

海溝に沿って伝播する顕著な地震波のメカニズム：海底地形・海水層を評価した3次元差分法シミュレーションに基づく評価

The mechanism of anomalous wave propagating along trench shown by 3D-FDM simulation considering topography and seawater

野口 科子^{1*}, 前田 拓人², 古村 孝志²
NOGUCHI, Shinako^{1*}, MAEDA, Takuto², FURUMURA, Takashi²

¹ 電力中央研究所, ² 東京大学大学院情報学環/地震研究所

¹CRIEPI, ²CIDIR/ERI, The University of Tokyo

海溝付近の浅い地震により生成される顕著な後続相の生成メカニズムを探るために、3次元差分法シミュレーションに基づき、海溝付近の海底地形やプレート構造など、3次元不均質構造が変換波の生成・伝播に及ぼす影響を詳しく調査した。

海溝付近で起こる浅い地震（特にアウターライズ地震）の際に、震源から数百～千 km 以上離れた限られた観測点において、顕著な後続相が観測されることがある。この後続相は S 波から数百秒以上遅れて現れ、走時から推定される伝播速度は 1~1.5 km/s と遅く、粒子軌跡はレイリー波の特徴を示す。卓越周期は 10~20 s であり、地殻内を伝わる通常のレイリー波と同等の大きな変位振幅を示すこともある。千島海溝付近の地震の際に北海道で観測された例（Nakanishi et al., 1992）をはじめ、F-net 広帯域観測網の整備以降、2005 年の三陸沖アウターライズ地震（Mw 7.0）の際の伊豆諸島の青ヶ島（Noguchi et al., 2011）、2010 年 12 月の小笠原諸島付近のアウターライズ地震（Mw 7.4）の際の関東周辺（http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/eqvolc/201012_ogasawara/#trappedsw）など、同じ起原と考えられる後続相が各地で観測されている。これらの観測地点は、いずれも十勝沖の海溝の会合点や千葉沖の三重会合点の周辺に位置しており、これらの後続相は海溝や会合点を含む伝播経路で生じた可能性が高い。こうした特異な後続相の成因について、Yomogida et al. (2002) は、波線追跡法を用いて、この後続相が海溝沿いにトラップされたレイリー波である可能性を議論している。Noguchi et al. (2011) は、2次元差分法による波動伝播シミュレーションからに基づき、海底の固液境界面に沿って遅い速度（~1.1 km/s）で伝わる境界波が、陸上へ続く海底斜面でレイリー波に変換して観測されるというメカニズムを述べている。この結果では、固液境界での境界波の生成過程と地震波への再変換過程をよく説明するが、海溝軸に沿って境界波がトラップされる仕組みと海溝軸の形状の関係には、海底地形や地下構造の 3 次元的不均質性が強く寄与していると考えられる。

こうした、海溝付近の海底地形やプレート構造など、不均質地殻・マントル構造が変換波の生成・伝播に及ぼす影響を詳しく調査するために、前研究（Noguchi et al., 2011）を進め、3次元地下構造モデルを用いた差分法シミュレーションに基づく検討を行う。ここでは、2005 年三陸沖アウターライズ地震における F-net 青ヶ島（AOGF）観測点の観測波形の再現を試みる。3次元地下構造モデルは、J-EGG500 による海底地形、J-SHIS による深部基盤構造および大大特によるプレート境界面のデータを用いて作成し、東北沖太平洋から伊豆諸島に至る 900 km x 360 km の領域を伝播する周期 10 秒以上の地震動を評価する。差分法計算において海水を含む媒質中での地震波伝播計算を高精度に行うため、岡本・竹中 (2005) に基づく液体/固体境界条件を計算コードに組み込んだ。

計算の結果、海底面に沿って伝播する境界波が、水深の深い海溝軸付近にトラップされて長距離を伝わる様子が明確に再現された。これは、水深の深い領域が境界波の低速度域となるためである。こうして、海溝に沿って伝播する境界波は、千葉沖の三重会合点において、突き当たった海底斜面でレイリー波に変換され、その先の AOGF で独立した大振幅の波群として観測される様子が明らかになった。こうしたメカニズムは、これまでの 2 次元シミュレーションでは明瞭には再現されなかったが、3次元シミュレーションにより、境界波が海溝軸付近にトラップされる事、それが海溝の折れ曲がり部分で特に強くレイリー波に変換される様子が明瞭に示された。また、この後続相の S 波やレイリー波部分に対する振幅は、震源の海底面からの深さや海溝との位置関係に依存し、海溝直下の浅い地震で特に強く生成することも示された。さらに、海水層の影響を見るために、海水層を空気に置き換えてシミュレーションを行ったところ、顕著な後続相が見られる特定の観測点に限らず、陸上を含む多くの観測点で地震動の継続時間が短くなった。こうした海水層の効果は、他の研究（Maeda et al., 2011 など）でも同様に示されており、地震波エネルギーが海水/海底面を伝わる速度の遅い境界波として長時間・広範囲にわたって海域にトラップされるためとみられる。したがって、海域の地震の地震波伝播シミュレーションにおいて、海水層の影響を考慮することの重要性が再確認された。

キーワード: 海中音波, 海溝トラップ波, 差分シミュレーション, アウターライズ地震, 長周期地震動評価

Keywords: Ocean acoustic wave, Trench trapped wave, FDM simulation, Outer-rise Earthquake, Long period ground motion simulation