

2011年東北地方太平洋沖地震の前に発生したスロースリップイベントの数値シミュレーション Numerical simulation of slow slip events before the 2011 Tohoku-Oki Earthquake

中田 令子^{1*}; 有吉 慶介¹; 兵藤 守¹; 堀 高峰¹
NAKATA, Ryoko^{1*}; ARIYOSHI, Keisuke¹; HYODO, Mamoru¹; HORI, Takane¹

¹ 海洋研究開発機構
¹ JAMSTEC

東北地方の日本海溝沿いでは、2011年3月11日に、M9.0の巨大地震(東北地方太平洋沖地震)が発生し、震源域は岩手県沖から茨城県沖まで広範囲に及んだ。この巨大地震の震源域内で特にすべりの大きかった領域の近くで、2011年2月頃から、スロースリップイベント(SSE)が発生していたことが、海底観測から明らかになった[Ito et al., 2013]。このSSEは、少なくとも巨大地震の2日前(2011年3月9日)に発生したM7.3の地震(巨大地震の前震)時まで継続していた。そして、前震の余効すべりは、本震の震源まで伝播し、巨大地震をトリガーしたとみられている[e.g., Ando & Imanishi, 2011]。

本研究では、スロー地震による前震と本震のトリガーに着目して、地震発生サイクルの数値シミュレーションを行った。数値計算では、プレート境界で発生する地震の繰り返しを、プレート相対運動からのずれの蓄積と解放過程としてモデル化した[e.g., Rice, 1993]。プレート境界面の摩擦は、すべり速度・状態依存摩擦則[Dieterich, 1979]に従うと仮定し、断層の構成則と強度の定義はNakatani[2001]を用い、強度の時間発展則にはslowness law[Dieterich, 1979; Ruina, 1983]を用いた。プレート境界面形状は、構造探査に基づいた3次元曲面[Baba et al., 2006]を使用した。各イベントの震源域では、円形断層上のすべりのふるまいを支配する破壊核の臨界サイズ[Kato, 2003; 2004]と半径の比が、地震性すべりまたは非地震性すべりの条件を満たすような摩擦特性を与えた。

2008年11月にも2011年2月と同様の場所・規模でSSEが発生していることから、この領域は周囲と異なる摩擦特性を持つと考えた。そこで、巨大地震の震源域内では、特にすべりの大きかった領域、前震の震源域、非地震性すべり(SSE)を起こす領域がそれぞれすみ分けするように存在していると仮定し、3つの領域に、それぞれ異なる摩擦特性を与えたモデルで、計算を行った。その結果、SSE→前震→本震という順での発生を定性的に再現することができた。このモデルの結果では、まず、浅部で始まったSSEが深部へと伝播しMw7.1の地震(前震)をトリガーした。その後、前震の余効すべりは浅部へ伝播し、Mw8.6の地震(本震)の破壊をトリガーした。しかし、SSEの規模や継続期間、本震の破壊開始点、前震-本震の時間間隔などに関して、定量的には再現できていなかった。これは、本震で特にすべりの大きかった領域・前震の震源域・SSE域が互いに近接していることが主な要因であると考えられる。異なる大きさの円形パッチで近似したこれらの領域の場所や大きさと摩擦特性との間にトレードオフがあり、その結果、前震やSSE発生のタイミングがモデルによって大きく異なっていた。

現在、本震の震源域内での摩擦特性の不均質の与え方を改良した新たなモデルで同様の数値シミュレーションを行っている。さらに、様々な観測データから示唆されているプレート境界面上の不均質の分布等を参考にしたいいくつかのモデルについて同手法を適用し、2011年に観測されたM9地震発生に至る過程を、定量的に再現できるモデルの構築を試みる。モデルの良否は、シミュレーション結果から見積もられる地震時や地震間のすべり分布や地殻変動等と、観測データとの整合性を基に判断する。そして、どのような条件下で、東北地方太平洋沖地震の前に観測されたようなシナリオが起こり得るのか検討する。

謝辞：本研究は文科省のプロジェクト「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」の補助を受けて行われました。数値計算には海洋研究開発機構の地球シミュレータを使用しました。