

Evaluation of the effects of underwater sound speed structure on GNSS-A observation using numerical simulation

*Yuto NAKAMURA¹, Yusuke Yokota², Tadashi Ishikawa¹, Shun-ichi Watanabe¹

1. Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard, 2. Institute of Industrial Science, University of Tokyo

GNSS-音響測距結合方式（GNSS-A）は、GNSS測位と海中音響測距を海上プラットフォームで結合することで、海底に設置した基準点の絶対位置をセンチメートル単位で決定する技術である。GNSS-A方式を用いた海底地殻変動観測により、日本海溝と南海トラフ沿いの海底下における様々な現象が明らかにされてきた。しかし、GNSS-Aは依然として陸域GNSS観測に比べ観測頻度と測位精度が大きく劣るという課題を抱えている（Yokota et al. 2021, under review）。時空間的により小さなイベントを検出可能にするために、GNSS-A観測に影響する個々の誤差要因の評価が不可欠である。

GNSS-A観測における最大の誤差要因の一つとして、海中音速場の擾乱が挙げられる。海中音速場の時空間的な変動を適切に表現するため、これまでに様々な解析手法が開発されてきた。中でもベイズ統計的手法を用いて海中音速場と海底局位置を同時推定するGNSS-A解析ソフトウェア「GARPOS」（Watanabe et al. 2020, FES）では、海中音速場を平均音速度、海上プラットフォームの位置に依存する成分（比較的上部における音速の水平傾斜場）、そして海底トランスポンダの位置に依存する成分（比較的下部における音速の水平傾斜場）に分解した海中音速度モデルを実装している。しかしながら、GNSS-A観測の時空間スケール（観測海域は数km四方、観測時間は1回あたり数時間程度のスケール）の中での海洋場の変動を観測することは困難であり、GARPOSで実データを解析して得られた海中音速度モデルの妥当性について詳しく検証することはできていない。

そこで本研究では、任意の海中音速場を与えることができる数値シミュレーターを用いてGNSS-A疑似データを作成し、これを解析することによりGARPOSの海中音速度モデルを検証した。本研究で用いた数値シミュレーターは、PythonのEikonal方程式レポジトリ「PyKonal」（White et al. 2020, SRL）を用いることで、与えられた海中音速場グリッドから三次元的な音波の伝播を計算する。これにより、鉛直のみならず水平方向の音波の屈折も考慮した、より厳密な音響走時のシミュレーションが可能である。数値実験では、まず水平傾斜場が存在しない時空間的に一様な海中音速場を与えることで、GARPOSの海中音速度モデルで時空間的に一定な場が再現されることを確認した。その後、様々な深さ・厚さの水平傾斜場を与えた海中音速場でシミュレーションを行い、与えた水平傾斜場に対するGARPOSの解析結果を検証した。