

波形の相互相関を用いたマスターイベント法による北海道の地殻深部低周波地震の震源決定

Hypocenter Determination of Deep Crustal Earthquakes in Hokkaido by a Master Event Method with Cross-Correlation of waveforms

阿形 葉 [1]; 蓬田 清 [2]; 勝俣 啓 [3]

Yo Agata[1]; Kiyoshi Yomogida[2]; Kei Katsumata[3]

[1] 北大・理・自然史; [2] 北大・理・地惑ダイナミクス; [3] 東大地震研

[1] Natural History Sciences, Hokkaido Univ; [2] Earth and Planetary Dynamics., Hokkaido Univ.; [3] ERI

1. はじめに

近年、高感度で高密度の観測網の展開により、P波とS波の立ち上がりが明瞭ではなく、かつ継続時間の長い微弱な発震源がいくつも検出され始めた (e.g. Ohmi et al., 2004; Obara, 2002)。このような地震に対しては、P波とS波の立ち上がりの走時を用いて震源と発震時刻を決める従来の方法では、精度のよい震源決定を行うことは簡単にはできない。そのため、Obara (2004) では複数の観測波形の包絡線の相関を用いる震源決定法など、これまで様々な方法が提案されてきた。

本研究では、P波などの立ち上がりが不明瞭な地震に対しても震源位置と時刻を推定するために提案された方法の一つである Source- Scanning Algorithm (SSA) (Kao and Shan, 2004) を応用した新しい震源決定法について検証する。SSAと通常のマスターイベント法とを組み合わせる方法により、P波などの立ち上がりが不明瞭な地震に対しても相対的に震源位置と発震時刻を十分な精度で推定できる。実際にこの方法を用いて震源決定を行った。

2. 手法

まず、比較的大きく信号がきれいな震源を基準となるマスターイベントとして、この観測点 i ($i = 1, \dots, N$) の波形記録を $m_i(t)$ とする。そして、この近傍で発生する地震の波形記録を $e_i(t)$ とし、各観測点でのこのふたつの波形記録 $m_i(t)$ 、 $e_i(t)$ の相互相関の値を求める。次に、SSAの考え方を適用して、各観測点での相互相関の値を読み、その値の全観測点の平均値を brightness と定義し、マスターイベントに対する相対的な震源位置と発震時刻での各グリッドでその値を求める。この brightness の値が最大となる位置と時刻を、震源位置と発震時刻とする。この方法を用いると、2つの震源関数が類似しているという仮定は必要だが、途中の複雑な伝搬効果や観測点サイト特性効果は相殺されるので、精度のよい結果が求められることが期待できる。

3. 結果

この方法を、北海道中央部の大雪山山系の深さ 15- 35 km で発生する地震群について適用した。この地震は地殻深部低周波地震と呼ばれ、北海道周辺では活動的ないくつかの火山の下に報告されている (高橋ら, 2000; Matsubara et al., 2004)。ductile な下部地殻で発生し、かつ流体の関与の可能性もあり、P波やS波の立ち上がりが不明瞭であり、走時を読み取った震源決定では精度が悪い。ここでは、2002-2004年に発生した地震群の中で最大の、2002年11月24日の深さ 22 km の地震をマスターイベントとする。震源位置・時刻等は、防災科学技術研究所の Hi-net システムで決定したものを基準とする。そして、このイベント近傍で起こるいくつかの地震について、上述の方法を大雪山周辺の Hi-net の 8 観測点の波形記録に適用し、相対的な震源位置・時刻を再決定する。マスターイベントの波形記録は、P波やS波の部分が同定できるので、P波およびS波の 20 秒の時間幅を $m_i(t)$ とした場合のそれぞれについて考える。その他の地震は、マグニチュードが未決定と小さく、観測波形記録でもバンドパスフィルター処理しても、S波部分がかるうじて同定できる程度だが、マスターイベントを参考にしてP波およびS波部分を推定し、同じ 20 秒の時間幅を $e_i(t)$ とする。速度構造は、Katsumata et al., (2003) の 1次元速度モデルを用いた。

結果として、ほとんどのイベントでは水平方向に約 1 km、深さ方向で 2~4 km の精度で震源位置を再決定することができた。SSAの利点のひとつは、3次元的な各点での、全観測点における相関係数を計算することにより、震源決定精度を明確に定義・表示できる点にある。観測波形をデータとした場合の他に、みかけのノイズを落とすため 5 Hz のハイカットフィルターを掛けた波形をデータとして用いた場合とを比べたが、再決定された震源位置はほぼ同じであり、精度としては高周波成分を残した元の波形を用いた場合の方が高く、安定した結果を得られたので、データ処理も簡便である。再決定された震源の深さは、多くの場合、Hi-netの走時読み取りと絶対的に求めた震源位置に比べて、水平位置はほぼ同じだが、深さは系統的に 2~4 km ほど浅くなった。この原因の詳細は不明だが、雑音と重なる小さい地震の立ち上がりを系統的に早く読み取ってしまったことも考えられる。このように、小さな立ち上がりが不明瞭な地震の震源決定にこの手法は有効である。