

断層破壊動力学に基づく震源インバージョン解析の鋭敏性除去による高速化

Dynamic Source Inversion Analysis based on the Formulation Avoiding Undesirable Sensitivity

後藤 浩之[1]; 澤田 純男[2]

Hiroyuki Goto[1]; Sumio Sawada[2]

[1] 京大・工学研究科; [2] 京大・防災研

[1] Engineering, Kyoto Univ.; [2] DPRI, Kyoto Univ.

近年、地震計網の充実と共に強震動記録を用いた断層破壊過程の推定が様々な地震について実施されている。推定された破壊過程は、入力地震動の構成要素の一つである震源モデルの構築に有用である。しかしながら、現在広く実施されている推定手法は運動学に基づいて断層の滑り分布を推定する手法であり、時空間平面上で平滑化フィルタを施した滑り分布に基づく震源像が得られている。これは、耐震設計に有用な周波数帯域である、比較的短周期成分を含む入力地震動が生成可能なほど高解像度なものではない。本研究では、動力学に基づく拘束条件を導入することで平滑化フィルタを用いない震源破壊過程の推定手法について考察した。推定するパラメタとして新たに集約動的パラメタを提案し、それを用いることで鋭敏性を回避し、従来の手法と比較して計算時間を大幅に短縮させた動力学に基づくインバージョン手法の構築に成功した。

本研究では、破壊動力学に基づく逆解析手法を定式化し、断層の破壊現象を支配するパラメタから直接地表面の波形を計算することを可能とした。しかし、破壊動力学により生成される断層の滑り量分布には破壊開始時に鋭敏性が存在するため、推定パラメタである降伏表面力に対して偏微分を取ることが不可能である。このことは、計算に要する時間を増加させるため、動力学に基づく拘束条件を付加した震源インバージョンの問題点であった。そこで、推定パラメタの降伏表面力に替えて破壊開始時刻を導入することで鋭敏性の除去を達成した。

提案するインバージョン手法の有用性を確認するために、地表面波形を観測量として、設定した断層上の静的応力降下量、動的応力降下量、滑り弱距離を推定するような数値解析を実施した。問題設定に依存する解像度の問題を解決するため、断層を分割しない状態から逆解析を始め、断層領域を徐々に細かくする手法を考案した。始めに設定した1x1の領域分割により得られた解を2x2の領域分割時の初期値として用い、2x2の場合における解を推定する。この手順を2x2, 4x4, 8x8と繰り返すことで最終的な結果を得る。推定された動的応力降下量の分布は、設定した真の分布をほぼ再現していることが確認された。段階的に分解能を上げる手法によれば、ある段階で推定された結果が全ステップの推定結果とほぼ同一である場合、問題設定がその分割数の解像度を有しないことを示す。例えば、4x4の分割数における推定解と8x8の分割数における推定解がほぼ同一である場合、問題設定が8x8のモデルを推定するだけの分解能を有していないことがわかる。

また、このインバージョン手法に要する計算時間は、従来の手法のおよそ1/160倍であることを示した。この計算時間の短縮は鋭敏性の除去により達成された評価関数の偏微分可能性によるもので、従来の偏微分不可能な評価関数に対して行われていたランダムサーチ法等に比べて高速な逆解析手法を適用できることにある。

参考文献

Payrat, S and K. B. Olsen (2004).

Nonlinear dynamic rupture inversion of the 2000 Western Tottori Japan, Earthquake, Geophysical Research Letters, Vol.31, L05604.