

強震記録を用いた経験的グリーン関数法による2011年東北地方太平洋沖地震の非線形インバージョン解析

Nonlinear source inversion analysis for the 2011 Tohoku Mw 9.0 earthquake based on strong-motion records

芝 良昭^{1*}, 東 貞成¹, 佐藤 浩章¹, 栗山 雅之¹, 野口 科子¹

Yoshiaki Shiba^{1*}, Sadanori Higashi¹, Hiroaki Sato¹, Masayuki Kuriyama¹, Shinako Noguchi¹

¹ 電力中央研究所

¹ CRIEPI

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(Mw 9.0)は、メカニズム解や余震分布などから、太平洋プレートと陸域プレートの境界におけるおよそ長さ500 km × 幅200 kmの領域を震源域とすることがわかってきている。また地震発生後に速報的に公表された震源モデルは、その多くが遠地地震記録から推定されたものであるが、概ね海溝軸に近い比較的浅い領域に大きなアスペリティが共通して示されており、東北地方各地で観測された大規模な津波の波源に相当するものと考えられる。一方で国内の強震記録についてみると、これらの震源モデルのアスペリティは陸域からかなり離れているにもかかわらず、宮城県のK-NET 築館で2,700 galの最大加速度を記録するなど、既往の距離減衰式の外挿から大きく外れた大振幅の地震動が複数の地点で確認されている。このような強震動特性に対する震源特性の寄与を評価するためには、広帯域の強震記録に基づく震源過程の解析が重要となる。本稿では、短周期領域を含む広帯域の強震動評価に広く用いられる経験的グリーン関数法による震源インバージョン解析手法を2011年東北地方太平洋沖地震に適用し、その震源モデルを推定した。

経験的グリーン関数としては、本震前日の3月10日6時23分に発生したM 6.8(F-netによるMw 6.5)の前震の記録を用いた。電力中央研究所の露頭岩盤上強震観測網RK-netにおける石巻観測点の記録のフーリエスペクトルからコーナー周波数を読み取り、この前震の震源サイズを20 km × 20 kmと推定した。本震の震源断層を500 km × 200 kmと仮定し、経験的グリーン関数の震源サイズに合わせて25 × 10個の小断層に分割した。ただし海溝軸よりも東側(アウトライズ側)にかかった断層面については、すべりを強制的に0とする条件を与えている。本震の震源(破壊開始点)位置としては気象庁の暫定値を、また断層のメカニズム解はUSGSのW-phaseモーメントテンソル解をそれぞれ採用した。インバージョン解析に用いた観測データは、青森県から千葉県に掛けての12地点の防災科技研KiK-net地表観測点と3地点の当所RK-net観測点の計15地点における、水平2成分の記録である。本震と前震のそれぞれについて周期2秒から20秒のバンドパスフィルターを掛け、変位波形に変換して解析データセットとした。またS波の到達時刻から170秒間を解析対象としている。

本研究で用いた震源インバージョン手法(Shiba and Irikura, 2005)では、本震と小地震の震源すべり速度関数の差を補正するフィルター関数として箱型関数を仮定し、その振幅と継続時間、および立ち上がり時刻を未知数として焼きなまし法で探索することにより、各小断層のモーメント密度、ライズタイム、破壊時刻の分布を求めている。したがって震源インバージョン解析で一般的に用いられているマルチプルタイムウィンドウ法(Hartzell and Heaton, 1983)のように方程式を線形化することはできないが、同一の小断層で時間を置いて繰り返しすべりが生じるような解を排除することができる。解析の結果、本震断層面上ですべりの大きい領域は、破壊開始点から海溝軸側と陸域側にそれぞれ広がっていることがわかった。有意なすべりが認められる領域のサイズはおよそ150 km四方である。層モーメント量は 2.7×10^{22} Nmで、モーメントマグニチュードとしては8.9が得られた。この結果は、遠地記録に基づく値と比較してやや小さいが、これは、解析周期帯域の上限が経験的グリーン関数の精度の問題から20秒に制約されていることが影響している可能性がある。最大すべり量は、媒質の剛性率を48 GPaと仮定して28 mが得られた。また平均的な破壊伝播速度は1.8 km/sとなった。本解析ではパラメータ探索に焼きなまし法を用いているが、乱数を生成する初期値を10通り変えて得られた震源モデルを比較したところ、総モーメント量やアスペリティの面積、最大すべり量などは比較的安定して求められたものの、アスペリティの位置については破壊開始点の周囲で若干のばらつきが見られた。今後はこうした点について、原因の解明を進めていくとともに、より短周期領域の地震記録の再現を目的としたインバージョン解析を試みる。

キーワード: 2011年東北太平洋沖地震, 震源過程, インバージョン解析, 強震動, 経験的グリーン関数

Keywords: 2011 Tohoku earthquake, source process, inversion analysis, strong motion, empirical Green's function