

高精度余震分布と三次元速度構造モデルに基づく2007年新潟県中越沖地震の震源モデルの再評価

Source model of the 2007 Chuetsu-oki earthquake based on precise aftershock distribution and 3-D velocity structure

芝 良昭^{1*}, 引間 和人², 植竹 富一², 水谷 浩之², 津田 健一³, 早川 崇³, 田中 信也⁴

Yoshiaki Shiba^{1*}, Kazuhito Hikima², Tomiichi Uetake², Hiroyuki Mizutani², Kenichi Tsuda³, Takashi Hayakawa³, Shinya Tanaka⁴

¹ 電力中央研究所, ² 東京電力, ³ 大崎総研, ⁴ 東電設計

¹ CRIEPI, ² TEPCO, ³ ORI, ⁴ TEPCO

一般に震源インバージョン解析では、断層のすべり分布を求める前提となる初期断層面をメカニズム解や余震分布に基づき先験的に決定しておく必要がある。しかしながら2007年新潟県中越沖地震では、震源が海域に位置していたことや、震源域の地下構造が複雑であったことなどから、本震発生直後における余震の震源決定精度が低く、本震の断層面推定が困難であった。その後、海底地震計による震源直上での余震観測が行われた結果、高精度の余震分布が求められ、本震の断層面は南東傾斜であることが明らかとなっている(Shinohara et al., 2008)。一方で、海底地震計記録に基づく余震分布を詳細に検討すると、本震断層の北部から南部に向かって断層傾斜角が浅くなっているようにも見える。本検討ではこれらの知見を参考にして、断層の傾斜角が変化する曲面断層を初期モデルとして設定し、震源インバージョン解析、ならびに特性化震源モデルを用いた広帯域強震動シミュレーションを実施した。

本検討では、本震断層面を北部、中部、南部の三領域に分割し、北部は傾斜角40度、南部は同30度の平面断層として、両者を繋ぐ遷移領域(中部断層)において傾斜角が徐々に変化するものとした。断層の走向は全領域で39度としている。北部と南部の傾斜角の差は10度と小さいため、中部断層の傾斜角は直線状に変化するものとし、全体として想定している地震発生層(上限6km, 下限17km)の範囲内で余震の断面分布とできるだけ調和するように断層面を求めた。初期断層面全体の断層長は28kmで、北部、中部、南部の各領域はそれぞれ7km, 10km, 11kmである。解析には芝(2008)と同様に、経験的グリーン関数法と焼きなまし法を組み合わせた非線形探索手法を用いた。得られたすべり分布モデルと、1枚平面断層を仮定した芝(2008)のモデルとを比較した結果、すべり量が相対的に大きいアスペリティの位置は、震源に最も近い第一アスペリティがやや北西に移動した以外に大きな変化は見られず、平面断層の仮定はおおむね妥当であることがわかった。さらにインバージョン結果を基に特性化震源モデルを作成し、柏崎刈羽原子力サイト内の原子炉建屋基礎版上観測記録、およびサービスホール鉛直アレイ最深部の記録を対象に広帯域シミュレーションを実施し、モデルの妥当性を検証した。その結果、芝(2008)による平面断層の特性化モデルと比較して、第一アスペリティの面積を20%縮小し、かつ応力降下量を10%低減したモデルが観測記録をよく説明できることがわかった。

一方、柏崎刈羽原子力サイトでは、断層南部のアスペリティから放射されるパルス波の振幅が敷地北部と南部で大きく異なり、断層北部の領域で発生した余震記録を経験的グリーン関数を用いたシミュレーションではこうした差異を再現できないことが問題となっていた。ここではサイト直下の褶曲構造を含む詳細な三次元速度構造モデル(早川・他, 2011)を用いた差分法による理論合成波形と、第三アスペリティ近傍で発生したMw3.5の余震記録から、ハイブリッド法による広帯域の本震波形の合成を試みた。その結果、大振幅のパルス波が観測されたEW成分について敷地北部と南部の観測速度波形記録の違いを定量的に再現することができた。

謝辞: 東京大学地震研究所 篠原教授には海底地震計記録に基づく余震分布データを提供して頂きました。

キーワード: 2007年新潟県中越沖地震, 震源モデル, 余震分布, 三次元速度構造モデル, 震源インバージョン解析, ハイブリッド法

Keywords: the 2007 Niigata-ken Chuetsu-oki earthquake, source model, aftershock distribution, 3-D velocity structure model, source inversion analysis, hybrid simulation