



2020年8月7日

報道関係者 各位

国立大学法人筑波大学

海洋トランスフォーム断層を回る「ブーメラン」地震破壊

～2016年ロマンシェ地震の特異な破壊成長過程を地震波形解析で解明～

研究成果のポイント

1. 大西洋中央海嶺のトランスフォーム断層で生じた巨大地震は、破壊前線が途中で進行方向を変え、断層を越せん断速度で逆伝播する特異な破壊成長様式だったことを見出しました。
2. 震源近傍に設置された海底地震計データと震源から遠く離れた遠地実体波データを統合的に解析し、トランスフォーム断層の地震破壊成長過程を明らかにしました。
3. ブーメラン型の特異な破壊成長過程は、トランスフォーム断層における地震破壊の新たな姿であり、巨大地震の破壊成長機構の理解を促す新知見です。

国立大学法人筑波大学生命環境系 山岳科学センターの奥脇亮助教、八木勇治教授、清水宏亮大学院生(当時、現気象庁)らは、イギリス、ドイツの研究機関を中心とした国際共同研究に参加し、2016年に大西洋で発生したマグニチュード(M)7.1のロマンシェ地震を解析しました。その結果、地震破壊前線が、ブーメランのように途中で進行方向を逆向きに転回し、超せん断速度^{注1)}で逆伝播する特異な震源過程様式であったことを世界で初めて明らかにしました。

大西洋中央海嶺などでは、プレート同士が水平にすれ違うトランスフォーム断層が発達し、地震が発生します。トランスフォーム断層は、内陸地震の断層と比較して形状が単純であることから、断層の性質が地震破壊成長^{注2)}にどのような影響を及ぼすのかを探る上で重要な場所です。

本研究は、震源近傍に設置した海底地震計データと震源から遠く離れた遠地実体波^{注3)}データを統合的に解析することにより、大西洋中央海嶺で発生した2016年ロマンシェ地震の破壊過程を明らかにしました。破壊過程は二つのステージで構成されていました。①初期破壊は震源から浅部・東方向に進みますが、②破壊の方向が西へとブーメランのように逆転し、超せん断速度で高速に断層を逆伝播しながら断層浅部を破壊したことが分かりました。

本研究成果は、従来の常識を覆す、トランスフォーム断層における地震破壊の新たな姿であり、巨大地震の破壊成長機構の理解を促す新知見です。

※本研究成果は、2020年8月10日付(日本時間11日午前零時)「Nature Geoscience」で公開される予定です。

※本研究は、研究大学強化促進事業(国際テニュアトラック制度)の支援で実施されました。

研究の背景

巨大地震は、破壊前線の進行速度・進行方向の変化や複数の大滑り域を伴うなど、その破壊成長過程が複雑であることが知られています。特に内陸で発生する巨大地震では、複雑な断層の形状が破壊成長過程にどのように影響するのかが、議論されてきました。一方、大西洋中央海嶺など海域に発達する海洋トランスフォーム断層（図1）は、形状が比較的単純であることから、断層形状以外の要素（地質学的な構造の不均質性、プレート間の固着度合い）が、破壊成長過程にどのような影響を及ぼすのかを探る上で重要な「天然の実験場」となっています。

本研究は、2016年に大西洋中央海嶺のトランスフォーム断層で発生したマグニチュード(M)7.1のロマンシェ地震（図1）について、震源近傍に設置された海底地震計データ及び遠地実体波データを用いて、地震破壊の成長過程を詳しく調べました。

研究内容と成果

本研究の解析には、PI-LAB/EURO-LABプロジェクト^{注4)}によって2016年ロマンシェ地震の震源近傍に設置された海底地震計データと、全世界のデジタル地震観測網で観測された遠地実体波を用いました。その結果、破壊成長過程は以下の二つのステージによって構成されていることが分かりました。①最初のステージでは、震源において破壊が開始し、破壊前線は深部から浅部、東方へと進行しました。②二つ目のステージでは、破壊前線はその進行方向を西方へとブーメランのように逆方向に転回し、断層を越せん断速度で逆伝播していました（図1）。

この結果は、深部から浅部に向かう初期破壊①が、大きな破壊エネルギーを伴う主破壊②へとスケールアップしたことにより、ブーメランのような破壊前線の逆伝播と越せん断速度の破壊伝播をもたらしたことを示唆しています。こうした複雑な破壊成長過程は、数値実験やシミュレーションなどの理論的な研究によって部分的に予想されていましたが、実際の地震波形データを用いた本研究によって初めてその姿が明らかとなりました。

また、本研究結果は、地震の破壊成長過程が、プレートの形成年代や温度構造のみでなく、トランスフォーム断層における破碎や変質によってコントロールされることを示唆しています。断層形状が比較的単純なトランスフォーム断層における地震であっても、その破壊成長過程が極めて複雑になることを初めて明らかにしました。

今後の展開

本研究によって得られたブーメラン型の破壊成長過程は、地震の複雑性を特徴づける新たな知見です。

こうした特異な破壊成長過程が、内陸など他の地震発生場においても同様に観測されるのか、今後さらなる解析を行っていきます。破壊前線の進行方向や破壊継続時間は、地震動の強さやその分布を大きく左右することが知られているため、本研究成果は、将来起こりうる巨大地震、特に内陸で発生する地震の災害リスク評価に対して貢献することが期待されます。

参考図

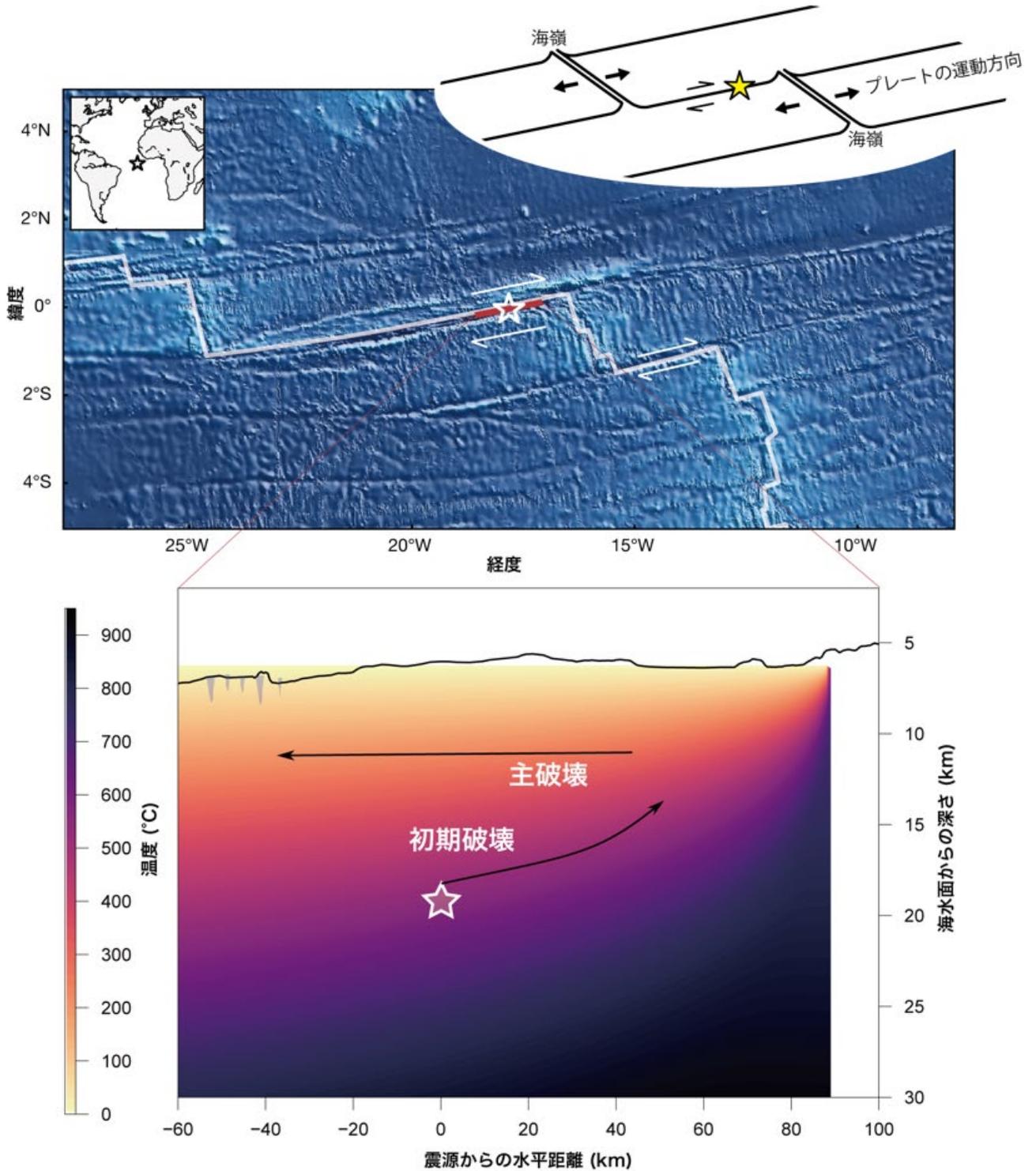


図 1: 上段パネルにトランスフォーム断層の概念図と、解析対象地の海底地形図を示す。星印は 2016 年ロマンシェ地震の震央、赤線は地震の破壊域。白線はプレート境界。プレートの運動方向を矢印で示す。下段パネルに地震破壊領域の断面図を示す。横軸は震央からの距離、縦軸は海面からの深さ。矢印で破壊前線の進行方向を示す。星印は震源。背景色は温度構造を表す。

用語解説

- 注1) **超せん断速度** 通常、地震破壊の進む速さはS波（動きの方向が波の進む方向に直交する波）が地球の地殻を通過する速さ（せん断速度）の70–90%である。せん断速度を超える速度を超せん断速度と呼ぶ。本研究で解析した2016年ロマンシェ地震などの横ずれ地震では、せん断速度よりも速い速度で地震破壊が進む場合があり、これを超せん断破壊（supershear rupture）と呼ぶ。
- 注2) **地震破壊成長** 地下の岩石で生じた破壊が、その領域を拡げながら断層を形成してゆく様子。
- 注3) **遠地実体波** 震源から地球内部を伝播し、震央から遠方の（およそ3000→万km離れた）観測点で観測された地震波。
- 注4) **PI-LAB/EURO-LAB プロジェクト** イギリスのサウサンプトン大学が率いる国際的な海洋底探査プロジェクト。
<https://horizon-magazine.eu/article/qa-plate-tectonics-fundamental-understanding-earth-s-evolution-big-questions-remain.html>
<https://www.southampton.ac.uk/oes/research/projects/passive-imaging-of-the-lithosphere-asthenosphere-boundary.page>

掲載論文

- 【題名】 Back-propagating super-shear rupture in the 2016 M_W 7.1 Romanche transform fault earthquake (2016年ロマンシェ・トランスフォーム断層地震における超せん断・逆伝播破壊)
- 【著者名】 Stephen Hicks (インペリアル・カレッジ・ロンドン、サウサンプトン大学)、Ryo Okuwaki (奥脇 亮) (国立大学法人筑波大学 生命環境系・山岳科学センター)、Andreas Steinberg (クリスティアン・アルブレヒト大学キール、ドイツ連邦地球科学・天然資源研究所)、Catherine Rychert (サウサンプトン大学)、Nicholas Harmon (サウサンプトン大学)、Rachel Abercrombie (ボストン大学)、Petros Bogiatzis (サウサンプトン大学)、David Schlaphorst (ブリストル大学、リスボン大学)、Jiří Zahradník (プラハ・カレル大学)、John-Michael Kendall (ブリストル大学、オックスフォード大学)、Yuji Yagi (八木 勇治) (国立大学法人筑波大学 生命環境系・山岳科学センター)、Kousuke Shimizu (清水 宏亮) (国立大学法人筑波大学 生命環境科学研究科 (当時))、Henriette Sudhaus (クリスティアン・アルブレヒト大学キール)
- 【掲載誌】 *Nature Geoscience*
- 【DOI】 <https://doi.org/10.1038/s41561-020-0619-9>

問い合わせ先

<研究に関すること>

奥脇 亮(おくわき りょう)

国立大学法人筑波大学 生命環境系・山岳科学センター 国際テニュアトラック助教
(英国・リーズ大学に滞在中)

<報道に関すること>

筑波大学広報室