令和６年度～令和１０年度観測研究計画

課題番号：THK_03

（1）実施機関名：

東北大学理学研究科

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）スラブ内地震・深発地震の発生場・発生機構の解明
（英文）Generation Mechanism of Intraslab and Deep Earthquakes

（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
(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

（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分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究
(2) 首都直下地震
(3) 千島海溝沿いの巨大地震

（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：

前計画の「スラブ内地震の発生メカニズムに関する研究」の一部として、以下に挙げる成果が得られた。

地震波解析により、以下のようなスラブ内部の構造と力学的特徴を明らかにした。(1) プチスポット火山等による大平洋プレート内部の広域不均質構造、 (2) 福島～宮城沿岸域下における、スラブ内大地震がアウターライズ域で形成された潜在断層の再活動であった可能性を示す低地震波速度異常・異方性の空間変化、 (3) スラブ内の応力中立面の深さ範囲およびスラブ内の低摩擦強度状態。加えて、断層を共有する稍深発深度の相似地震グループ内での地震波放射効率や応力降下量の多様性を示した。このことは、同様の温度圧力環境下の地震でも破壊の進展プロセスが大きく異なり得ることを示唆する。

室内実験から、固体圧変形試験機を用いてオリビンスピネル相転移に伴う塑性不安定性の発生条件やスラブの蛇紋岩化の効果を調べるとともに、放射光施設でローソナイトの脱水に伴う変形実験を行い、ローソナイトの非晶質化が不安定すべりを引き起こす可能性を指摘した。加えて、フェイズフィールド法を用いたオリビンスピネル相転移のモデル化により、界面エネルギーや塑性歪が相転移断層形成に関して重要であることを示した。

（6）本課題の５か年の到達目標：

自然地震の地震波解析と室内での岩石変形実験を組み合わせることにより、スラブ内地震の発生機構の理解を進展させることを目的とする。

地震波解析からは、深部スラブの形状や二重深発地震面における地震活動の詳細とエネルギー収支、スラブ内地震の発生場となるアウターライズ断層の活動様式と含水化のかかわりを明らかにする。

岩石変形実験からは、最新の放射光実験とAE観測に基づき、脱水不安定や相転移不安定性などに伴う断層形成・震源過程を実験的に検証することにより、スラブ内部の温度・圧力および岩石種を変化させた場合の複雑な断層形成機構を明らかにする。

（7）本課題の５か年計画の概要：

概要

・地震波解析: スラブ内地震・アウターライズ地震の地震波放射エネルギー、破壊複雑性、地震活動のb値を推定し、その空間変化の意味を調べるとともに、実験結果との比較を行う。西南日本に沈み込むフィリピン海スラブ内の二重深発地震面の有無や近畿地方下に存在するとされているスラブの断裂、関東地方下に沈み込むフィリピン海プレート内の蛇紋岩化領域と過去のM7クラス地震の震源域との関係などを精査することにより、日本列島で実際に発生しているスラブ内地震の発生場の詳細を明らかにする。東北沖地震以降に度々発生したM7級アウターライズ地震の震源断層の形状や深さ範囲を再検討することにより、アウターライズ断層の成長や含水プロセスの手がかりを得る。

・室内実験: 稍深発・深発地震を再現する温度・圧力条件を発生することが可能な高圧変形試験機（マルチアンビル型もしくは固体圧変形試験機）とAE（アコースティック・エミッション）計測を組み合わせることで、含水鉱物を含む岩石（蛇紋岩、角閃岩、青色片岩など）の脱水反応やオリビンスピネル相転移に伴う断層形成（塑性不安定性）機構と震源過程を明らかにする。 高温高圧下での変形実験に使用可能かつ自然地震との地震波特性の比較が可能な広帯域AEセンサーの開発も進める。 広帯域AEセンサーにCT観察を組み合わせ、 自然地震とも比較可能な b値や断層の発達過程を計測することで、出発試料や変形条件によって変わる複雑な断層形成機構を明らかにする。 さらに構造探査から得られる二重深発地震面での断層再活動の可能性を明らかにするために、 高間隙水圧下での既存断層の有無による震源過程の違いを明らかにする。

年次計画

・令和６年度

[地震波解析]　最新の地震波形データを取得するとともに、蓄積されてきた海底地震観測データを整理し、それらデータの一次処理を行う。

[実験] 高温高圧環境下にて使用可能な広帯域AEセンサーの開発を行う。二重深発地震面上面で起きる稍深発地震の発生メカニズム解明に向けて、青色片岩の高温高圧変形実験を固体圧変形試験機にて行い、AE観測と組み合わせることにより震源過程を明らかにする。

・令和７年度

[地震波解析] 近畿地方下に存在するとされている太平洋スラブの深部断裂の有無を調査し、得られた結果とスラブ内地震の分布やメカニズム解の比較により、活発な深発地震活動の原因を議論する。機械学習に基づく地震検出により海溝海側斜面域における地震活動の再評価を行う。日本列島周辺域で発生したスラブ内地震の地震活動の b値の空間変化を推定する。

[実験] 前年度に開発した広帯域AEセンサーを用いて、AEの発震機構を推定する。そのために、8個のセンサーを用いることのできるD111加圧方式を試験機に採用する。高間隙水圧システムを固体圧変形試験機に導入し、青色片岩の変形実験から行い、間隙水圧の断層形成への影響を明らかにする。

・令和８年度

[地震波解析] 関東地方下に沈み込むフィリピン海プレート内の地震波速度構造を推定し、蛇紋岩化領域と過去のM7クラス地震の震源域との関係を精査する。宮城県沖の海溝海側斜面域で実施された2011・2012・2013・2017年海域観測データから地震検出、精密震源決定と小繰り返し地震の探索を行い、M7級地震に関係した非地震性すべりの検出を試みる。日本列島周辺で発生した中～大規模地震スラブ内・アウターライズ地震の震源時間関数の網羅的な推定を行う。

[実験] 稍深発地震発生場の温度圧力環境下（400～800℃、2～3万気圧）におけるダナイトの変形実験を行う。その際に、前年度までに開発した広帯域AEセンサー＋D111加圧方式を用いて卓越周波数の測定を行うほか、発震機構を求めることも試みる。b値決定も併せて行い、断層形成機構の詳細の解明を目指す。上部マントルに沈み込んだアウターライズ断層の再活動を模擬した断層ガウジを用いた高温高圧下での摩擦実験を行う。広帯域AEセンサーの開発も進め、自然地震との地震波特性の比較を行う。

・令和９年度

[地震波解析] 西南日本に沈み込むフィリピン海スラブ内の地震活動を詳細に調べ、二重深発地震面の有無および先行研究で提唱されているスラブの断裂の再評価を行う。2015年（1933年昭和三陸地震）と2017年（福島県沖）の海底地震観測データとS-netのデータを解析し、日本海溝中～北部広域のアウターライズ断層地震活動の分布把握を行う。前年度に得られた震源時間関数データを用いて、日本列島周辺で発生した中～大規模地震スラブ内・アウターライズ地震の放射エネルギー・破壊複雑性を

網羅的に調べる。
[実験] 前年度と同様の圧縮変形実験を含水ダナイト試料に対して行う。水性流体がAEの卓越周波数や発震機構、及びb値に与える影響を明らかにする。マントル遷移層条件でのアウターライズ断層の再活動を模擬した摩擦実験をマルチアンビル型変形試験機にて行う。
・令和１０年度
[地震波解析] 前年度までに得られたスラブ内地震発生場・不均質構造と地震活動、地震波放射エネルギー、破壊過程の複雑性の関係を系統的に比較・検討し、実験結果と総合することにより、スラブ内地震の発生原因を考察する。
[実験] 前々年度と同様の実験を、深発地震発生場の温度圧力環境下（600～1000℃、13～20万気圧）において試みる。カンラン石の圧力誘起相転移にトリガーされる断層形成機構の詳細を明らかにすることを目指す。引き続きマントル遷移層での断層再活動を模擬した変形実験を行い、アウターライズ断層がどの深さまで再活動するのかを明らかにする。

（8）実施機関の参加者氏名または部署等名：

日野 亮太（東北大学）,趙 大鵬（東北大学）,内田 直希（東北大学）,矢部 康男（東北大学）,武藤 潤（東北大学）,澤 燦道（東北大学）,東 龍介（東北大学）,吉田 圭佑（東北大学）
他機関との共同研究の有無：有
中島淳一（東京科学大学）,大内智博（愛媛大学）

（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：東北大学　大学院理学研究科　地震・噴火予知研究観測センター
電話：022-225-1950
e-mail：zisin-yoti-aob@grp.tohoku.ac.jp
URL：https://www.aob.gp.tohoku.ac.jp

（10）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：吉田圭佑
所属：東北大学　大学院理学研究科　地震・噴火予知研究観測センター