

## 地殻流体の存在を考慮した地殻変動シミュレーションの試み

## Numerical simulation of crustal deformation considering crustal fluids

\*渡部 豪<sup>1</sup>、浅森 浩一<sup>1</sup>、奥山 哲<sup>2</sup>、雑賀 敦<sup>1</sup>、梅田 浩司<sup>3</sup>\*Tsuyoshi Watanabe<sup>1</sup>, Koichi Asamori<sup>1</sup>, Satoshi Okuyama<sup>2</sup>, Atsushi Saiga<sup>1</sup>, Koji Umeda<sup>3</sup>

1. 日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター、2. 気象庁気象研究所、3. 弘前大学 大学院理工学研究科

1. Tono Geoscience Center, Japan Atomic Energy Agency, 2. Meteorological Research Institute, 3. Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University

日本列島における地殻変動は、プレートの沈み込みに伴うプレート間相互作用や地殻内の物性不均質に支配されている。特に、長期に及ぶ地殻変動シミュレーションを行う場合、地下の温度構造や、近年明らかになりつつある地殻流体の存在に伴う粘弾性不均質を考慮した解析を行い、地殻の非弾性変形を検討することが重要である（例えば、芝崎, 2013）。

本研究では、まず、2011年より茨城県・福島県県境付近において活発化した群発地震活動域を対象に2次元の地殻変動シミュレーションを実施した。同領域は、15 km以浅で正断層型、それ以深で逆断層型の応力場（Yoshida et al., 2015）であるとともに、局所的な隆起が生じており（Suzuki, 1989）、これらの観測事実は、太平洋プレートの沈み込みだけでは説明できない。一方で同領域では、地震波トモグラフィー（Zhao et al., 2015）や電磁探査（Umeda et al., 2015）によって、群発地震活動域下に地震波低速度・低比抵抗域が示され、これらは流体の存在を示唆する。そこで、有限要素法による2次元粘弾性シミュレーションを実施し、流体の地殻変動への寄与について検討した。解析では、上記の低比抵抗域が流体分布域を示すと仮定し、それらを粘性率 $1 \times 10^{18}$  Pa.s のMaxwell粘弾性体で再現した。また、上部マントルの粘性率は、先行研究の結果（Suito and Hirahara, 1999; Yamasaki and Seno, 2005）を採用した。さらに、流体分布域の地震波速度は周囲に比べて6%遅く、含水率は1%と仮定した。境界条件として、太平洋プレートの沈み込みによる変形の変動源として、プレート境界に約10 cm/yrのバックスリップを与えた。その結果、流体分布域の直上では圧縮応力場を示す一方で、その上位では伸長応力場を示した。また、鉛直変位場では、流体分布域の上位で隆起が生じる結果が得られ、応力場や地殻変動の観測事実と整合的な特徴が認められた。これらは、流体分布域の変形が周囲より大きいため、その直上の地殻だけで圧縮応力を支えた結果、その部分で座屈が生じることに起因すると考えられる。

さらに、本研究では、比較的若い時代に変動が開始したとされる九州南部のせん断帯を対象とし、有限差分法による3次元粘弾性シミュレーションを行った。ここでは、先の解析と同様に、地下深部の粘弾性不均質構造を考慮したシミュレーションにより、GNSS観測から指摘される北緯32°を東西に横切るせん断ひずみ速度の高い（ $1 \sim 2 \times 10^{-7}$  /yr）領域（Wallace et al., 2009）や、その内部のひずみ集中域の形成など、大局的な地殻変動の再現を試みた。解析では、物理モデルとして、内陸地震の発生過程に関するモデル（Iio et al., 2004）を適用し、1997年鹿児島県北西部地震の余震域周辺における比抵抗構造（Umeda et al., 2014）などをもとに流体分布域として低粘性領域（粘性率 $1 \times 10^{18}$  Pa.s のMaxwell粘弾性体）を仮定した。また、領域東端からフィリピン海プレートの沈み込みによる変位速度を、領域西端から沖縄トラフの拡大による変位速度を境界条件として与えた。対象領域は、せん断帯を含む東西200 km、南北300 km、深さ30 kmに設定し、深さ15 kmを境に上部地殻（弾性体）と下部地殻（粘弾性体）に区分した。また、弾性パラメータは、防災科学技術研究所による深部地盤構造モデル（藤原ほか, 2009）を、粘性率はKaufmann and Amelung (2000)を採用した。この結果、低粘性領域を仮定した鹿児島県北西部地震の余震域では、局所的にせん断ひずみ速度の大きな領域（ $2 \sim 4 \times 10^{-7}$  /yr）が現れ、それらが地殻深部から地表へと繋がる様子が認められた。以上の結果は、地殻内に存在する流体がその周辺の地殻変動場に関与していることを示唆する。

本発表は、経済産業省資源エネルギー庁委託事業「地層処分技術調査等事業（地質環境長期安定性評価確証技術開発）」の成果の一部である。

キーワード：数値シミュレーション、群発地震、九州南部のせん断帯、粘弾性不均質、低粘性領域

Keywords: numerical simulation, earthquake swarm, active shear zone at the southern part of Kyushu region, visco-elastic heterogeneous structure, low viscosity area