

2023年12月26日

国立大学法人新潟大学
国立大学法人東京海洋大学
西オーストラリア大学
国立研究開発法人海洋研究開発機構
デンマーク超深海研究センター

東日本大震災で日本海溝底に生じた断層崖を 世界で初めて発見

－ 有人潜水艇による超深海での観察 －

新潟大学自然科学系（理学部）の植田勇人准教授、東京海洋大学の北里洋客員教授、西オーストラリア大学、海洋研究開発機構、デンマーク超深海研究センターの研究者などで構成される国際研究グループは、2011年東北地方太平洋沖地震（以下、「東日本大震災」という。）の震源域にある宮城県沖の水深約7,500mの日本海溝において有人潜水艇による海底調査を実施しました。その結果、同地震で隆起した海底に高さ26m（7~8階建てのビルに相当）の断層崖^{（注1）}を発見しました。現地で計測した地形を詳しく調べた結果、地震が発生した際に日本海溝底では、断層に沿って海底が水平に80~120m動いたことにより先端部がおよそ60m持ち上げられ、その一部が崩壊して断層崖になった過程が示唆されました。

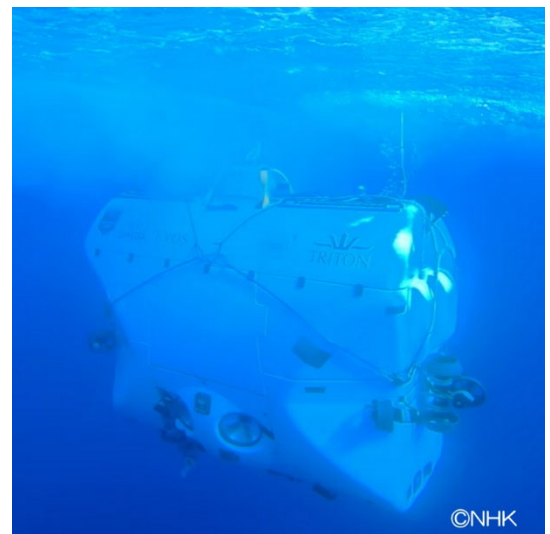


図1. 有人潜水艇リミッティング・ファクター号

【本研究成果のポイント】

- 東日本大震災によって日本海溝の底に生じた隆起地形と断層崖を、有人潜水艇によって世界で初めて現地で観察・記録しました。
- 観察された断層崖は、地震をおこした断層のズレが日本海溝の海底面にまで到達したと推定するこれまでの観測結果を支持しています。
- 現地で計測した地形の解析から、地震発生時に震源域の少なくとも一部では、これまでの見積もりより大きい80~120mもの海底の動きがあったと推定されます。

I. 研究の背景

東日本に甚大な被害をもたらした東日本大震災は、東北日本の地盤と、その下に沈み込む太平洋プレートとの境界で発生しました。震災直後から実施された様々な観測により、海溝の西方約 100km の震源（海面下 24km の地下）で発生した断層の破壊（ズレ）が、地震の揺れが続いたおよそ 2 分間のうちに日本海溝の海底にまで達し、付近の地盤を東に 50m 以上動かしたと推定されています。津波は海底地形の急激な変化によって発生するため、震災時に海溝でおこった地形変動を正確に知ることは大変重要です。しかし、日本海溝の海底が水深 6,500m を超える超深海^(注2)にあり、陸上や洋上の遠隔地から観測する以外に現地を調査する手段がなかったために、震災後 10 年以上経った今日まで、地震時に海溝で何が起きたのか詳しく把握されていませんでした。

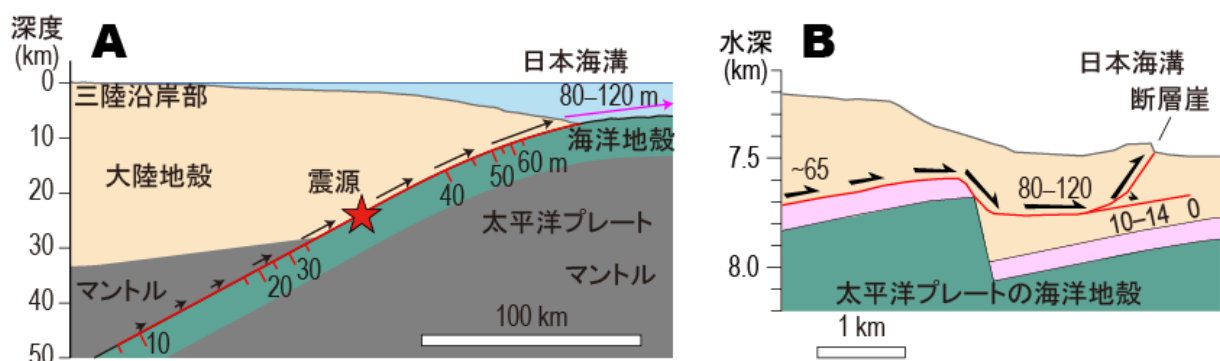


図 2. 東日本大震災による宮城県～東方沖での断層の動き (Ueda et al., 2023 の第 8 図の一部を加筆修正)。図中の数値は断層沿いに地盤がずれた距離(m)を表わす。A:震災時の地盤の動きから推定された地下の断層のズレ。B:今回の潜航調査から推定された日本海溝での断層の動き。

II. 研究の概要

2022 年 8~9 月に行われた「プレッシャー・ドロップ号・環太平洋火山帯 2022 日本航海 (Ring of Fire Expedition 2022 Japan)」では、無人海底観測機 (ランダー) と有人潜水艇を用いて日本周辺の海溝の地質と深海生物を調査しました。母船や潜水艇は民間企業によって保有・運航^(注3)され、潜水艇リミッティング・ファクター号は地球上のあらゆる深海底に到達可能な水深 11,000m の潜航能力 (いわゆるフル・デプス仕様) を備えています。このプロジェクトの第 2 次航海 (Leg2) では、日本海溝への潜航調査が 3 回行われ、うち 1 回 (第 123 潜航) では東日本大震災の震源域である宮城県沖日本海溝の水深約 7,500m の海底を訪れ、地形・地質を調査しました。

III. 研究の成果

本潜航調査では、地震で隆起した地形を横断しながら海底の状況を観察・ビデオ撮影するとともに、距離と水深を測りながら海底地形を記録しました。その結果、高さ 59m と計測された隆起地形の東の縁に落差 26m の垂直に近い崖 (7~8 階建てのビルに相当) があり、その下方斜面は崖から崩落したとみられる多量の岩塊で埋め尽くされていることが判明しました。隆起地

形は地震前には存在せず、地震の 11 日後には観測されていたことから、今回発見された崖も地震時の隆起に伴って形成されたと考えられます。一般に内陸部でおこる地震で現れる断層崖の落差が数十センチから数メートルであることを考えれば、東日本大震災に伴うこの断層崖が破格の規模だったことがわかります。地形の詳しい解析から、断層によって東に 80~120m 動いた地盤の先端が急激に約 60m 持ち上げられ、断層沿いに崩落したことによってこの崖が形成されたと推定されます。日本海溝以外の地域も含めて、海洋プレートが沈み込む境界がずれることで発生した地震（海溝型地震）で現れた断層崖を海底で観察・記録した報告は、世界で初めてです。

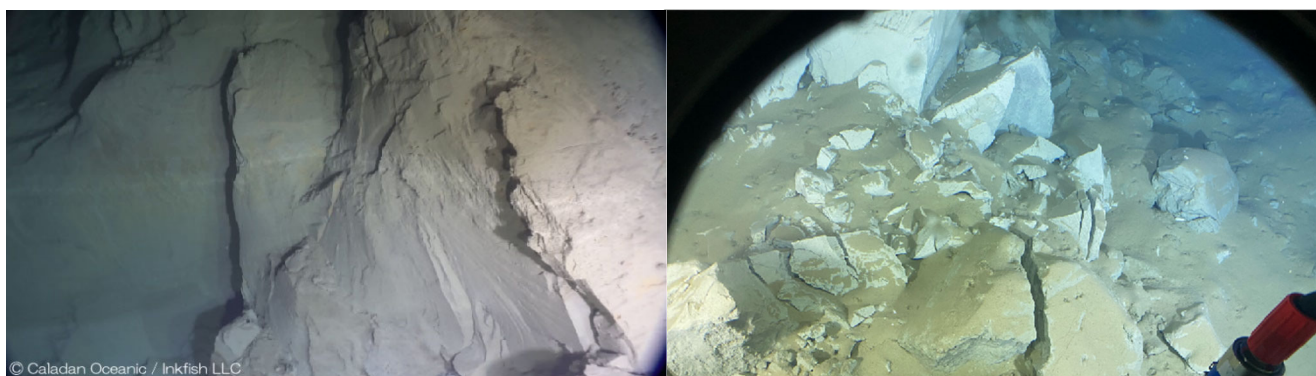


図 3. 潜航調査で撮影した、東日本大震災の震源域における日本海溝の海底の様子。左：ほぼ垂直な断層崖の一部。右：断層崖の下方斜面に広がる泥の崩落岩塊。それぞれ，Ueda et al., (2023) の第 6 図および第 5 図の一部を簡略化）。

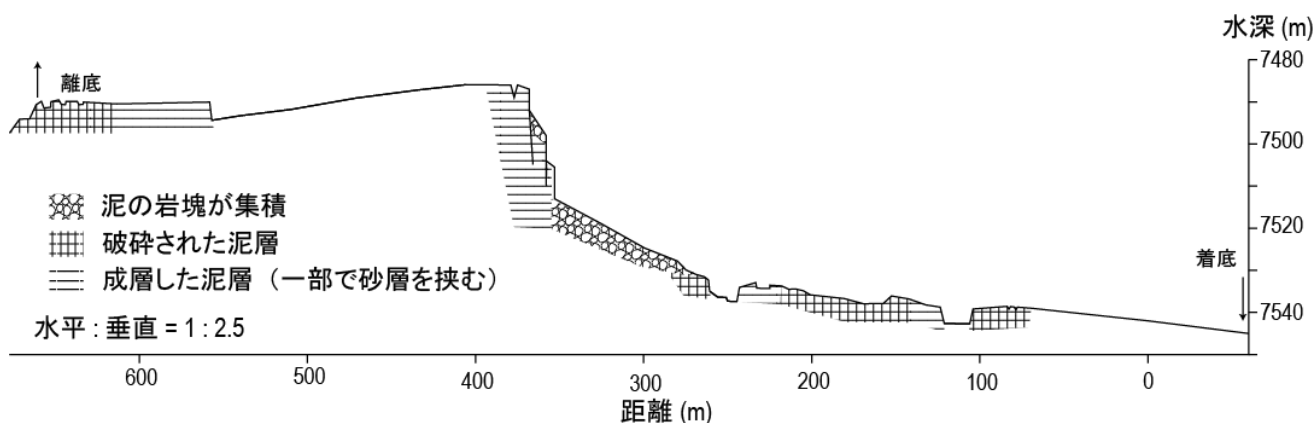


図 4. 潜航調査で得られた地形・地質断面（Ueda et al., 2023 の第 4 図の一部を加筆修正）。

IV. 今後の展開

日本は排他的経済水域内に 5 つの海溝（千島海溝、日本海溝、伊豆一小笠原海溝、南海トラフ、琉球海溝）があり、将来にわたってこれらの海溝域で巨大地震や大規模な津波が発生することが予測されています。2024 年秋には今回の調査と同じ宮城沖日本海溝近傍において地球深部探査船「ちきゅう」による深海掘削（IODP 第 405 次航海：JTRACK）が行われ、震災直後から現在までの地下における断層の状態の変化が詳しく調べられる予定です。一方で、これまで実現できなかった海溝を含む超深海における詳細な地形調査や現地における潜航調査を多くの

地点で実施することができれば、津波をおこした海底の地形変化の詳細を広域的に把握できるため、より高精度の災害予測に役立つことが期待されます。今回の有人潜水艇での断層崖の発見により、フル・デプス有人潜水艇が海溝での科学調査に大変有用であることが実証されました。現在、日本国内に超深海の海溝底に到達できる探査機や潜水艇はありませんが、巨大地震を発生させる海溝の近くで暮らしていく日本人にとって、超深海探査の重要性は増していくものと思われます。今後もフル・デプス有人潜水艇を含む外国の研究船による日本周辺の海溝の調査が複数計画されており、これらの調査によって超深海の研究が格段に進むことが期待されます。

V. 研究成果の公表

本研究成果は、2023年12月26日、科学誌「Communications Earth & Environment」に掲載されました。

論文タイトル：The submarine fault scarp of the 2011 Tohoku-oki Earthquake in the Japan Trench

著者：植田勇人, 北里洋, Alan Jamieson, Pressure Drop Ring of Fire Expedition 2022 Japan Cruise Leg2 science team (プレッシャードロップ号環太平洋火山帯 2022 日本 第二次航海科学チーム)

doi: 10.1038/s43247-023-01118-4

VI. 謝辞

本航海は Caladan Oceanic / Inkfish LLC が運航経費を負担し、西オーストラリア大学の Alan J. Jamieson 教授と東京海洋大学の北里洋客員教授が共同研究主席を務める航海として実施されました。日本およびオーストラリアの関係諸機関のご理解とご支援に感謝いたします。なお、参加各研究者の参加経費は、論文中に記載してあります。

【用語解説】

(注1) 断層：地盤のズレを伴う割れ目。断層崖：断層によって地表がずれた際に現れた崖。

(注2) 超深海：水深 6,000m、あるいは 6,500m より深い海。6,500m より深い水深は海溝にしか存在しない。

(注3) 民間企業によって保有・運航：本潜航調査実施当時は Caladan Oceanic 社が保有、後に Inkfish 社へ売却され、引き続き運航されている。

本件に関するお問い合わせ先

【研究に関すること】

国立大学法人新潟大学理学部

准教授 植田勇人（うえだ はやと）

E-mail : ueta@geo.sc.niigata-u.ac.jp

国立大学法人東京海洋大学

客員教授 北里 洋（きたざと ひろし）

【広報担当】

国立大学法人新潟大学広報事務室

TEL : 025-262-7000

E-mail : pr-office@adm.niigata-u.ac.jp

国立大学法人東京海洋大学総務部総務課広報室

海洋研究開発機構海洋科学技術戦略部報道室