

(1) 実施機関名：

東京大学理学系研究科

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）観測データと物理シミュレーションを統合した地震発生長期予測手法の構築と予測実験
（英文）Integrated model of earthquake source physics and observational data: Development and forecast experiments

(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

(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）

イ. 内陸地震の長期予測

(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) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化

イ. 内陸地震

(5) 本課題の5か年の到達目標：

大地震の規模と時期についての長期予測手法を、地形・地質学・地球物理学的観測データ、物理モデルを統合し、物理過程を定量的に考慮した手法へと高度化することを目的とする。今後5年間では、国内外のコミュニティ断層モデルの課題と連携することで複数の主要な活断層帯を対象として、観測データを考慮した地震シーケンス（サイクル）シミュレーションおよび動的破壊シミュレーション（予測実験）を実施する。モデルの検証を行い予測性能や不確実性を定量的に評価するとともに、最近発生した地震の観測・調査データと詳細に比較することで手法の改良を行う。また、これまで開発した詳細DEMや年代試料の機械学習を用いた解析手法を、複数の地域に適用して断層の活動性を定量的に推定する。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

シミュレーション研究では、これまでに開発した超大規模並列計算に最適化したアルゴリズムを用いて、国内外に対象地域を定めて多数サイクルの地震繰り返し過程および大地震の動的破壊過程を計算し、観測データと比較する。シミュレーションについては、5か年の間に概ね2年間で1事例の割合で実施し、期間前半でモデル構築、後半で観測との比較・モデル評価改良を行う。また5年間で、プレート境界地震と内陸地震の相互作用を、応力蓄積過程および粘弾性効果を含めたモデル化を行う。2年目および5年目には、コミュニティ断層モデルと連携して、当該課題で構築される断層形状モデルをシミュレーションに実装する。

また変動地形の数値データを用いた定量化手法を、能登半島などの海成段丘に適用し、段丘の標高分布を明らかにする。あわせて、段丘堆積物から年代試料の採取分析を行い、段丘形成年代や平均変位速度、活動履歴等を解明する。

(7) 令和7年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本年度は、観測データを反映した動的破壊シミュレーションおよび準動的地震シーケンス（サイク

ル)シミュレーション(SEAS)の予測実験を3つの場合について行った。また能登半島地震の発生履歴を解明するために北岸に存在する低位海岸段丘面の現地調査を行った。以下に概要を記す。

地震発生シミュレーションについては、地震前に得られていた地表トレースの情報に基づいて構築した断層面3次元形状と応力テンソルインバージョン解析で得られた広域応力場の情報を用いた、標準的モデル化の枠組みを構築した。国内の応力場情報はAIST06の課題の成果を活用している。本枠組みを、2007年と2024年能登半島地震に適用し、本震時の観測データや滑りインバージョン結果と比較することで、再現性や予測性能を検証した。その結果、2024年地震について、観測で推定された3次元断層形状と広域応力場をモデルに考慮することで、合成開口レーダで観測された高解像度な地殻変動分布や破壊過程や強振動励起に関係するモーメントレート関数などの主たる特徴の再現に成功した(図)。この結果は、論文発表した。2007年能登半島地震のシミュレーションでは、当該地震時に2024年地震の震源となった断層に破壊伝播しなかった原因を理解するため、断層形状モデルと応力場のパラメタスタディを行った。SEAS計算では、2023年トルコ・シリア地震を発生させた東アナトリア断層系における数万年スケールでの地震の繰り返し過程の再現を行った。その結果、2023年地震とそれ以前の数百年間の古地震履歴を説明しうる破壊シナリオを得ることに成功した。

能登半島の海岸段丘調査においては、最大隆起を記録し既往研究で2面の低段丘の記載がある半島北西部付近の吉浦地域周辺において、前年度に続き、OSL年代試料採取と原生地形復元の把握のために掘削調査を行った。また、本年度は新たに地中レーダ(GPR)探査を実施した。その結果、掘削調査で把握していた堆積層の下部に礫層もしくは基盤岩層の存在を推定することができた。ここで推定された礫層は現生海岸との対比から隆起量の指標となりうると解釈できる。また、堆積砂層試料のOSL年代測定では数千年から一万年程度の年代が得られたが、測定精度と堆積過程の解釈を、今後慎重に行っていく。

・「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

シミュレーション研究は、建議項目の地震発生長期予測において、将来発生する地震のシナリオ予測にあつた地球物理観測情報を従来の地質地形情報に合理的に加える枠組みを提供するものと位置づけられる。一方で、現地調査で得られる地形地質情報は、他に得られない古地震の時空間情報を提供するものであり、長期予測に不可欠の発生履歴の解明に資するものである。

(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

Ando, R, Y. Fukushima, K. Yoshida and K. Imanishi, Nonplanar Fault Geometry Controls the Spatiotemporal Distributions of Slip and Uplift: Evidence from the Mw 7.5 2024 Noto Peninsula, Japan, Earthquake, Earth Planet Space, 2025, 77:53, <https://doi.org/10.1186/s40623-025-02187-9>., 査読有, 謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

江守真由子・安藤亮輔, 2025, Sequence of the Noto Peninsula Earthquakes from 2007 to 2024 and beyond, 日本地震学会秋季大会, 福岡, S08-24

高橋宗茂・安藤亮輔, 2025, 分岐断層を含んだ東アナトリア断層帯の準動的地震サイクルシミュレーション, 日本活断層学会秋季学術大会, O-2

赤井 東・安藤亮輔・穴倉正展・田村 亨・伊藤一充・安江健一・橋下怜旺, 2025, 能登半島北部沿岸吉浦周辺の低位段丘における GPR を用いた地下構造の推定 とOSL年代測定, P-8

(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：

(10) 令和8年度実施計画の概要：

動的破壊シミュレーションについては、前年度の計算を発展させて、能登半島地域において2007年の

地震において、なぜ2024年の震源域に破壊伝播しなかったのか理解する。また、動的破壊過程シナリオ予測手法の予測実験とするために、パラメタスタディを実施し不確実性の幅を定量評価する。準動的地震シーケンスシミュレーションについては、前年度に作成した東アナトリア断層系を考慮した断層形状モデルを、特に分岐断層形状の部分について拡張し、計算で得られる地震発生シナリオの断層形状モデル依存性を定量評価する。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

安藤亮輔（東京大学，大学院理学系研究科）

他機関との共同研究の有無：有

今西和利（産業技術総合研究所，活断層・火山研究部門），穴倉正展（産業技術総合研究所，活断層・火山研究部門）

(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：

電話：

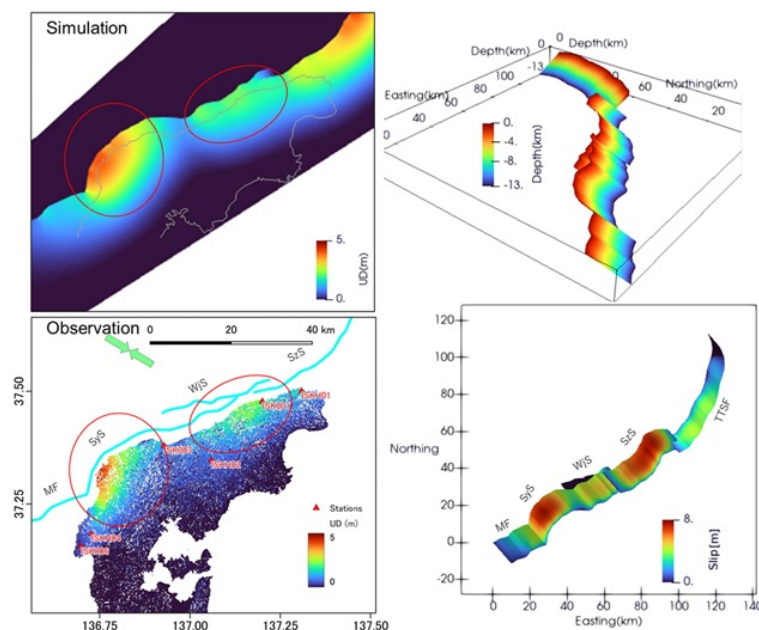
e-mail：

URL：

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：安藤亮輔

所属：東京大学，大学院理学系研究科



2024年能登半島地震の動的破壊シミュレーション

地表上下変位の計算（左上）と観測（左下）の結果および計算に考慮した3次元断層形状モデル（Ando et al., 2025から引用）