

Acceleration of matched-filter search and slip inversion of deep tectonic tremor using nearest neighbor search

*Naoto Mizuno¹, Satoshi Ide¹

1. School of Science, The University of Tokyo

世界各地の沈み込み帯などにおいてスロー地震の一種である低周波地震やその群発的活動と考えられている深部微動が観測されている。低周波地震の検出には、典型的な低周波地震のテンプレート波形を用意し、それと相互相関の高い波形を検出するマッチドフィルターが広く用いられている。この手法ではテンプレート波形と類似性のないシグナルは検出されないため、シグナルの取り逃しを減らすためには用いるテンプレート波形の数を増やす必要がある。しかし、マッチドフィルターはテンプレート波形の数に比例した計算量がかかるため、大量のテンプレート波形を用いると必要な計算コストが非常に大きくなってしまふ。また、低周波地震からグリーン関数を作成し深部微動のすべりインバージョンを行う手法 (Ohta and Ide, 2017) では、マッチドフィルターを応用し深部微動のすべり発展を捉えることが可能であるが、大量のテンプレート波形に対するマッチドフィルターを繰り返し行うことと同等の処理が必要となるため、長期間のデータを扱うことは計算コストの点で困難であった。

本研究では近似最近傍探索を用いたマッチドフィルターの高速化を行い、これを応用することですべりインバージョンを高速化した。通常のマッチドフィルターではS波やP波の到達時刻の前後数秒を用いるが、本研究では発生時刻からの数十秒の時間窓を用いた。これによりテンプレート波形と観測波形が最近傍探索におけるデータ点とクエリ点にそれぞれ対応し、マッチドフィルターを最近傍探索として定式化できる。この定式化ではデータの次元が時間窓の長さと同成分数の積であるので、1万次元程度の高次元データを扱うこととなる。このようなデータの次元が大きい場合における最近傍探索は古典的には愚直な探索より高速化することが困難であったが、近年の研究によって近似解においては大幅な改善が行われている (e.g. Johnson et al., 2017)。本研究では特異値分解を用いた次元削減・近似最近傍探索による枝刈り・GPUを用いた高速化等の工夫を行い大幅な高速化を達成した。Ohta and Ide (2017) のインバージョン手法はマッチドフィルターの拡張として捉えることができるので、マッチドフィルターと同様の方法で近似最近傍探索に帰着し高速化することが可能である。本研究の手法によって先行研究と比較して1000倍以上の高速化が達成され、長期間のデータに対する解析が可能となった。