

A preliminary waveform tomography for the Tohoku-Oki area of the Japan Trench, Japan, based on a land-ocean unified 3D structure model

*Taro Okamoto¹, Hiroshi Takenaka², Takeshi Nakamura³

1. Department of Earth and Planetary Sciences, School of Science, Tokyo Institute of Technology, 2. Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, 3. Earthquake and Tsunami Research Division, National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

沈み込み帯の地震からの**地震波波形**を計算することは、強震動の研究や予測においても、また破壊過程や地震の震源分布・発震機構解等を研究するうえでも重要な分野となる。しかし沈み込み帯は海底地形のような不規則形状を持つ層境界面と、地震波速度が遅い海水層や堆積物層などの不規則厚さの多数の層から構成される**強い3次元不均質性**を持っている。この不均質性により伝播経路が歪められるなど、**地震波には大きな影響**がある（例えば Wiens *JGR* 1989; Okamoto *EPS* 2002）。そして、この影響を考慮しない場合には破壊過程解析結果に誤差が発生する可能性がある（Okamoto *EPS* 2009）。不均質性の影響により震源の深さや発震機構解にも系統的な誤差が発生する現象も指摘されている（Takemura et al. *EPS* 2016）。

そこで我々は、計算波形が観測波形をどの周期帯まで再現できるかという**地震波再現性**の問題に取り組んできた。東北沖の地震に関する我々の解析（Okamoto et al. *EPS* 2018）では、陸上観測点で得られた表面波を主体とする全波形については周期10秒程度以上、P波初動部分に限定した波形では周期4秒程度以上では再現性が良好であり、推定される震源位置も構造モデルと整合的であった。しかし最適震源パラメータを用いても**短周期のS波部分については再現性が低下**することも見えてきた。これはS波速度構造モデルの精度が充分ではないことを示唆する。S波速度構造は剛性率と直接関係するため、その知見に限界があれば破壊現象や地震発生場を考察する上で困難をもたらす可能性がある。

そこで本研究では、東北沖地域での周期数秒程度までの波形再現性を向上させることを目的として、波形トモグラフィーによって構造モデルを改良することを試みる。本研究ではK-NET、KiK-netの強震動波形データとF-netの広帯域波形データを利用する。本研究は以下のようなステージからなる。[1] 陸海統合3次元構造モデル：本研究では、地形モデル（岸本 *GSJ Open-file Report* 2000）、J-SHIS深部地盤データV2（藤原・他 *NIED Technical Note* 2009）、全国一次モデル地下構造モデル（暫定版）（地震調査研究推進本部 2012; Koketsu et al. *Proc. WCEE* 2008, 2012）を利用して、これまで我々が用いてきた構造モデルをアップデートした。[2] 波形計算：我々が開発したHOT-FDM（Nakamura et al. *BSSA* 2009）を用いて陸海統合3次元構造モデルのもとでの地震波波形を生成する。[3] FAMT解析：我々が提案した First-motion Augmented Moment Tensor 解析（Okamoto et al. *EPS* 2017, 2018）によって初期モデルのもとでの地震パラメータを決定する。この手法は震源パラメータの波形インバージョンにおいて、通常利用される**長周期の全波形**（表面波まで含む）に加えて、P波初動付近のみから成る**短周期実体波波形を追加**して解析することが特徴である。これにより初動走時や震源時間関数などの情報を短周期実体波波形によって増強することが可能となる。[4] 感度カーネル：構造パラメータを改良するための感度カーネルをアジョイントの方法（Tanimoto *GJI* 1990）によって計算する。本研究では周波数領域のカーネルを用いる。[5] 波形トモグラフィー：周波数領域の波形残差をデータとして、感度カーネルを用いた波形トモグラフィーを実行し、構造モデルの改良を試みる。

本研究では、上述のHOT-FDMのマルチGPU対応版（Okamoto et al. *EPS* 2010; Okamoto et al. *GPU Solutions to Multi-scale Problems in Science and Engineering* 2013）を利用する。計算には東工大TSUBAME-3.0を利用する。本研究のFDMパラメータは、計算領域605km×422km×104km、格子間隔150m、上限周波数0.39 Hzであり、GPU（Tesla P100）は56基を用いた。本研究ではF-netとKiK-netの計12観測点の3成分を対象にして、上記のパラメータによるHOT-FDM計算を合計36回実施した。計算時間は

TSUBAME-3.0の14ノードを利用して1計算あたり1.5時間、出力波形データサイズは1計算あたり421GBである。発表では、FAMT解析によって東北沖の浅い地震の最適震源パラメータ（モーメントテンソル・震源時間関数・震源位置・発震時）を推定し、その推定結果を用いて計算した感度カーネルの特徴や地震波波形の再現性、および波形トモグラフィーの暫定結果などを議論する。

謝辞 本研究では防災科学技術研究所の波形データ（K-NET, KiK-net, F-net）を利用させていただきました。また岸本氏、防災科学技術研究所、地震調査研究推進本部の地形データと構造モデルを利用させていただきました。本研究には科学研究費補助金（16K05535）を利用させていただきました。記して感謝いたします。