

曲面断層モデルを用いた震源過程解析 東北日本で発生した2つのスラブ内地震への適用

Source inversion using curved fault model: Application to the two intraslab earthquakes in northeast Japan

鈴木 亘^{1*}, 青井 真¹, 関口 春子²

Wataru Suzuki^{1*}, Shin Aoi¹, Haruko Sekiguchi²

¹ 防災科学技術研究所, ² 京都大学防災研究所 / 防災科学技術研究所

¹NIED, ²DPRI, Kyoto Univ./NIED

複雑な断層面形状を持つ地震の震源過程解析を行うために、我々は曲面断層モデルを用いた震源インバージョン手法の開発を行ってきた。同手法では、断層面の通る点列を設定し非一様有理 B スプライン (Non-Uniform Rational B-Spline; NURBS) を用いて補間することにより曲面断層面を構築する。この曲面断層に対し、マルチタイムウィンドウ線型波形インバージョン法を適用して断層破壊過程を推定する。本研究では、強震記録を用いた震源過程解析から断層面が単純な平面ではないことが示唆されている 2003 年宮城県沖の地震 (Wu and Takeo, 2004; 青井・他, 2005) および 2008 年岩手県沿岸北部の地震 (Suzuki et al., 2009) の東北日本で発生した 2 つのスラブ内地震を解析対象として、曲面断層モデルを用いた震源インバージョン手法の適用性、有用性などについて検討を行う。これらのスラブ内地震で観測された波形記録の多くでは、浅部の地下構造により二次的に生成された地震波の影響が小さいため、理論的グリーン関数を用いた波形モデリングに基づいて震源メカニズムの変化を検出することが比較的容易であった。

2008 年岩手県沿岸北部の地震について、まず Suzuki et al. (2009) の提案した 2 枚矩形断層モデルの断層面間の隙間を埋めるように曲面断層モデルを構築し震源過程解析を行った。2 枚矩形断層を用いた解析では北部の断層面に大きいすべりが得られていたが、曲面断層を用いた解析では隙間であった領域まですべりが広がり、最大すべり量は 2 枚矩形断層を用いた結果と比べて小さく推定された。また隙間を挟んだ南部の断層面の断層端に推定されていた面積の小さなアスペリティが、曲面断層を用いた解析では明瞭には見られなくなった。推定された地震モーメントはともに F-net と Global CMT のモーメントテンソル解析による値の 1.3 ~ 1.6 倍ほど大きかったが、曲面断層を用いて推定された値は 2 枚矩形断層を用いた解析の値より 10% ほど小さかった。これらの結果は、矩形断層を用いた解析では手法上の制約のために断層端となっていた領域ですべりが過大に推定されていたが、曲面断層を用いて現実に近い断層形状を考慮したことで妥当なすべり分布を推定できた可能性を示している。しかしながらすべり分布から計算されるモーメントテンソルより震源メカニズム解を描くと、曲面断層を用いた結果は 2 枚矩形断層を用いた結果とほぼ同じ形状をしており、モーメントテンソル解析の結果とは異なっている。2 枚矩形断層モデルは破壊開始点の位置する南部では P 波初動解、北部ではモーメントテンソル解の節面に対応しており、曲面断層モデルもこの形状に基づいて構築されているが、必ずしも断層面の北部の形状がモーメントテンソル解の節面と対応する必要はない。

そこですべり分布から得られるモーメントテンソルとモーメントテンソル解析の結果との差異を小さくすることを目的に、断層面北部の形状の検討を行った。走向を反時計回りに 20 度回転した曲面断層モデルを用いた解析から、当初の曲面断層モデルを用いた解析結果よりもモーメントテンソル解のメカニズムに近い結果が得られた。ただし地震モーメントは当初の結果と同程度であり、モーメントテンソル解の値とは開きがある。今後はモーメントテンソル解との差異を生じる原因を精査し、曲面断層形状の修正を図る。

2003 年宮城県沖の地震については、Wu and Takeo (2004) では傾斜方向に、青井・他 (2005) では走向方向に異なる矩形面を配置した断層面モデルが提案されている。針生・小原 (2005) が均質観測点法を用いて推定した詳細な余震分布を参照すると、深さ断面では深さ方向に傾斜角が変化し折れ曲がるような形状を示し、水平分布では余震域の南部と北部で走向の違いが見られる。この余震分布のように走向、傾斜ともに変化する断層面を構築するには、曲面断層モデルが有効である。そこで P 波初動解、モーメントテンソル解および余震分布を参考に曲面断層モデルを構築し震源過程解析を行った。大局的には 2 枚矩形断層を用いた青井・他 (2005) と整合的なすべり分布が推定された。合成波形は基本的に観測波形に一致しているが、十分に再現できていないフェイズも存在する。1 枚の矩形断層を用いた解析から、再現が充分でない理由は、断層面形状の設定に適切でない点が残っており、震源メカニズムの変化を完全には説明できていないためと考えられる。今後は波形やモーメントテンソルの再現を参照して最適な震源モデルを推定し、解析した 2 つのスラブ内地震についてアスペリティの広がりや応力降下量分布に注目して曲面断層モデルを用いた震源過程解析手法の有用性について検討を行う。

キーワード: 震源インバージョン, 曲面断層, 強震記録, スラブ内地震

Keywords: source inversion, curved fault, strong motion, intraslab earthquake