

## 大地震とスロースリップの相互作用を解明 -メキシコにおける3つの大地震の連鎖的発生メカニズム-

### 概要

国立大学法人京都大学防災研究所の伊藤喜宏准教授、西村卓也准教授らは、メキシコ国立自治大学、米ロードアイランド大学、カリフォルニア大学サンタクルズ校らと共同で、メキシコで発生した大地震とスロースリップの地殻変動及び地震計記録を解析しました。その結果、2017年から2019年にかけてメキシコで発生した3つの大地震とスロースリップの連動と2つの関連性を明らかにしました。

プレート境界等で繰り返し発生する大地震が、周囲で発生するスロースリップにより誘発されることや、逆に地震が周辺のスロースリップを誘発することなど、大地震の発生サイクルでは、スロースリップが大地震の発生に大きく影響すると考えられています。スロースリップによる巨大地震の誘発や、大地震によるスロースリップの誘発現象などはこれまで、個別にいくつかの地域でそれぞれ報告されてきましたが、巨大地震とスロースリップの相互作用を詳しく調べた研究はこれまでにほとんどありませんでした。我々は日本・メキシコによる国際共同研究(JST-JICA SATREP「メキシコ沿岸部の巨大地震・津波災害の軽減に向けた総合的研究」(日本側代表:伊藤喜宏))の一環として、メキシコ合衆国のゲレロ州の太平洋沿岸部のゲレロ地震空白域周辺のGNSS及び地震観測網を強化し、2017-2018年にかけてメキシコ中南部で発生した3つの大地震およびその周辺で発生したスロースリップの同時観測に成功しました。観測された地殻変動データの解析の結果、M8クラスのスラブ内巨大地震がプレート境界の力学的特性を大きく変化させて、付近で定期的に発生しているスロースリップの発生サイクルを大きく変化させ、さらにスラブ内及びプレート境界で発生したM7クラスの2つの大地震を誘発するなど、大地震とスロースリップの相互作用として一連の活動が説明できることを示しました。

本成果は、英国科学誌電子版「Nature Communications」に4月12日付け(日本時間)で掲載されました。

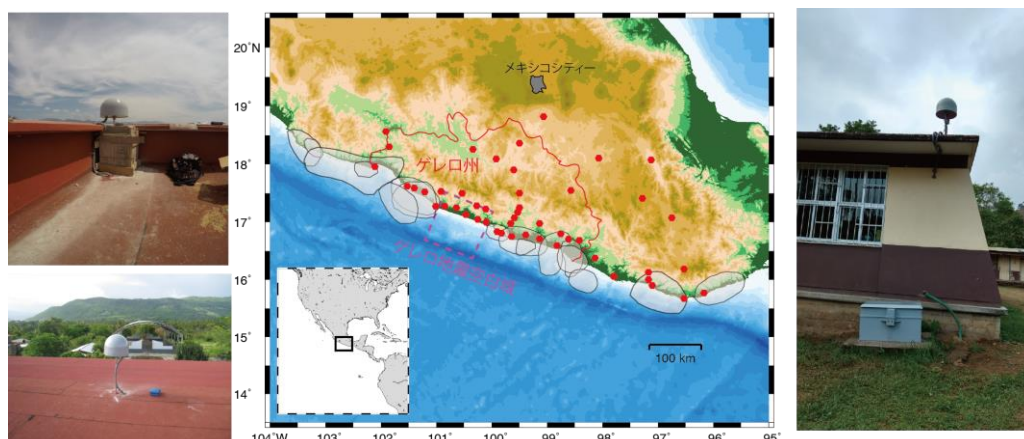


図1: 研究に用いたGNSS観測点(赤)と日本・メキシコの共同研究の一環で設置したGNSS観測点の写真。

## 1. 背景

メキシコ太平洋沿岸部では、ココスプレートが北米プレートの下に沈み込み、2つのプレートの境界部では繰り返し大地震が発生しています。また時折、沈み込むプレートの内部(スラブ内)でも被害を及ぼすような大地震が発生しています。さらに、プレート境界部における地震発生域の深部延長では、4-5年間隔で繰り返しスロースリップ(※1)が発生しています。この地域では2017年9月8日にチアパス州テワンテペック湾でMw(マグニチュード)8.2のスラブ内地震(テワンテペック地震)、同年9月19日にはメキシコシティ付近でMw7.1のスラブ内地震(プエブラ地震)、そして2018年2月16日にはオアハカ州沿岸部でMw7.2のプレート境界地震(ピノテパ地震)が発生しました。3つの大地震の続発には、地震やスロースリップ間の相互作用を含むなんらかの影響があるものと推測されていましたが、それらの関係性は十分理解されていませんでした。

## 2. 研究手法・成果

日本とメキシコによる共同国際観測としてゲレロ州に設置された観測点を含む57点のGNSS観測点の連続変位データを用いた解析により、ココスプレートと北米プレート境界部におけるスロースリップのすべり、大地震後の余効すべり、およびプレート間固着率(※2)の時間発展を求めました。解析には、日本とメキシコの共同研究として開発された解析コードELADINを用いています。

解析の結果、2017年から2018年にかけて太平洋沿岸部及びメキシコシティ付近で発生した3つの大地震はそれら周辺で発生するスロースリップと相互作用を及ぼし合って連鎖的に生じたものと考えられることがわかりました。つまり、(1)2017年9月8日に発生したMw8.2のスラブ内地震(テワンテペック地震)によりプレート境界の力学的特性が大きく変化し、周囲で定期的に発生しているスロースリップの発生サイクルが乱された。(2)活動様式が変化したスロースリップやプレート間固着により9月19日のプエブラ地震(Mw7.1)が誘発された。(3)さらにテワンテペック地震とプエブラ地震により活性化したスロースリップが2018年2月16日のピノテパ地震(Mw7.2)を誘発したことが、プレート境界上のスロースリップやプレート間固着率の時間発展から明らかにされました。

これらの現象は、大地震とスロースリップの相互作用を介した誘発現象として説明可能です。テワンテペック地震で生じた強い地震動が、スラブ内の断層強度を大幅に低下させ、さらにプレート境界のスロースリップの活性化に伴うスラブ内断層の応力変化により、Mw7.1プエブラ地震(スラブ内地震)が誘発されたと考えられます。また、スロースリップがプレート境界で継続して発生することで、ピノテパ地震(Mw7.2)の震源域への応力蓄積が継続し、プエブラ地震から5ヶ月後の発生につながった可能性が、GNSSデータや周囲の地震活動の解析結果から示されました。さらにピノテパ地震後にスロースリップが再び活性化されたことも確認されました。

## 3. 波及効果

2011年の東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)では、本震発生の1ヶ月前よりスロースリップが本震の震源域内で発生しています(A)。また、東北地方太平洋沖地震後に日本海溝で検出されたスロー地震活動域が2011年東北地方太平洋沖地震の地震時すべり域内では発生していないことも知られています(B)。現在、南海トラフや日本海溝では、海底ケーブル式の海底圧力計の整備が進められており、スロースリップの発生や地震活動のリアルタイムモニタリングの準備が進められています。今回の成果は、日本海溝や南海トラフ沿いの津波地震の発生ポテンシャルの評価におけるスロースリップ及び地震活動の調査・研究の重要性を示す結果です。

## <論文タイトルと著者>

タイトル: Short-Term Interaction between silent and devastating earthquakes in Mexico

著者名: V. M. Cruz-Atienza<sup>1</sup>, J. Tago<sup>2</sup>, C. Villafuerte<sup>3</sup>, M. Wei<sup>4</sup>, R. Garza-Gi6n<sup>5</sup>, L. A. Dominguez<sup>6</sup>, V. Kostoglodov<sup>1</sup>, T. Nishimura<sup>7</sup>, S. I. Franco<sup>1</sup>, J. Real<sup>1</sup>, M. A. Santoyo<sup>1</sup>, Y. Ito<sup>7</sup>, and E. Kezachkina<sup>3</sup>

所属: 1. メキシコ国立自治大学地球物理研究所、2. メキシコ国立自治大学工学部、3. メキシコ国立自治大学地球科学研究所、4. ロードアイランド大学大学院海洋物理研究科(アメリカ)、5. カリフォルニア大学サンタクルーズ校地球惑星科学科(アメリカ)、6. メキシコ国立自治大学高等研究院、7. 国立大学法人京都大学防災研究所

DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22326-6>

## <用語解説>

### ※1 スロースリップ

通常の地震に比べて遅い断層すべり速度で歪を解放する現象としてスロー地震が知られている。スロー地震は、その規模(または継続期間)によって、スロースリップ(マグニチュード(M)5以上)、超低周波地震(M3~4クラス)、低周波地震・微動(M2クラス以下)と呼ばれ、スロースリップの場合、その継続時間は数日から1年以上に及ぶ。東北地方太平洋沖地震直前にも、スロースリップが観測されている(A)。その際、スロースリップ域が本震時に再び大きくずれ動き、甚大な津波被害の一因にもなった。さらに、日本海溝沿って不均質に分布するスロー地震域が、巨大地震発生時のすべりの広がりをコントロールしている可能性も指摘されている(B)。スロー地震が特に観測研究されている地域としては、メキシコその他、南海トラフ、ニュージーランド、南米及び米国・カナダ国境付近の太平洋沿岸部が挙げられる。

### ※2 プレート間固着率

ココスプレートが北米プレートの下に沈み込む平均速度を  $b$ 、GNSS データから本研究による逆解析で推定されるプレート間すべり速度を  $v$  とした場合、プレート間固着率は  $1-v/b$  と定義される。

## 参考文献:

- (A): Ito, Y., Hino, R., Kido, M., Fujimoto, H., Osada, Y., Inazu, D., . . . Ashi, J. (2013). Episodic slow slip events in the Japan subduction zone before the 2011 Tohoku-Oki earthquake. *Tectonophysics*, 600, 14-26. doi:10.1016/j.tecto.2012.08.022
- (B): Nishikawa, T., Matsuzawa, T., Ohta, K., Uchida, N., Nishimura, T., & Ide, S. (2019). The slow earthquake spectrum in the Japan Trench illuminated by the S-net Seafloor observatories. *Science*, 365, 808-813. doi:10.1126/science.aax5618

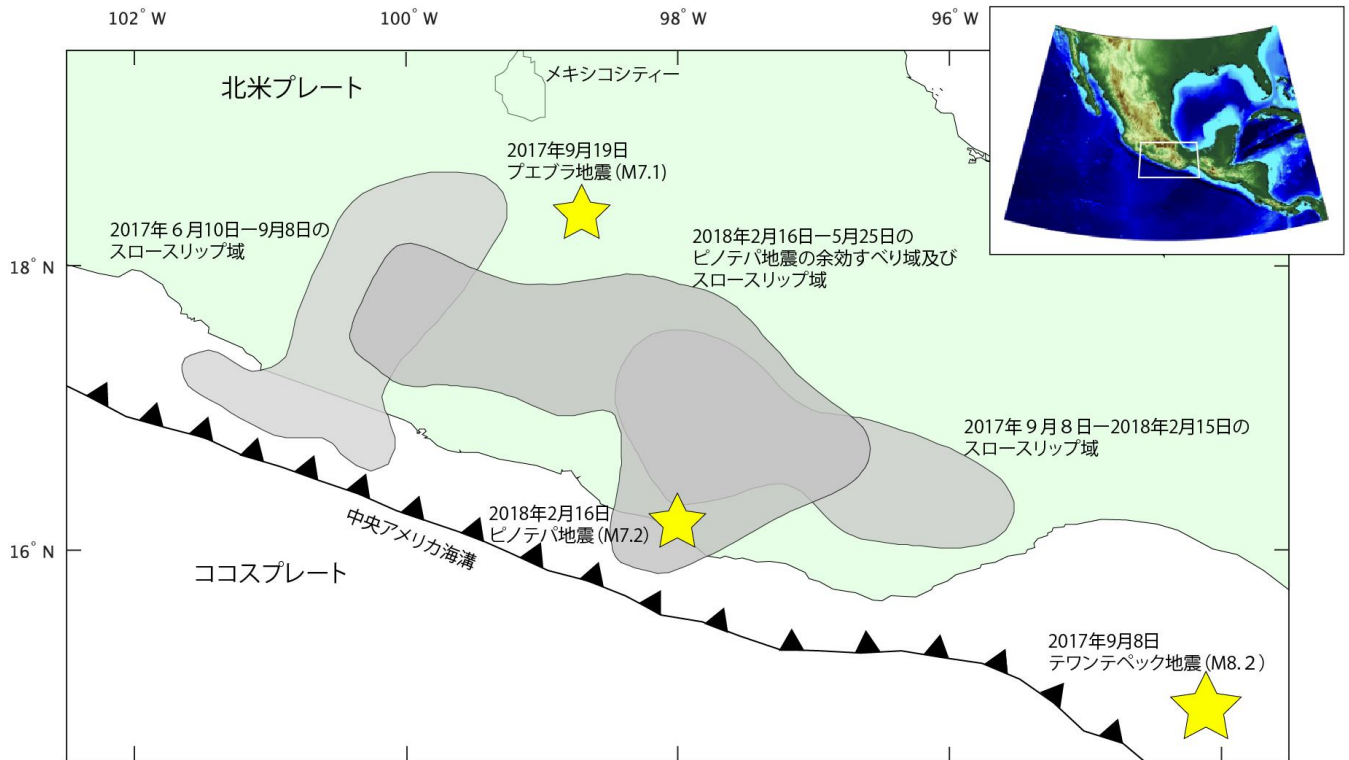


図2：本研究で相互作用を明らかにした3つの大地震(星)とスロースリップ域(灰色)。この領域では、ココスプレートが中央アメリカ海溝から北米プレートの下に沈み込む。スロースリップはココスプレートと北米プレートの境界部でスロースリップが発生しているものと仮定して解析した。スロースリップ域は図中に示す期間内に1 cm以上ずれ動いた領域を示す。