

(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：

地震発生場のテクトニクスとマルチスケール地震現象の予測可能性

(3) 関連の深い建議の項目：

- 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
 - ア. 地震発生機構の解明

(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
 - イ. 地震断層滑りのモデル化
- 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
 - ア. 海溝型巨大地震の長期予測
 - (2) 地殻活動モニタリングに基づく地震発生予測
 - ア. プレート境界滑りの時空間変化の把握に基づく予測
 - イ. 地震活動評価に基づく地震発生予測・検証実験
 - (3) 先行現象に基づく地震発生の確率予測
- 5 計画を推進するための体制の整備
 - (2) 総合的研究
 - ア. 南海トラフ沿いの巨大地震
 - ウ. 千島海溝沿いの巨大地震
 - (3) 研究基盤の開発・整備
 - イ. 観測・解析技術の開発
 - (5) 国際共同研究・国際協力
 - (7) 次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成

(5) 総合的研究との関連：

南海トラフ沿いの巨大地震
千島海溝沿いの巨大地震

(6) 本課題の5か年の到達目標：

地震発生場の不均質性をどのように定量化するか、という問題は震源物理学の主要な問題の一つである。1980年代に「アスペリティ」や「バリア」として認識された2元的な不均質性は、繰り返し発生する特徴的な地震の振る舞いを説明するものの、微小スケールから巨大地震までのマルチスケールな地震現象の振る舞いを説明するには単純すぎた。それに代わるものとして2005年以来、本研究代表者らが提案している階層パッチモデルは、地震現象のマルチスケールな側面の多くを説明する。特に2011年東北沖地震が政府の想定を超えた規模の超巨大地震として発生して以来、階層性の理解が地震の予測可能性にとって重要であることが明らかになってきた。また階層性に影響を及ぼす要因として、プレートの相対速度や熱的構造など、地域的なテクトニクスの違いがあることが全世界規模の研

究により明らかになってきた。

次期計画では、現行計画で得られた知見を元に、データ解析と数値モデリングを組み合わせ、様々なテクトニクス環境条件と階層性の定量化を進め、マルチスケール地震現象の予測可能性を検討する。具体的には様々な地域で地域ごとに異なる階層構造を特徴づける地震活動パラメタの推定を行うとともに、地域を絞って大きさの異なる地震の破壊過程の高精度イメージングによって地域的な階層構造の定量化およびスケールリングを行う。世界各地の沈み込み帯を比較することで、テクトニクス環境条件とスケールリングや階層性パラメタの関連性を調べる。一方で数値モデリングにより階層性パラメタが予測可能性に及ぼす影響を明らかにする。

計画遂行にあたっては、先端的なデータ解析研究と数値モデリング研究を遂行する一方で、これらの研究に用いる手法の簡便化、標準化を通じて、次世代研究者養成のための教育ツールの開発も行う。実際の研究の一部に学生を参加させることで研究者養成も行う。

(7) 本課題の5か年計画の概要：

小規模から超巨大地震まで、個々の破壊プロセスが含む階層性と、複雑系の相互作用として出現する地震活動の階層性をデータ分析によって定量化し、数値モデリングで予測可能性を検討する。既存の高精度階層性イメージング手法を新しいデータに適用するとともに、先端計算科学の知見を取り入れて新たな階層性分析手法を開発する。これらの分析結果と数値モデリングによって階層性が予測可能性に及ぼす影響を評価する。日本周辺の沈み込み帯での地域研究を基盤として、世界各地の沈み込み帯を対象とすることで、異なるテクトニクスの影響を検討する。そのためにチリ、メキシコ、台湾など世界各地の研究機関と国際協力を進める。データ解析、モデリングの手法を標準化し、次世代研究者養成のための教育ツールを開発する。年度ごとの研究計画は以下の通り。

初年度：日本周辺における高精度階層性イメージング、階層性モデリング手法開発
階層性抽出のための新技術開発、地域研究のための予備解析

2年度目：高精度階層性イメージングの他地域への適用準備、階層性モデリング適用
新技術の適用、既存データ解析・モデリング手法の標準化

3～4年度目：多数の地域での各種分析手法の適用、階層性モデリングによる評価、
標準化した手法を用いた研究教育実施

5年度目：各種分析手法の適用、階層性モデリングによる評価、研究の取りまとめ
標準化した手法を用いた研究教育実施

(8) 令和3年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

今年度は、前年度から開発してきたプレート境界の階層的構造を解明するための、破壊開始点とセントロイドを同時推定する手法について、東北地方の沈み込み帯のうち、那珂沖、釧路沖、つくばで実施し、手法の詳細とともに解析結果をまとめてJournal of Geophysical Research Solid Earth誌に出版した(Chang and Ide, 2021)。さらにこの論文で開発したコードをgithubに公開した。解析対象に含まれる繰り返し地震はほぼ同じ地域を破壊することは知られていたが、その破壊開始時点にもある程度の規則性がわかることがわかった。それぞれの破壊開始点から様々な大きさの地震が発生する。つまり個々の地域で階層的なパッチが相互作用しながら破壊を繰り返すという震源の性質が明らかになった。また西南日本の沈み込み帯のプレート構造解明のために、テクトニック微動の複雑な地震波形からインパルス応答を抽出する新たな統計的手法を開発し、Journal of Geophysical Research Solid Earth誌に出版した(Ide, 2021)。これまでに低周波地震がみつからない場所で合成低周波地震を作成できることで、個々の現象の発生位置を高精度で推定し、マッチドフィルター法の適用によって検知能力を拡大することができる。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況

プレート境界に特徴的な階層構造が比較的長期に存在し続け、相互作用しつつ、一定の規則性を保ちながら様々な規模の地震を発生させるということを明らかにした。これは地震発生の理解にとって重要な貢献である。

(9) 令和3年度の成果に関連の深いもので、令和3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

Chang, T. and Ide, S.,2020,Hypocenter Hotspots Illuminated Using a New Cross-Correlation-Based Hypocenter and Centroid Relocation Method,Journal of Geophysical Research Solid Earth,126,e2021JB021991,10.1029/2021JB021991

Ide, S.,2021,Empirical Low-Frequency Earthquakes Synthesized From Tectonic Tremor Records,Journal of Geophysical Research Solid

Earth,126,e2021JB022498,10.1029/2021JB022498

・学会・シンポジウム等での発表

井出哲,2020,テクトニック微動から低周波地震を抽出する,日本地震学会

(10) 令和3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：破壊開始点とセントロイドの同時推定法 NccPy

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：公開中（データベース・データリポジトリ・Web）

<https://github.com/twchangsci/NccPy>

(11) 令和4年度実施計画の概要：

Chang and Ide (2021) によって明らかになった階層的構造が引き起こす地震についての、確率論的予測手法の開発に取り組む。まず既存の更新過程による地震予測手法に、外部の擾乱の効果を取り入れるための手法開発を行う。階層的構造による繰り返し地震だけでなく、地震および、西南日本のテクトニック微動活動などにも適用する。テクトニック微動から合成低周波地震を抽出する手法について、他地域での適用を試行する。

(12) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

井出哲（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

Hideo Aochi（フランスBRGM）,Victor Manuel Cruz Atienza（メキシコ国立自治大学）,Sergio Ruiz（チリ大学）,Kate Huihsuan Chen（台湾国立師範大学）

(13) 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：

(14) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：井出哲

所属：東京大学大学院理学系研究科