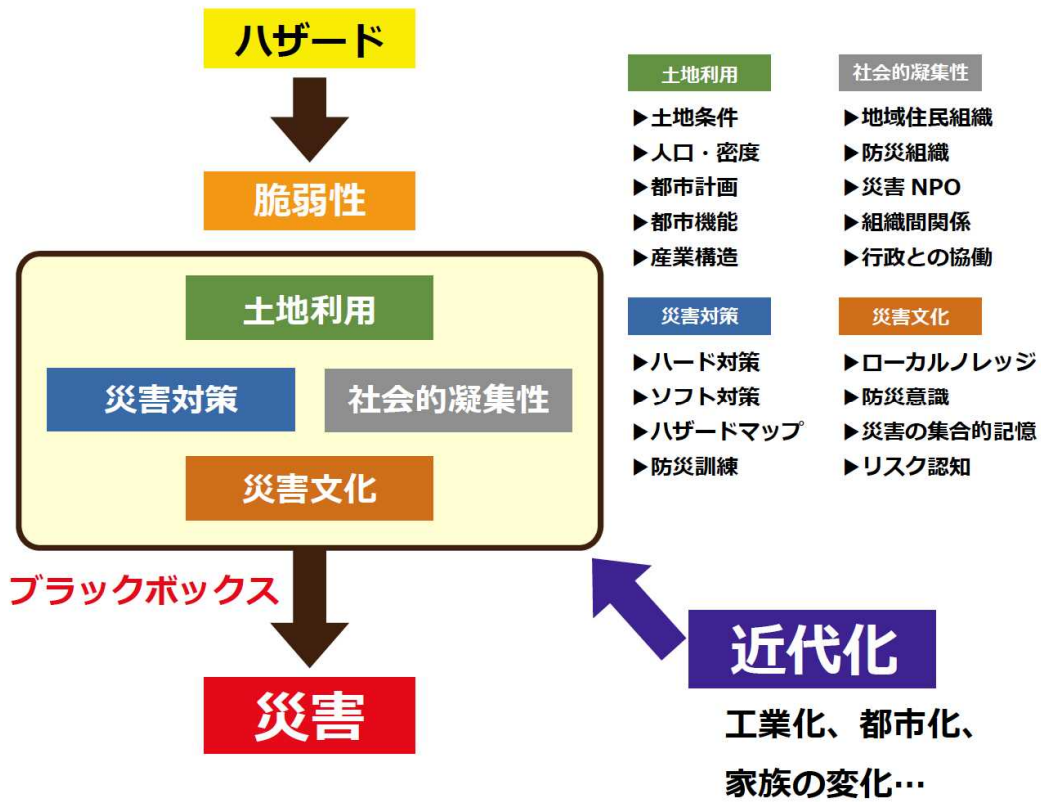


図 15-1. ハザードが災害として顕在化するプロセスを脆弱性の4次元で仮説的に捉えようとした社会の脆弱性モデル

脆弱性の4次元を構成する要素を例示し、それがまた近代化などによって変化することを示した。

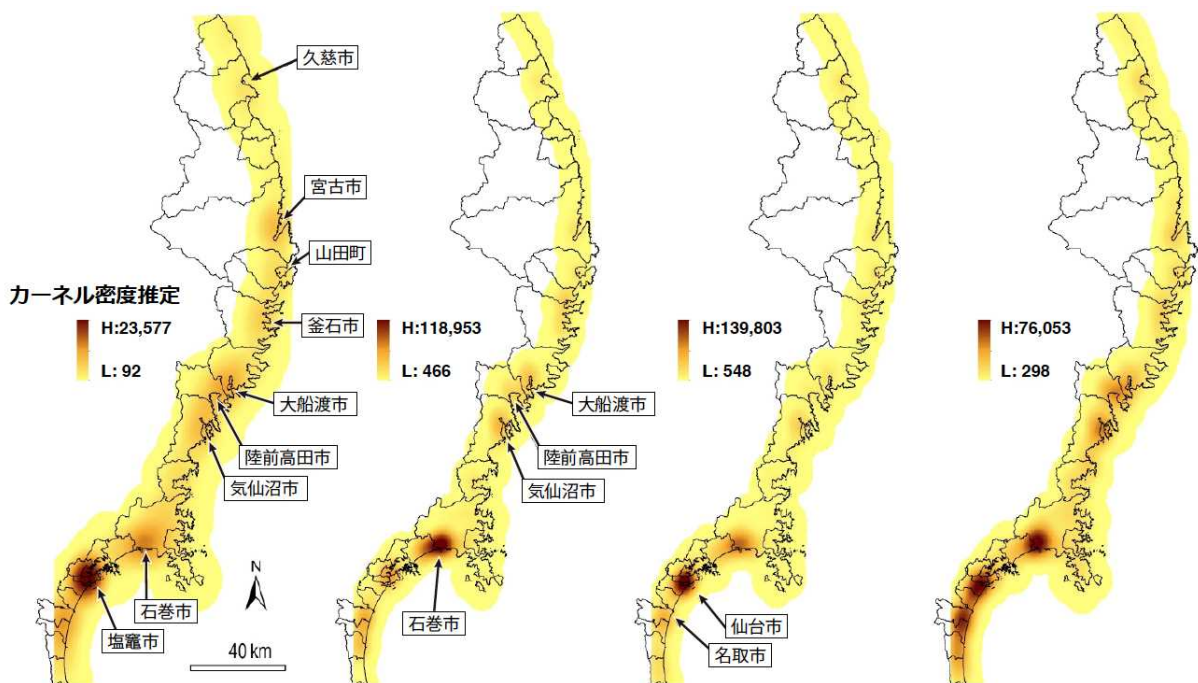


図 15-2. 都市的土地利用に変化した地点のカーネル密度分布

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。

らすことがわかった。また、一つ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、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ため、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]。

地震による地すべ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すべりについて、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すべり面は、約3万年前の草千里ヶ浜軽石や約7千300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、粘土鉱物のハロイサイトが生成していることがわかった。また、地震による地すべりの発生メカニズムの議論のため、地すべ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、火山灰プロダクトを全球移流拡散モデル*の初期値に同化することによって、予測精度が向上し、大気中の火山灰濃度予測の可能性を示した^[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]。

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・千島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適切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すべ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枚の断層上でのすべりの時空間発展の推定を行った(図16)。他のすべり分布モデルと大局的によく一致する結果が得られ、GNSSデータ解析をしない、搬送波位相のみの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]}。

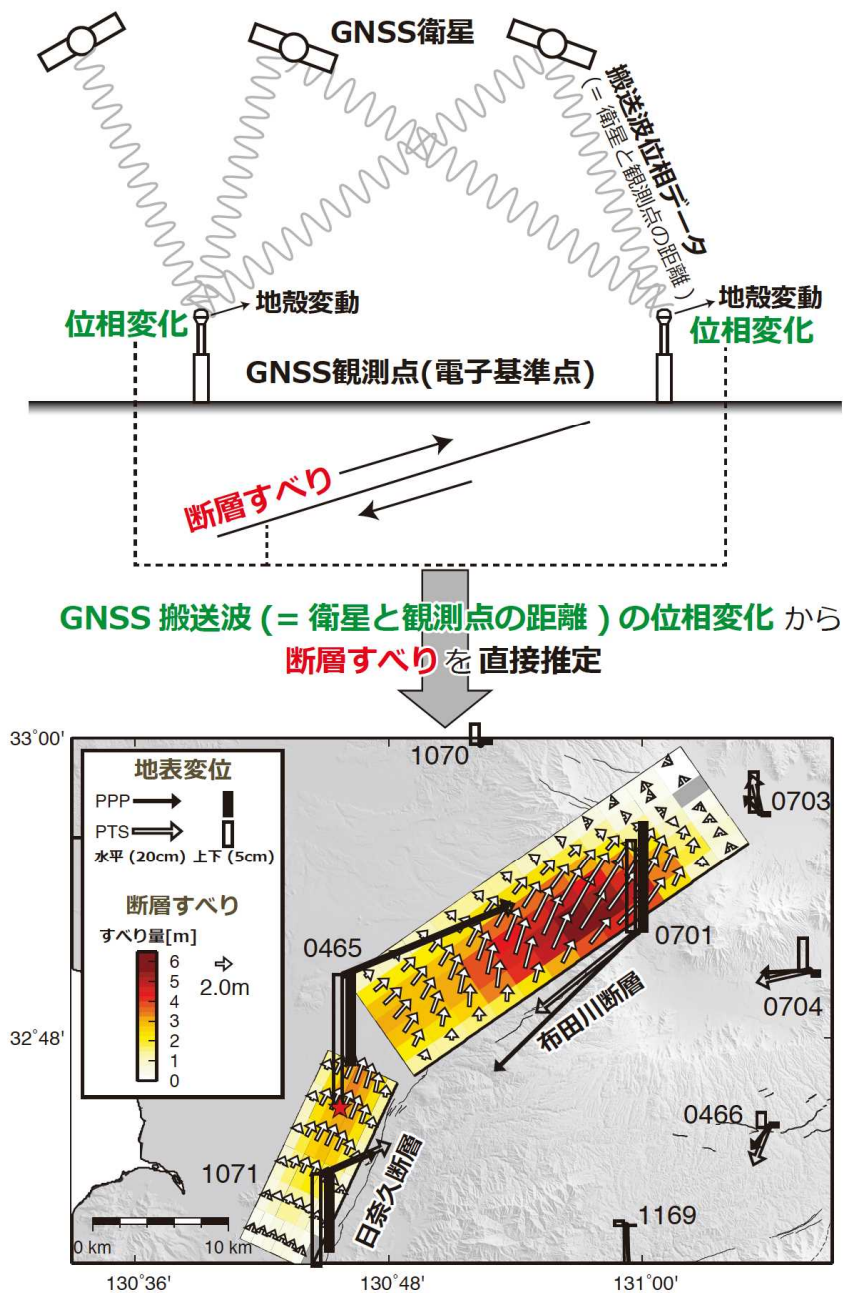


図 16. GNSS 搬送波位相データから断層すべりを直接推定する手法 (PTS) により推定された 2016 年熊本地震本震のすべり分布

(上段) 断層すべりと 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すべり。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すべ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。

(5) 地震・火山噴火の災害軽減のための情報の高度化

オープンソースライブラリを用い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、検知したシグナル全てについての震源計算を行うことができず、M1.7以上と思われるものについて優先的に震源・マグニチュードの算出を行っていた。しかし、M1.7未満と思われるものについても、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、効率的に地震かノイズかを判別し、地震については自動的に震源要素と結び付け、検出された多数の地震は、一元化震源に追加登録された。

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（マッチドフィルター法）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、大幅に検出が増加した深部低周波地震が一元化震源に登録されることとなった^[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^[1505]。また、海域と陸域を統合した三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]}。

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・評価能力を高度化することができた^[7004]。

宇宙線 (ミュオン) を利用した火山浅部透視技術の第3世代方式を用い、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]。

富士山の火山活動の予兆を捉えるため、富士北麓の4箇所地下水変動の連続観測を継続している^[9201]。また、海域火山基礎情報図調査を「利島至三宅」、「若尊」で実施した^[8003]。

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気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、その地震発生の予知はおろか、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な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ー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（京都大学防災研究所、桜島火山噴火総合研究）。

4. まとめ

「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」の4年度目にあたる平成29年度には、草津白根山（本白根山）において人的被害を伴う噴火災害が発生し、霧島山でも新燃岳の噴火や硫黄山の活発化が見られた。霧島山については、2011年の新燃岳噴火以降進められた観測研究の成果が、今回の噴火活動の即時的な把握に活かされたと言える。一方、草津白根山の噴火では、噴火の予測の難しさが改めて提示された。引き続き、活動度の高い火山を対象に重点的な観測研究を進めるとともに、効率の良い火山監視手法の開発や、火山活動史の解明のための地質学的研究をより一層推進する必要がある。

南海トラフ沿いでは、地殻活動のモニタリングにとって海底観測の重要性が明らかとなった。そのため引き続き陸域観測を含めた観測網を維持・充実し、その記録を利用した研究を遂行することが、巨大地震の発生に対し備える上で欠かせない。また災害軽減に資するためには、何が起きうるかを明らかにすることに加えて、その不確かさに関する研究が重要である。不確かさを大きくする要素を集中的に研究することで、不確かさ自体を軽減し被害予測の精度向上が見込める。更に地震に伴い被害を受けるユーザーが想定外の事象に対応していくためには、災害のおおよその規模だけでなく、その不確かさであるばらつきも新たに認識することが大切である。

本計画は前計画まで中心的役割を果たしていた理学研究分野に留まらず、工学や人文・社会科学分野の研究者の参加による学際的研究の推進を特徴としている。この点に関し、平成29年7月に発表された「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画に関する外部評価報告書」の中では、史料等に基づく前近代の地震・火山噴火研究や、総合的な災害科学の確立を目指した拠点間連携研究が実施される等、災害科学の一部としての一歩を踏み出していると評価されている。一方で、災害の軽減に貢献する事を一層意識した研究を進めることや、研究成果を社会に対して適切に発信すること等も指摘されており、本計画の最終年度である平成30年度における課題であり、引き続き、本計画に参加する研究者間の連携を強化し、地震や火山噴火による災害の軽減に貢献できる観測・調査・研究を推進していかなければならない。

用語解説

一元化震源

気象庁・防災科学技術研究所・大学等の各機関で管理・運営している地震観測データをリアルタイムで収集し、それらを利用して気象庁が一元的に処理を行うことによって決定された震源。

インバージョン

ある事象に関して物理モデルが設定されているとき、その事象で観測された測定値を合理的に説明するモデル中の変数を推定するための数学的解析手法。

応力降下

地震発生時に、断層すべりによって蓄積されたひずみエネルギーが解放され、断層面にかかる応力が低くなる現象。

応力場

岩盤等の物体内部に考えた仮想的な面を通して及ぼされる単位面積当たりの力を応力という。震源域の応力が岩盤の破壊強度より高くなったときに地震が発生すると考えられている。物体内部の応力の向きや大きさの空間的な分布の状態を応力場という。

海底間音響測距

海底に設置された複数の音響トランスポンダー（観測点）で、それぞれの観測点間の距離を音波を用いて測定する方法。一定期間、繰り返し測定することによって観測点間の距離の変化がわかり、海底の水平方向の地殻変動を把握することができる。

確率利得

無作為に発生していると仮定した場合に予測が的中する確率に対する、実際の予測の的中率。

火山灰

火山噴火により噴出した個体のうち、直径2 mm未満の細かい破片。

間隙水圧

土や岩石中の粒子間のすきま（間隙）に入り込んだ水などの流体にかかる圧力。

間隙流体圧

→間隙水圧を参照。

干渉 SAR

同じ場所を撮影した時期の異なる2枚のSAR画像の差をとる（干渉させる）ことにより地表面の変動を詳細にとらえる手法。

強震動

被害を及ぼすような強い地震動（揺れ）のこと。

クラック

岩石中の裂け目、ひび割れのこと。

警報分率

対象期間のうち、警報を発している期間の割合。

コミュニティ・モデル

地震や火山噴火を含む多様な地殻活動を定量的に理解することを目的として、これまで蓄積された日本列島の沈み込み構造に関する知見を統一的に集約し、統合的に構築した共通モデル。

災害素因

災害誘因を受けた際に生じる被害・損失の規模、様態を左右する、地形・地盤などの自然環境の脆弱性（自然素因）や、構造物・人間社会の脆弱性（社会素因）のこと。

災害誘因

災害をもたらす原因（加害力、外力）のこと。地震や火山噴火による災害は災害誘因である地震動、津波、火山灰や溶岩の噴出などの外力（ハザード）が災害素因に作用することで引き起こされる。

三次元有限要素法

解析的に解くことが難しい微分方程式の近似解を数値的に得る方法として、構造力学分野で発達し、他の分野でも広く使われている有限要素法を3次元空間に適用したもの。

山体崩壊

山体が地震や火山噴火などによって大きな崩壊を起こす現象。

事象系統樹

火山ごとに、可能性のある複数の噴火現象の時間的推移を網羅的に示したもの。示された複数の噴火推移のうち、どの道筋をたどるかの分かれ目を事象分岐という。

地震・火山噴火予知研究協議会

科学技術・学術審議会（測地学分科会）による建議に基づく地震及び火山噴火の観測研究に関して、関係機関の連携を緊密にして観測研究計画を協議し、研究の有効な推進を図ることを目的として東京大学地震研究所に設置されている組織。

地震波干渉法

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

地震発生長期評価

主要な活断層で繰り返し発生する地震や海溝型地震を対象に、地震の規模や一定期間内に地震が発生する確率を予測したもの。

地震波によって誘発された地震

大地震の震源域から離れている場所において、その地震動で誘発されて発生する地震。

消磁

磁鉄鉱などの磁性鉱物を含む岩石の磁化（磁性の強さ）が低下、または失われること。特に、高温化による消磁のことを熱消磁という。マグマが地表へ近づくなどの原因により火山体内の温度が上昇することで、熱消磁が起こることがある。消磁領域の周辺では磁場（磁界）が変化する。

スロー地震

通常地震のように断層が急激にすべること無く、ゆっくりと滑ることによって蓄積されたひずみエネルギーを解消させる現象。

全球移流拡散モデル

全地球表層を対象として、物質や温度などの物理量が流れによって移動する現象と拡散する現象を同時に考慮したモデル。噴火によって噴出された火山灰や噴石の挙動のシミュレーションでも用いられる。

先行現象

地震や火山噴火の発生前に震源域や火山の周辺で発生するさまざまな異常現象。土地の隆起・沈降、地震活動の変化、電磁気異常、地下水の変化などがある。前兆現象と呼ばれることもある。

相似地震

地震波形が良く似ている地震群のこと。ほぼ同じ断層面で同じような滑りが起きた場合に発生すると考えられる。

速度状態依存摩擦則

摩擦係数が、すべり速度と接触面の状態によって規定されるとする法則。

帯磁

磁性鉱物を含む岩石が磁化を獲得すること。

断層ガウジ

断層運動に伴う破砕によって生じた細粒・未固結の物質からなる断層中心部の層。

超低周波地震

短周期成分がほとんど含まれず長周期成分が卓越する地震波を放射する地震で、20～200秒程度の帯域に卓越した周期を持つもの。ゆっくり滑りや火山活動にともなって生じる。

低周波地震

短周期成分がほとんど含まれず長周期成分が卓越する地震波を放射する地震で、2~8 Hz 程度の帯域に卓越した周期を持つもの。ゆっくり滑りや火山活動にともなって生じる。

低周波微動

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

トレンチ調査

地質調査法の一つで、地表から溝状に掘り込み、地表では観測できない地層を新たに露出させ、断面を観察する手法。地震分野では過去の断層運動の年代や周囲の環境の調査、火山分野では過去の噴火史を調査するために有力な方法である。

比抵抗

比抵抗とは、単位断面積・単位長さ当たりの電気抵抗値のことであり、電気伝導度の逆数である。マグマの周辺では高温や流体の存在によって低い比抵抗値を示すことが多いため、地中の比抵抗の分布（比抵抗構造）を調べることで火山噴火の発生ポテンシャルや地下のマグマの状態を把握する研究が進められている。

表面波

地表面に沿って伝わる地震動。地表が波の進行方向に対して直交方向に水平に振動して伝播するラブ波と、地表が上下方向に楕円を描くように伝播するレイリー波とがある。

付加体

海洋プレートが海溝で陸側プレート下に沈み込む際に、海洋プレートの表面にある堆積物が剥ぎ取られ、陸側プレートに付加したもの。

フラジリティカーブ

対象構造物の損傷規模を定義し、各々の発生確率を示すモデル。損傷度曲線。

ボーリング調査

地質調査法の一つで、地盤を掘削して円筒状の地質サンプルを取得し、そのサンプルを用いて地盤の詳細な性質を把握する手法。

メカニズム解

地震時の断層運動を断層面の向き（走向、傾斜角）と相対すべりの向き（すべり角）によって表現したものをいう。地震波の放射パターンなどから求められ、震源域の応力場を知る手がかりとなる観測データである。

モーメントマグニチュード

地震のエネルギーを表す指標で、地震の規模を表す最も基本的な量である、地震断層の面積と滑り量及び剛性率（岩盤の変形のしにくさを表す物性値）の積で計算される地震モーメントから求められる。中規模から大規模な地震に対して用いられる。

ゆっくり滑り

断層面やプレート境界面で発生する非地震性すべりの一種で、非定常なゆっくりとした滑り。長いものでは継続時間が数年に及ぶものもある。

スロースリップ、スロースリップイベント（SSE）ともいう。

余効滑り

地震の後に震源域周辺の断層面で起こる滑り。

予知率

発生した地震数に対する、予知された地震数。

ラブ波

→表面波を参照

レイリー波

→表面波を参照

a-b 値

断層面のすべる速度と状態によって摩擦係数を規定する物理定数。a-b 値が負の場合、通常断層は固着しているが、地震時に急激に滑り、地震波を発生する。a-b 値が正の場合、断層はゆっくり滑っており、急激な滑りは発生しない。値が0に近い時は、通常はゆっくり滑っているがすべり速度が速い時には急激な滑りを発生する。

b 値

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

GNSS-音響測距結合方式

海底における地殻変動を観測するための手法の一つ。海上の船舶やブイの位置をGNSSによって精度よく決定し、それらと海底に設置された基準点（観測点）との距離を、海中音波を用いて測定することにより、海底の基準点の位置を推定する。長期にわたり繰り返し測定して、海底の変動を求める。

PL 波

P 波の到達後，S 波の到達前に現れる，周期 5～20 秒が卓越するやや長周期の地震波。震源が浅い，大きな地震の際に顕著に見られる。長周期の地震波が，地殻内で広角反射を繰り返すことで形成される。

SAR

Synthetic Aperture Radar の略。人工衛星や航空機などに搭載されたアンテナが高速で移動することにより，大型アンテナと同等の高い分解能を実現したレーダーシステム。

X バンド MP レーダー

従来よりも短波長の X バンド（波長約 3cm）を用いた高分解能なレーダー。さらに水平偏波と垂直偏波の 2 種類の電波を同時に送信・受信するマルチパラメータ（MP）方式によって精度の良い観測が実現される。

災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画 実施機関

総務省	国立研究開発法人情報通信研究機構
文部科学省	国立大学法人等
	北海道大学大学院理学研究院
	弘前大学大学院理工学研究科
	東北大学大学院理学研究科
	秋田大学大学院国際資源学研究科
	東京大学大学院理学系研究科
	東京大学地震研究所（共同利用・共同研究拠点）
	東京大学大気海洋研究所
	東京大学史料編纂所
	東京工業大学火山流体研究センター
文部科学省	新潟大学災害・復興科学研究所
	名古屋大学大学院環境学研究科
	京都大学大学院理学研究科
	京都大学防災研究所（共同利用・共同研究拠点）
	鳥取大学大学院工学研究科
	高知大学理工学部
	九州大学大学院理学研究院
	鹿児島大学地震火山地域防災センター
	立命館大学総合科学技術研究機構
	東海大学海洋研究所
文部科学省	国立研究開発法人防災科学技術研究所
	国立研究開発法人海洋研究開発機構
	独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所
経済産業省	国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター
国土交通省	国土地理院
	気象庁
	海上保安庁
都道府県	地方独立行政法人北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所
	山梨県富士山科学研究所

災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画 平成 29 年度研究課題一覧

実施機関名	番号	研究課題名	研究代表者
情報通信研究機構	0101	先端リモートセンシング技術による地震及び火山の災害把握技術の開発	久保田実
北海道大学	1001	地質および物質科学的データに基づく低頻度大規模火山現象およびその準備過程の研究	中川光弘
	1002	北海道沖低頻度大規模地震の総合的理解とそのモニタリングへの基礎的研究	谷岡勇市郎
	1003	多項目観測に基づく火山熱水系の構造の時空間変化の把握と異常現象の検知	橋本武志
	1004	噴火履歴及び観測事例に基づく噴火事象系統樹の試作	中川光弘
	1005	津波浸水域の即時予測手法開発のための研究	谷岡勇市郎
	1006	地理空間情報の総合的活用による災害に対する社会的脆弱性克服のための基礎研究	谷岡勇市郎
	1007	地殻変動等多項目観測データ全国リアルタイム流通一元化解析システムの開発	高橋浩晃・大園真子・山口照寛
	1008	Lバンド航空機 SAR による革新的火山観測手法の開発	村上亮
	1009	準リアルタイム火山情報表示システムの開発	大島弘光
弘前大学	1101	地殻流体と地震活動の関係及び過去地震の災害誘因の解明	小菅正裕
東北大学	1201	スラブ内地震の発生メカニズムの解明	東龍介
	1202	蔵王山周辺の総合観測	三浦哲
	1203	地殻応答による断層への応力载荷過程の解明と予測	松澤暢
	1204	地震断層すべり物理モデルの構築	松澤暢
	1205	岩石組織に基づく火道浅部プロセスの推定手法の開発	中村美千彦
	1206	地震活動の時空間パターンと断層および地震サイクルとの関係	遠田晋次
	1207	地震に先行する大気中ラドン濃度変動に関する観測	長濱裕幸
	1208	観測事例及び理論予測に基づく噴火事象系統樹の分岐条件の検討	西村太志
	1209	トランジェント現象リアルタイムモニタリングのための複合測地データ利用の高度化	太田雄策
	1210	海溝軸近傍で観測可能な海底地殻変動観測技術の開発	木戸元之
東京大学理学系研究科	1401	地殻流体の連続化学観測にもとづいた地殻の状態評価システムの開発	角森史昭
	1402	地震発生場の階層性を考慮した地震活動予測	井出哲
	1403	噴火推移モニタリングのための火山ガス観測装置の開発	森俊哉
東京大学地震研究所	1501	地震・火山災害の関連史資料に基づく低頻度大規模災害の調査	佐竹健治
	1502	揮発性成分定量による活火山爆発力ポテンシャル評価とマグマ溜まり深度の再決定	安田敦
	1503	日本海溝・相模トラフプレート境界で起こる多様なすべり現象の包括的モデル構築	篠原雅尚
	1504	内陸地震発生の理解と予測に向けて	飯高隆
	1505	日本列島基本構造モデルの構築	岩崎貴哉・佐藤比呂志
	1506	小型絶対重力計を用いた火山監視技術の開発	新谷昌人
	1507	次世代プレート境界地震発生モデル構築のための実験的・理論的研究	中谷正生
	1508	地球物理・地球化学統合多項目観測および比較研究によるマグマ噴火を主体とする火山の定量化とモデル化	大湊隆雄
	1509	プレート境界すべり現象モニタリングに基づくプレート間カップリングの解明	小原一成
	1510	相似地震再来特性の理解に基づく地殻活動モニタリング手法の構築	五十嵐俊博
	1511	地震活動に基づく地震発生予測検証実験	鶴岡弘

	1512	地震活動パラメーターと地震発生場の応力の間になり立つ定量的関係式	波多野恭弘
	1513	歴史時代に発生した地震・火山などの災害に関する多角的な研究	佐竹健治
	1514	首都圏に被害を及ぼす地震の解明およびその被害の実像	酒井慎一
	1515	堆積平野・堆積盆地における地震災害発生機構の解明	三宅弘恵
	1516	広帯域・高解像度強震動シミュレーションに基づく大地震の強震動評価の高度化	古村孝志
	1517	地震動・津波誘因の長期予測情報コミュニケーション	瀧澤一起
	1518	データ流通網の高度化	鶴岡弘
	1519	研究成果共有システムの構築	鶴岡弘
	1520	衛星赤外面像による噴火推移の観測と類型化に関する研究	金子隆之
	1521	海底での地震・地殻変動観測に向けた観測技術の高度化	塩原肇
	1522	光技術を利用した大深度ボアホール用地震地殻変動観測装置の開発	新谷昌人
	1523	素粒子ミューオンを用いた火山透視技術の可用化プロジェクト	田中宏幸
	1524	日・米・NZ 国際協力によるスロースリップでのプレート境界面断層滑りメカニズムの解明	望月公廣
東京工業大学	1601	水蒸気爆発場の物理・化学状態の把握と火山流体の挙動	小川康雄
	1602	海底火山活動の評価手法開発に関する研究	野上健治
名古屋大学	1701	古文書解読による南海トラフ巨大歴史地震像の解明	山中佳子
	1702	地表地震断層および活断層の地表形状・変位量データにもとづく直下型大地震の規模・頻度予測手法の高度化—LiDAR 等の高解像度 DEM を用いた検討	鈴木康弘
	1703	南海トラフ域における巨大地震断層域の力学・変形特性の把握	山岡耕春
	1704	地震・津波被害に対する地域社会の脆弱性測定に基づくボトムアップ型コミュニティ防災・減災に関する文理融合的研究	室井研二
	1705	精密制御震源システムの標準化と、ボアホール・海域への設置に関する研究	山岡耕春
	1706	火山災害情報およびその伝達方法のあり方	山中佳子
京都大学理学研究科	1801	地震サイクルシミュレーションの高度化	平原和朗
	1802	水蒸気噴火後の火山活動推移予測のための総合的研究—御嶽・口永良部・阿蘇—	大倉敬宏
	1803	実観測データに基づく断層面の摩擦パラメータと地殻活動の状態推定のためのデータ同化手法の構築	宮崎真一
京都大学防災研究所	1901	史料の収集・翻刻・解析による過去の大地震および自然災害の調査	加納靖之
	1902	近代観測以降の大噴火時の観測データの整理と低頻度大規模噴火予知に寄与する情報の抽出	中道治久
	1903	プレート境界巨大地震の広帯域震源過程に関する研究	岩田知孝
	1904	南海トラフ巨大地震の予測高度化を目指したフィリピン海スラブ周辺域の構造研究	澁谷拓郎
	1905	日本列島変動の基本場解明:地殻とマントルにおける物性、温度、応力、流動—変形	飯尾能久
	1906	注水実験による内陸地震の震源断層の詳細な構造と回復過程の研究	西上欽也
	1907	横ずれ型の内陸地震発生物理モデルの構築	飯尾能久
	1908	桜島火山におけるマグマ活動発展過程の研究	井口正人
	1909	焼岳火山の噴火準備過程の研究	大見士朗
	1910	短スパン伸縮計等を活用した西南日本における短期的 SSE の観測解析手法の高度化	西村卓也
	1911	プレート境界巨大地震等の広帯域強震動予測に関する研究	関口春子
	1912	強震動によって発生する地すべり現象の発生ポテンシャル評価と事前予測手法の高度化	千木良雅弘
	1913	桜島火山におけるマグマ活動発展過程の研究—火山灰拡散即時予測	井口正人
	1914	桜島火山におけるマグマ活動発展過程の研究—地域との連携	井口正人

	1915	歴史記録の電子化	飯尾能久
鳥取大学	2001	自治体震度計を用いた地震速報の高度化	香川敬生
高知大学	2101	四国前弧域から中央構造線北方にかけての観測高度化による地震発生場の研究	大久保慎人
九州大学	2201	地震・火山相互作用下の内陸地震・火山噴火発生場解明およびモデル化の研究	松本聡
鹿児島大学	2301	海域と島嶼域における地震・地殻変動観測による南西諸島北部のプレート境界域テクトニクス観測研究	八木原寛
立命館大学	2401	南アフリカ金鉱山の地震発生場における応力・強度・ひずみ変化の現位置計測	小笠原宏
	2402	大規模地震・破壊に先行する極微小な前震活動の発生様式の特徴の解明	川方裕則
東海大学	2501	電磁気的地震先行現象の観測と統計評価による他種の先行現象との比較	長尾年恭
東京大学史料編纂所	2601	文献史料による歴史地震に関する情報の収集とデータベースの構築・公開	佐藤孝之
新潟大学	2701	日本海沿岸地域を中心とした地震・火山噴火災害関連史料の収集と分析	矢田俊文
	2702	過去の災害事例に基づく減災科学に係る研究	田村圭子
東京大学 大気海洋 研究所	2801	津波地震を励起する浅部プレート境界断層の実態解明と物性変動モニタリング	朴進午
	2802	地球物理・化学的探査による海底火山および海底熱水活動の調査	佐野有司
防災科学 技術研究 所	3001	巨大地震による潜在的ハザードの把握に関する研究	山下太
	3002	基盤地震観測等データのモニタリングによる地殻活動の理解と予測技術の開発	松澤孝紀
	3003	噴火予測システムの開発に関する研究	藤田英輔
	3004	基盤的地震・火山観測網の整備・維持及び超大容量の地震・火山観測データの効率的流通システムの構築	松原誠
	3005	火山活動把握のためのリモートセンシング観測・解析技術に関する研究	小澤拓
海洋研究 開発機構	4001	先端的掘削技術を活用した総合海洋掘削科学の推進	山田泰広
	4002	海域地震発生帯研究開発	小平秀一
産業技術 総合研究 所	5001	津波浸水履歴情報の整備	宍倉正展
	5002	活断層データベースの整備	吾妻崇
	5003	地質調査に基づく火山活動履歴調査とデータベース整備	石塚吉浩
	5004	海溝型巨大地震の履歴とメカニズム解明	宍倉正展
	5005	地震時変位量に基づく連動型古地震像復元手法の研究	近藤久雄
	5006	火山性流体と噴出物の解析に基づく噴火推移過程のモデル化	篠原宏志
	5007	地下水・地殻変動観測による地震予測精度の向上	松本則夫
	5008	高分解能地殻応力場の解明と造構造場の研究	今西和俊
	5009	アジア太平洋地域地震・火山ハザード情報整備	宝田晋治
国土地理 院	6001	内陸の地殻活動の発生・準備過程の解明	矢来博司
	6002	火山地域のマグマ供給系のモデリング	矢来博司
	6003	プレート境界面上の滑りと固着の時空間変化の広域的な把握	矢来博司
	6004	GNSSを用いた震源メカニズム即時推定技術の開発	矢来博司
	6005	GNSS連続観測(GEONET)	矢来博司
	6006	地形地殻変動観測	矢来博司
	6007	物理測地観測	矢来博司
	6008	宇宙測地技術による地殻変動監視	矢来博司
	6009	火山基本図・火山土地条件図整備	矢来博司
	6010	都市圏活断層図整備	矢来博司
	6011	地殻活動データベース整備・更新	矢来博司
	6012	GNSS観測・解析技術の高度化	矢来博司

	6013	SAR 観測・解析技術の高度化	矢来博司
気象庁	7001	火山現象に関する基礎データの蓄積と活用	井上和久
	7002	自己浮上式海底地震計観測による宮城県沖の地震活動	尾崎友亮
	7003	地殻変動観測による火山活動評価・予測の高度化に関する研究	山本哲也
	7004	火山活動に伴う地殻変動の把握及び評価	木村一洋
	7005	地球電磁気学的手法による火山活動監視の高度化	山崎明
	7006	地震活動・地殻変動監視の高度化に関する研究	小林昭夫
	7007	陸上電磁場観測における津波生成磁場の検知	山崎明
	7008	緊急地震速報の予測手法の高度化に関する研究	干場充之
	7009	海溝沿い巨大地震の地震像の即時的把握に関する研究	勝間田明男
	7010	大規模噴火時の火山現象の即時把握及び予測技術の高度化に関する研究	徳本哲男
	7011	津波の予測手法の高度化に関する研究	山本剛靖
	7012	地震・津波・火山防災情報の改善に係る知見・成果の共有	阿南恒明
	7013	火山活動の総合判断	宮村淳一
	7014	地震観測、地殻変動観測	尾崎友亮
	7015	潮位観測	中館明
	7016	地磁気精密観測	山際龍太郎
	7017	全国における火山観測の強化	宮村淳一
	7018	地殻活動・火山活動のための地磁気基準観測、全磁力精密観測のデータベース化	平原秀行
	7019	全国地震カタログの作成	上野寛
	7020	防災・減災に関する知識の普及啓発	阿南恒明
海上保安庁	8001	海底地殻変動観測	石川直史
	8002	海洋測地の推進	山田裕一
	8003	海域火山観測	新村拓郎
	8004	地殻変動監視観測	山田裕一
	8005	験潮	斎藤茂幸
	8006	海域における地形・活断層調査	福山一郎
奈良文化財研究所	9001	考古資料および文献資料から見た過去の地震・火山災害に関する情報の収集とデータベースの構築・公開	小池伸彦
北海道立総合研究機構	9101	日本海沿岸域における過去最大級津波の復元	川上源太郎
	9102	地球科学的総合調査による火山のモニタリングと熱水系のモデル化	高橋良
山梨県富士山科学研究所	9201	富士山における地下水観測	内山高
	9202	富士山の噴火事象系統樹の高精度化のための基礎研究	吉本充宏
公募研究	2932	蔵王山、五色岳活動期のマグマ進化過程解明に関する研究	伴雅雄
	2935	短波長不均質構造推定による地震動即時予測高度化へ向けた試験的研究	志藤あずさ
	2940	高頻度爆発的噴火履歴の摩周火山におけるマグマ供給系と噴火過程	和田恵治
	2941	富山県弥陀ヶ原火山・地獄谷内での高精度地形測量と水準測量による地盤変動と地表及び地中温度の計測モニタリング	楠本成寿
	2942	草津白根火山白根火砕丘群の完新世噴火履歴の解明	石崎泰男
	2943	地震先行 VLF 帯電磁波強度減少の統計的評価と発生メカニズムの解明	鴨川仁
	2945	古地震のウェブを目指して～GIS 機能をもったポータルサイトの構築	林晋
	2948	南アフリカ大深度金鉱山における 100m 級断層の強度直接推定	伊藤高敏
	2949	地球化学的観測手法を用いた箱根山等における熱水系の構造解明、地震活動評価、および火山ガスの化学的連続観測技術の高度化	大場武
	2901	宏観異常現象の検証-漁獲量と地震との関係を中心に-	織原義明

	2902	多種の地震活動度解析による大地震先行的地震活動変動の検知	上田誠也
	2903	明治前期における自治体からの地震・津波報告の研究—帝国大学理科大学の調査から—	蝦名裕一
拠点間連携共同研究	2975	巨大地震のリスク評価の精度向上に関する新パラダイムの構築	森田裕一 川瀬博
	2978	巨大地震の災害リスク評価のための震源モデルの構築	古村孝志
	2979	建造物の被害予測手法の高度化	川瀬博
	2981	緊急地震速報を利用した建物地震災害誘因のリアルタイム予測	倉田真宏
	2983	巨大災害想定のコミュニケーション戦略に関する研究	田中淳
	2985	詳細地盤構造と活動セグメントの新たな解釈に基づく歴史被害地震の断層モデル構築に関する研究	松島信一
	2987	実践的人材育成のための防災担当者研修プログラムに関する研究	吉本充宏
	2988	長周期地震動予測のための深部地盤構造モデル化手法の高度化に関する共同研究	山中浩明
	2990	巨大地震時における地盤増幅率の予測手法の高精度化	上田恭平
	2991	震源モデルに着目した巨大地震に伴う強震動予測の高度化	宮澤理稔
	2992	津波堆積物の広域年代対比に基づく北海道における17世紀の津波波源の高精度推定	後藤和久
	2993	被災者の心の復興 ～精神的苦痛の計量及びその時間推移モデルの構築～	岡田成幸
	2994	地震時の斜面災害軽減を目的とした地震波動伝播シミュレーションの利活用	土井一生
	2995	擬似雑音弾性波を用いた火山地下構造のリアルタイム観測方式の研究	棚田嘉博
	2996	南海トラフ巨大地震に対する山地斜面の崩壊危険度予測の高度化と減災のためのハザードマップ作成	齊藤隆志
2997	歴史資料に基づく海岸・河川地形の復元による災害研究手法の構築	蝦名裕一	