

規格化短周期エンベロープを用いた断層破壊の即時的イメージング Near-real-time imaging of earthquake rupture by normalized short-period envelopes

青木 重樹^{1*}, 吉田 康宏¹, 勝間田 明男¹
Shigeki Aoki^{1*}, Yasuhiro Yoshida¹, Akio Katsumata¹

¹ 気象庁気象研究所

¹ Meteorological Research Institute

1. はじめに

巨大地震の断層の広がりやアスペリティの配置は、津波や強震動の発生に直接結びつく重要な要素であるが、波形インバージョンによる震源過程解析は人の判断を必要とする場合が多く時間を要する。青木・他 [2010, 地震学会] は、地震発生直後に人手を介さず迅速にこれらを推定することを目指して、短周期エンベロープの規格化振幅分布を利用した震動源探索手法を開発し、2003年十勝沖地震に適用した結果、破壊強度の大局的な時空間分布の把握に成功した。本講演では、1994年三陸はるか沖地震に適用した結果のほか、本手法の精度評価も実施したので報告する。

2. 手法

本手法は、断層面の同定を目的に考案された Source-Scanning Algorithm [Kao & Shan, 2007] と同様に、断層面を事前設定することなく、破壊開始点（震源）周辺に3次元的に配置した格子上で、各観測点のエンベロープの最大値で規格化された振幅をS波走時分だけ時刻を戻して足し合わせることで、震源域での時空間的な強度をイメージングする手法である。この手法の利点は、規格化短周期エンベロープ（5-10Hz）を利用しているため、観測点ごとのサイト増幅特性や震源放射特性の違い [釜江・他, 1990] や、表面波の影響 [Izutani & Hirasawa, 1987] が小さいことである。また、強度は各観測点からの寄与の平均値として定義しているため、多数の観測点を用いることにより、異常値に関してロバストになり、自動化に適した手法と言える。

3. 三陸はるか沖地震への適用

データは、気象庁87型強震計の震央距離500km以内の17観測点を利用した。震源格子は余震域とその周辺領域（南北200km × 東西400km × 深さ90km）に2km間隔で配置し、各格子では震源時から120秒間の強度を計算した。

強度の最大値（0.89）は、破壊開始後54秒に現れ、その格子位置は破壊開始点からN83°W方向に129kmの地点で、深さは26kmであった。これはSato et al. (1996) が指摘している高周波励起源（51秒, N82°W方向に137km, 深さ49km）に、分解能が乏しい深さ方向を除いて近接している。また、27.5-63.0秒の期間において最大強度が0.7以上を示しており、この期間の最大値の震央の軌跡はNakayama & Takeo (1997) の波形インバージョンによる大きなすべりの位置の推移に概ね対応している。

なお、本解析においては、データは震源時から5分程度必要であり、計算時間はIntel Xeon X5550(2.66GHz)を用いて約15分であった。気象庁津波地震早期検知網の加速度計24点（震央距離300km以内）を用いた2003年十勝沖地震の解析においては、解析期間（0.5倍）やデータのサンプリング（0.4倍）に違いはあるが、データ長は3.5分程度、計算時間は約4分で青木・他 (2010) の結果とほぼ同様の結果が得られた。なお、計算時間については、適切な格子数の設定や処理の並列化を行えば更なる低減が可能である。

4. 精度評価

本手法の強度分布は、実際の破壊の強度分布に、観測点分布や継続時間に依存する浸み出し効果や、散乱波などの直達S以外の波の効果が合わさったものであると考えられる。ここでは点震源と近似できる余震や、理論エンベロープを用いて、その影響を考察する。

十勝沖地震の強い強度が現れた地点周辺のM5.0の余震を、本震と同じ観測点配置で解析したところ、最大強度は余震の震源時の1秒後に現れ、余震の震央位置とは18km離れていた。また、三陸はるか沖地震においても、M5.6の余震で同様の解析を行ったところ、最大強度は震源時の5秒後で、位置は6km離れていた。強度が0.7以上の分布を見ると、いずれの場合も震源時の前後10秒程度の浸み出しがあり、水平方向としては35~55km程度の浸み出しがあることがわかった。

次に、十勝沖地震の上記余震と同じ震源で、Saito et al. (2002) による地震波散乱理論に基づく理論エンベロープと、散乱を考慮しないものを計算し、比較解析を行った。両者とも最大強度格子の位置は震央から10km以内となり、出現時刻は散乱ありの場合には、震源時から3.5秒遅れた。また、強度が0.7以上の浸み出しの分布を見ると、散乱なしの場合は

水平で 17km，時間的には前方 5.5 秒，後方 3.5 秒となった。散乱ありの場合は水平で 29km，時間的には前方 5.0 秒，後方 10.5 秒となり，現実の解析結果により近くなった。これは，実際の解析結果も，散乱によりエネルギーが後方に分配されエンベロープが拡大するという影響を受けていることを示唆するものである。

キーワード: 即時的処理, 震源過程解析, 1994 年三陸はるか沖地震

Keywords: Near-real-time processing, Source process, The 1994 Far E Off Sanriku Earthquake