

(1) 実施機関名：

東京大学地震研究所

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）繰り返し地震を用いた地殻活動と地震再来特性の研究

（英文）Research on crustal deformation and earthquake recurrence characteristics using repeating earthquakes

(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

ア. 地震発生の物理モデルに基づく予測と検証

(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

(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

ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震

イ. 内陸地震

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）

ア. プレート境界巨大地震の長期予測

(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

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

(2) 首都直下地震

(3) 千島海溝沿いの巨大地震

(4) 内陸で発生する被害地震

6 観測基盤と研究推進体制の整備

(1) 観測研究基盤の開発・整備

イ. 観測・解析技術の開発

エ. 地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開

(4) 国際共同研究・国際協力

(5) 令和5年度までの関連する研究成果（または観測実績）の概要：

「繰り返し地震再来特性の理解に基づく地殻活動モニタリング」（課題番号：THK\_09）では、以下のような研究成果が得られた。

・日本全国の定常観測網で観測された地震波形データを蓄積し、日本列島周辺及び世界で発生した繰り返し地震活動の検出を行った。得られた繰り返し地震のうち、長期的に活動が継続する地震群の多くは、沈み込むプレートの境界で発生していた。

・深層学習に基づくカタログ作成手法、及び近似近傍探索技術を応用した高速類似波形探索手法の検討を行った。類似波形探索手法では、波形の情報をよりコンパクトに圧縮する技術により、既存手法が抱えていたメモリ消費が大きい問題を解決できた。

・作成した繰り返し地震カタログを用いて、日本列島周辺及び世界の沈み込み帯におけるすべりの空

間分布・時間変化の特徴を調べた。その結果、プレート境界型巨大地震発生サイクルにおけるプレート間すべり速度の長期的変化傾向を明らかにできた。

・Brownian Passage Time分布更新過程から拡張した繰り返し地震群に対する時空間点過程モデルを用いて、東日本太平洋プレート沈み込み帯におけるプレート境界上の準静的すべりの時空間的变化をスプライン関数により推定した。

・S-net観測データを用いた破壊過程の調査により、東日本太平洋沖で発生するプレート境界地震の多くはup dip方向に破壊が進展することを明らかにした。また、地震性すべりの階層性や規模の大きな地震の開始の仕方について新たな知見が得られた。

・トルコアナトリア断層での繰り返し地震分布を推定し、過去の大地震の破壊域の端に分布していること、繰り返し地震の積算すべりから一部では、プレートの相対運動速度に近い速度で非地震的に変位していることを明らかにした。

・階層ベイズ型時空間ETASモデルによる常時地震活動度は、東北沖地域において推定期間外の大震災の震央や繰り返し地震の震央との良好な対応を示した。また、日本内陸部では、非バースト型繰り返し地震の震央分布との良好な対応を示した。

・繰り返し地震活動に対する非定常更新過程モデルを拡張し、その将来推移を短期的に予測して将来発生確率を評価する手法を開発した。東北地方太平洋沖において発生実績との比較検証を行った結果、ポアソン過程に比べて十分に高い予測性能が示された。

・大地震後の余震誘発により発生間隔が急激に変化する中小規模の繰り返し地震に対する非定常更新過程を提案した。提案モデルでは、非定常更新過程の将来の蓄積率の推移を予測することで、大地震後の余震誘発効果を考慮した繰り返し地震の将来予測が可能となる。

・相似地震の揺らぎの要因の一つである余効すべりの伝播現象について、伝播速度と摩擦特性との関係式を導出することに成功した。これにより、大規模な地震が起きてから非相似地震が発生するまでの時間差から摩擦特性を絞り込むことが期待できる。

・島嶼部地震観測空白域での地震カタログ構築のため、伊豆鳥島において地震観測を継続して行った。本観測により2023年10月に伊豆鳥島近海で発生した、特異な津波を発生させたイベントの地震波形を捉えられた。

・岩手県釜石市周辺に13点の臨時観測点を設置し、小さな地震まで含めた地震活動を調査した。臨時観測点データ使用前後における釜石沖地震周辺の地震の震源分布を比較したところ、およそ1.7倍の個数の地震が検知できるようになった。

## (6) 本課題の5か年の到達目標：

繰り返し地震を用いて断層面の固着状態の時空間変化をモニタリングする手法を高度化し、短期・局所的な変動から長期・広域にわたる変化までを明らかにする。また、震源断層における地震性および非地震性すべりの階層的構造や非地震性すべりの力学的モデルの理解を深め、大地震発生確率との関係を調べる。さらに、繰り返し地震の再来特性を理解し、統計的アプローチにより繰り返し地震の発生予測手法の改良および予測を試行する。これらの研究を基に、将来発生する大地震の発生ポテンシャルの推定、さらには発生予測に役立てることを目指す。

## (7) 本課題の5か年計画の概要：

### 1. 繰り返し地震カタログの作成・公開

世界全域を対象に繰り返し地震カタログを作成し、研究に活用できるようにする。本課題では、前計画までに実施してきた繰り返し地震のカタログ生成だけではなく、任意の場所の繰り返し地震活動を迅速に把握して地震発生をモニタリングできるようなシステムを構築し、公開する体制を整える

(R8-10)。また、日本列島周辺の沈み込み境界で発生した繰り返し地震のみならず、世界全域、内陸地域等で発生した地震に関しても活用を進める。島嶼部地震観測空白域である伊豆鳥島での地震観測を前期計画から継続して行い、地震カタログを作成する。深層学習等を利用した新たな繰り返し地震探索手法を検討し、蓄積された観測データへの適用を行う。

### 2. 断層面固着状態のモニタリング

繰り返し地震カタログを用いて、沈み込むプレートの境界および内陸活断層における固着状態の時空間変化をモニタリングする。地震活動や地殻変動等の観測データとの比較検討や確率過程モデルを

用いた推定手法の改良を行い、断層面におけるすべり推定をさらに高度化する。また、各地域の地震発生の特徴に応じた地域分けを行うことにより、ゆっくりすべりに伴う短期・局所的な変動から、巨大地震の発生サイクルのステージに応じた長期・広域にわたる変化までを明らかにする。さらに、繰り返し地震から推定されるプレート間非地震性すべりとスラブ内地震、上盤側プレート内地震との相互作用について検討を行う。

### 3. 震源階層構造および繰り返し地震発生過程の解明

繰り返し地震群の震源過程を調査し、震源断層における破壊すべりの階層的構造を調査する。特に、破壊の伝播方向と破壊の複雑性に注目した解析を行い、M5以上の中規模地震については破壊過程の細部まで解像することを目指す。また、内陸などプレート境界以外の場所も含めた様々な場所で発生する繰り返し地震について、その繰り返しの条件や、震源の特徴、地震発生サイクルの特徴を明らかにすることを目指す。

### 4. 地震の再来特性の解明

繰り返し地震に見られる地震の再来特性の特徴や原因を、統計的手法および数値シミュレーションにより明らかにする。統計的手法については、繰り返し地震活動の時空間変化の将来推移を予測する手法を改良して将来発生確率を評価し、発生実績との比較検証を行う。数値シミュレーションについては、観測された地震の再来特性を速度状態依存摩擦構成則に基づき再現し、想定される摩擦特性の推定することを目指す。

## (8) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

五十嵐 俊博（東京大学地震研究所）,加藤 愛太郎（東京大学地震研究所）,加藤 尚之（東京大学地震研究所）

他機関との共同研究の有無：有

内田 直希（東北大学）,吉田 圭佑（東北大学）,山下 裕亮（京都大学防災研究所）,松島 健（九州大学）,直井 誠（北海道大学）,中島 淳一（東京工業大学）,木村 尚紀（防災科学技術研究所）,松原 誠（防災科学技術研究所）,有吉 慶介（海洋研究開発機構）,八木原 寛（鹿児島大学）,平松 良浩（金沢大学）,大久保 寛（東京都立大学）,金 亜伊（横浜市立大学）,野村 俊一（早稲田大学）,尾形 良彦（統計数理研究所）,田中 昌之（気象研究所）,Roland Bürgmann（UC Berkeley）

## (9) 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：東京大学地震研究所 地震・火山噴火予知研究協議会 企画部

電話：03-5841-5787

e-mail：yotikikaku@eri.u-tokyo.ac.jp

URL：https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/YOTIKYO/

## (10) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：五十嵐俊博

所属：東京大学地震研究所