

秋田県森吉山周辺の誘発地震活動と 地震波形に含まれる散乱波の特徴

小菅 正裕 (弘前大学理工学研究科)

1. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震後、東北地方北部の内陸では秋田県内での誘発地震活動が活発化した。その中で、県北部の森吉山周辺での活動が注目される。この地域では過去に群発的な地震活動が繰り返し発生しており、森吉山の西方 15 km 程度の領域は深部低周波地震の発生域ともなっている。森吉山周辺での地震波形には顕著な後続波が見られる。ここでは、後続波の起源を解明し誘発地震活動との関連を検討することを目的に、後続波の波形の特徴を調べた。

2. 森吉山周辺の地震活動

図 1 は東北地方太平洋沖地震後に秋田県内で発生した地震の震源分布を示す。森吉山は活火山である八幡平及び秋田焼山の西方に位置する火山である。震源は、森吉山の北 7 km 程度の領域に集中している他、いくつかのクラスターを形成して分布している (図 2)。森吉山北方のクラスターの震源位置の時間変化を見ると、2011 年 5 月から 2012 年 3 月にかけて、震源が南東から北東に向かって約 10 m/day の速さで移動

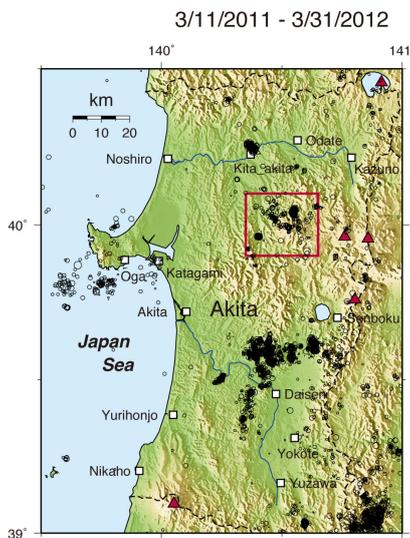


図 1 東北地方太平洋沖地震の発生から約 1 年間に秋田県内で発生した地震の震央分布。赤い四角の枠が森吉山周辺域を示す。赤い三角印は活火山を表す。

した。しかし、その後は南東側に戻るような時間変化が見られる。

3. 観測波形とデータ処理

図 3 は森吉山北方のクラスターの地震波形の例である。観測点は最も近い阿仁 (図 2 の N.ANIH) で、中心周波数 2 Hz のバンド・パス・フィルターをかけたものである。S 波の後の振幅が単調には減少せず、後続波が含まれていることがわかる。後続波の現れ方は周波数によって異なるので、その特徴をエンベロープ波形を用いて調べた。イベント波形データに中心周波数 1, 2, 4, 8, 16 Hz のバンド・パス・フィルターをかけ、2 乗平均波形の平方根 (RMS) をエンベロープ波形とした。エンベロープは、上下動と水平 2 成分、及び水平 2 成分と 3 成分のベクトル合成波形の、計 5 種類を求めた。解析は 140 個余りの地震に対して行った。

4. 散乱モデルからの残差エンベロープ

エンベロープ全体を説明する理論波形を、等方 1 次散乱モデルを用いて求めた。図 3 の上段は観測エンベロープと理論エンベロープの比較

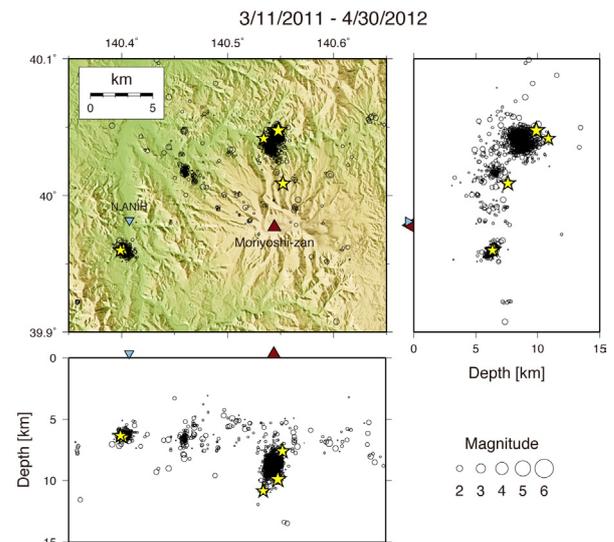


図 2 森吉山周辺での震源分布。カタログの観測値を用いて観測点の組み合わせを固定して決め直した震源。星印はマグニチュード 3 以上の震源を表す。

である。モデルのあてはめは、S波走時の2倍の時間から、震源時からの経過時間が30秒の範囲で行った。この過程でコーダ波のQ値を求めた。図4の下段は残差エンベロープを示す。図の7秒付近において、8 Hz及び16 Hzの残差が大きくなっている。ただし、残差波形は多様であることがわかったので、スタッキングを行って全体的な特徴の把握を試みた。

それに先立ち、地震波形に基づいた地震のグループ分けを行った。これは、バンド・パス・フィルターを通した波形の相互相関を求め、相関係数の大きいペアをグルーピングしていくことで行った。その結果、森吉山北方のクラスター内の地震が、震源位置に対応して明瞭に分けられることがわかった。

図5は、グループ1の地震に対して、阿仁観測点での水平2成分合成エンベロープの残差波形をスタックしたものである。後続波による振幅増加は、2 Hzでは8秒を中心とした時間帯、4 Hzでは5秒～8秒、より高周波では6秒～8秒において見られる。特に高周波では立ち上がりが見られるなど、周波数依存性が見られる。ただし、他の観測点においては不明瞭である。

森吉山地域で1982年に発生した群発地震の波形にも顕著な後続波が見られ、堀・長谷川(1991)はその走時解析から、反射面は森吉山の直下12 kmの領域から西方に緩やかに傾斜していると推定した。今回解析した後続波の発生源の位置も同様と考えられるが、単発のパルスではないので、多数の散乱体からの散乱波と見た方がよさそうである。周波数依存性は、散乱体のサイズ分布に階層構造があることを示すのかもしれない。森吉山北方のクラスターでは、地震活動のマイグレーションが見られた。このことや顕著な散乱波の存在は、地殻流体の移動や存在を示唆するもので、散乱源の位置の時間変化も興味深い。

謝辞：解析には、防災科研Hi-netで収録された地震波形データと気象庁一元化震源カタログを利用させていただきました。記して謝意を表します。

図5 地震グループ1の残差波形のスタッキング。水色が個別の波形で赤がスタッキング後の波形。観測点は阿仁で、縦線はS波走時の2倍の時刻を表す。

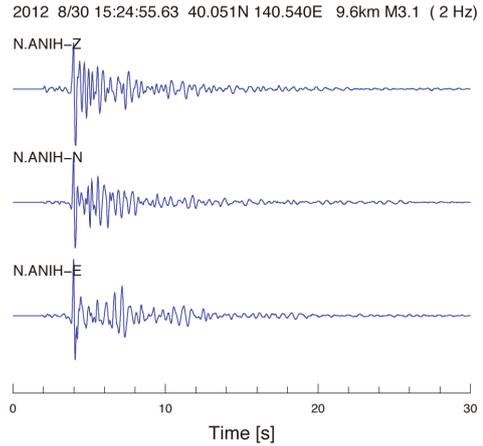


図3 地震波形の例。阿仁観測点の3成分波形。

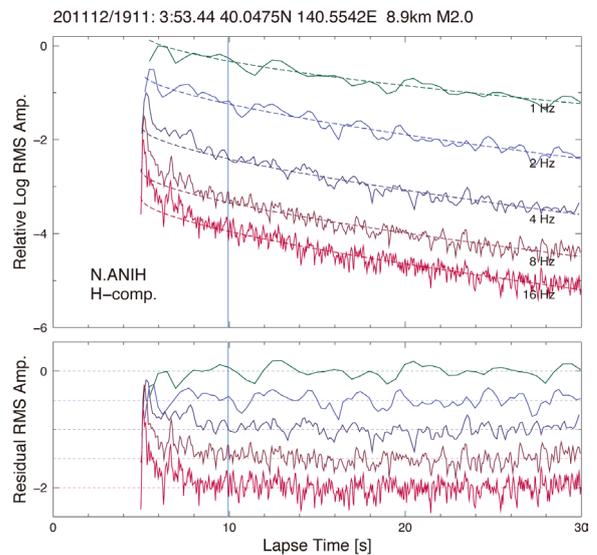


図4 地震波エンベロープへの1次等方散乱モデルのあてはめ(上)と残差エンベロープ。縦線はS波走時の2倍の時刻を表す。

