

GPS 連続変位記録に基づく非地震性滑り解析のための時間依存逆解析手法の改良

An improvement of a time dependent inversion method based on GPS displacement time series to analyze the aseismic slip evolutions

飯沼 卓史 [1]; 三浦 哲 [1]; 太田 雄策 [1]

Takeshi Inuma[1]; Satoshi Miura[1]; Yusaku Ohta[1]

[1] 東北大・理・予知セ

[1] RCPEV, Graduate School of Sci., Tohoku Univ.

1. はじめに

GPS 観測から得られた変位時系列データを用いて断層面上における変位や固着の状態を推定する試みは、これまで数多く行なわれてきた。特に、大地震に伴って発生する余効滑りの時空間発展を、時間依存逆解析によって調べる研究は近年盛んに行なわれており、余効滑りを起こす領域に関して、その摩擦特性や地震性滑り領域との住み分け等の知見が得られるようになってきている。ここで用いられる時間依存逆解析手法は、時間発展をカルマンフィルタなどのフィルタを用いて推定するもの（例えば Segall and Matthews, 1997）と、時間方向にも、空間方向と同様に、既定の時間長を持った基底関数を置いてその係数を推定するもの（例えば Yagi and Kikuchi, 2004）とに大別される。本研究では後者の手法を基礎とし、手法の改良を行った。

オリジナルの手法においては、断層面上での変位速度分布を、前述の通り、あらかじめ定めた長さの時間区間ごとに求める。空間方向並びに時間方向に対し、分布は滑らかに変化するという先験情報を用いてそれぞれに関する拘束条件を課し、その重みを ABIC (Akaike's Bayesian Information Criterion) を最小化することによって最適化する。情報量基準という客観的な指標によってモデルの適合度を評価できる一方、断層面上に配置したグリッド数に推定する時間区間数をかけた数（さらに滑りの自由度がかかる）のパラメータを推定することが必要になり、計算機上において多量のメモリを必要とする。また、時間方向にもスムージングをかけているために、急激に滑りが減速するような場合には、初期の滑り速度を過小評価してしまう可能性がある。時間区間を短く設定すればある程度この問題を避けることができるが、一方で変動の乏しい時期にはノイズに過度に左右された推定をしてしまう可能性が高くなる。そこで、本研究では時間区間長を可変とし、区分の仕方でも ABIC を用いて最適化することとし、手法の定式化、数値計算コードの開発、実データへの適用を行なった。

2. 定式化

時刻 t_1, t_2, \dots, t_J において変位データが観測されているものとする。このサンプリング時刻ごとに値を持つ関数 $I(t_j)$ を用いて時間区間の区分を表現する、時刻 t_j と t_{j+1} が滑り速度を推定する上での同一時間区間にあるならば 1、そうでないならば 0 となるものと定義する。これによって、解くべき問題は $I(t)$ の関数形とそれに対応した余効滑りの時空間分布を同時に最適化する問題に帰着する。

3. 数値計算

$I(t_j)$ の関数形を確実に決めるには、すべての場合において ABIC を求め、モデルの優劣を比較する必要がある。ところが、データが得られた時間の全長 $t_J - t_1$ に対して、 $I(t_j)$ の採り得る関数形は 2^{J-1} 通りとなり、すべての場合に関して計算を行なうのは、計算時間の面で非現実的である。そこで、遺伝的アルゴリズム (GA) を用いて推定するものとした。本研究で用いたのは単純 GA であり、

- ・突然変異は一箇所の値が反転する ($I(t_j)=0$ なら 1 に、1 なら 0 になる)
- ・次世代を作るプロセスでは一点で交叉
- ・ABIC を基にルーレット選択を行い、適合度の低い個体を淘汰する

というアルゴリズムによって、適合度の高い個体が世代を経るごとに増えるようになっていく。最終世代においてもっとも多くの個体が示すものを最適解とみなして、結果を得ることができる。

4. 適用

2005 年宮城県沖地震の最大余震 (2005 年 12 月 2 日, M6.6) の後、並びに 2007 年新潟県中越沖地震 (2007 年 7 月 16 日, M6.8) の本震直後、それぞれの期間における余効滑りに関して開発した数値計算コードを適用した。突然変異の発生確率や、計算する個体数並びに世代数に関して不確実性が残されており、発表においてはこれらを検討した上で、結果を紹介し、従来の手法によって得られている結果と比較する。