

スラブ内地震の複雑な破壊過程を詳細解析 ～浮かび上がった海洋プレートの奇妙な「たわみ」形状～

海洋プレートが大陸プレートに潜り込む沈み込み帯は、地震の主要な発生場となります。沈み込み帯においてプレートにかかる力の様子やプレートの形状を明らかにすることは、地震の発生機構やプレート運動を理解する上で不可欠です。しかしながら、沈み込む海洋プレート（スラブ）の形状やスラブ内の応力状態は、地下深くに位置することから、そもそも観測することが難しく、大部分が不明のままでした。

本研究では、2021年3月にニュージーランド北部沖合で発生したマグニチュード（M）7.3のスラブ内地震を解析し、スラブの深部から浅部にかけて逆断層、横ずれ断層、正断層破壊が混在する極めて複雑な地震破壊が発生したことを明らかにしました。発見したスラブ深部における逆断層・横ずれ断層破壊は、通常予想されるプレートの沈み込み方向に沿った単純な応力状態では説明することができません。更に解析を進め、こうした破壊過程が生ずるには、スラブ深部の海洋プレートが通常の沈み込み方向に90度直交するような「たわみ」形状を持つ必要があることを見出しました。

本研究により、従来は数値計算などによって推定していたスラブの形状や応力状態を、地震発生を通して観測する道筋を提示することができました。地球のダイナミックな動きを司るプレートテクトニクスの理解を深化させる新たな知見です。またスラブ内地震は、しばしば強い振動や構造物被害をもたらすことが知られています。地震発生を直接コントロールするスラブの形状を明らかにすることは、将来起こりうるスラブ内地震やそれに伴う被害を評価する上で重要です。今後は、日本をはじめとする世界のスラブ内地震を解析することで、複雑なスラブ内地震の発生機構と謎が多いスラブの姿を明らかにすることを目指しています。

研究代表者

筑波大学生命環境系／山岳科学センター

奥脇 亮 助教

研究の背景

地球表面を覆う岩盤（プレート）の運動により、プレート同士の境界は地震や火山など地球のダイナミックな変動現象の舞台となります。日本やチリ、ニュージーランドなどでは、海洋プレートが大陸プレートの下に潜り込むことによって沈み込み帯を形成します。沈み込み帯におけるプレート境界やプレートの内部は、地震の主要な発生場です。こうした変動場において、プレートにかかる力の様子やプレートの形状を理解することは、沈み込み帯で生じる地震の発生機構やプレート運動を理解する上で不可欠です。しかし、沈み込む海洋プレート（スラブ）内部は、大陸プレートに潜り込み地下深くに位置することから、スラブ内にかかる力やその形状を観測することが特に困難です。そのため、スラブ内の状態を調べる重要な手がかりは、スラブ内地震の発生機構そのものです。今回、本国際研究チームは、2021年3月4日にニュージーランド北部沖合で発生したマグニチュード（M）7.3のスラブ内地震（以下、2021年ニュージーランド地震）の発生機構を解析することで、従来は考えられてこなかった、スラブの奇妙な「たわみ」形状を発見しました。

研究内容と成果

本研究の解析には、2021年ニュージーランド地震発生時に世界55地点で観測された地震波形データを使用しました。この地震は、オーストラリアプレートに沈み込む太平洋プレート内で発生しました。解析の結果、スラブ深部から浅部にかけて、逆断層、横ずれ断層、正断層破壊が混在する、極めて複雑な地震発生機構を持つことが分かりました。この発生機構からスラブ内にかかる応力の向きを推定すると、スラブ浅部における正断層破壊は、プレートの沈み込みに伴って発生するスラブの曲がりにより、北東-南西に走るプレート境界先端の軸（海溝軸）に直行する向きに引っ張られることで発生したことが明らかになりました。一方、スラブ深部における横ずれ断層・逆断層破壊は、これまでの予想に反し、海溝軸に平行な向きに圧縮を受けたことで発生したことが分かりました。

スラブの曲がりにより、スラブ内ではさまざまな機構を持つ地震が発生することはこれまでも知られていました。本研究チームは今回、一つのスラブ内地震においても、複数の機構を持つ地震破壊が同時多発的に生じたことを世界で初めて明らかにしました。スラブの曲がりとは通常、沖合から陸側にかけて海のプレートが沈み込むことによって、海溝軸に直交方向に発生します。しかし、本研究で明らかとなったスラブ深部における圧縮の応力配置を説明するには、スラブが海溝軸に対して平行にたわむ必要があります。こうしたスラブの変形機構は、従来のスラブ形状モデルや他の地域で前例のない極めて特異な観測事例ですが、解析対象地域に存在する海山や海台などの特徴的な構造により、プレート内に局所的な浮力差が生じることによって説明することができます。

今後の展開

本研究では、地震波形データの解析から地震発生機構を精緻にイメージしました。これにより、従来はその全貌をつかむことが困難だったスラブ内の応力状態やスラブ形状を、地震発生を通して観測する道筋を提示することができました。スラブ内で発生する地震は、その発生機構が複雑であることが知られていましたが、本研究成果はその原因解明への重要な一歩となります。今後はニュージーランドのみならず、日本やペルー、チリ、インド洋など世界で発生するスラブ内地震を網羅的に解析し、複雑なスラブ内地震の発生機構と謎が多いスラブの姿を明らかにすることを目指しています。

参考図

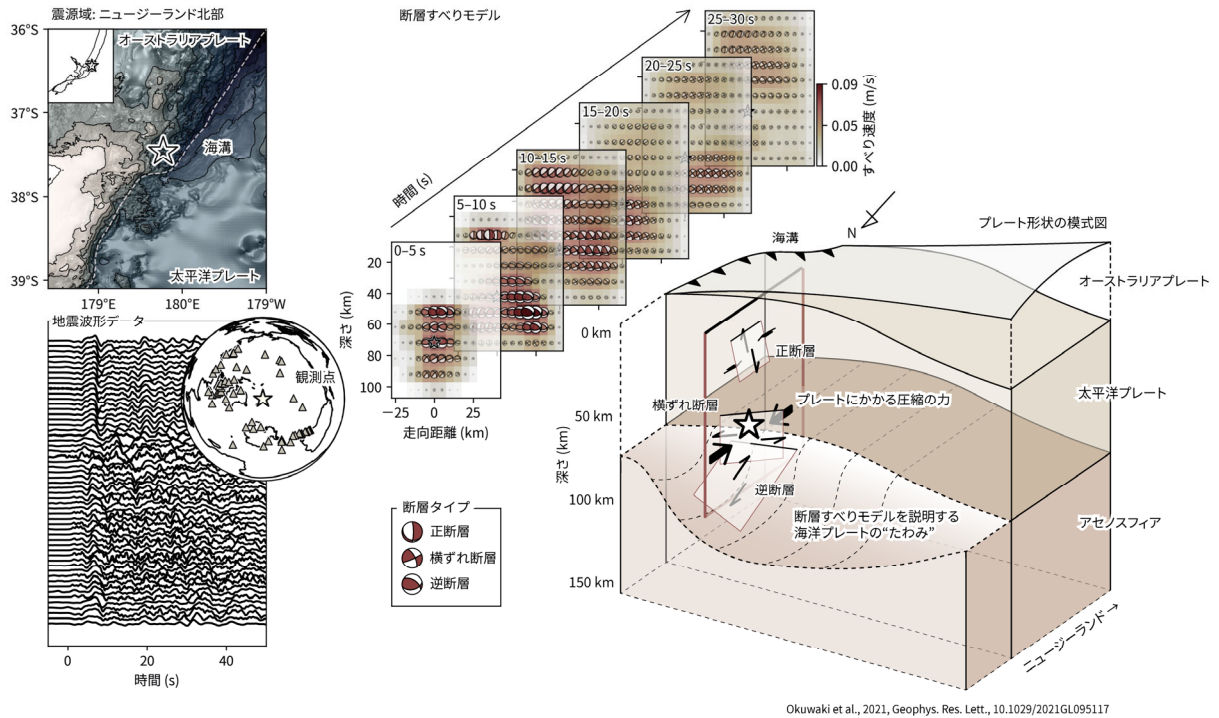


図 本研究成果のまとめ

世界各地の地震観測網が捉えた2021年ニュージーランド地震の地震波形データを使い、断層すべりモデルを構築しました。結果として、スラブ深部から浅部にかけて、さまざまな断層タイプを包含する、極めて複雑な地震発生機構を明らかにしました。今回判明した地震発生機構から沈み込むプレートの形状を推定すると、スラブ浅部では通常のスラブ沈み込み方向に沿った引っ張りの力が存在することが分かりました。一方、スラブ深部は、従来型の応力配置から90°回転する圧縮の応力配置を必要とすることが分かりました。この特異な応力配置を説明するには、海洋プレートが通常のスラブ沈み込み方向に直交するような、「たわみ」形状を要することを見出しました。

研究資金

本研究は、JSPS 科研費 (19K04030)、研究大学強化促進事業 (国際テニュアトラック制度) などの支援で実施されました。

掲載論文

【題名】 Illuminating a Contorted Slab with a Complex Intraslab Rupture Evolution during the 2021 Mw 7.3 East Cape, New Zealand Earthquake. (2021年ニュージーランド・イーストケープで発生したスラブ内地震の複雑な破壊過程が照らす、スラブのたわみ)

【著者名】 Okuwaki, R. (奥脇 亮)^{1,2,3}, Hicks, S. P.⁴, Craig, T. J.³, Fan, W.⁵, Goes, S.⁴, Wright, T. J.³, & Yagi, Y. (八木勇治)²

¹ 筑波大学山岳科学センター、² 筑波大学生命環境系、³ University of Leeds、⁴ Imperial College London、⁵ Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego

【掲載誌】 Geophysical Research Letters

【掲載日】 2021年12月13日 (オンライン先行公開)

【DOI】 10.1029/2021GL095117

問合わせ先

【研究に関すること】

奥脇 亮(おくわき りょう)

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)

TRIOS: <https://trios.tsukuba.ac.jp/researcher/0000004310>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報室

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp