

(1) 実施機関名：

東京大学大気海洋研究所

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）巨大地震・津波を引き起こす海底活断層の学際的観測研究

（英文）Multidisciplinary observational research on active submarine faults generating huge earthquakes and tsunamis

(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：

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

(3) 千島海溝沿いの巨大地震

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

(5) 本課題の5か年の到達目標：

(1) 巨大分岐断層がマントル流体上昇の通路となる可能性が指摘されている（Tomonaga et al., 2020）熊野沖南海トラフの前弧海盆で、マルチチャンネル反射法地震探査（Multi-channel Seismic：MCS）データを繰り返し取得し（Time-lapse調査：繰り返し観測により時間変化を捉える調査）、断層に沿った流体変動を調査する。また、巨大分岐断層の海底付近堆積物と海水から、マントル流体存在の優れたトレーサーであるヘリウム同位体比（ $3\text{He}/4\text{He}$ ）を定期的に測定し、断層に沿った流体変動をモニタリングする。(2) 沈み込み帯の速度構造モデル構築の高度化に人工知能の深層学習（Deep Learning）アルゴリズムを導入し、既存・新規のMCSデータおよび深海掘削（DSDP/ODP/IODP）データを加え、南海トラフにおいてデコルマの地震性すべりに影響する間隙水圧の広域分布を高精度で明らかにする。また、千島海溝のデコルマの間隙水圧を推定し、南海トラフや日本海溝と比較する。(3) 日本海溝沖や千島海溝沖の OUTERライズにおいて既存・新規のMCSデータを海底地形や地震応力場データと組み合わせ、大規模 OUTERライズ断層の活動性を表す Slip Tendencyの広域分布を推定する。また、海洋地殻を断ち切る断層がマントル流体上昇の通路となる可能性が指摘された（Park et al., 2021）宮城沖の OUTERライズで、断層の海底付近堆積物と海水からヘリウム同位体比（ $3\text{He}/4\text{He}$ ）を定期的に測定し、断層に沿った流体変動をモニタリングする。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

【令和6年度】

- (1) 宮城沖日本海溝海側の大規模 OUTERライズ断層付近でピストンコアラによる表層採泥およびCTD採水を行い、海底堆積物試料と海水試料を採取する。希ガス専用質量分析計を用いて海底堆積物・海水試料に含まれるHe（ヘリウム）を抽出し、He濃度および同位体比（ $3\text{He}/4\text{He}$ ）を測定する。
- (2) 日本海溝 OUTERライズの広域で高分解能MCSデータを取得する。
- (3) 南海トラフ沈み込み帯の速度構造モデル構築の高度化に深層学習（Deep Learning）アルゴリズムを導入する（手法開発開始）。

(4) 過去にJAMSTECが千島海溝で取得したMCSデータを用い、重合前深度マイグレーション処理を行うことで、P波速度構造モデルを構築し、デコルマに沿った間隙水圧を推定する。この結果を南海トラフや日本海溝の結果と比較する。

【令和7年度】

(1) 熊野沖南海トラフの前弧海盆でTime-lapse MCSデータを取得する。

(2) 熊野沖南海トラフの前弧海盆で海底堆積物・海水試料に含まれるHe（ヘリウム）を抽出し、He濃度および同位体比（ $3\text{He}/4\text{He}$ ）を測定する。

(3) 南海トラフ沈み込み帯の速度構造モデル構築の高度化に深層学習（Deep Learning）アルゴリズムを導入する（手法開発継続）。

【令和8年度】

(1) 宮城沖日本海溝海側の大規模アウターライズ断層付近でHe（ヘリウム）濃度および同位体比（ $3\text{He}/4\text{He}$ ）を測定し、過去の測定値（Park et al., 2021）や令和6年度の測定値と比較する。

(2) 日本海溝沖アウターライズの広域で高分解能MCSデータを取得し、過去に大気海洋研究所とJAMSTECが取得したMCSデータと統合し、大規模アウターライズ断層の広域Slip Tendencyマップを作成する。

(3) 南海トラフ沈み込み帯の速度構造モデル構築の高度化に深層学習（Deep Learning）アルゴリズムを導入する（手法完成）。

【令和9年度】

(1) 熊野沖南海トラフの前弧海盆でTime-lapse MCSデータを取得することで、既存MCSデータや令和7年度MCSデータと比較し、巨大分岐断層に沿った流体移動の時間変化をモニタリングする。

(2) 熊野沖南海トラフの前弧海盆で海底堆積物・海水試料に含まれるHe（ヘリウム）を抽出し、He濃度および同位体比（ $3\text{He}/4\text{He}$ ）を測定することで、過去の測定値（Tomonaga et al., 2020）や令和7年度の測定値と比較し、巨大分岐断層に沿った流体移動の時間変化をモニタリングする。

(3) 過去にJAMSTECが南海トラフ沈み込み帯で取得した稠密MCSデータを用いる重合前深度マイグレーション処理に、深層学習（Deep Learning）アルゴリズムを利用し、広域のP波速度構造モデルを高精度で構築する。

【令和10年度】

(1) 宮城沖日本海溝海側の大規模アウターライズ断層付近でHe（ヘリウム）濃度および同位体比（ $3\text{He}/4\text{He}$ ）を測定することで、過去の測定値や令和6・8年度の測定値と比較し、大規模アウターライズ断層に沿った流体移動の時間変化をモニタリングする。

(2) 千島海溝沖アウターライズの広域で高分解能MCSデータを取得し、過去にJAMSTECが取得したMCSデータと統合し、大規模アウターライズ断層の広域Slip Tendencyマップを作成する。

(3) 南海トラフ沈み込み帯で構築した高精度の広域P波速度構造モデルを深海掘削（DSDP/ODP/IODP）データと組み合わせ、デコルマに沿った間隙水圧の広域マップを作成する。

(7) 令和6年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

前計画「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第2次）」では、熊野沖南海トラフの前弧海盆で巨大分岐断層に沿ったマントル流体上昇を示唆するヘリウム同位体比（ $3\text{He}/4\text{He}$ ）を検出した。東北沖の日本海溝に沈み込む前の海洋地殻を断ち切る大規模正断層の構造と物性を明らかにし、その断層に沿ったマントル流体の上昇を発見した。海溝の海側に発達する正断層に沿ったマントル流体上昇と海水浸透の証拠が初めて得られ、マントルと海洋を結ぶ大規模な流体循環モデルを構築した。東北沖日本海溝のデコルマの構造と物性を調査した結果、デコルマに沿った間隙水圧が異常に高いことを初めて発見した。デコルマの高い間隙水圧は断層面の強度低下をもたらし、2011年東北沖地震（M 9.0）の巨大津波を引き起こした可能性が高い。南海トラフ沿いの反射法地震探査データを深海掘削データと組み合わせ、海溝で沈み込む堆積物を調査し、砂層に富むタービダイトが浅部スロー地震発生の静穏域（プレート間固着の強い領域と概ね一致）に集中して分布することを明らかにした。透水性の優れたタービダイトがプレート境界断層の間隙水圧を低下させることで、断層面の剪断強度が大きくなり、スロー地震活動が静穏化した可能性が高い。

今年度は、本課題の「巨大地震・津波を引き起こす海底活断層の学際的観測研究」と密接に関連する、令和6年能登半島地震（M7.6）で津波を引き起こした海底活断層の実態解明の研究に着手した。令和6年1月1日に能登半島で大規模地震（M7.6）とそれに伴う津波で甚大な被害が発生した。震源断

層は能登半島の北西部から北東海域に至る全長約150 kmで、特に海域ではその断層の一部が津波を引き起こしたと考えられている。最近の一連の地震活動から、断層付近の深部流体が地震の引き金になったと推定されている。令和6年3月に能登半島の北東沖で実施された学術研究船「白鳳丸」緊急調査航海で取得された合計14本測線のマルチチャンネル反射法地震（MCS）探査データを用い、高精度地殻構造イメージングを目的とする重合前深度マイグレーション（Pre-stack depth migration : PSDM）処理を施した。その結果、地震発生域に広がる海底活断層群の高精度構造イメージングに成功した。海底活断層群の一部は、津波の波源域に分布し、海底付近まで到達していることから、今回の津波を引き起こした可能性がある。また、MCS探査と平行して実施した海底地形調査や海底表層地層探査データを解析し、一部の断層は海底面付近まで到達し、海底面の鉛直変位が約3～5 mに達していることを発見した。さらに、能登半島北部沿岸において水中ドローンを用いた海底面変形調査を行い、令和6年能登半島地震に伴って形成された可能性のある海底断層のカメラ撮影に成功した。

なお、今年度の研究成果は、本課題の5か年計画と概ね一致している。

・「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

令和6年能登半島地震（M7.6）で津波を引き起こした海底活断層の高精度構造イメージングに成功したことで、「関連の深い建議の項目」の“地震発生を支配する場の解明とモデル化”の目的達成に貢献している。令和6年能登半島地震（M7.6）で津波を引き起こした海底活断層の実態を解明することで、今後も日本海を含む日本各地で発生が懸念される活断層地震の活動評価の高精度化や、大規模な活断層地震の防災・減災対策に重要な貢献が期待される。

(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

朴 進午、Mohammadigheymasi Hamzeh、楊 一戈、Jamali Hondori Ehsan、三澤 文慶、野 徹雄、大塚 宏徳、2024、2024年能登半島地震（M7.6）破壊域に発達する海域活断層の構造イメージ、日本地震学会2024年度秋季大会、S22-05

Hamzeh Mohammadigheymasi, Yige Yang, Ehsan Jamali Hondori, Jin-Oh Park、2024、Advanced Seismic Depth Imaging of the Tsunamigenic Fault in the 2024 Noto (M7.6) Earthquake Rupture Area、日本地震学会2024年度秋季大会、S22-21

(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：

南海トラフ沈み込み帯の速度構造モデル構築の高度化に深層学習（Deep Learning）アルゴリズムを導入する。令和6年能登半島地震（M7.6）で津波を引き起こした海底活断層の実態を解明するために、震源断層の空間マッピングを行うとともに、震源断層の海底面付近で採取した海底堆積物・海水試料に含まれるHe（ヘリウム）を抽出し、He濃度および同位体比（ $3\text{He}/4\text{He}$ ）を測定する。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

朴進午（東京大学大気海洋研究所）、芦寿一郎（東京大学大気海洋研究所）、山口飛鳥（東京大学大気海洋研究所）、高畑直人（東京大学大気海洋研究所）

他機関との共同研究の有無：有

佐野有司（高知大学海洋コア国際研究所）、鹿児島渉悟（富山大学学術研究部理学系）

(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：東京大学大気海洋研究所 国際・研究推進チーム
電話：04-7136-6009
e-mail：iarp@aori.u-tokyo.ac.jp
URL：http://www.aori.u-tokyo.ac.jp/

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：朴進午
所属：東京大学大気海洋研究所