

Machine learning-based tectonic tremor location in the Japan Trench

*Kodai SAGAE¹, Masayuki KANO², Suguru YABE¹, Takahiko UCHIDE¹

1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Graduate School of Science, Tohoku University

スロー地震の一種であるテクトニック微動(以降, 微動)は, 世界中のプレート沈み込み帯における巨大地震発生域の深部延長または浅部延長で発生している (Obara & Kato, 2016). 微動はプレート境界面上の断層すべり現象に伴い発生すると考えられるため, 微動活動を網羅的に把握することは巨大地震発生域周辺の断層すべり現象をモニタリングするうえで重要である.

微動の検出・震源決定には, 観測点間のエンベロープ波形の相互相関に着目したエンベロープ相関法 (ECM; Obara, 2002) が広く使われている. しかし, この手法では地震と微動の信号を区別するのが困難であり, 日本海溝のように地震活動が活発な地域では多くの誤判別をしてしまう可能性がある. また海域では, 堆積層に地震波がトラップされることによる地震波形の複雑化 (e.g., Takemura et al., 2020; 2024) などの影響でエンベロープ波形の類似性が低下し, 微動の検出漏れが起こる可能性がある. このような誤検出や検出漏れを解決する策として, 機械学習に基づく信号分類はイベント波形の継続時間や周波数特性を学習するため有力である (e.g., Nakano et al., 2019; Takahashi et al., 2021). そこで本研究では, 防災科研のS-net を用いて機械学習に基づく日本海溝の微動モニタリングシステムを開発したので報告する.

本モニタリングシステムは以下の3ステップからなる. まず, 1分間の時間窓で計算された3成分スペクトログラムを入力とする CNN モデル (Sagae et al., in prep) を用いて, S-net 全観測点で地震・微動・ノイズへの信号分類を行った. 次に, グラフ理論に基づくクラスタリング手法であるスペクトルクラスタリング (von Luxburg, 2007) を用いて, 微動を検出した観測点群の取りまとめを行った (Sagae et al., 2024, JpGU). 最後に, 取りまとめた観測点群の全観測点ペアで, エンベロープ波形の相互相関とエネルギー比を同時に最適化するような3次元グリッドサーチを行うことで, 1分ごとに微動の震源決定を行った. エネルギーの計算には, Yabe et al. (2021) で推定された震源距離に依存する地震波減衰パラメータと水平サイト増幅特性を用いた.

2016年8月から2024年6月までの期間で微動カタログの作成を行った. 2016年8月から2021年12月までは ECM を用いて震源決定された従来の微動カタログ (Nishikawa et al., 2023) と期間が一致している. 水平方向の不確かさが10 km 以内の微動について, 1年あたりの検出数は従来のカタログと比べて約 5 倍となった. 従来の微動カタログの震源分布で空間的に不連続となっていた場所にも微動が検出・震源決定されていることと, 時間分解能が2.5分から1分に向上していることから, 本研究では時空間分解能が向上した微動カタログの作成に成功したと考えられる. また微動のエネルギー分布に着目すると, 先行研究で報告されている strike 方向の空間変化 (Yabe et al., 2021) だけでなく, dip方向への変化も確認できており, プレート間カップリングとの関係を議論できる可能性がある.

謝辞: 本研究では防災科研のS-net波形データを使用しました. 本研究はJSPS科研費 JP21H05205 の助成を受けたものです. 記して感謝申し上げます.