

(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6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の地震の予測実験を二つの断層について

行い、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、2011年福島県浜通りの地震と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、浜通り地震については、その特徴的なハの字形状をした二枚の断層面上の動的な破壊の乗り移り過程を再現することに成功した。また、インバージョンで得られた滑り過程を、シミュレーションが定量的に再現できることが示された。また、能登半島地震についても同様のモデル化と解析を行い、シミュレーション結果と本震時に得られた合成開口レーダ画像および地震波形記録とを比較した。その結果、合成開口レーダでとらえられた特徴である、半島北西部の5 mの隆起ピークと北東部の2 m程度の比較的小規模な隆起ピークがともに再現できることを示した。また、近地の強震動波形記録および震源時間関数を比較したところ、破壊過程初期の小さなピークと中期の大きなピーク、初期の西向きの破壊伝播と中期から後期の東向きの破壊伝播という観測された特徴においても、シミュレーションで再現できることが分かった。

能登半島の海岸段丘調査においては、最大隆起を記録し、かつ既往研究で2面の低段丘の記載がある半島北西部付近の吉浦地域において、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、ドローンLiDARを用いた精密な標高モデルの作成を行った。掘削は、海岸線と直交方向に日本の測線をおき、各段丘面で2か所の掘削を行った。その結果、掘削した2つの面ともに地表付近の土壌層の下部に砂層堆積物の存在を確認した。この砂層の存在は、原生のビーチ堆積物が過去の地震で隆起したものであることを示唆しているが、隆起や堆積過程を詳細に解釈するために、引き続き、追加の掘削と堆積物の解析、採取した試料の年代測定を行う。

・「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

・学会・シンポジウム等での発表

Ryosuke Ando, Yo Fukushima, Keisuke Yoshida and Kazutoshi Imanishi, Effects of the 3D fault geometry, regional stresses and earthquake history on the 2024 Noto Peninsula earthquake: Insight from dynamic rupture simulations, JpGU annual meeting, Chiba, 2024

Ryosuke Ando, Yo Fukushima, Keisuke Yoshida and Kazutoshi Imanishi, Non-planar Fault Geometry Controls the Distributions of Slip and Uplift of the M7.6 2024 Noto Peninsula, Japan, Earthquake, AGU fall meeting, Washington DC, 2024

赤井 東・安藤亮輔・穴倉正展・行谷佑一・細矢卓志・後藤 慧・松本なゆた・寺田龍矢、能登半島北部沿岸吉浦周辺における低位段丘の詳細地形と表層構造、日本活断層学会秋季大会、長野、2024

綿貫 元起、安藤 亮輔、加藤 愛太郎、2011年Mj7.0福島県浜通りの地震の発生過程に関する動的破壊シミュレーション、日本地震学会秋季大会、新潟、2024

安藤 亮輔、福島 洋、吉田 圭佑、今西 和利、動的破壊シミュレーションが明らかにした2024年能登半島地震の滑り及び地殻変動分布における非平面断層形状の効果日本地震学会秋季大会、新潟、2024

(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：

(10) 令和7年度実施計画の概要：

2024年能登半島地震のシミュレーション研究を発展させて、2007年および2023年のM6級の地震や群発地震の効果を定量的に取り入れたモデルを構築する。それにより、それら一回り小さい地震がなぜM7規模に成長しなかったのかを理解する。また、能登半島西部の活断層群をモデルに考慮した、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シミュレーションを行うことで、それら活断層の今後の活動推移を行うための基礎的な知見を得る。

(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），宍倉正展（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