

東北地方太平洋沖地震による地下深部の応力変化の検出に成功！
～M9 東北地震後の海洋性プレート内の地震活動の活発化原因が判明～

【研究の概略と成果のポイント】

国立研究開発法人 建築研究所が、他機関と共同して 2013 年～24 年にかけて実施したものです。研究論文は、米国時間 3 月 1 日(金)午後 2 時(日本時間 3 月 2 日午前 4 時)、米国科学者協会(American Association for the Advancement of Science)の科学雑誌「Science Advances」に掲載されました。

研究論文タイトル:

A weak subducting slab at intermediate depths below northeast Japan

(仮訳)東北日本下の沈み込む海洋性プレートは弱い

- ・M9 地震後の東北地方の下に沈み込む海洋性プレート内(スラブ内)の応力場の変化を捉えることに世界で初めて成功した。
- ・海洋性プレート内は、その形状に沿って層構造をなしており、上層は逆断層型、下層では正断層型の地震が活発。本研究では海洋性プレート内における逆断層型で地震が発生する領域が、M9 地震後に(海洋性プレートの上層表面から垂直方向に)約 4km 拡大したことを世界で初めて見つけた。
- ・海洋性プレート内での逆断層型の地震発生数は、正断層型に対し M9 地震前は 2 倍程度だったが M9 地震後に 4～5 倍へ変化したことを考慮すると、上記の発見は大規模なスラブ内地震の発生数が M9 地震前よりも増えることを意味している。2022M7.4 福島沖地震などもその例。

(内容の問合せ先)

国立研究開発法人 建築研究所

国際地震工学センター主任研究員 北 佐枝子

TEL: 029-879-0679

E-mail: iisee@kenken.go.jp

詳細情報

1. 研究の概要

東北地方下にて 20 年分の地震観測データを調べたところ、沈み込む海洋性プレート内部の応力状態(力のバランス)の M9 地震前後での変化を見つけました。本研究では、海洋性プレート内の応力場について M9 地震前 10 年間と、後 10 年間について比較したところ、陸域下の海洋性プレート内にて(逆断層型の地震の原因となる)圧縮場の 4km 程度の拡大を世界で初めて見つけました。この観測事実は、M9 地震発生による海洋性プレート内での圧縮場の拡大を意味しています。M9 地震前と比較して頻繁に発生するようになった、海洋性プレート内の M7 クラスの逆断層型地震の発生も、この圧縮場の拡大によるものと考えられます。

この研究成果は、米国国立ロスアラモス研究所、南カリフォルニア大学、カリフォルニア大学バークレ校、国立研究開発法人 建築研究所、国立研究開発法人防災科学技術研究所による共同研究の成果です。研究論文は、**3 月 1 日(金)午後 2 時(日本時間 3 月 2 日午前 4 時)**、米国科学者協会(American Association for the Advancement of Science)の科学雑誌「Science Advances」に掲載されました。

2. 論文情報

研究論文タイトル:

A weak subducting slab at intermediate depths below northeast Japan

(仮訳)東北日本下の沈み込む、弱い海洋性プレート

著者名: Brent Delbridge¹、Heidi Houston²、Roland Burgmann³、北佐枝子⁴、浅野 陽一⁵

所属:1. 米国国立ロスアラモス研究所、2. 南カリフォルニア大学、3. カリフォルニア大学バークレ校、4. 国立研究開発法人 建築研究所、5. 国立研究開発法人防災科学技術研究所

掲載 URL: <https://www.science.org/doi/epdf/10.1126/sciadv.adh2106>

3. 研究の背景

東北地方太平洋沖地震(以下 M9 地震)や想定される南海トラフ地震など、大きな地震災害を引き起こす海溝型巨大地震^{※1}は、大陸プレートと海洋性プレートが接する場所、すなわちプレート境界にて発生します。そのプレート境界の下側に位置する海洋性プレート内部の応力場の変化は、M9 地震直後にその発生域近傍では報告がありましたが、被害地震がより発生しやすい陸域下では調べられていませんでした。

そこで、本研究では、日本列島に配備された基盤的地震観測網^{※2}により収録された 20 年分の地震観測データを使って、M9 地震前後の海洋性プレート内部の地震(スラブ内地震^{※3})と応力場の時空間変化を詳しく調べました。

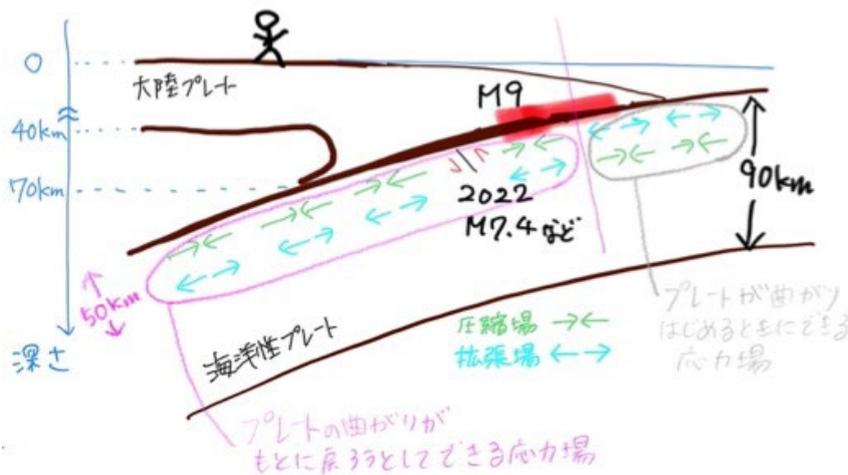


図1：東北地方の地下深部構造に関する東西断面の模式図。陸域下の海洋性プレート内での地震は、上層が逆断層型、下層は正断層型が発生している。一般に逆断層型と正断層型の地震は、それぞれ圧縮場と拡張場の応力場にある時に発生する。

東北地方の陸域下の海洋性プレート内の地震活動や応力場は、プレート表面からの距離によりその様式が変化しています。地震活動はプレートの表面の形状に沿って上層と下層に分かれて分布し、上層では逆断層型の地震（圧縮場で発生する地震）、下層では正断層型の地震（拡張場で発生する地震）が発生しています。このような応力場の様式は、プレートの曲がりかたに元に戻ろうとしてできる応力場を反映して形成されています。

4. 研究成果の内容

本研究では、M9 地震前後の海洋性プレート内部の地震（スラブ内地震）と応力場（力のバランス）の時空間変化について調べるため、個々のスラブ内地震の起震応力場のデータを精査した後、応力インバージョン法と呼ばれる解析手法を適用して応力場の時空間変化を調べました。すると、上記の逆断層型で地震の発生する圧縮場領域の、M9 地震後の拡大が見つかりました（図 2）。M9 地震前はプレート表面から 0 から 21km までの範囲で逆断層型地震が起きていましたが（図 2a）、M9 地震後には 0 から 25km までとその領域が広がりました（図 2b）。逆断層型と正断層型の地震の発生様式の違いを引き起こす、圧縮場と拡張場の応力場の切り替わる深さが、スラブ内地震の発生規模の上限と関係することは既往研究により指摘があります。これらの知見も含めて総合して考えると、今回発見された海洋性プレート内部での逆断層型の地震を引き起こす圧縮場領域の拡大は、M9 以前より大きなマグニチュードの逆断層型のスラブ内地震の発生が増えることを意味します。

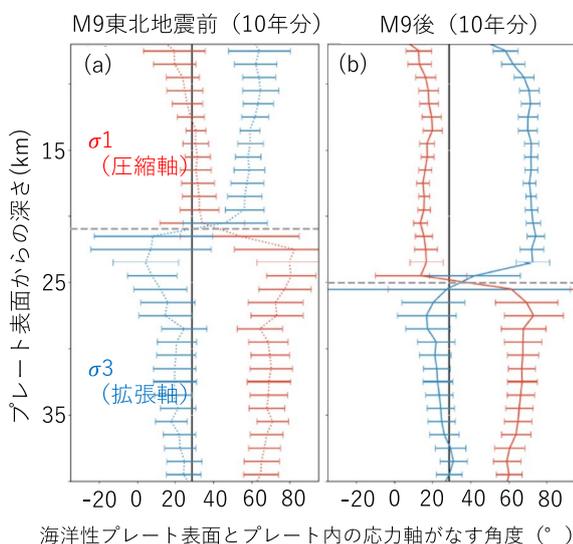


図 2：M9 地震前後での海洋性プレート内（スラブ内）での応力場（M9 地震前後それぞれ約 10 年分のデータの解析結果）。(a) M9 地震前のスラブ内の圧縮軸（赤点線）と拡張軸（青点線）の位置の分布。圧縮場と拡張場の切り替わる、応力の中立面（灰色の点線）がプレート表面から 21km 程度にあることがわかる。

(b) 同 M9 地震後の圧縮軸（赤実線）と（青実線）の位置の分布。応力の中立面（灰色の点線）の位置が M9 地震後に 25km へと 4km 程度移動したことがわかる。

5. 今後の展望

本研究により東北地方の陸域下の海洋性プレート内部では、逆断層型の地震発生数も正断層型に対して M9 地震前は 2 倍程度だったのが M9 地震後は 4~5 倍と増加したことが判明しました。M9 地震以後、陸域下の海洋性プレート内部では逆断層型のスラブ内大地震の発生(2011 年 M7.1 宮城沖地震、2021 年 M7.3 と 2022M7.4 の福島沖地震)が報告されています。これらのスラブ内大地震は、M9 地震後の圧縮場領域の拡大が原因となって発生規模が拡大し、既往研究で指摘されるゆっくりすべり(スロースリップ)^{※4}によるひずみ蓄積の影響を受けてその発生準備の進行が M9 地震前より早くなることで、短期間のうちに発生したと考えられます(図 3)。

東北地方では M9 地震前には 2003 年 M7.1 宮城沖地震の発生はあるものの、それ以外には M7.0 を超えるスラブ内地震の報告は過去 50 年ほどの間は殆どありませんでした。スラブ内地震は、同等の発生規模のプレート境界型地震と比べて被害を引き起こすことが指摘されています。M9 地震と同じ発生様式であるプレート境界型の余震の発生以外にも、東北地方にて M9 地震後にスラブ内地震の発生規模が大きくなってきたことに対しても注意が必要です。

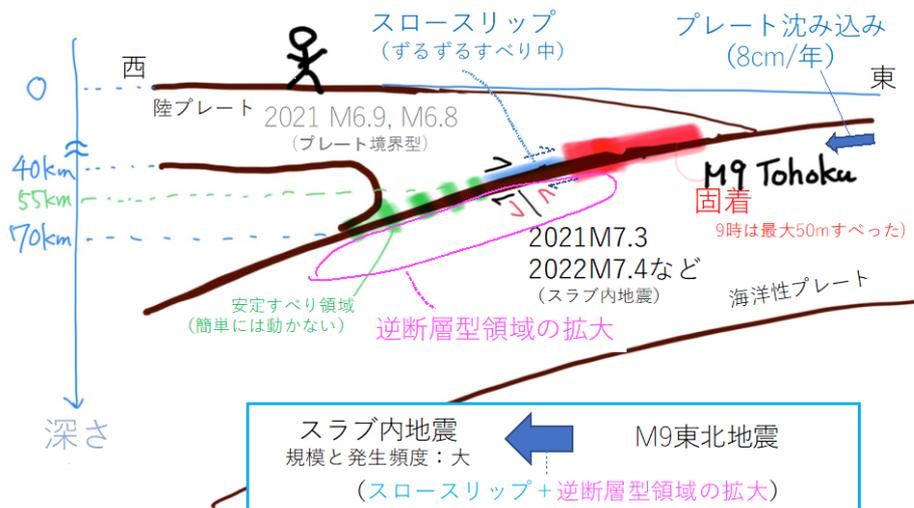


図 3：東北地方下のスラブ内地震の活動様式の変化要因を説明した模式図（東西断面）。

【用語解説】

- ※1 海溝型(巨大)地震: M9 東北地震など、大陸プレートと海洋性プレートが接する場所(プレート境界)で起きる地震のこと。海底下で 2 つのプレートが接し始める場所は、海溝にあたるためこの名称で呼ばれることが多い。別名プレート境界型地震。
- ※2 基盤的地震観測網: 防災科学技術研究所を中心とした複数の国立研究開発法人、国立大学、地方自治体の持つ地震観測点の総称。M O W L A S と呼ばれ、収録された地震データを一元的に集めて活用することにより、国家規模では世界で最も高密度の高感度地震観測網となっている。兵庫県南部地震を契機に整備され、緊急地震速報などにも使われている。
- ※3 スラブ内地震: 沈み込む海洋性プレート(スラブ)内部で発生する地震。時に被害地震となることがあり、1994 年 M7.8 釧路沖地震、2001 年 M7.0 芸予地震、2021 年 M7.3 福島沖と 2022 年 M7.4 福島沖も該当する。
- ※4 ゆっくりすべり: スロースリップまたはスロー地震と呼ばれる、継続時間が数日から時に数年に及ぶゆっくりとした地殻変動現象。通常の地震と比べ、解放される応力や地震動は著しく少ないが、海溝型巨大地震の準備過程を担うと考えられている。