

(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 RAMP 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 RAMP 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 RAMP 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 RAMP 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 RAMP 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7年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

三陸沖日本海溝の浅部プレート境界断層（＝デコルマ）のすべりは、1896年明治三陸地震（M8.2）および2011年東北沖地震（M9.0）の際に大きい津波を引き起こしたが、主なすべりのデコルマ深度（または、海溝軸から陸側への距離）は対照的である（例えば、Satake et al., 2017, Geosci. Lett.）。即ち、1896年地震では海溝軸から遠いデコルマのすべり量が大きいことに対し、2011年地震では、海溝軸に近いデコルマのすべり量が大きく、その原因は未だ不明である。

今年度は、三陸沖日本海溝のデコルマ挙動を調査するために、JAMSTECが2022年に取得したマルチチャンネル反射法地震探査（MCS）データ（測線KJ2204）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。さらに、PSDM速度構造モデルを用い、デコルマの地震性すべりを制約する間隙水圧などの物性を推定した（具体的なデータ解析手法は、Jamali Hondori and Park (2022, Sci. Rep.) またはYu et al. (2025, JGR)を参照）。

測線KJ2204のPSDM断面図（図1）では、太平洋プレートの最頂部に発達するホルスト・グラベン（地塁・地溝）構造がデコルマに沿って海溝陸側へ沈み込んでいる様子が明瞭に捉えられた。デコルマの固着度を示唆する有効応力比（Effective stress ratio、図2）では、相対的に強い固着を示唆する2つのピーク領域が特定された（即ち、海溝軸から距離9-14 kmのZone A、29-36 km

のZone B)。Zone AとZone Bはそれぞれ2011年地震と1896年地震の主なすべり領域に含まれることから、Zone Aは2011年地震のアスぺリティとして、Zone Bは1896年地震のアスぺリティとして機能し、異なる地震イベントにおいて異なるアスぺリティパッチが破壊されるという、空間的に相補的な地震破壊パターンの可能性が考えられる。

これらZone AとZone Bではデコルマがホルスト上に形成され、沈み込み堆積層が薄く、堆積層の中に封じ込められた流体の量が相対的に少ないことが考えられる。加えて、前縁付加体内部のスラスト断層がデコルマまで到達することで、断層に沿った流体排出が起こり、結果としてデコルマの間隙水圧の局所的な減少および有効応力の増加をもたらした可能性がある。

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

三陸沖日本海溝で津波を引き起こす浅部プレート境界断層の高精度構造イメージングと物性推定に成功したことで、「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。三陸沖日本海溝で津波を引き起こす浅部プレート境界断層の実態を解明することで、今後、日本海溝および千島海溝で発生が懸念される巨大地震の活動評価の高精度化や、後発地震発生による地震・津波の防災・減災対策に重要な貢献が期待される。

(8) 令和7年度の成果に関連の深いもので、令和7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

Yue Sun, Ayumu Miyakawa, Koichiro Obana, Ehsan Jamali Hondori, and Jin-Oh Park, Normal faults geometry and slip tendency in the outer-rise of the Japan Trench, Progress in Earth and Planetary Science, 12, 65, <https://doi.org/10.1186/s40645-025-00742-2>, 2025., 査読有, 謝辞有

Fan Yu, Ehsan Jamali Hondori, and Jin-Oh Park, Pre-stack depth imaging and pore-fluid pressure estimation along the Nankai Trough subduction zone off the Kii Peninsula, SW Japan, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 130, e2024JB029780, <https://doi.org/10.1029/2024JB029780>, 2025., 査読有, 謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

Yuqi Lyu, Tetsuo No, Ehsan Jamali Hondori, Hamzeh Mohammadigheymasi, and Jin-Oh Park, 2025, Seismic Reflection Imaging and Pore-Fluid Pressure Analysis of the Japan Trench Megathrust Fault Offshore Sanriku, NE Japan, 日本地球惑星科学連合2025年大会、SIT19-08

(9) 令和7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8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向けて深層学習（Deep Learning）アルゴリズムの開発を進める。日本海溝や千島海溝の OUTER-RAISE において大気海洋研究所とJAMSTECが取得した反射法地震探査データを統合し、大規模 OUTER-RAISE 断層の広域 Slip Tendency マップを作成する。

(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

(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

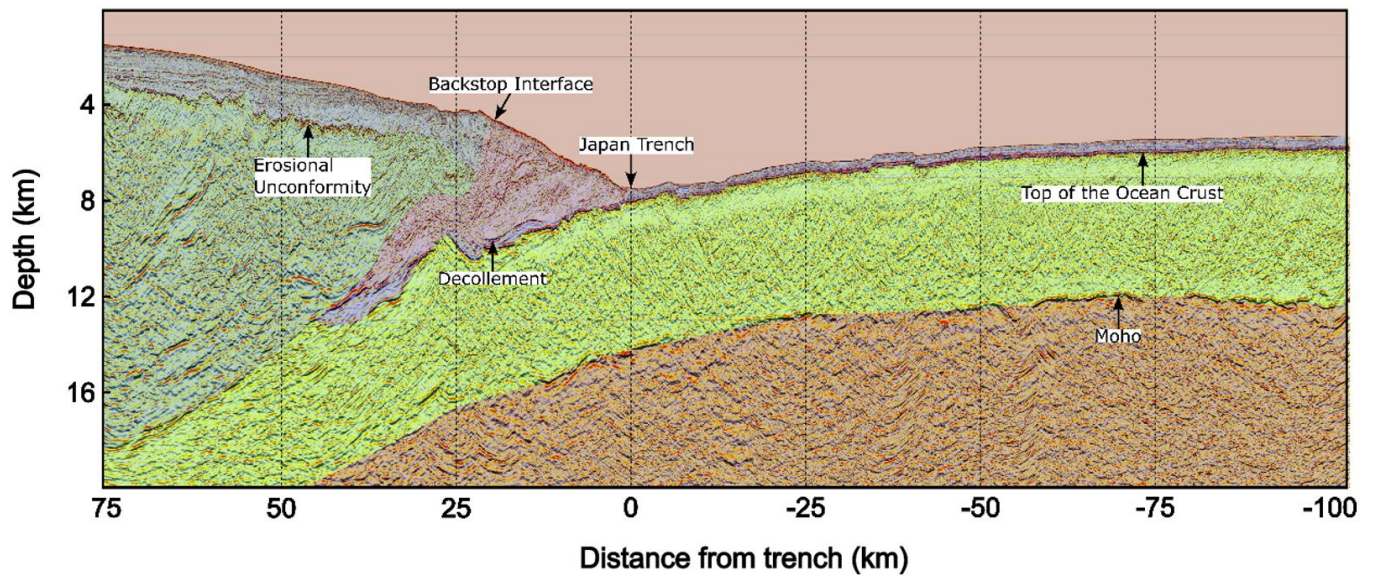


図1．三陸沖日本海溝沈み込み帯の重合前深度マイグレーション断面図と地質構造解釈

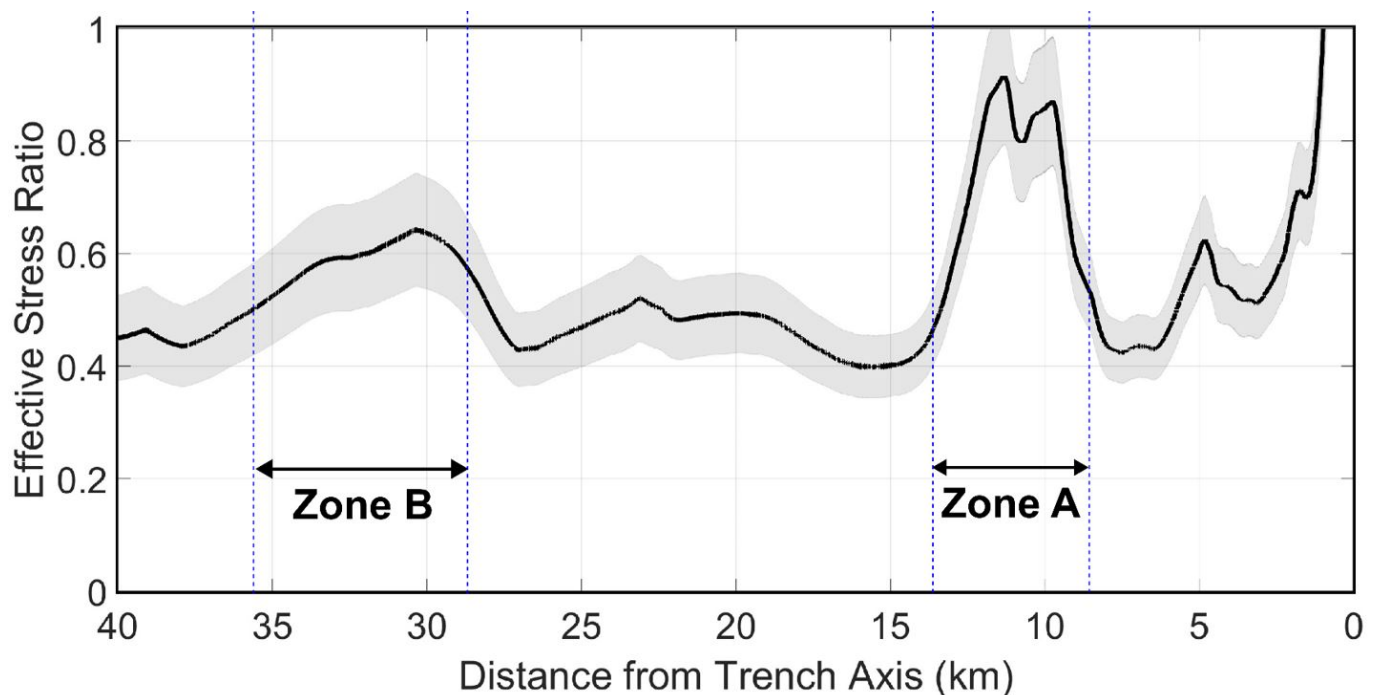


図 2．三陸沖日本海溝の浅部プレート境界断層に沿った有効応力比