

秋田県森吉の誘発地震の後続波

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に東北地方北部内陸で活発化した誘発地震活動の中で、秋田県北部の森吉山周辺 (図 1) での活動が目される。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。2011 年からの地震活動は現在でも継続しており、観測波形の S 波の後には顕著な後続波が見られる。昨年度の集会では後続波の特徴を報告したが、今年度はその後に行った解析の結果を報告する。

2. 観測波形とデータ処理

我々は 2012 年 9 月から森吉山付近で臨時地震観測を行っている。観測点は、地震活動が最も活発な森吉山北方のクラスター付近の 2 か所に設置した。これらの観測点での観測値を加え、Double-Difference (DD) 法で決定し直した震源分布を図 1 に示す。震源決定精度の向上に伴い、最大クラスターの震源は、南西から北東にかけて深くなるような分布をしていることが明らかになった。

図 2 は森吉山北方のクラスターの地震波形の例である。震源に最も近い定常観測点である阿仁の

波形に中心周波数 16 Hz のバンド・パス・フィルターをかけたものである。S 波の約 2 秒後に顕著な振幅増加が見られ、後続波が含まれていることがわかる。この後続波はほとんどの地震において見られる。ここではこの後続波の特徴をエンベロープ波形を用いて調べた。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。以下では、水平 2 成分のベクトル合成波形によるエンベロープを用いた結果を示す。解析は 2013 年 8 月までに発生した 2000 個余りの地震に対して行った。

3. エンベロープの全体的特徴

図 3 はエンベロープ波形の例である。震源分布に基づいて震源を図 4 のようなグループに分け、最大クラスターのグループ A と、森吉山東方のクラスター H について、阿仁観測点での波形を示した。この 2 つのグループ間ではエンベロープ形状が顕著に異なる。すなわち、グループ A の振幅は S 波到着後比較的単調に減少するのに対し、グループ H の振幅は、特に中心周波数 1 Hz と 2 Hz において、一旦増加してから減少する。これは強い散乱が起こっていることを示唆する。同様の波形は、

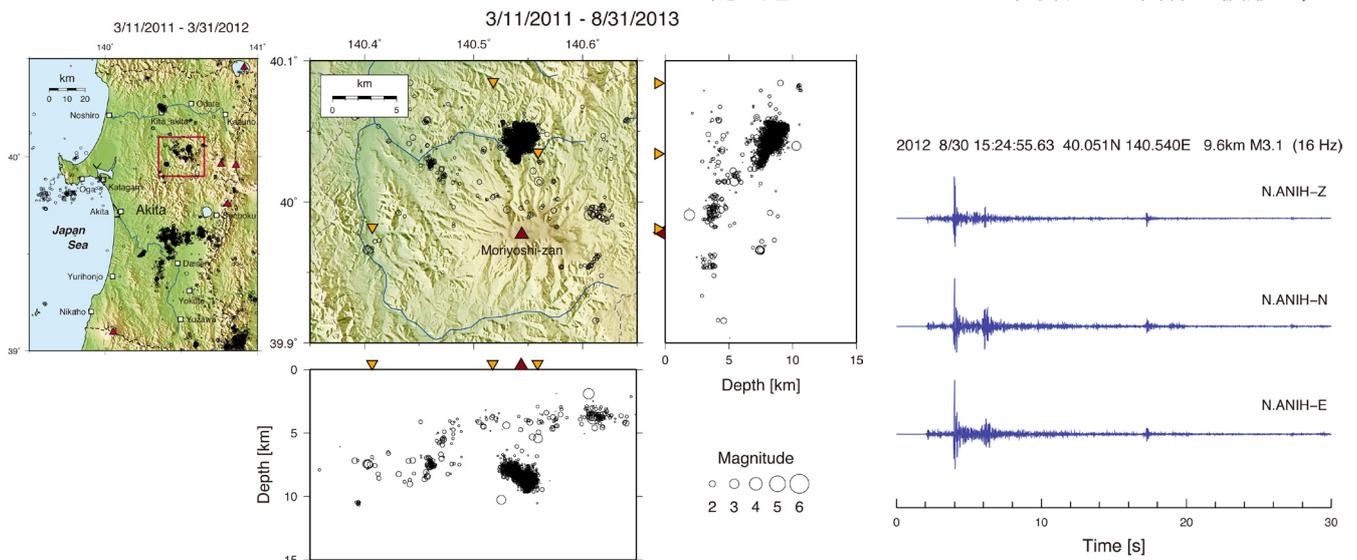


図 1 森吉山の位置と赤い四角の枠内の震源分布。拡大図の震源は、臨時観測点の観測値を含めて DD 法で決め直したもの。三角印は観測点の位置を表す。

図 2 地震波形の例。阿仁観測点の 3 成分波形。中心周波数 16 Hz のバンド・パス・フィルターをかけたもの。

阿仁の場合も含めて、震源と観測点が森吉山を挟んで存在する場合には見られる。このことは、森吉山周辺に広域的に散乱体が分布することを示唆する。

4. 後続波の起源

一方、高周波においては、図2に示した後続波による振幅増加が顕著に見られる。この後続波源の位置を back-projection 法で推定した。まず、エンベロープ波形から等方1次散乱モデルによる理論エンベロープを差し引いた残差エンベロープを求めた(図5)。次に、残差時系列を back-projection 法によって空間分布に置き直した。この際、S-S 散乱を仮定した。なお、モデルのあてはめはS波走時の2倍以降の時間帯で行ったが、back-projection にはそれ以前の時間帯の波形も用いた。ただし、S波直後の時間帯は除いた。

図6は back-projection の結果である。図に逆三角形で示した3観測点を用い、星印の5か所の地震グループに対する平均残差エンベロープを用いた。これを見ると、散乱の強い領域は森吉山の北西5~10 km、深さ13 km程度に存在する。なお、周波数による結果の違いは少ない。

堀・長谷川(1991)は、森吉山地域で1982年に発生した群発地震の後続波の走時解析から、S-S 反射面の位置を推定した。図6の結果はそれと極めて調和的である。ただし、用いた震源と観測点の位置関係から、平面的な反射面ではなく、散乱体が分布していると考えらるべきである。約30年異なる2つのデータから同じ位置に散乱体が推定されたことから、ここには永続的な散乱体が存在することが示唆される。

ここでは平均エンベロープを用いて散乱体の大まかな位置を推定したが、森吉山北方の大クラスター内の小クラスターの活動の時間変化と対比するためには、今後、より小規模な散乱体の位置の時間変化の解析も必要である。

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6 平均残差エンベロープをデータとして、back-projection 法で推定した散乱強度 (brightness) の分布。平面図と断面図は、図中に赤い線で示したセクションのもの。用いた観測点と震源グループを三角と星印で表す。

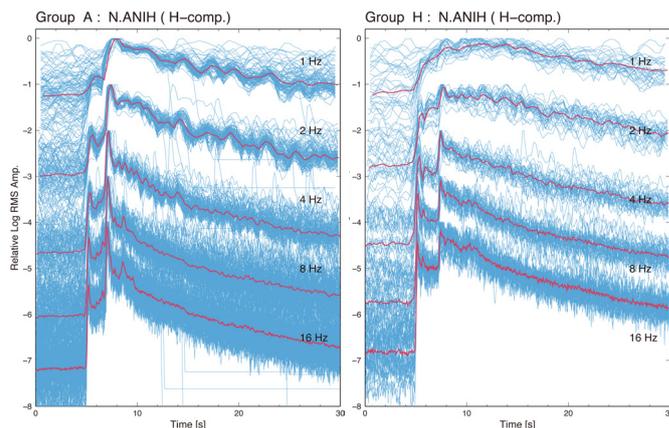


図3 図5の震源グループAとHについての阿仁観測点での水平2成分合成エンベロープ波形。水色の線は最大値で規格化した個々の波形、赤線は平均エンベロープを表す。

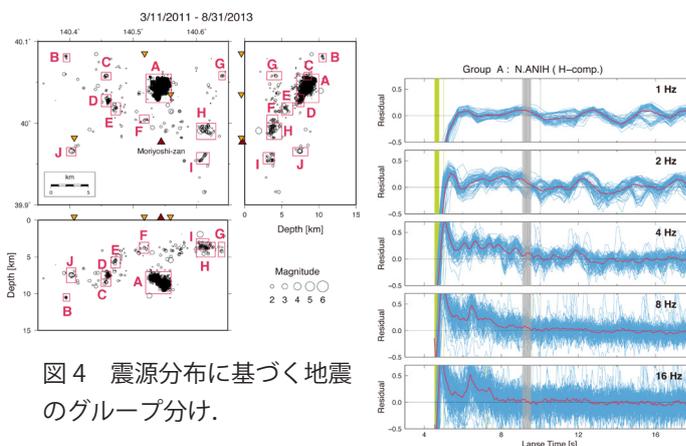


図4 震源分布に基づく地震のグループ分け。

図5 (右上) 観測エンベロープから1次等方散乱モデルによるエンベロープを差し引いた残差エンベロープ。震源グループAに対する結果。水色の線は最大値で規格化した個々の波形、赤線は平均エンベロープを表す。緑色と灰色の縦線は、S波走時とS波走時の2倍の時刻を表す。

