

## エンベロープ相関法による三宅島 B 型地震の震源決定

内田 東<sup>1</sup>・西村 太志<sup>1</sup>・中原 恒<sup>1</sup>・山里 平<sup>2</sup>・藤田 英輔<sup>3</sup>

1) 東北大・理, 2) 気象庁, 3) 防災科研

### はじめに

火山性地震の震源分布は、その発生要因を推定し火山活動を理解するための最も基本的かつ重要な情報である。しかし、火山性地震では、実体波の到達時刻読み取りによる一般的な震源決定が困難なものが少なくない。

活発な火山ガスの放出活動を続ける三宅島では、2000 年噴火以降、多数の微小地震が観測されている。その大部分は、観測波形の P 波・S 波の立ち上がりが不明瞭であることから B 型地震と呼ばれている (図 1)。マグニチュードは 1 未満で、卓越周波数が 3 Hz 程度であることから、低周波地震とも呼ばれている。特に 2003 年以降は、この B 型地震が観測される地震のおよそ 9 割を占め、目視での到達時刻読み取りが困難であることから、そのほとんどの震源が推定されていない。

### エンベロープ相関法による震源決定

本研究では、エンベロープの相互相関から得られる観測点間の走時差を利用し、三宅島 B 型地震の震源を推定する。このエンベロープ相関法は、西南日本のプレート境界で発生する非火山性低周波微動の震源を推定するために、Obara (2002) で提案された。本研究では、まず B 型地震の観測速度記録に 4-8 Hz のバンドパスフィルターをかけ、1 秒間の平滑化ウィンドウを用いて観測点毎に 3 成分合成 RMS エンベロープを計算した。そして、あらゆる観測点の組み合わせで、エンベロープの相互相関が最大となる時刻差を計算し、この時間差を S 波の到達時刻差とみなすことで震源を推定した。震源計算では、時刻差データを相互相関係数の二乗によって重みづけし、エンベロープの相関係数が 0.7 以下の観測点ペアはデータから除外した。使用する観測点は山頂カルデラから半径 4 km 以内の 9 点、仮定する S 波速度の大きさは 1.25 km/s とした。

### 結果

2010 年 8 月から 2011 年 4 月の約 9 カ月間に気象庁によって観測された 1,049 の B 型地震にエンベロープ相関法を適用した結果、B 型地震の震源は、山頂カルデラ南端を中心とする地表面から海面下 3 km までの円筒状の領域に推定された (図 2)。この中心付近には火山ガス放出を続ける主火口が存在し、B 型地震の発生が火山ガスの放出活動と強く関わっている可能性を示唆する。

### 震源の鉛直分布

震源位置の鉛直方向の誤差はおよそ 1 km 程度で、水平方向のそれに比べ 2 倍以上大きいと推定される。さらに、震源位置の誤差の大きさは震源の深さとともに大きくなる傾向がある。このため、鉛直方向に円筒状に広がった震源分布は、この震源決定法の誤差の起因している可能性が高い。そこで、B 型地震の観測エンベロープの最大振幅を調べ、その空間分布から震源の深さの検証を試みた。その結果、震央距離に対する振幅の減衰パターンは、平均的には震源の深さに対応し、確かに震源が鉛直方向に広がりをもった領域に分布していることがわかった。

### エンベロープ相互相関による S 波到達時間差の読みとり

観測点間の RMS エンベロープの相互相関で読み取られた走時差が本当に S 波走時差なのか検証

するために、目視により読みとった S 波到達時との比較を行った。B 型地震は一般に P 波・S 波の到達時読み取りが困難である。そこで、20 以上の地震からなる主要な 4 つの走時地震グループを抽出し、それらの波形をスタックすることで S/N 比を向上させることで到達時を読みとった。その結果、エンベロープ相関で得られる走時差は S 波主要動の到達時間差とおおよそ一致することが分かった。また、B 型地震とともに、山頂直下付近に震源をもつ P 波・S 波が明瞭な A 型地震（火山構造成地震）も解析し同様の結果を得た（図 3）。ただし、よく見るとエンベロープ相関による走時差の絶対値は、実際の S 波到達時差よりもわずかに大きくなる傾向がある。これは震源距離によるエンベロープ拡大の影響と考えられ、火山観測網のような特に震源 - 観測点距離が近い観測網にエンベロープ相関を適用する場合には、この効果を考慮することも必要かもしれない。また、エンベロープの相関係数だけでモデルに沿わない走時差データを選別することは難しいことが分かった、

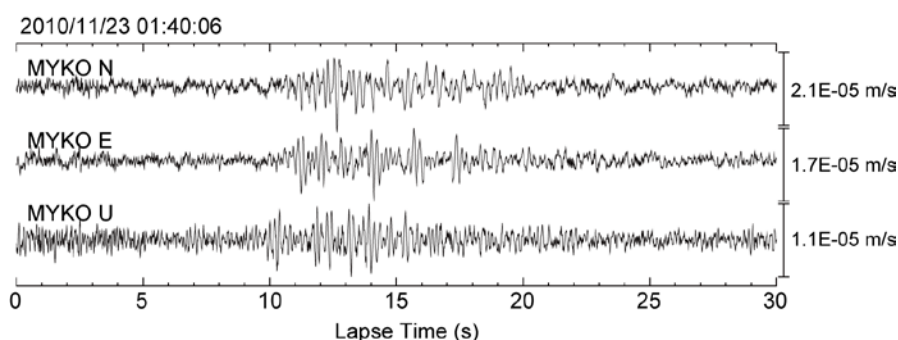


図 1 三宅島 B 型地震の観測波形の例 (MYKO 三宅島小手倉観測点)

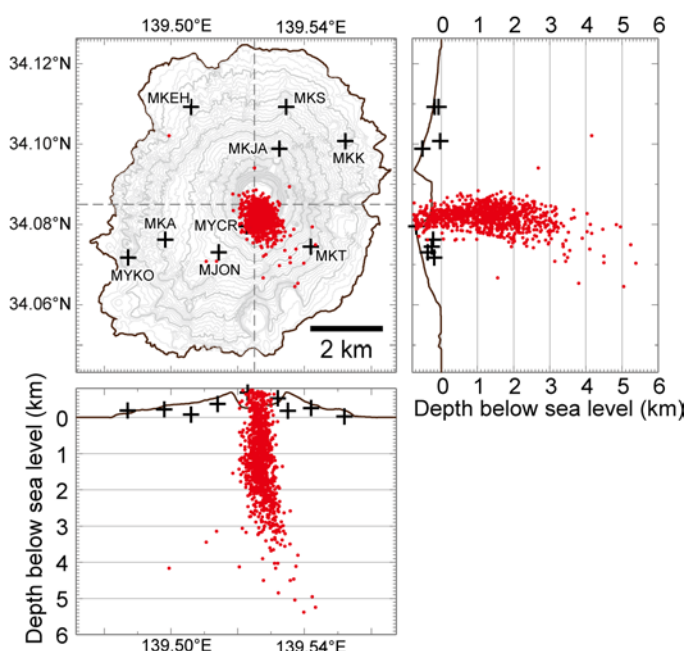


図 2 エンベロープ相関法により推定された三宅島 B 型地震の震源分布

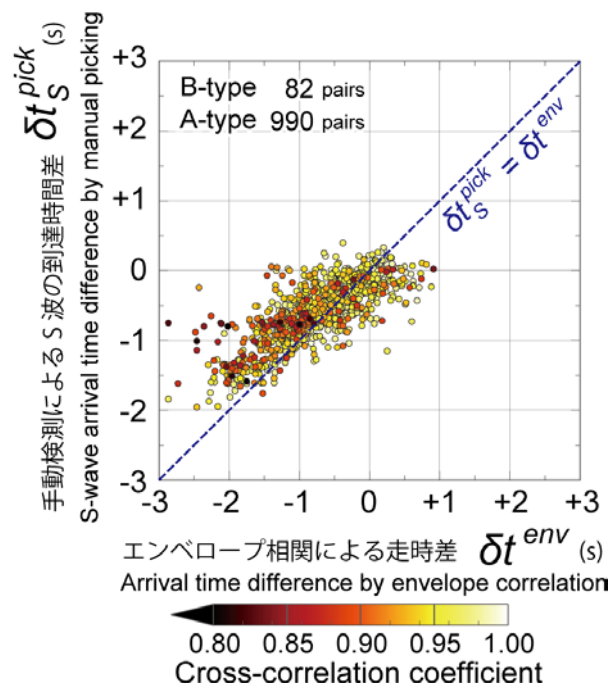


図 3 目視で読みとった S 波の到達時間差とエンベロープの相互相関最大となるラグタイムの関係。各点の色はエンベロープの相関係数に対応している。