

## 2011年東北沖地震における余効すべりの時空間分布 Spatio-temporal distribution of afterslip due to the 2011 Tohoku-Oki earthquake from MCMC inversion

鈴木 翔太<sup>1\*</sup>, 伊藤 武男<sup>1</sup>, 兵藤 守<sup>2</sup>, 里 嘉千茂<sup>3</sup>, 野口 拓美<sup>4</sup>

SUZUKI, Syota<sup>1\*</sup>, ITO, Takeo<sup>1</sup>, HYODO, Mamoru<sup>2</sup>, SATO, Kachishige<sup>3</sup>, NOGUCHI, Takumi<sup>4</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学大学院環境学研究科, <sup>2</sup>海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域, <sup>3</sup>東京学芸大学教育学部自然科学系, <sup>4</sup>フルード工業(株)

<sup>1</sup>Nagoya University, <sup>2</sup>JAMSTEC, <sup>3</sup>Tokyo Gakugei University, <sup>4</sup>Fluid Engineering Co., Ltd.

2011年3月11日に東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)が発生した。東北沖においてM7から8の海溝型地震は繰り返し発生しているが、M9クラスの地震は繰り返し間隔がきわめて長いことため情報が少なく、また世界的にも超巨大地震に関する情報は乏しい。一方で、日本列島には高密度なGPS観測網(GEONET)が展開されており、詳細な地殻変動の様子が観測されている。GEONETは東北沖地震発生後に大きな東向き地殻変動を観測し、この地殻変動は主に余効すべりに起因すると解釈することができる。したがってGEONETによって観測された余効変動を解析することにより、余効すべりの時空間分布を知ることができる。また、地震を理解するためには、プレート境界の応力状態や摩擦特性を理解することが必要不可欠である。応力状態や摩擦特性は地震の余効すべりを解析することで得ることができ(Hsu *et al.*, 2006)。さらに余震活動との関連性や今後の地震活動の予測を行うための基本的な情報となる。したがって、本研究では東北沖地震後の余効すべりの時空間分布を求めた。

解析にはGEONETで観測され、国土地理院によって解析されたF3解を用いる。観測された地殻変動時系列データには、定常的なトレンド、年周変化、地震時のステップ、および地震後の余効変動が含まれている。そのため、それぞれ一次関数、三角関数、ヘビサイドステップ関数、対数関数を用いてモデル化を行う。考慮する地震は、気象庁地震カタログのM7以上のもので、地震時のステップの変化量が定常時の標準偏差よりも大きいものを使う。モデル化した式を解くために、線形な部分は最小二乗法を用い、非線形な部分はColeman *et al.* (1996)による方法でそれぞれのモデルパラメータを決定した。このようにして東北沖地震の余効変動のデータを取り出し、余効すべりを求める。

余効すべりを求めるために本研究では、マルコフ連鎖モンテカルロ法(MCMC)に基づいた手法を採用した。従来、よく使われている最小二乗法を用いたインバージョン解析では一つの解を求めるのに対して、MCMC法は事後確率分布として解を求める。インバージョン解析に内在する劣決定問題はそれぞれの解の相関として現れ、事後確率分布に内在される。すべり分布を求めるために観測方程式 $d = Gm$ を使う。ここで $d$ は観測された余効変動データ、 $G$ は断層面上の小断層のすべりと地表面の観測点の変動量とを関係づけるグリーン関数である。本研究では、有限要素法による3次元不均質構造を考慮したグリーン関数を用いた。そして、グリーン関数の大きさに基づく重み付きスムージングパラメータも使用する。また、 $m$ はプレート境界を小さい領域に区切った小断層の滑り量(走向・傾斜方向)である。この観測方程式を解くためのサンプリング方法はメトロポリス・ヘイスティング法を使用する、また、MCMC法は計算が膨大であるため、GPUを用いることで計算の速度を上げている。このようにして東北沖地震の余効すべりを求めた。

解析した結果から、余効すべりは深さ約25から35km、幅約400kmの領域に帯状に分布することが分かった。すべり量のピークは、福島沖に7ヶ月後の時点で約3mのすべりが見られた。この場所は福島県沖地震(1938年)の発生した場所と空間的に一致する。また、時間変化を見ると、はじめは福島沖の部分のすべりが大きい、時間が経つにつれ岩手県沖へすべりの領域が広がり、北の方へすべりが広がっていることが分かった。地震時のすべり分布(Simons *et al.*, 2011)と比較するとより地震時のすべりよりも深部で余効すべりが進展している。プレート境界深部では大きなすべりがある結果になったが、今回は考慮していない粘弾性についての部分を反映している可能性がある。残差の空間分布は地震間に観測された歪集中帯の場所と空間的に一致しているため、両者には何かの関係があることが示唆される。

キーワード: 東北沖地震, 余効すべり, マルコフ連鎖モンテカルロ法, 有限要素法を用いたグリーン関数

Keywords: Tohoku-Oki earthquake, afterslip, Malcov chain Monte Carlo method, Green function using FEM