

粒子フィルタによるボアホール地震記録を用いた低周波微動検出の試み  
Towards Detecting Tectonic Tremors by Using Particle Filters and Borehole Seismograms

○宮澤 理稔

○Masatoshi MIYAZAWA

Detecting small amplitude tectonic tremor embedded in large amplitude seismic waves is great challenge in particular when the predominant frequency of tremor is similar to that of passing seismic waves. We used particle filters to detect such small events that might be remotely triggered by passing surface waves from large distance earthquakes, while in the present case a high-pass filtering technique used by previous studies to identify a local event cannot be applicable. We presumed to use seismograms recorded at the surface and in a borehole at KiK-net stations, to detect possible very low-frequency earthquakes in western Japan during passing surface waves, where the borehole array is suitable for discriminating small tremor signals from surface waves.

### 1. はじめに

プレート境界付近で観測される非火山性の低周波微動は、大地震からの表面波の通過によって動的に誘発される事がある。このような表面波の周期に比べて微動の卓越周期が短周期側に寄っているならば、表面波に比べて振幅が小さくても high-pass filter などの波形処理をすることで比較的容易に微動を検出することができる。しかし超低周波微動の様に、卓越周期が表面波の周期である約 20 秒を含み重なっている様な場合、このような手法を検出に用いることはできない。表面波に振幅に比べて微動の振幅は何桁も小さいため、単純に観測された波形を見ただけでは微動の有無を判断することは極めて難しい。また微動と表面波の到来方向が異なる特徴を利用し、波数解析により分離できるほどの空間的に密な広帯域観測網も存在しない。そこで本研究では、粒子フィルタ（モンテカルロフィルタ）を用いて、連続波形の中に埋もれた極微小振幅の低周波微動を検出するための研究を行った。このためには表面波を精度良く予測する必要があったが、KiK-net の地表・地中記録を利用する方法を開発し、検出のための予備的な数値実験を行った。

### 2. 手法と数値実験内容

本研究では粒子フィルタを観測された波形の説明に用いる。まず表面波通過時に二桁程震幅の小さい超低周波微動の波も同時に到来していたという波形を合成する。いずれも周期 20 秒付近に卓越

周期を持つ波とする。この合成波形から、超低周波微動の波形を抽出することを試みる。

抽出試験では、まず超低周波微動が起きたと仮定し、その波形を予め数値モデルで予測し、ボアホール地中センサーの観測波形から差し引くことで表面波の波形を予測した。ボアホール地表センサーの観測波形を説明できるよう、予測表面波と予測低周波微動の波形を用いて粒子フィルタにより観測波形を再現し、これを尤度で評価した。一方で、低周波微動の発生時刻と規模についてはマルコフ連鎖モンテカルロ (MCMC) を用いて推定した。粒子フィルタは並列計算に適しており、また MCMC はグリッドサーチに比べて高速に適切な解とその分布を推定する事ができる。

### 3. 結果とまとめ

超低周波地震の発生時刻と振幅が初期仮定した条件の時に尤度が最大値を取り、超低周波地震の検出が可能であることが分かった。粒子フィルタでは、粒子数や粒子平滑化等においてパラメータのチューニングが必要である。MCMC において初期値の取り方は、結果に殆ど影響を及ぼさなかった。現在は単一観測点の単一チャンネルを仮定しているが、実観測に即した複数観測点と 3 成分を用いれば、より検出能力が高くなることが期待される。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP 16K05537 の助成を受けたものです。