

(1) 実施機関名：

気象庁

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）地震活動・地殻変動監視の高度化に関する研究

（英文）Studies on advancing the monitoring seismic activities and crustal movements

(3) 関連の深い建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究

(1) 南海トラフ沿いの巨大地震

(4) その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

(3) 地震発生過程の解明とモデル化

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究

(3) 千島海溝沿いの巨大地震

(5) 本課題の5か年の到達目標：

発生した地震の地震像を即時把握するデータ処理技術を改良する。

南海トラフ沿いをはじめとするプレート境界における固着状況変化の把握精度を向上し、地震発生シナリオを構築する。

地殻内のひずみ速度と地震活動との関係性を明らかにする。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

地震の震源決定について、機械学習を利用した地震波形の識別能力向上等により自動震源の震源精度を向上させる。南海トラフ域の超低周波地震の検出手法の開発を進めるとともに、浅部低周波微動の検出精度を高める。さらに他の海域を監視対象とするための技術開発を進める。近地地震波形を用いた即時震源過程解析手法の改良を進める。

南海トラフ沿いのプレート境界でのすべり分布の時間変化をモニタリングする手法を開発する。測地データに基づく地殻内のひずみ速度の推定などにより、地殻変動と地震活動との関係などを考察する。統計モデルによる地震活動の異常度の評価手法を改良する。地震発生モデルでより小規模なスロースリップの再現に向けモデルの改善を図る。応力蓄積に基づくプレート境界地震の地震シナリオを構築する。

(7) 令和6年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

研究背景としての「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第2次）」における本課題の研究成果

・地震活動・地殻変動監視手法に関する技術開発（スロースリップの客観的検知手法の改良、大地震発生後の余効変動除去手法開発、ひずみ・傾斜・GNSSの統合インバージョン手法開発、DONETを用いた浅部低周波地震（微動）検出プログラムの開発や、機械学習を併用した自動震源決定など）の進展

・DAS（分布型音響センシング）の振幅再現性について、加振器を使った調査の進展

- ・地殻活動に関する統合的指標構築に向けた調査（複数の地震活動に関する指標を統合して統計的に異常度を評価・地震活動状態の変化を定量的に監視する手法、GNSSデータから格子化ひずみ速度場を計算し、大きなひずみ速度を示した地域や時期を抽出するなどの調査）が進展。
- ・地震発生シミュレーションについて、短期的スロースリップの再現に向け、メッシュの細分化、計算の高速化に着手。
- ・エネルギー収支を考慮した地震発生シナリオ構築の手法を提案し、南海トラフ沿いで発生するプレート境界地震に適用。
- ・地震活動に関し、前兆的群発地震活動に基づく地震予測手法によって明らかにされた前震活動の特徴、能登半島における群発地震活動と潮汐との関係、豊後水道の深部微動と潮汐との関係などの研究が進展。

今年度の成果の概要

- ・深層学習を用いた地震波形の初動極性分類の試行を行った。評価指標はいずれも9割程度の良好な結果を示した。
- ・地震波形から位相分類、到達時刻、震央距離、震源の深さ・Mの推定を行う深層学習モデルを構築した
- ・近地地震波形を用いた震源過程解析の自動化のため、現行解析では手動で設定している複数のパラメータについて、速報解析値から自動的に設定できるよう現行解析に基づいた経験式を求めた。
- ・M7以上の地震前後の地震計速度連続波形にPhaseNet (Naoi et al. 2024) を適用し、局所的な地震を1点検知し、大地震直後の地震波通過に伴う一時的な応力変化によって発生する動的誘発地震の検知を行った。これにより、有意な地震の活性化が繰り返し見られる観測点を抽出することができた。
- ・2016年熊本地震の表面波到達前後の波形をPhaseNetにより検測し、有意な地震活動の活性化が見られる観測点を、目視での結果(Enescu et al., 2016)と比較した結果、先行研究で目視で動的誘発地震が観測された観測点の分布と、自動検知による β 値が高まった観測点の分布がよく似ていることが分かった。
- ・2023年1月1日から2024年能登半島地震(M7.6)発生時までの地震データについて地震活動と潮汐との関係を調査した結果、2023年5月5日の地震(M6.5)前、2024年1月1日の地震(M7.6)前の地震活動に潮汐相関は認められなかった。解析した主な地震活動域である北部クラスタの浅部の断層強度は、2022年以前と同様に潮汐応力が断層に影響を及ぼせるほどは低下していなかったと考えられる。
- ・豊後水道の深部低周波微動と潮汐との関係を調査し、特に浅部側の領域の深部微動は、潮汐せん断応力や $\Delta CFF(0.1)$ が大きいほど発生しやすいことが分かった。また、潮汐感度は長期的ゆっくりすべり発生期の方が大きいことが分かった。これは断層弱化を反映しているものと考えられる。
- ・大地震発生後の余効変動の逐次推定・除去処理(小林 2023)について、2024年8月8日に発生した日向灘の地震に適用し、その有効性を検証した。地震発生から1か月程度の時点で、余効変動がGNSS日値を用いた非定常変位の検知に与える影響は小さかった。また、同様の手法をGNSSの迅速解に適用していくことも検討し、地震発生直後の解析を行う上での問題点についても検証を行った。
- ・地震発生シミュレーションにおいて、速度・状態依存摩擦構成則の発展則にカットオフ時間を導入した平面モデル及び3次元モデルについて、観測結果と整合的な短期的SSEを発生させるためのパラメータを検討した。
- ・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

(8) 令和6年度の成果に関連の深いもので、令和6年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

- ・論文・報告書等

Naoi, M., Tamaribuchi, K., Shimojo, K., Katoh, S., and S. Ohyanagi, 2024: Neural phase picker trained on the Japan meteorological agency unified earthquake catalog. Earth, Planets and Space, 76, 150, <https://doi.org/10.1186/s40623-024-02091-8>,査読有

気象研究所, 2024: 全国 GNSS 観測点のプレート沈み込み方向の位置変化. 地震予知連絡会会報, 112, 19-23,査読無

気象研究所, 2024: 南海トラフ沿いの長期的スロースリップの客観検知. 地震予知連絡会会報, 112,

354-356,査読無

気象研究所, 2024: 内陸部の地震空白域における地殻変動連続観測. 地震予知連絡会会報, 112, 374-377,査読無

田中昌之, 2024: 中規模繰り返し相似地震の発生状況と発生確率 (2024). 地震予知連絡会会報, 112, 504-509,査読無

・学会・シンポジウム等での発表

弘瀬冬樹, 溜渕功史, 小林昭夫, 2024, 石川県能登地方の群発地震と潮汐との関係: 2023年~2024年1月1日M7.6, JpGU meeting 2024, 2024年5月

勝間田明男, 宮岡一樹, 露木貴裕, 板場 智史, 田中 昌之, 伊藤 武男, 高森 昭光, 新谷 昌人, Temporal slip increases during short-term SSE, JpGU meeting

勝間田明男, 宮岡一樹, 露木貴裕, 板場 智史, 田中 昌之, 伊藤 武男, 高森 昭光, 新谷 昌人, 短期的スロースリップにおけるひずみ変化と微動活動の相関, 日本地震学会2024年度秋季大会

中村雅基, 深層学習モデルによる震源直上に観測網がない場合の震源深さ推定, 次世代のリアルタイム監視予測システムの探求: 固体地球科学における即時解析・即時予測・情報利活用

西宮隆仁, 様々な断層面モデルを仮定した令和6年能登半島地震の震源過程解析, 日本地球惑星科学連合2024年大会

西宮隆仁, 複数の断層モデルを設定して行った令和6年能登半島地震の近地震源過程解析, 震源インバージョンワークショップ ~多様なデータと解析手法で明らかにする「ほんとうの」震源像~, 2024年7月, 東京都文京区

小木曾仁, 地震波振幅を用いた相対震源決定法による地震活動の早期把握, 日本地震学会2024年度秋季大会

Panayotopoulos, Y., H. Baba, and T. Nishimiya, Evidence of a shear zone inside the Philippine Sea plate slab in Suruga Bay, provided by long term OBS observations., 日本地球惑星科学連合2024年大会, 2024年5月

Shimojo, K., Detection of dynamically-triggered earthquakes using CNN for seismic phase discrimination, 14th United States-Japan Natural Resources (UJNR) Panel for Earthquake Research, 2024年9月, 小田原市

下條賢梧, 位相検知用CNNモデルを用いた動的誘発地震の検知, 日本地震学会2024年度秋季大会, 2024年10月

田中昌之, 分布型音響センシング (DAS) を用いた東南海沖ケーブルでの振動観測 (2), 日本地球惑星科学連合2024年大会

田中昌之, 吉田康宏, 東南海沖ケーブルでのDAS観測で見られる特徴, 日本地震学会2024年度秋季大会

露木貴裕, 小林昭夫, 大地震発生後に地殻変動監視を継続するための余効変動除去手法についての検証: 2024年8月8日日向灘の地震発生後の事例, 日本地震学会2024年度秋季大会, 2024年10月

(9) 令和6年度に実施した調査・観測や開発したソフトウェア等のメタ情報:

項目: 地震: 地殻変動: ひずみ計観測

概要: 石井式三成分ひずみ計の常時観測を行った

既存データベースとの関係:

調査・観測地域: 福井敦賀市山泉 35.6178 136.0700

調査・観測期間: 昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況: 公開中 (データベース・データリポジトリ・Web)

(10) 令和7年度実施計画の概要：

機械学習等を活用して観測データから地震を識別・検出する技術の改良を進める。近地地震波形を用いた震源過程解析の迅速化手法の開発を継続する。

南海トラフ沿いのプレート境界の固着状況変化の把握精度を向上させるための手法開発を進める。また、地殻活動を評価する指標を開発することを念頭に、地殻内のひずみ速度、非弾性変形場と地震活動との関係性の研究を進める。地震発生の数値モデルを改善する。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

気象研究所地震津波研究部

他機関との共同研究の有無：有

東京大学,東海大学,防災科学技術研究所

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：気象研究所企画室

電話：

e-mail：ngmn11ts@mri-jma.go.jp

URL：http://www.mri-jma.go.jp/

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：露木貴裕

所属：気象研究所地震津波研究部