

分野：自然科学系 キーワード：統合国際深海掘削計画、地震発生帯掘削、南海地震、東日本大震災、巨大津波

「ちきゅう」の断層掘削試料の分析と動力学解析による南海トラフ地震での断層すべり量の定量的評価 ー世界初！海溝付近の断層すべり量を評価する新たなメソッドー

【研究成果のポイント】

- 地球深部探査船「ちきゅう」(図1)により採取された日本海溝と南海トラフのプレート境界断層試料を分析、モデル計算の結果、2011年東北地方太平洋沖地震での海溝付近の巨大すべり約80 mを再現、さらに南海トラフ地震にて海溝付近の断層が、約30-50 m程度すべる可能性を示した
- 日本海溝の泥質な断層では透水率が低いため、南海トラフの砂質な断層では摩擦係数が高く温度上昇しやすいため、サーマルプレッシャライゼーション^{注1}が強く機能し大きくすべることを、初めて定量的に評価
- 今後、地震を引き起こす“巣”をより深く掘削し、断層試料の分析・モデル計算により、深部固着域(地震の巣)の断層すべりの規模をより正確に評価できることが期待

❖ 概要

大阪大学大学院理学研究科の廣野哲朗准教授、清水建設 技術研究所の津田健一博士、国立研究開発法人海洋研究開発機構 高知コア研究所の谷川亘博士、カリフォルニア工科大学のJean-Paul Ampuero教授、建築研究所の芝崎文一郎博士、東京大学 地震研究所の木下正高教授、京都大学 防災研究所のJames J. Mori教授の研究グループは、**統合国際深海掘削計画 (IODP) 注2**における、地球深部探査船「ちきゅう」の研究航海で得られた断層掘削試料を用いて、断層の鉱物組成と各種物理特性(摩擦係数、透水率、熱重量変化など)を分析し、海溝付近の断層のすべり量を解析しました。

まず東日本大震災を引き起こした日本海溝のプレート境界断層の試料を分析・解析した結果、同震災で観測されたすべり量とほぼ同じ、約80 mの巨大すべりが再現され、本解析手法の有効性を確認しました。その解析方法で南海トラフの断層試料を解析した結果、海溝付近のすべり量は約30-50 m程度になる可能性が、世界で初めて明らかになりました。

これまで、断層試料の分析結果から、地震時に断層がどの程度滑るのかを定量的に予測することは不可能でしたが、**今後、地球深部探査船でより深く掘削し、採取した断層試料を本手法で解析することで、将来の発生が危惧される南海トラフ地震時の深部固着域(地震の巣)の断層すべりの規模をより正確に評価できることが期待されます。**

本研究成果は、英国 Nature Publishing Group の「Scientific Reports」に、日本時間 6 月 20 日 18 時にオンライン公開されま⁹。



❖ 研究の背景

2011 年東北地方太平洋沖地震では、海溝付近のプレート境界が大規模に滑ったことにより、巨大津波が発生し、沿岸地域に甚大な被害を与えました。これまでプレート境界断層浅部は地震性すべりを起こさない領域とされてきたため、この原因を探るべく地球深部探査船による第 343 次研究航海（東北地方太平洋沖地震調査掘削：JFAST）が 2012 年に実施されました（図 2）。その結果、プレート境界断層は低い強度および低い浸透性をもつ粘土鉱物を多く含み（図 3 上）、これが巨大すべりを誘発したとされました。

一方で、南海トラフにおける海溝型巨大地震は約 100～150 年程度の間隔で繰り返し発生し、そのたびに沿岸域は津波の被害を受けてきました。地震・津波発生過程を明らかにすべく、2007 年より南海トラフ地震発生帯掘削計画（NanTroSEIZE）が開始され（図 2）、第 314～316 次研究航海では、南海トラフのプレート境界断層と巨大分岐断層の断層試料の回収に成功しました（図 3 下）。

❖ 断層試料の分析・解析方法

本研究では、まず日本海溝の断層と南海トラフの断層の試料の各種物理特性（摩擦係数、透水率、熱重量変化など）の測定を行い、地震時の断層のすべり挙動の数値解析を実施しました。その結果、日本海溝の断層では低い透水率により、南海トラフの断層では、高い摩擦係数に伴う高い温度上昇により、サーマルプレシャライゼーションが機能し、剪断応力^{注3}が大きく減少することが明らかになりました（図 4）。さらに、このような数値解析を日本海溝および南海トラフの断層にて海底下 1～10 km の条件で 1 km ごとに実施し、各深度における地震時の剪断応力の変化を定量的に評価しました。この変化特性を摩擦すべり構成則^{注4}で規格化し、動力学解析^{注5}を実施することによって、海溝付近の断層のすべり量の定量的な評価に世界で初めて成功しました。

❖ 断層すべりの解析結果

日本海溝のプレート境界断層では、2011 年東北地方太平洋沖地震で観測された大きさと同じ程度の約 80 m の巨大すべりが再現されました（図 5 下段の左）。さらに、南海トラフのプレート境界断層および巨大分岐断層での解析の結果、海溝付近のすべり量は約 30～50 m 程度になる可能性が判明しました（図 5 下段の中・右）。これは、かつて南海トラフ地震によって生じた巨大津波の高さから推定されるすべり量と整合しており、本解析が正しいことを表しています。



図 2: 研究航海での掘削地点

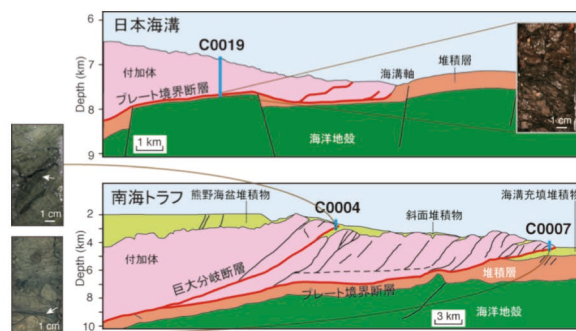


図 3: 日本海溝(上)と南海トラフ(下)の断面図および断層画像

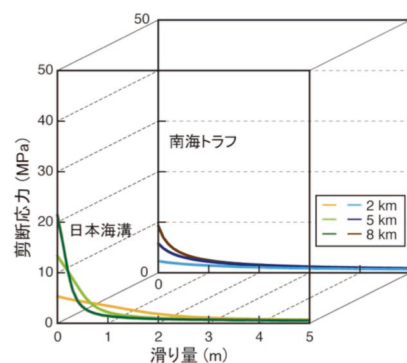
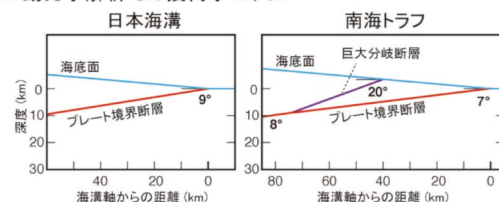


図 4: 各深度における剪断応力の変化

A 動力学解析での幾何学モデル



B 海溝付近の滑り量の時間発展

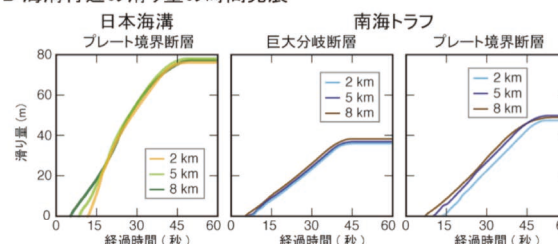


図 5: 動力学解析による海溝付近のすべり量の定量的評価

❖ 本研究成果が社会に与える影響（本研究成果の意義）

本研究により、世界で初めて、断層掘削試料から地震時の海溝付近のすべり量を評価する解析方法を確立することができました。今後、地球深部探査船「ちきゅう」で地震の“巣”のより深部の掘削調査を実施し、本メソッドを適応することによって、将来の発生が危惧される南海トラフ地震時の深部固着域（地震の巣）の断層すべりの規模をより正確に評価可能になることが期待されます。

❖ 特記事項

本研究成果は、英国 Nature Publishing Group が刊行するオープンアクセスジャーナル「Scientific Reports」に、日本時間 6 月 20 日 18 時にオンライン公開されます。

タイトル : Near-trench slip potential of megaquakes evaluated from fault properties and conditions

著者一覧 : Tetsuro Hirono, Kenichi Tsuda, Wataru Tanikawa, Jean-Paul Ampuero, Bunichiro Shibazaki, Masataka Kinoshita and James J. Mori (掲載順)

本研究は、文部科学省が推進する多国間科学研究協力プロジェクト「国際深海科学掘削計画（IODP）」の一環として実施しました。さらに、日本学術振興会の科学研究費助成事業「科学研究費 基盤研究(B)ならびに新学術領域研究（地殻ダイナミクス）」の支援の元に行われました。

❖ 用語説明

※1 サーマルプレッシャライゼーション

摩擦発熱により流体の圧力が増加し摩擦力(剪断抵抗)が低下する効果。

※2 統合国際深海掘削計画（IODP: Integrated Ocean Drilling Program）

日・米が主導国となり、2003 年～2013 年までの 10 年間行われた多国間国際協力プロジェクト。日本が建造・運航する地球深部探査船「ちきゅう」と、米国が運航する掘削船ジョイデスレゾリューション号を主力掘削船とし、欧州が提供する特定任務掘削船を加えた複数の掘削船を用いて深海底を掘削することにより、地球環境変動、地球内部構造、海底下生命圏等の解明を目的とした研究航海を実施した。2013 年 10 月からは、国際深海科学掘削計画（IODP: International Ocean Discovery Program）という新たな枠組みの多国間国際協力プロジェクトに移行している。

※3 剪断応力

断層面に作用する単位面積当たりの力。

※4 摩擦すべり構成則

断層運動によって生じるずれに対応して、断層に掛かる力がどう変化するかを断層面上の摩擦特性等を踏まえて規定する関係式のこと。

※5 動力学解析

断層にかかっている力の釣り合いをもとに、断層の動き方・壊れ方を数値シミュレーションによって求める解析。必要なパラメータを設定した上で、物理法則に則って、断層の破壊が進展するため、自然界で生じている地震現象をより正確に再現できる解析である。本研究では、断層コア試料の分析で得られたパラメータを使用しているため、より自然現象に近い断層の破壊現象を再現できていると言える。