

海域で発生した地震のCMT解析の高精度化におけるocean-influenced Rayleigh waveの活用

Improvement in centroid moment tensor analysis for offshore earthquake by using ocean-influenced Rayleigh wave

*山谷 里奈¹、久保 久彦¹、齊藤 竜彦¹、武村 俊介²、汐見 勝彦¹

*Lina Yamaya¹, Hisahiko Kubo¹, Tatsuhiko Saito¹, Shunsuke Takemura², Katsuhiko Shiomi¹

1. 防災科学技術研究所、2. 東京大学地震研究所

1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

海域で発生する地震のdip角や震源深さを高精度に決定することは、震源メカニズム解析や津波予測等の観点で重要である。しかし、約30 km以浅で発生した地震のセントロイド・モーメントテンソル（CMT）解推定においては、dip slip成分の決定精度が低く、これらの成分が支配的な地震では深さの決定精度が低下することが広く知られている（e.g., Dziewonski et al., 1981）。

近年、海水層を考慮した3次元地震波速度構造を用いた波形計算が可能になり、地震波伝播における海水層の影響が詳細に調べられてきた（e.g., Nakamura et al., 2012）。また、海水層が4 km以上の深さを持つ地域で発生する地震では、レイリー波の基本モードに続くocean-influenced Rayleigh wave（海が存在により発生する後続のレイリー波）が、陸域観測網の観測波形に記録されていることが確認された（e.g., Noguchi et al., 2016）。Ocean-influenced Rayleigh waveは、浅い地震で特に顕著であることが知られている。そこで本研究では、海域で発生した地震におけるCMT解析の高精度化を目指し、東北地方太平洋沖のアウトターライズ域を対象に、ocean-influenced Rayleigh waveが海域で発生した地震のCMT解析に与える影響を調べた。

まず、ocean-influenced Rayleigh waveのCMT解析への感度を評価した。3次元地震波速度構造モデル（Koketsu et al., 2012）を用いて、最小のS波速度を1.0 km/sと設定した構造モデルを作成した。そこに、海水層（P波速度1.5 km/s）を仮定し、差分法を用いた地震波伝播シミュレーション（Maeda et al., 2017）を用いてF-net観測点における理論波形を計算した。地表及び海底面より浅い領域に空気層を設定した（海水層を取り除いた）モデルについても同様に計算を行い、海水層の有無の影響を検討した。その結果、ocean-influenced Rayleigh waveは、①Radial成分よりも鉛直成分に卓越し、②浅い地震ほど振幅が増大し、③ $M_{xx} \cdot M_{yy}$ 成分よりも $M_{xz} \cdot M_{yz} \cdot M_{zz}$ 成分に対する感度が高いことがわかった。また、ocean-influenced Rayleigh waveの振幅は、周期14–50秒のバンドパスフィルタを適用した場合に卓越し、より長周期の場合に減少することを確認した。

次に、理論波形を使用した試験的なCMT解析を実施した。その結果、海水層を含むモデルを使用した場合は、 $M_{xz} \cdot M_{yz} \cdot M_{zz}$ 成分に対して、深さの推定誤差（variance reductionが最大値の90%以上となる範囲）が減少することを確認した。約20 km以浅で発生した地震については、海水層を含むモデルを用いた場合の深さの推定誤差は約10 kmである一方で、海水層を取り除いたモデルを使用した場合は約20 kmであった。約20 km以深で発生した地震については、海水層を含むモデルを使用した場合のみ、セントロイド位置が浅い解のvariance reductionが低く、それらを積極的に棄却できることがわかった。

さらに、2017年10月6日（JST）に発生した M_w 6.1（F-net MT解による）の地震を対象として、実データへの適用可能性を評価した。F-net広帯域地震計から得られた観測波形に周期14–50秒のバンドパスフィルタを適用し、CMT解析に用いた。グリーン関数の計算には、理論波形計算と同様の3次元地震波速度構造モデルを使用した。また、セントロイド位置及び時刻の推定にはグリッドサーチ法を用い、各々のセントロイドで求めたモーメントテンソル解に基づく理論波形と観測波形の残差が最小となる解を求めた（Yamaya et al., 2024）。CMT解析の結果、最適解の深さは18 kmとなり、直上に展開された海底地震計の臨時観測を用いた

推定結果（Obana et al., 2023）と良く一致した。深さ方向の推定誤差は8 kmであった。得られた発震機構解は正断層型であった。

最後に、ocean-influenced Rayleigh waveのCMT解析への影響を調べるために、海水層を取り除いたモデルを用いたCMT解析を行った。その結果、最適解の深さは32 kmとなり、深さ方向の推定誤差は55 kmに増加した。また、得られた発震機構解は横ずれ型となり、先の解と異なった。さらに、variance reductionは先の場合よりも低下した。これらの結果から、海水層を含むモデルを使用し、ocean-influenced Rayleigh waveを活用したCMT解析を行うことで、CMT解推定の精度が向上することを確認した。本手法を用いて海域で発生した地震のCMT解を高精度に推定することで、それらの地震への理解が一層深まることが期待される。

本研究は、JSPS科研費JP22K20388及びJP21H05205、文部科学省の情報科学を活用した地震調査研究プロジェクト（STAR-Eプロジェクト）JPJ010217、東京大学地震研究所共同利用（2024-S-A101）の助成を受けた。防災科学技術研究所のF-netデータ（<https://doi.org/10.17598/NIED.0005>）を使用した。