

## 西南日本において検出した超低周波地震のブートストラップ検定法を用いた検討 Statistical hypothesis test for the detection of very low-frequency earthquakes in south-west Japan

仁里 太郎<sup>1\*</sup>, 須田 直樹<sup>1</sup>, 松澤 孝紀<sup>2</sup>

Taro Nizato<sup>1\*</sup>, Naoki Suda<sup>1</sup>, Takanori Matsuzawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 広島大・院理, <sup>2</sup> 防災科学技術研究所

<sup>1</sup>Hiroshima Univ., <sup>2</sup>NIED

西南日本では、短期的スロースリップイベントに付随して深部非火山性微動や超低周波地震が発生している。先行研究では、超低周波地震のメカニズムがフィリピン海プレート上部境界面のジオメトリーや、プレートの運動方向と調和的であることが明らかにされている (Ito et al. 2007, 2009; Takeo et al. 2010)。これらはモーメントテンソル解析の手法を超低周波地震の検出に使用している。そのため、検出の際に多くのパラメータを同時決定する必要があり、多くの小イベントを検出し損ねている可能性がある。そこで我々は、これまでに超低周波地震の検出に特化した手法を開発した。

その手法では、Hi-net 傾斜計データから得られる観測波形と、仮想的な超低周波地震の理論波形の相互相関と Variance Reduction (VR) を計算し、検出を行う。理論波形は、フィリピン海プレート上部境界面のジオメトリーやプレートの運動方向から超低周波地震のメカニズムを仮定して計算する。前回の地震学会秋季大会では、この手法が超低周波地震の検出に有効であることを示した。検出の閾値を下げていくと、これまで報告されていない小イベントからのシグナルも検出できたが、それらの有意性については十分検討していなかった。

そこで今回は、検出したイベントに対してブートストラップ法による統計的仮説検定を適用し、ノイズであるかどうかを検討する。VR を検定統計量として、帰無仮説「得られた VR は、ランダムなノイズをフィッティングした結果である」を検定する。一般にブートストラップ法による p 値は次のように求められる。

$$p = \# \{ t^* > t_{obs} \} / N$$

ここで  $t^*$  は帰無仮説にもとづいて計算した検定統計量の値、 $t_{obs}$  は観測された検定統計量の値、 $N$  はブートストラップ実験の回数、 $\#$  はカッコ内の条件を満たした実験の数である。p 値が与えられた有意水準より小さいとき、帰無仮説を棄却する。 $t^*$  はブートストラップ複製波形を実際と同様に解析した VR の値である。ブートストラップ複製波形は以下のように求める：(1) 観測波形のフーリエ変換を計算する。(2) 超低周波地震の卓越周波数帯である 0.02~0.05Hz におけるフーリエ変換の実部・虚部に対して重複を許したランダムなサンプリングを行い、卓越周波数帯の値を置き換える。卓越周波数帯の外はそのままとする。(3) 逆フーリエ変換を計算する。このようなブートストラップ仮説検定を用いることにより、これまでより客観的にイベントの検出を行うことができる。発表では実際の波形への適用結果を示す。

キーワード: 超低周波地震, スロー地震, 統計的仮説検定, ブートストラップ法

Keywords: very low-frequency earthquake, slow earthquake, statistical hypothesis test, bootstrap method