東北日本弧のスラブ内地震における高周波後続波の観測とマントルウェッジの減衰・散乱構造

椎名高裕・勝俣啓・蓬田清（北大）

1. はじめに

東北日本前弧域下で発生したスラブ内地震では，高周波帯域（>8 Hz）において初動よりも大きく遅れた S 波最大振幅の到達がしばしば観測される(e.g., Takahashi et al., 2007; 2009). このようなピーク遅延時間の増大は沈み込み帯における短波長不均質の存在を示唆する(e.g., Obara and Sato, 1995; Takahashi et al., 2007; 2009). 加えて Hasemi and Horiuchi (2010)では，東北日本の火山フロント付近のスラブ内地震の高周波振幅の到達遅れ（例えば，図 1）が前弧域下を回りこんだ後続波としても説明できることを示した．このような高周波後続波の観測は，東北日本において火山フロント以西に分布するマントルウェッジの高減衰域の卓越(e.g., Nakajima et al., 2013)と前弧域下に短波長不均質に富んだ低減衰域の存在が関係していると考えられている．その一方で，これまで東北日本の火山フロントから背弧域下のスラブ内地震に対する高周波後続波の観測事例は少なく，また，後続波を励起する不均質構造の詳細な分布や特性（散乱・反射強度など）はあまりよくわかっていない．そこで本研究では，スラブ内地震の高周波波形記録に注目し，そこで観測される波群の伝播特性の理解を通して東北日本下における減衰および短波長不均質構造の解明を目指す．本発表では，特に東北日本背弧域下で発生するスラブ内地震の観測波形から高周波波群の伝播経路を検討する．

2. データ

本解析では東北日本において，火山フロント以西かつ深さ 80-200 km で発生したスラブ内地震を使用する．解析期間は 2003 年から 2015 年，マグニチュードは 2.5-4.5 とした．火山フロント以西の観測点では，高周波振幅の明瞭なピーク遅れがほぼ共通して観測されるため，高周波後続波の伝播を島弧に直交する断面上の現象として考えることができる．したがって，各島弧直交測線において幅 10 km 以内に分布する地震と観測点を選択し，解析を行った．対象とした 5 つの測線において地震と観測点の総計はそれぞれ 50 個と 47 点である．

本解析ではまず，観測波形に対して S 波到達時刻の読み取りを行い，5 つの周波数帯域（1-2 Hz, 2-4 Hz, 4-8 Hz, 8-16 Hz, 16-32 Hz）ごとに水平 2 成分の MS エンベロープを合成した．さらに，1 秒間の移動平均後，帯域ごとに S 波到達から 50 秒間の最大振幅で MS エン

ベロープを規格化した．その後，これらのエンベロープ波形に対して，Source-scanning algorithm (Ko and Shan, 2004)を適用することで高周波後続波の励起源の推定を行う．本解析の場合，1 回散乱を仮定することで計算される S 波到達からのラグタイムに従って観測波形の MS エンベロープ振幅をスタックする．そして，brightness として定義されるスタック値が最大となる領域付近を後続波励起源とみなす．直達波および散乱波の走時は Zhao et al. (1992)の波線追跡により算出する．なお，速度構造は上部地殻（Vs=3.0 km/s），下部地殻（3.5 km/s），マントルウェッジ（4.4 km/s），海洋性地殻（4.0 km/s）および太平洋スラブマントル（Vs=4.7 km/s）を仮定し，散乱点の分布は水平・鉛直方向共に 2.5 km 間隔とした．

3.　結果と議論

東北日本背弧下にスラブ内地震において観測される高周波帯域（8-32 Hz）における振幅のピーク遅れは，その励起源を前弧域下に仮定することで後続波として説明できることがわかった（図 2）．対して，低周波帯域（1-4 Hz）では地震と観測点の間に brightness の最大値が位置し，到達時付近での振幅卓越から予想される通り，直達波の伝播経路から大きく外れた領域での後続波の励起はほとんどない，あるいはごく小さいものと考えられる．

本解析で推定した高周波後続波の励起深さは，Hasemi and Horiuchi (2010)が高周波後続波の到達時から見積もった下部地殻付近とは異なり，マントルウェッジからスラブ上部境界付近となる．この励起源深さの差は解析対象の違いに起因すると考えられる．その一方で，高周波後続波を励起する短波長構造の空間的な広がりを示している可能性もある．つまり，前弧域下のマントルウェッジ付近に発達する短波長不均質が高周波後続波を強く励起し，その分布が地殻付近まで広がり，後続波の最短の走時経路となっているのかもしれない．

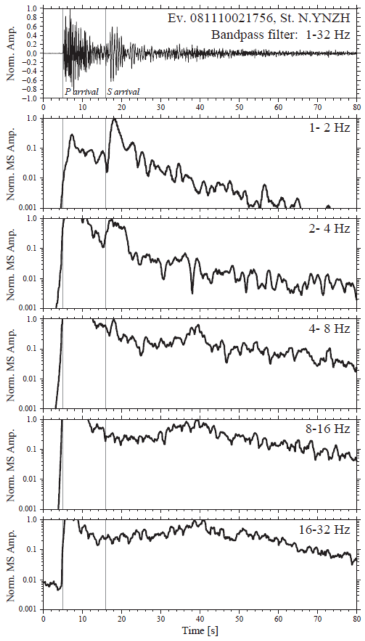

図 1 高周波後続波を含む観測波形例と帯域ごとの MS エンベロープ．

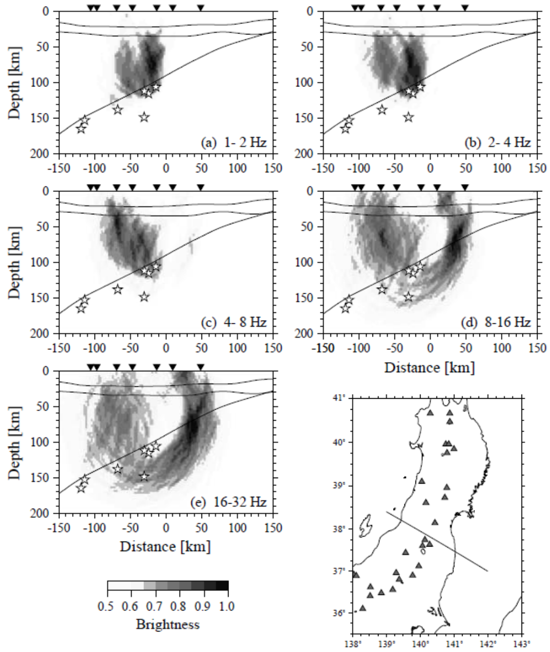

図 2 後続波の励起源分布推定の結果（福島県付近の断面）