

2004年新潟県中越地震のマルチスケール断層すべりインバージョン解析

Multiscale Slip Inversion Analysis of the 2004 Mid-Niigata Prefecture, Central Japan, Earthquake

内出 崇彦 [1]; 井出 哲 [1]

Takahiko Uchide[1]; Satoshi Ide[1]

[1] 東大・理・地惑

[1] Dept. EPS, Univ. of Tokyo

<http://www-solid.eps.s.u-tokyo.ac.jp/~uchide/>

地震学における基本的で重要な課題として、破壊成長過程の理解が挙げられる。大地震と小地震の違いや破壊成長過程の自己相似性を議論するためには、主破壊過程だけでなく初期破壊過程の理解が不可欠である。

断層すべりインバージョン法は震源過程の時空間的特徴を捉えるためによく用いられる手法で、多くの地震の主破壊過程がこの手法によって明らかにされている。Shibasaki et al. [2002] は 1995 年兵庫県南部地震の初めの 0.7 秒間の観測データのみを用いてインバージョン解析を行っている。従来、主破壊過程と初期破壊過程は独立に解析されてきたが、それらの間の整合性には疑問が残る。

主破壊過程から初期破壊過程までを同時に統合的に解析するために、われわれはマルチスケール断層モデル [Aochi and Ide, 2004] を用いた断層すべりインバージョン法を開発した [内出と井出, 2005 年 地球惑星科学関連学会合同大会]。マルチスケール断層モデルは、異なるスケールの震源モデルを複数準備して、それらの上での断層すべり速度をくりこみによって結びつけて、ひとつにまとめたものである。

この手法を 2004 年新潟県中越地震 (Mw6.6) に応用した。高感度の地震観測網 (気象庁、防災科学技術研究所の Hi-net) と強震基盤観測網 (防災科学技術研究所の KiK-net) を併用することで、高ダイナミックレンジの解析が可能になる。

グリーン関数は、水平多層構造の反射・透過行列 [Kennett and Kerry, 1979] を用いて離散波数積分 [Bouchon, 1979] を行うことで計算した。非弾性減衰の効果は複素速度を用いることによって導入した [武尾, 1985]。水平多層構造は Kato et al. [2005] の 3 次元速度構造モデルに基づいて多数作成し、M5 程度の地震の観測波形を比較的良く説明できる構造を採用した。小さいスケールの現象を解析する際には、経験的グリーン関数法 [Hartzell, 1978] を用いた。幅広いスケールで解析をすることを目指しているため、大きさの異なる 2 つの地震 (EGF1: Mw 2.3; EGF2: Mw 3.3) を経験的グリーン関数として採用した [内出と井出, 2005 年日本地震学会秋季大会]。

解析には 3 つのスケールの断層モデルを統合したマルチスケール断層モデルを用いた。最大スケール (Scale 3) では KiK-net のデータと計算で得られた理論的グリーン関数を、小さいスケール (Scale 1, Scale 2) では高感度地震観測のデータ (気象庁、Hi-net) と経験的グリーン関数 (Scale 1: EGF1; Scale 2: EGF2) を用いて解析を行った。解析に際しては、時間的平滑化拘束条件を先験情報としてベイズの規則で結合してベイズモデルを構築し、赤池のベイズ情報量基準 (ABIC) が最小になる超パラメータを採用した。

各スケールを分離して独立に解析する従来型の解析 (モノスケール解析) では、Scale 1 だけが断層すべり速度やモーメントレートが爆発的に増大して、他のスケールとの整合性を著しく欠くものに対し、マルチスケール解析では、くりこみの効果でスケール間の整合性が保たれている。またモノスケール解析ではモデル領域の時間的な端の方でデータによる拘束が弱くなり、推定誤差も大きくなるという問題もある。

断層すべり速度は初めの 0.1 秒程度でも 1 m/s 程度、破壊伝播速度は初めの 1 - 2 秒間程度で 2.5 - 3.0 km/s 程度と見積もられ、いずれも一般の地震の主破壊と同等の値が出ていることがわかった。これは統計的自己相似性を示唆するものと考えられる。また、破壊成長過程には主な破壊伝播方向の異なる 4 つのステージが認められた。

- (a) 0.4 秒頃まで、北東方向
- (b) 0.6 秒から 1.0 秒頃まで、南方向
- (c) その後 2.0 秒頃まで、再び北東方向
- (d) その後、南西方向

ステージ (b) はデコンボリューション解析の結果 [内出と井出, 2005 年日本地震学会秋季大会] と調和的である。

今回は、主破壊過程と同等の断層すべり速度と破壊伝播速度を持つ初期破壊過程と、方々に破壊を広げながら成長する様子が捉えられた。今後は、規模や発生環境 (応力状態など) の異なる地震の破壊成長過程を解析することが重要である。その際に本研究で開発した手法は非常に有用である。