

(1) 実施機関名：

東北大学災害科学国際研究所

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文） ゆっくりすべりによる大地震発生確率の計算

（英文） Probability calculation of the occurrence of large earthquakes using slow slip events

(3) 関連の深い建議の項目：

2 地震・火山噴火の予測のための研究

(2) 地震発生確率の時間更新予測

イ. 観測データに基づく経験的な予測と検証

(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

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(4) 地震・火山噴火の災害誘因予測・リスク評価を防災情報につなげる研究

地震

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

(5) 本課題の5か年の到達目標：

高精度な測地データ（GNSS, 海底地殻変動）の変位時系列や地震活動からゆっくりすべりイベント（SSE）シグナルを半自動的かつ高精度に検出する手法を開発し、SSEが地震に先行して発生する事例と発生しない事例を多数収集する。それらの事例から、SSEの発生後に大地震が発生する確率を統計的経験則として明らかにする。また、SSEが大地震を誘発するメカニズムの検討や、大地震発生予測を念頭においたSSEの即時解析手法の構築も実施する。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

本研究では、まず、測地データとCNNを用いた深層学習手法と、自動的・即時的に地震活動検出を行う解析システムを構築し、両者の組み合わせからSSEを高精度で推定・判定する解析手法を開発する。その手法は、複数の測位技術（陸域観測のGNSS、InSAR、海底観測のGNSS-A、海底圧力計）によって得られるデータすべてに対応し、また、プレート境界と陸域活断層のすべりの両方に適用できる汎用性のあるものを目指す。

解析手法構築後に、事例抽出、抽出事例の解析によるSSEが大地震を誘発するメカニズムの検討、短期的地震発生予測の社会実装を念頭に置いたSSEの即時解析手法の構築を行う。研究対象領域は、プレート境界については複数のSSE-大地震の事例が知られている東北日本の日本海溝沈み込み帯、陸域活断層についてはGNSSによる深部すべりが検出されている中央構造線（四国）などとする。

令和6年度においては、測地データと深層学習を用いたSSE検出手法の開発を行う。地震データについては、自動的・即時的に高精度の微小地震や微動の震源決定を行う解析システムを構築する。令和7年度においては、手法開発を継続するとともに、測地データによる解析と地震データによる解析の統合によるSSE検出の信頼度向上を検討する。また、実データへの試用を通じた検出精度のチェックをおこなう。令和8年度においては、検出手法について、即時的・逐次的なものに改良する。また、事例抽出に着手する。令和9年度においては、事例抽出を継続する。また、SSE事例のうち後発の地

震の有無ごとに事例を整理し、SSEが発生した後の地震発生確率についての試算を行う。さらに、抽出された事例をもとに、SSEによる大地震の誘発機構について検討する。令和10年度においては、これまでの結果を総合し、SSEが大地震を誘発する確率評価を行う。また、SSEによる大地震の誘発機構についても成果をまとめる。

(7) 令和7年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

南海トラフ沈み込み帯で起こるゆっくりすべり（SSE）について、GNSS変位データと深層学習を用いた検出手法の確立と実データへの適用を行なった。具体的には、試作版の評価によるデータ学習方法の調整等を行なった上で、開発した手法を用いて得られた1996～2023年の検出イベントについて、微動との同期性、観測ノイズ、空間分布の妥当性等に基づき信頼度を段階評価した。繰り返し地震や微小地震を用いたゆっくりすべり検出に関しては、S-netと機械学習により海域の地震検出・震源決定を行い、波形相関で選択した繰り返し地震がプレート境界モデル上に配列することを確認した。さらに日本海溝三陸沖の2025年11月M6.9を含む地震活動で高精度震源再決定と繰り返し地震検出を行い、活動前後の非地震性すべりを抽出した。

・「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

深層学習を用いたSSE検出手法の基盤は確立され、解析結果の頑健性も十分に確保されつつある。今後は、GNSS以外の多様な観測データの統合や、SSEと地震発生との相関解析を計画通り進めることで、SSEの活動推移に基づいた地震予測の高度化に資する知見の獲得に貢献することが期待される。

(8) 令和7年度の成果に関連の深いもので、令和7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

Yoshida, K. and Ide, S., 2025, Highly Systematic Response of Seismic Rupture Patterns to Background Loading Rate: Insights From Repeating Earthquakes, *Geophys. Res. Lett.*, 52, e2025GL115207, <https://doi.org/10.1029/2025GL115207>, 査読有, 謝辞有

Suzuki, R., N. Uchida, W. Zhu, G. C. Beroza, T. Nakayama, K. Yoshida, G. Toyokuni, R. Takagi, R. Azuma and A. Hasegawa, 2025, The forearc seismic belt: A fluid pathway constraining down-dip megathrust earthquake rupture. *Science*, 389,190-194(2025). DOI:10.1126/science.adt6389, 査読有, 謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

吉田 圭佑, Huang Yihe, 井出 哲, 2025, 2021年宮城沖Mw7.0地震：Mw3.7繰り返し地震からの破壊拡大, 日本地震学会2025年度秋季大会

Keisuke Yoshida, Satoshi Ide, 2025, Systematic Seismic Rupture Responses to Background Loading: Insights from Repeating Earthquakes, IAGA/IASPEI 2025 Joint Scientific Meeting

中川 亮, 福島 洋, 加納 将行, 矢野 恵佑, 田中 優介, 岡田 悠太郎, 平原 和朗, 2025, 深層学習とGNSSを用いた断層すべり検出手法開発と四国西部における適用, 日本地球惑星科学連合2025年大会

Yo Fukushima, Ryo Nakagawa, Masayuki Kano, Keisuke Yano, Yusuke Takana, Yutaro Okada, Kazuro Hirahara, 2025, Time-Series Estimation of Fault Slip from GNSS Data using Deep Learning: Application to the Nankai Subduction Zone, 20TH APRU Multi-Hazards Symposium and Conference

(9) 令和7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：ソフトウェア開発（解析）

概要：WIN／WIN32形式の波形ファイルおよび読み取り値から、PhaseNet（Zhu and Beroza, 2019）

の予測および学習用データを作成するためのプログラム

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：

調査・観測期間：

公開状況：<https://github.com/rintr-suzuki/WIN2PhaseNet>

(10) 令和8年度実施計画の概要：

令和8年度は、前年度に開発したGNSSと深層学習によるSSE検出手法の検証と拡張に取り組む。具体的には、解析対象領域を日向灘地域や日本海溝の他領域へと広げることを検討し、課題の抽出と手法の改良を行う。併せて、これら両地域において海底地震観測網を用いた震源再決定と繰り返し地震検出を実施し、プレート境界における非地震性すべりの時空間発展を精密に推定する。これらの結果をGNSSデータの解析結果と比較・統合することで、SSE事例の抽出に着手し、次年度以降の確率評価に向けた基盤を構築する。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

福島洋（東北大学災害科学国際研究所）、富田史章（東北大学災害科学国際研究所）、岡田悠太郎（東北大学災害科学国際研究所）

他機関との共同研究の有無：有

日野亮太（東北大学大学院理学研究科）、太田雄策（東北大学大学院理学研究科）、吉田圭佑（東北大学大学院理学研究科）、内田直希（東京大学地震研究所）、加納将行（京都大学防災研究所）、矢野恵佑（統計数理研究所）、飯沼卓史（海洋研究開発機構）

(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：東北大学災害科学国際研究所

電話：

e-mail：

URL：<https://irides.tohoku.ac.jp/>

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：福島洋

所属：東北大学災害科学国際研究所