

研究プロファイルシート（中間評価）

研究課題名：B6 南海トラフ沿いのプレート間固着状態監視と津波地震の発生状況
即時把握に関する研究

（副課題1）南海トラフ沿いのプレート間固着状態監視技術の高度化

（副課題2）津波地震などに対応した即時的地震像把握手法の開発

研究期間：平成28年度～平成32年度

研究代表者：橋本 徹夫（地震津波研究部研究部長）

研究担当者：勝間田明男、小林昭夫、田中昌之、安藤忍、弘瀬冬樹、藤田健一、溜瀧功史、中田健嗣（以上、平成28～30年度）、前田憲二（平成28年度）、宮岡一樹（平成28～29年度）、西宮隆仁（平成29～30年度）、露木貴裕（平成30年度）、（以下、併任）上野寛、吉田康宏（以上、平成28～30年度）、森脇健、田中美穂（以上、平成28～29年度）、森田裕貴（平成28年度）、木村久夫、甲斐玲子、前田憲二（以上、平成29～30年度）、案浦理（平成29年度）、宮岡一樹、岩切一宏（以上、平成30年度）

1. 研究の背景・意義

（社会的背景・意義）

平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の発生を受け、広範囲で大規模な被害が懸念され、かつ切迫性が高い南海トラフの大規模地震についての評価及び地震対策の見直しが各機関において行われている。地震調査研究推進本部は、平成25年に「南海トラフの地震活動の長期評価」の改訂版（第二版）を公表し、その中で次の南海トラフの大地震の規模をM8～9クラスとし、今後30年の発生確率を60～70%と推定した。平成26年6月24日には「経済財政運営と改革の基本方針2014（骨太方針）」が閣議決定され、その中で平成26年3月に内閣府によりまとめられた「南海トラフ地震防災対策推進基本計画」を推進することとしている。この基本計画の中では、「津波に関する情報については、（中略）予測の精度向上について検討を進める」こと、東海・東南海・南海地域の「時間差発生等への対応」の必要性が指摘されている。また、「経済財政運営と改革の基本方針2015（骨太方針）（平成27年6月30日閣議決定）」には、南海トラフ巨大地震などの自然災害に対し、研究・人材育成を含め防災・減災の取組を推進することとしている。国土交通省では、平成26年に「国土交通省南海トラフ巨大地震対策計画〔第1版〕」を公表し、重点項目の一つとして緊急地震速報・津波警報等及び津波観測情報の迅速化・高精度化を挙げている。また、内閣府は平成25年に「南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性について」の報告書を公表した。その中で、「地震の規模や発生時期を高い確度で予測することは困難である」が、「観測

データの変化に基づいてプレート境界のすべり等の固着状態の変化が検知できれば、不確実性は伴うものの地震発生の危険性が相対的に高まっていることは言及できそうである」としている。地震調査研究推進本部は、平成 24 年 9 月に「新たな地震調査研究の推進について」、平成 26 年 8 月に「地震に関する総合的な調査観測計画～東日本大震災を踏まえて～」を発表した。これらの中で、「海溝型地震を対象とした地震発生予測の高精度化に関する調査観測の強化（プレート境界の状況を把握することが重要、調査観測から得られる成果を総合的に取り込んだモデルを構築することが重要）」を挙げている。平成 25 年に科学技術・学術審議会は「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」を文部科学大臣や国土交通大臣などに建議し、その中で「モニタリングによる地震活動予測」や「地震・火山噴火の災害誘因の即時予測手法の高度化」のための研究について推進することを提言している。平成 29 年 9 月の中央防災会議防災対策実行会議において、「南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応検討ワーキンググループ」の検討結果が報告された。その報告では、現在の科学的知見からは 2～3 日以内に発生するとの確度の高い地震の予測は困難であること、東海地震のみならず南海トラフ全体で大規模地震が切迫していることを指摘している。また、典型的なケースとして、(1)南海トラフの東側だけで大規模地震が発生、(2)M7 クラスの地震が発生、(3)先行現象を多種目観測、(4)プレート境界面でのすべりが発生をあげて検討した。これを受け気象庁では、平成 29 年 11 月から「南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会」を開催し、「南海トラフ地震に関連する情報」の発表を開始した。

（学術的背景・意義）

十数年前から高密度の GPS や高感度地震計の展開により、南海トラフ沿いでは深部低周波微動・地震（高感度地震計で観測できる微小な振動）を伴うプレート境界の短期的スロースリップ（ゆっくりすべり）、長期的スロースリップ等が観測されるようになってきた。これらはプレート間巨大地震の震源域となりうる固着域周辺で発生している現象であり、プレート間の固着状態に影響を及ぼす可能性が指摘されている。このため、東海地域だけではなく南海トラフ全体におけるプレート間固着状態の変化を地震活動、地殻変動の複数の観測手法を用いて検出し、地震サイクルの数値シミュレーションによってそれら変化が示す意味に対する理解を深めることが重要である。また、想定東海地震が現時点で発生していないことから、南海トラフ全体で大規模地震が発生する可能性について指摘されている。東海地域で巨大地震が発生した場合、想定東海地震なのか、東南海・南海地域も連動して地震が発生したのか、あるいは今後連動して地震が発生するか等を評価することは国の応急対策活動や復旧・復興活動にとって極めて重要である。このため、南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会、地震防災対策強化地域判定会や地震調査委員会等で、発生した巨大地震や今後の巨大地震の連動可能性についてすみやかに検討できるよう、震源域がどこまで及んでいるかを速やかに分析して提供できるようにする必要がある。さらに、過去の南海トラフ沿いの地震のうち 1605 年の慶長地震は、地震動被害に比べて津波被害が大きい「津波地震」であった可能性が指摘されている。平成 23 年の東北地方太平洋沖地震の発

生は、改めて地震の多様性を示す例となっており、津波地震に対しても対策が必要である。現在の気象庁の津波警報システムでは、巨大地震の発生時に規模を過小評価しない対策は取られているが、さらに適切な津波警報等を行うために津波地震の識別の信頼性向上と津波地震の定量的な規模推定を行う必要がある。

（気象業務での意義）

南海トラフ沿いにおける地震に関する観測体制の整備が法律（東南海・南海地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法（平成 14 年 7 月 26 日法律第 92 号））で求められており気象庁でも観測強化を進めている。平成 29 年 11 月からは気象庁による「南海トラフ地震に関連する情報」の発表が開始された。本研究課題は、南海トラフ沿いの震源域およびその深部延長域におけるプレート境界の固着状態の監視能力の向上を通じた地震直前の異常検知の早期化への寄与と、地震発生シミュレーションなどによる地震発生に至る過程の解明を通じた南海トラフ沿いの海溝型巨大地震の観測・監視業務への貢献を目的としている。

現在の気象庁の津波警報システムでは、巨大地震の発生時に規模を過小評価しない対策は取られているが、本研究課題の津波地震の識別の信頼性向上と津波地震の定量的な規模推定により期待される成果は、さらに適切な津波警報等に寄与する。

また、東海地域で地震が発生した場合、判定会では発生した地震が東海地震であるかどうかの判定を行う必要がある。評価検討会では今後連動して地震が発生するか等について評価を行う必要がある。本研究課題の地震の規模・震源域の広がりを実時に推定する手法はこの判定に寄与する。

2. 研究の目的

（全体）

切迫性の高い南海トラフの大規模地震に関連し、プレート境界におけるスロースリップ、プレスリップなど固着状態の変化を検出するための手法を高度化するとともに、観測された現象と大地震発生との関連性を理解し、地震発生前の的確な情報発信を可能とする。さらに、津波地震を含む巨大地震の多様な発生状況を想定した地震の規模・震源域の広がり等を迅速に把握するための手法を開発し、津波地震に対する津波警報の適切な発表や、東海・東南海・南海地域の時間差発生対応のための割れ残りの判定により、的確な災害対策に貢献する情報発信を可能とする。これらにより大地震、津波から国民の生命と財産を守る。

（副課題 1）

南海トラフの大規模地震に関連した、プレート間固着状態変化検出の手法向上と、観測現象の理解向上による地震発生前の的確な情報発信。

（副課題 2）

津波地震を含む大規模な地震発生の的確な把握による、地震発生後のよりの的確な防災情報発信。

3. 研究の目標

(全体)

南海トラフ沿いのプレート境界におけるスロースリップ、プレスリップなど固着状態の変化を検出するための手法を高度化するとともに、その物理的背景（固着域の状態変化）に関する説明能力の向上を図る。さらに、津波地震を含む巨大地震の多様な発生状況を想定した地震の規模・震源域の広がり等を迅速に把握するための手法を開発する。

(副課題1) 南海トラフ沿いのプレート間固着状態監視技術の高度化

1.1 プレート間固着状態のモニタ

1.1.1 衛星データ（干渉 SAR）による地殻変動検出手法の改良

プレート間の固着状態の変化による地殻変動を面的に詳細に把握するため、人工衛星リモートセンシング手法の一つである SAR 干渉解析手法の改良を行う。

1.1.2 スロースリップ変動源推定手法の高度化

プレート間のゆっくりしたすべり現象について、数か月から数年間継続する長期的スロースリップによる地殻変動をひずみ計、GNSS 等を用いて客観的に検出するなど、すべり現象の検出手法、変動源を推定する手法の改良を行う。

1.2 地震発生の数値シミュレーションによる固着状態推定

観測された固着状態の変化の物理的背景の理解を進めるとともに、プレスリップにつながるなど将来の大地震の発生に結びつく可能性について評価する手法を開発する。

(副課題2) 津波地震などに対応した即時的地震像把握手法の開発

2.1 津波地震等の検出手法の開発

津波地震や海底地すべりの発生を検知し、津波予測に用いるための規模等を推定するための手法を開発する。

2.2 余震活動の即時把握の高度化

発生した地震の震源域の広がり把握や、余震発生予測等に寄与するため、地震発生直後の余震の発生状況について即時に把握する手法を改良する。

2.3 地震断層のすべり分布推定手法の高度化

津波予測や連動発生地震の監視に寄与するため、発生した地震のすべり分布を迅速に推定するための手法を改良する。

4. 研究の現状

(1) 進捗状況

ほぼ計画通り進捗している。

(2) これまで得られた成果の概要

(全体)

副課題1のプレート間固着状態監視として、GNSS やひずみ、傾斜データを用いたスロースリップ、地震波形を用いた低周波微動検出の研究などが進展した。また、地震発生シミュレーションにより、南海トラフ沿い巨大地震の発生パターンを再現するモデルの構築が進んだ。副課題2の津波地震関係については、スロー地震タイ

プ、山体崩壊、海底地すべりについてそれぞれ調査が進んだ。余震活動把握のための自動震源決定については、運用が開始された自動震源決定手法の問題点について改良を行った。断層すべり分布推定については、遠地地震波を用いた自動解析手法を改良した。

(副課題 1) 南海トラフ沿いのプレート間固着状態監視技術の高度化

(1.1) プレート間固着状態

- 中国地方を領域固定した GNSS 日値を用い、フィリピン海プレートの沈み込みと逆方向の成分について、南海トラフのプレート等深線 25km および 30 km 沿いに並べた地点を中心とする一定範囲内の平均を求め、1 年および 1 週間の傾斜期間を持つランプ関数との相関を取ることで、南海トラフ沿いの長期的 (1 年から数年程度の継続期間) および短期的 (数日から 1 週間程度の継続時間) スロースリップの客観的な時空間分布を得る手法を開発した。これにより、2000~2002 年の紀伊水道長期的スロースリップの存在を新たに指摘し、すべり分布を推定した。また、2017 年後半からの志摩半島付近の小規模な長期的スロースリップを検出した。
- GNSS 日値の解析から、2014 年半ばから始まった紀伊水道における長期的スロースリップが 2017 年まで継続し、その規模が 2017 年 1 月時点で Mw6.7 相当であることを明らかにした。
- ひずみ計データのスタッキング解析を行い、2013 年から継続している東海地域のゆっくりすべりのモーメント解放の時間変化を求めた。このとき、ひずみ計設置後の緩和的なトレンド変化を補正した解析を行い、良好な結果が得られた。
- やや長期間のひずみデータを用いたスタッキングにより、東海地域の短期的スロースリップの時空間分布を明らかにした。
- ひずみデータを用い、グリッドサーチと SCE-UA 法を組み合わせ、南海トラフ沿いの短期的スロースリップの矩形断層を推定する手法を開発した。
- 防災科研の傾斜データの各種補正作業を進め、傾斜データを追加した場合のスタッキングによる短期的スロースリップ検知能力の調査を行い、検知能力の改善が図られることがわかった。
- 防災科研の傾斜データを短期的スロースリップのすべり位置推定に用いることができるようプログラムの改善を進めた。
- 海底観測システムである DONET の 2015 年 9 月から 2016 年 4 月までの連続地震記録をエンベロープ相関法により解析し、南海トラフの島弧側において浅部低周波微動が発生していることがわかった。微動は 2015 年 10 月と 2016 年 4 月に発生しており、深部の微動活動と同様に地震動によるトリガ現象が見られた。
- エンベロープ相関法により DONET2 の解析を行い、2018 年 3 月以降、断続的に四国地方南東沖から紀伊半島南方沖で浅部低周波微動活動が活発なことを示した。
- 2014 年 7 月~2014 年 12 月までの連続地震波形を用いて、西南日本の南海トラフ沿いの深部低周波地震活動に Matched Filter (MF) 法を適用してイベントの検出を行った。その結果、5188 個のイベントを検出し、3744 個の震源を決定した。イベント検出の際の誤検出率は約 4.0%と低い値であるにも関わらず、MF 法で決定した震源数是一元化震源カタログに掲載されている同期間、同領域の深部低周波地震数の約 2 倍となった。
- SAR 衛星 ALOS-1 のデータを用いた時系列解析により、御前崎、潮岬、室戸岬、足摺岬周辺の定常的な地殻変動の検出を行い、面的に詳細でスムーズな地殻変動分布が得られた。
- 年平均潮位に日本沿岸の海水位の長期変化傾向を補正して、長期間の地殻上下変

動を推定した。各地点の最近の上下変動速度は GNSS とほぼ一致し、串本では 1925～1942 年に年平均 3mm 強の沈降速度が推定された。

- ・東海大学と共同で、駿河湾における海底地震計観測を行った。
- ・京都大学と共同で、南海トラフ軸付近の海底水圧計観測を行った。

(1.2) 地震発生シミュレーション

- ・南海トラフ沿いの巨大地震シミュレーションにおいて、巨大地震の発生履歴、比較的よくわかっている昭和東南海・南海地震のすべり分布、最新のすべり欠損レート分布、そして繰り返す長期的スロースリップを再現するモデルを構築した。各地震のすべり分布は概ね再現しているが、宝永→安政→昭和の発生順は再現できていない。
- ・2016 年 4 月に紀伊半島南東沖で発生したような M6 クラスの地震が南海トラフ巨大地震に与える影響について数値モデルを用いて調査した。低角・M6.5 の地震を仮定した場合、サイクル終盤に擾乱を投入すると擾乱の半年～1 年以内に巨大地震を誘発し、規模は若干小さくなった。その他の場合は、巨大地震にはほとんど影響を与えない。
- ・飯作家文書の中の「大地震富士山焼之事覚書」の原本を確認し、全文を翻刻した。この史料の観測地は『新収日本地震史料』に記された静岡市ではなく、富士本宮浅間社のあった富士宮市と考えられる。この史料は富士本宮浅間社および富士宮市の宝永地震被害、富士宮市から見た宝永噴火、地震被害からの復興に関する史料として、現存知られているものの中では最も完全なもの、かつ、古い時代に記されたものと考えられる。

(副課題 2) 津波地震などに対応した即時的地震像把握手法の開発

(2.1) 津波地震等

- ・スロー地震タイプの津波地震の規模を即時かつ適正に推定する予備調査として、より長周期成分に基づいて規模を推定するよう、変位を積分した波形の振幅を用い、日本付近の M6.5 以上の地震について地震の規模と変位積分振幅との間に関係があることがわかった。
- ・遠地実体波のスペクトル解析から、スロー地震タイプの津波地震の特徴抽出を行った。それに基づき、通常の高周波型地震とのスペクトルレベルの比較から、世界各地で発生したスロー地震タイプの津波地震が日本近海で発生した場合を仮定し、気象庁マグニチュードの推定値は 7 程度にとどまり、震度はモーメントマグニチュードが同程度の通常の高周波型地震に比べて 2 段階ほど低くなる結果が得られた。
- ・1998 年パプアニューギニアの地震発生 10 分後の海底地すべりにより津波が発生したとみられる事例について、地すべりによる地震波の励起の理論計算を行い、地震発生後間もない地震計記録からでは地すべり現象が検知困難であることが推定された。
- ・山体崩壊による津波について、崩壊後の地形を与えた上で崩落させた土砂の移動を計算し、その結果に基づいて津波を計算する手法について検討を行った。この手法を歴史津波観測高の得られている 1741 年渡島大島及び 1792 年雲仙眉山の事例に適用し、概ね妥当な予測結果を得た。更に、同手法を過去に山体崩壊を起こしたことがある富士山に適用して、事前評価法としての問題点の検討を行った。
- ・単独観測で得られる地震動データから、津波来襲の可能性の検知が可能であるかどうか調査した。想定したセンサーは安価な MEMS 加速度センサーであり、加速

度記録を積分して得られる 20 秒周期の変位を用いた。比較的最近発生した M8 クラス以上の地震のデータを用いて、観測点近傍における M8 クラスの地震の発生が、誤検知はある程度含まれるものの識別可能である。

(2.2) 自動震源決定

- 2016 年 4 月に運用開始した自動震源決定手法（PF 法）の改良を行い、震源出力条件の見直し、複数の地震が発生した場合には振幅の大きいイベントから処理を行うこと、及び走時残差が大きな相を削除する等の改良を行った。その結果、島嶼部及び地震多発時における震源決定性能を向上させた。さらに、ベイズ推定における事前確率を改良することにより、計算結果に変化を与えずに解の収束速度をわずかではあるが向上できた。
- 波形相関を用いた自動震源の識別手法を開発し、平成 28 年（2016 年）熊本地震の自動処理結果（35,921 個）に適用した。その結果、58%に相当する 20,970 個の地震が目視確認した震源と同等の精度であり、目視に寄らず精度の高い震源を抽出できた。
- 自動震源決定に海底地震計の処理を導入した場合にエアガンイベントを大量に検出し、処理に時間がかかったことから、PF 法の改良を行い、海底地震計のみで検出するようなエアガンイベントを抑制するプログラム改修及びチューニングを行った。
- 2016 年 4 月から 2017 年 12 月までの気象庁に導入された PF 法自動震源の処理結果を評価し、その導入前後で一元化震源カタログのイベント数が 2 倍となり、東北地方では検出下限が最大 M1 程度低下したことを示した。また、導入によって震源カタログに系統的な差が生じていないことを確認した。

(2.3) 断層すべり分布推定

- 解析結果の公表までに時間を要していた遠地実体波震源過程解析の迅速化のため、サンプリング間隔・基底関数の数等を最適化し、比較的短い処理時間で安定して解が得られるように自動解析プログラムを改良した。
- 2011 年 (M6.1) と 2016 年 (M6.3) に茨城県北部において発生した 2 地震の震源過程を推定した。余震分布から、これらの 2 地震は全く同じ断層面の活動として解析した。震源過程解析から、2 地震は共通の断層面の活動ではあったが、すべりが大きかった領域は重なりあってはいないとみられる。
- 2016 年 4 月 14 日と 4 月 16 日の熊本地震の震源過程解析、干渉 SAR 解析を行い、震源過程解析で推定されたすべり分布をもとにした地殻変動が干渉 SAR 解析結果と整合することを確認した。
- 国内外で発生した規模の大きな地震に伴う地殻変動について干渉 SAR 解析を行った。このうち、イタリア中部で発生した地震とフィリピンレイテ島で発生した地震については、震源過程解析から得られたすべり分布との比較を行い、矩形断層モデルの推定を行った。

(3) 当初計画からの変更点（研究手法の変更点等）

干渉 SAR については、気象庁数値モデルの変更があったため、気象補正を後年度に回し、時系列解析を先に実施した。

(4) 成果の他の研究への波及状況

ここで検討した内容や開発した手法は、重点研究 B2「地震活動・地殻変動監視の高度化に関する研究」、B5「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」において活用されている。

(5) 事前評価の結果の研究への反映状況

指摘は以下の 3 点。

- ・ B2、B3 との連携：B2「地震活動・地殻変動監視の高度化に関する研究」において開発された地殻変動検出手法を B6（本課題）で取り入れて、副課題 1 に関わる解析を行っている。B6 の自動震源決定手法により得られた即時・多数の震源データを用いて、B2 の地震活動評価に関するツールが開発されている。また、B3「津波の予測手法の高度化に関する研究」において検討が進められてきた津波計算法は副課題 2 の津波計算に用いている。
- ・ 1945 年三河地震など誘発地震や余震の予測：誘発地震の予測自体は未だに困難であるが、地震発生シミュレーション手法を用いて、規模の大きな地震相互の影響評価を行えるようにし、2016 年 4 月に三重県南東において発生した地震(M6.5)に適用し、南海トラフ沿いの巨大地震との関連性の評価を行った。
- ・ 1605 年慶長地震に関する知見：これまでのところ慶長地震に関する新たな知見は得られていないが、歴史史料を用いた研究も取り入れて過去の大規模地震の情報収集に努めている。また、近年日本近海で発生していない津波地震については、世界各地で発生した津波地震の地震データを解析し、日本近海で発生した場合の津波予測上の問題点の検討を進めている。

5. 今後の研究の進め方

おおむね計画通り進捗しているが、干渉 SAR については研究期間前半に予定されていた気象補正を今後行う。その他の課題についても計画に沿って研究を進める。また、2017 年 11 月から気象庁より「南海トラフ地震に関連する情報」の発表が開始され、一層南海トラフ地震関連の研究の重要性が高まっている。内閣府が想定した 4 つのケース発生を念頭に、国による情報発表に寄与できるよう今後の研究を進める。

6. 自己点検

(1) 到達目標に対する進捗度

おおむね計画通り進捗している。

(2) 到達目標の設定の妥当性

これまでのところ、計画した研究は順調に進んでおり、目標は妥当であったと考える。

(3) 研究の効率性（実施体制、研究手法等）について

研究担当者で定期的に打ち合わせ、研究手法について確認するなど、相互の研究がスムーズに進むようにしている。また、併任を含む本庁担当者とも適宜打ち合わせを行い、研究の進捗状況や要望を共有している。以下の共同研究を実施し、各研

究機関との連携により研究を進めている。

共同研究

- ・東海大学「プレート境界の海底地震活動に関する共同研究」（副課題 1.1 駿河湾における海底地震観測関連）
- ・国土地理院「GNSS データと地震計データを用いた断層すべり推定に関する研究」（副課題 2.1 地震像即時把握関連）
- ・京都大学・東北大学「南海トラフ沈み込み帯におけるゆっくりすべりに関する共同研究」（副課題 1.1 スロースリップ関連）
- ・防災科学技術研究所「傾斜・ひずみデータを活用したスロー地震解析等に関する研究」（副課題 1.1 スロースリップ関連）
- ・東京大学地震研究所共同研究「新世代合成開口レーダーを用いた地表変動研究」（副課題 1.1 干渉 SAR 関連）
- ・東京大学地震研究所共同研究「『みんなで翻刻』ソフトを用いた地震研究所所蔵地震史料の調査・研究」（副課題 1.2 古文書関連）
- ・宇宙航空研究開発機構共同研究「干渉 SAR 手法を用いたプレート間固着による定常的な地殻変動の検出」（副課題 1.1 干渉 SAR 関連）

（４）成果の施策への活用・学術的意義

研究成果は、以下のように気象庁業務への活用、各種会議への報告がなされている。

（共通）

- ・第 211 回地震予知連絡会（2016 年 05 月 18 日）において、平成 28 年（2016 年）熊本地震に関する資料（干渉 SAR、近地震源過程解析、余震解析）を提出した。

（1.1）プレート間固着状態

- ・南海トラフ沿い深部低周波地震の処理に、2018 年 3 月 22 日から Matched Filter 法が導入された。
- ・南海トラフ沿いの浅部低周波地震の処理にエンベロープ相関法を適用し、自動的に解析を行うモニタリング環境を構築した。処理結果は 2018 年 4 月以降の南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会及び地震防災対策強化地域判定会に定期的に提出している。
- ・第 363 回地震防災対策強化地域判定会（2016 年 7 月 25 日）において、ひずみ計データのスタッキング解析から、2013 年から継続している長期的ゆっくりすべりが鈍化していることを報告した。
- ・第 368 回地震防災対策強化地域判定会（2017 年 1 月 30 日）において、南海トラフ沿い長期的スロースリップの客観的検知について報告した。
- ・第 302 回地震調査委員会（2017 年 3 月 9 日）において、南海トラフ沿い長期的スロースリップの客観的検知について報告した。
- ・第 378 回地震防災対策強化地域判定会（2017 年 10 月 30 日）において、南海トラフ沿いの短期的スロースリップの客観的検知について報告した。
- ・GNSS 日値を用いた南海トラフ沿い長期的スロースリップ客観検知に関する資料を 2018 年 2 月から定期的に地震防災対策強化地域判定会、地震予知連絡会に

提出している。

(1.2) 地震発生シミュレーション

- ・第360回地震防災対策強化地域判定会（2016年4月25日）において、2016年4月に紀伊半島南東沖で発生したようなM6クラスの地震が南海トラフ巨大地震に与える影響について報告した。
- ・第211回地震予知連絡会（2016年05月18日）において、2016年4月1日の三重県南東沖の地震に関する資料（地殻変動、数値シミュレーション）を提出した。

(2.1) 津波地震等

- ・第15回津波予測技術に関する勉強会（2018年2月21日）において、スロー地震及び地滑りなどによる津波の予測技術に関する報告を行った。

(2.2) 自動震源決定

- ・新たな自動震源決定手法が2016年4月1日から気象庁の地域地震情報センターデータ処理システム(RED3)に導入された。また、改良版が2017年3月22日から運用開始された。
- ・波形相関による自動震源分類処理を気象庁に提供し、2016年熊本地震の余震処理に活用された（2016年12月）。

(2.3) 断層すべり分布推定

- ・遠地実体波震源過程解析の準自動解析プログラムを気象庁の計算機環境に構築し、担当者が使用できるようにした（2016年8月25日）。

(5) 総合評価

副課題1では各種データを用いたスロースリップ、低周波微動検出の研究、南海トラフ巨大地震の発生パターンを再現する地震発生シミュレーション研究などが進捗し、副課題2では、津波地震の調査、自動震源決定、すべり分布推定手法の改良などが進んだ。現時点で研究は順調に進捗しており、成果が蓄積されている。

7. 参考資料

7.1 研究成果リスト

(1) 査読論文：

1. Katsumata, A., Y. Hayashi, K. Miyaoka, H. Tsushima, T. Baba, P. A. Catalán, C. Zelaya, F. R. Vasquez, R. Sanchez-Olavarria, and S. Barrientos, 2017: Stand-alone tsunami alarm equipment. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 17, 685-692.
2. Annoura, S., T. Hashimoto, N. Kamaya, and A. Katsumata, 2017: Shallow episodic tremor near the Nankai trough axis off southeast Mie prefecture, Japan. *Geophysical Research Letters*, 44.
3. Kobayashi, A., 2017: Objective detection of long-term slow slip events along the Nankai Trough using GNSS data (1996-2016). *Earth, Planets and Space*, 69, 171.

4. 露木貴裕, 長谷川浩, 近澤心, 木村久夫, 棚田理絵, 沼野あかね, 2017: 新しい地震活動等総合監視システム (EPOS) における地殻変動監視手法の改善. 験震時報 (論文), 81.
5. 溜渕功史, 2017: 波形相関による自動震源分類の効率化. 験震時報 (論文), 81, 6.
6. 田中美穂, 岩切一宏, 2017: 2つの茨城県北部の地震 (MJMA6.1, MJMA6.3) の震源過程と破壊域の比較. 験震時報 (論文), 81.
7. 森脇健, 2017: Matched Filter 法を用いた西南日本の深部低周波地震の自動検出. 験震時報 (論文), 81.
8. 中田健嗣, 小林昭夫, 平田賢治, 対馬弘晃, 山崎明, 勝間田明男, 前田憲二, 馬場久紀, 一ノ瀬里美, 牛田堯, 石原昂典, 稲村嘉津也, 蓮澤豪, 2017: 自己浮上式海底地震計観測によって推定された紀伊半島南方の南海トラフ軸南側の地震活動. 地震, 69, 59-68.
9. Tamaribuchi, K., Y. Yagi, B. Enescu, and S. Hirano, 2018: Characteristics of foreshock activity inferred from the JMA earthquake catalog. Earth, Planets and Space, 70, 90.
10. 小林昭夫, 弘瀬冬樹, 堀川晴央, 平田賢治, 中西一郎, 2018: 1707 年宝永地震と富士山宝永噴火に関する一史料 ——飯作家「大地震富士山焼之事覚書」の調査と翻刻——. 地震, 70, 221-231.

(2) 査読論文以外の著作物 (翻訳、著書、解説等):

1. 弘瀬冬樹, 前田憲二, 藤田健一, 2016: 紀伊半島南東沖の地震 (2016 年 4 月 1 日, M6.5) による南海トラフ大地震に対する影響. 地震予知連絡会会報, 96, 311-316.
2. 気象庁, 気象研究所, 2016: 平成 28 年 (2016 年) 熊本地震. 地震予知連絡会会報, 96, 492-556.
3. 気象庁, 2017: 世界の地震活動 (2016 年 5 月~10 月). 地震予知連絡会会報, 97, 478-504.
4. 気象庁, 気象研究所, 2017: 2016 年 10 月 21 日 鳥取県中部の地震. 地震予知連絡会会報, 97, 323-350.
5. 気象庁, 気象研究所, 2017: 東海・南関東地域におけるひずみ観測結果 (2016 年 5 月~10 月). 地震予知連絡会会報, 97, 222-241.

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等:

1. Akio Katsumata, Kenji Nakata, Masayuki Tanaka, Kenichi Fujita, Kouji Tamaribuchi, Takahito Nishimiya, and Akio Kobayashi, Rapid magnitude estimation of tsunami earthquakes and detectability of submarine landslide by seismic record, French-Japanese Week on Disaster Risk Reduction, 2017 年 10 月, 東京都
2. 溜渕功史, Automatic hypocenter determination for the Seismological Bulletin of Japan using Bayesian estimation and its applications, Joint

Scientific Assembly of the International Association of Geodesy and the International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior 2017, 2017 年 7 月, 兵庫県神戸市

・国内の会議・学会等：

1. 溜瀧功史, ベイズ推定を用いた自動震源決定の高度化 ―事前確率の改良―, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「地震のリアルタイムモニタリングと情報の利活用」, 2016 年 11 月, 東京都文京区
2. 勝間田明男, 船明レーザーひずみ計の性能評価と GNSS・ボアホール多成分歪計の観測能力, 高精度ひずみ観測ネットワークによる地殻活動モニター研究集会, 2016 年 11 月, 富山県富山市
3. 一ノ瀬里美, 花村憲亨, 馬場久紀, 中田健嗣, 平田賢治, 山崎明, 小林昭夫, 勝間田明男, 対馬弘晃, 前田憲二, 自己浮上式海底地震計 (OBS) を用いた駿河湾での連続地震観測について, 海洋理工学会平成 28 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 京都府京都市
4. 溜瀧功史, 弘瀬冬樹, 自動震源を活用した地震活動の統計的特徴即時把握の試み, 第 7 回研究集会”日本における地震発生予測検証実験(CSEP-Japan)”, 2016 年 10 月, 東京都文京区
5. 溜瀧功史, 波形相関による自動震源の分類, 日本地震学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 愛知県名古屋市
6. 中田健嗣, 藤田健一, 吉田康宏, 林豊, 対馬弘晃, 勝間田明男, 震源過程解析によるすべり分布を用いた 2016 年 11 月福島県沖の地震の津波数値解析, 第 7 回巨大津波災害に関する合同研究集会, 2017 年 12 月, 宮城県仙台市
7. 板場智史, 案浦理, 橋本徹夫, 鎌谷紀子, 勝間田明男, 紀伊半島沖における浅部 SSE, 日本地震学会 2017 年度秋季大会, 2017 年 10 月, 鹿児島県鹿児島市
8. 溜瀧功史, 八木勇治, 自動処理を活用した一元化震源から推定された前震・余震活動の特徴抽出, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 2017 年 5 月, 千葉県
9. 勝間田明男, 中田健嗣, 藤田健一, 田中昌之, 溜瀧功史, 弘瀬冬樹, 小林昭夫, 津波地震対策について, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会, 2017 年 5 月, 千葉県千葉市
10. 溜瀧功史, 熊本地震 ～地震発生状況の即時把握技術の開発～, 平成 28 年度気象研究所研究成果発表会, 2017 年 2 月, 東京都千代田区
11. 橋本徹夫, 案浦理, 池田雅也, 前田憲二, 武田清史, 岩村公太, 横田崇, 大規模地震の連動と大きな前震を伴う大規模地震の発生数について(2), 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 2018 年 5 月, 千葉県千葉市
12. 西宮隆仁, 勝間田明男, スペクトル解析を用いた津波地震 (スロー地震) の震度及び気象庁マグニチュードの考察, JpGU meeting 2018, 2018 年 5 月, 千葉県
13. 溜瀧功史, 中川茂樹, 大規模連続地震波形データ解析システムの活用例: 自動震源決定による東北地方太平洋沖地震前後の震源の再解析, データ流通ワークショップ, 2018 年 3 月, 東京都文京区
14. 勝間田 明男, 海溝沿い巨大地震の地震像の即時的把握に関する研究, 東北

地方太平洋沖地震総合研究グループ研究集会，2018 年 3 月，東京都

15. 溜渕功史，地震波リアルタイムモニタリングによる大地震発生後の余震活動等の即時予測の試み，東京大学地震研究所共同利用研究集会「地震のリアルタイムモニタリングと予測情報の利活用」，2018 年 1 月，東京都文京区

イ．ポスター発表

・国際的な会議・学会等：

1. Kazuki Miyaoka, Takahiro Tsuyuki, Hisao Kimura, Real-time slow slip monitoring with the Geodetic Data Stacking (GDS) method, IAG-IASPEI Joint Scientific Assembly 2017, 2017 年 8 月，兵庫県神戸市

2. Satoshi Itaba, Satoshi Annoura, Tetsuo Hashimoto, Noriko Kamaya, and Akio Katsumata, Shallow Slow Slip Event Off the Kii Peninsula, Japan, IAG-IASPEI 2017, 2017 年 8 月，兵庫県神戸市

3. Katsumata, A., Fast hypocenter determination with a 3D velocity model and its implication for seismicity monitoring, Joint Scientific Assembly of the International Association of Geodesy and the International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior 2017, 2017 年 8 月，兵庫県神戸市

・国内の会議・学会等：

1. 花村憲享，一ノ瀬里美，馬場久紀，中田健嗣，小林昭夫，浅原里美，茂木伸治，自己浮上式海底地震計の回収支援に向けた小型衛星通信端末の搭載実験について，海洋理工学会平成 28 年度秋季大会，2016 年 10 月，京都府京都市

2. 宮岡一樹、木村久夫，東海地域の長期的ゆっくりすべりの推移 ～やや鈍化傾向か～，日本地震学会 2016 年度秋季大会，2016 年 10 月，愛知県名古屋市

3. 中田健嗣・勝間田明男・小林昭夫，1741 年渡島大島の津波への簡易予測式の適用性について，日本地震学会 2016 年度秋季大会，2016 年 10 月，愛知県名古屋市

4. 小林昭夫，木村一洋，南海トラフ沿い長期的スロースリップの客観的検知，日本地震学会 2016 年度秋季大会，2016 年 10 月，愛知県名古屋市

5. 勝間田 明男，速度構造の震源決定位置への影響について，日本地震学会 2016 年度秋季大会，2016 年 10 月，愛知県名古屋市

6. 溜渕功史，自動震源を活用した地震活動の統計的特徴即時把握の試み，日本地震学会 2016 年度秋季大会，2016 年 10 月，愛知県名古屋市

7. 安藤忍，奥山哲，勝間田明男，藤田健一，溜渕功史，ALOS-2/PALSAR-2 による平成 28 年（2016 年）熊本地震の解析，日本地球惑星科学連合 2016 年大会，2016 年 5 月，千葉県千葉市

8. 勝間田明男，藤田健一，溜渕功史，安藤忍，平成 28 年（2016 年）熊本地震の震源分布と震源過程について，JpGU meeting 2016，2016 年 5 月，千葉県

9. 藤田健一，勝間田明男，迫田浩司，遠地実体波震源過程解析によるすべり分布と震源の様々な特徴との関係性，日本地球惑星科学連合 2016 年大会，2016 年 5 月，千葉県千葉市

10. 中田健嗣，小林昭夫，木村一洋，馬場久紀，長岡優，対馬弘晃，勝間田明男，

前田 憲二，自己浮上式海底地震計の観測による小笠原諸島周辺の震源決定精度向上について，日本地球惑星科学連合 2016 年大会，2016 年 5 月，千葉県千葉市

11. 勝間田明男，中田健嗣，藤田健一，田中昌之，小林昭夫，吉田康宏 2，1998 年パプアニューギニア津波を起こした海底地すべりは地震計で検知可能か？，日本地球惑星科学連合 2016 年大会，2016 年 5 月，千葉県千葉市

12. 勝間田明男，林豊，宮岡一樹，対馬弘晃，馬場俊孝，津波警報器の試作(3)，日本地球惑星科学連合 2016 年大会，2016 年 5 月，千葉県千葉市

13. 案浦理，橋本徹夫，鎌谷紀子，勝間田明男，Episodic shallow tremor off southeast Mie prefecture and its monitoring，日本地球惑星科学連合 2017 年大会，2017 年 5 月，千葉県千葉市

14. 宮岡一樹，勝間田明男，上野寛，川元智司，檜山洋平，W-phase analysis by using real-time GNSS 1Hz data，JpGU meeting 2017，2017 年 5 月，千葉県

15. 宮岡一樹，木村久夫，甲斐玲子，東海～東南海地域における短期的ゆっくりすべりの 時間的推移とすべり量分布，日本地震学会 2017 年度秋季大会，2017 年 10 月，鹿児島県鹿児島市

16. 弘瀬冬樹，前田憲二，藤田健一，小林昭夫，南海トラフ沿い巨大地震のシミュレーションモデルの高度化，日本地震学会 2017 年度秋季大会，2017 年 10 月，鹿児島県鹿児島市

17. 田中昌之，勝間田明男，津波地震（スロー地震）規模推定手法の検討，日本地震学会 2017 年度秋季大会，2017 年 10 月，鹿児島県鹿児島市

18. 溜瀧功史，一元化震源のための自動震源推定手法—2016 年熊本地震を受けた改良，日本地震学会 2017 年度秋季大会，2017 年 10 月，鹿児島県鹿児島市

19. 勝間田明男，速度構造の震源決定位置への影響について(2)，日本地震学会 2017 年度秋季大会，2017 年 10 月，鹿児島県鹿児島市

20. 安藤忍，奥山哲，InSAR 解析によるフィリピンレイテ島で発生した M6.5 地震に伴う地殻変動，日本測地学会第 128 回講演会，2017 年 10 月，岐阜県瑞浪市

21. 中田 健嗣、小林 昭夫、勝間田 明男、弘瀬 冬樹、馬場 久紀、木村 一洋、長岡 優、対馬 弘晃、前田 憲二，小笠原周辺海域の自己浮上式海底地震計の観測で得られた、二重深発地震面と考えられる震源分布について，JpGU-AGU Joint Meeting 2017，2017 年 5 月，千葉県千葉市

22. 中田健嗣，藤田健一、吉田康宏、林豊、対馬弘晃、勝間田明男，震源過程解析のすべり分布を使用した、2016 年 11 月福島県沖の地震の津波解析，JpGU-AGU Joint Meeting 2017，2017 年 5 月，千葉県千葉市

23. 安藤忍，ALOS-2/PALSAR-2 で検出された 2016 年にイタリアで発生した地震の地殻変動，JpGU-AGU Joint Meeting 2017，2017 年 5 月，千葉県

24. 小林昭夫，南海トラフ沿い短期的スロースリップの客観的検知，日本地球惑星科学連合 2017 年大会，2017 年 5 月，千葉県千葉市

25. 藤田健一，勝間田明男，岩切一宏，田中美穂，断層すべり分布のスケーリング則に基づいた自動遠地実体波震源過程解析から得られるすべり量分布，日本地球惑星科学連合 2017 年大会，2017 年 5 月，千葉県千葉市

26. 弘瀬冬樹, 前田憲二, 藤田健一, 小林昭夫, 南海トラフ沿い巨大地震のシミュレーション: 不均質なすべり欠損レート分布と昭和東南海・南海地震のすべり分布の再現の試み, JpGU meeting 2017, 2017 年 5 月, 千葉県
27. 花村 憲享, 中田 健嗣, 馬場 久紀, 木村 一洋, 長岡 優, 小笠原地域の地震火山活動ーOBS を用いた西之島の地震観測ー, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 2018 年 5 月, 千葉県千葉市
28. 中田 健嗣, 勝間田 明男, 山体崩壊による津波の想定事例の検討, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 2018 年 5 月, 千葉県千葉市
29. 勝間田 明男, 中田 健嗣, 藤田 健一, 田中 昌之, 西宮 隆仁, 小林 昭夫, 吉田 康宏, 1998 年パプアニューギニア津波を起こした海底地すべりは地震計で検知可能か?(2), 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 2018 年 5 月, 千葉県千葉市
30. 田中昌之, 勝間田明男, 津波地震(スロー地震)規模推定手法の検討(2), 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 2018 年 5 月, 千葉県千葉市
31. 溜渕功史, 中川茂樹, PF 法自動震源決定による 2011 年東北地方太平洋沖地震前後の震源の再解析, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 2018 年 5 月, 千葉県千葉市
32. 安藤忍、小林昭夫, InSAR 時系列解析による御前崎、潮岬、室戸岬、足摺岬周辺の定常的な地殻変動, JpGU meeting 2018, 2018 年 5 月, 千葉県
33. 小林昭夫, 2017 年後半からの志摩半島長期的スロースリップの可能性, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 2018 年 5 月, 千葉県千葉市

(4) 投稿予定論文

- Tamaribuchi K., Evaluation of automatic hypocenter determination in the JMA unified catalog, Earth Planets, and Space (submitted).
- Katsumata, A., Y. Yoshida, K. Nakata, K. Fujita, M. Tanaka, K. Tamaribuchi, T. Nishimiya, and A. Kobayashi, Detectability of seismic waves from the assumed landslide of the 1998 Papua New Guinea tsunami, NHES, (投稿準備中).
- Nakata, K., A. Kobayashi, A. Katsumata, F. Hirose, T. Nishimiya, K. Kimura, H. Tsushima, K. Maeda, H. Baba, N. Hanamura, C. Yamada, M. Kanezashi, Double seismic zone and seismicity in mantle wedge beneath the Ogasawara Islands identified by ocean bottom seismometer observation, Earth Planets Space, (投稿準備中).
- 藤田健一, 勝間田明男, 遠地実体波震源過程解析の自動解析手法についてー断層すべり分布のスケーリング則を用いた最適パラメータの自動設定ー, 地震 2, (投稿準備中).
- Nakata, K., Y. Hayashi, H. Tsushima, K. Fujita, Y. Yoshida, A. Katsumata, Analysis of the 2016 Fukushima earthquake tsunami: Validation of effectiveness of seismic finite fault model for tsunami source, Earth Planets Space, (投稿準備中).

7.2 報道・記事

- ・毎日新聞「＜熊本地震＞その後 13 万回発生 九州 1 年間、前年比 22 倍」（平成 29 年 4 月 9 日）
- ・読売新聞「火山の崩壊で起きる津波、予測へ」（平成 30 年 5 月 28 日）
- ・日本経済新聞「20XX 年、巨大地震が連鎖したら… 富士山は」（平成 30 年 8 月 5 日）

7.3 その他（3.（4）「成果の他の研究への波及状況」関連）

- ・気象研究所所長表彰「新たな自動震源決定手法の開発により一元化震源決定業務の改善・効率化に貢献した功績」（溜渕功史）（平成 29 年 2 月）
- ・気象庁長官表彰「新たな震源推定手法の開発により、緊急地震速報の精度向上及び精密地震解析業務の改善に貢献した功績」（溜渕功史）（平成 29 年 6 月）