

Walsh 関数に基づく動力学震源インバージョン解析 -推定変数のトレードオフ及びノイズに関する考察-

京都大学防災研究所 学生員 ○後藤 浩之
京都大学防災研究所 正会員 澤田 純男

1. はじめに

近年、シナリオ型地震動が重要構造物の耐震設計に利用されており、その設定が適切になされること、高精度に設定されることが要求されている。シナリオ型地震動を設定する上で震源のモデル化は重要な要素の1つであるため、観測波形に基づいた実震源断層に対する研究が数多くなされているが、現在広く行われているインバージョン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、断層における動力学的な挙動を必ずしも正しく反映しないことから、動力学に基づく震源インバージョン手法が新たに提案されている¹⁾²⁾。

本発表では、Walsh 関数に基づく動力学震源インバージョン解析手法を提案し、推定変数間のトレードオフについて述べる。また、ノイズの付加、及び観測点数の削減による解への影響を2次元SH波動場に対する数値解析例により考察することで手法の安定性を確認する。

2. Walsh 関数に基づく動力学震源インバージョン解析

提案する Walsh 関数に基づく動力学震源インバージョン解析では、推定変数の空間分布 a_i を Walsh 関数 φ_k による級数展開、

$$a_i = \sum_{k=0}^{L-1} \hat{a}_k \cdot \varphi_k \left(\frac{i}{N} \right), \dots \dots \dots (1)$$

により記述し、 m 次の近似値 $\hat{a}_i^m$ として、 $2^m \leq k$ の Walsh 係数 $\hat{a}_k$ を 0 とし得られる級数の部分和を用いる。逆解析時には、 $\hat{a}_i^0, \hat{a}_i^1, \dots$ と低次のスケールから順番に分布関数を近似値として推定し、1つ高次のスケールを推定する際は、以前のスケールで推定されている Walsh 係数に対してはその値を、新たに推定する高次のモードの Walsh 係数は 0 を初期値に設定して推定を行う (Fig. 1)。

3. 推定変数の感度と破壊時刻の不確定性

動力学震源インバージョンにおいて、各スケールにおいて一度に全てのパラメタを求めずに、あるパラメタを一度固定して推定を行ったのちに全てのパラメタを推定する、という手順を行うと推定変数のうち破壊時刻分布を固定した場合に良い結果を生じた。そこで、異なる破壊時刻分布を初期値として与えて逆解析を行うと、

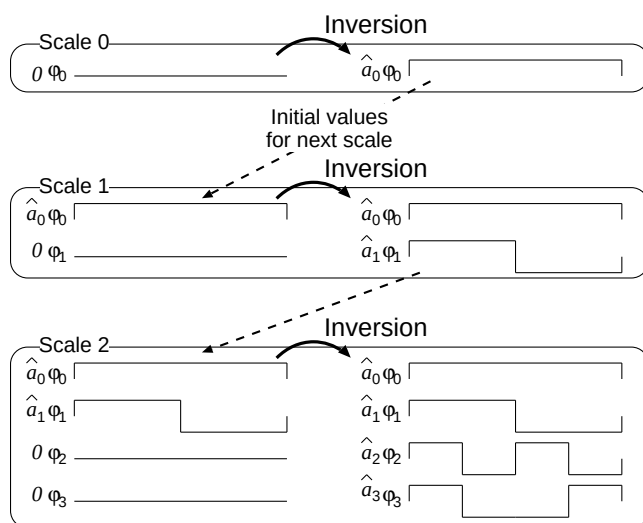


Fig. 1: Walsh 関数に基づく動力学震源インバージョン解析の概念

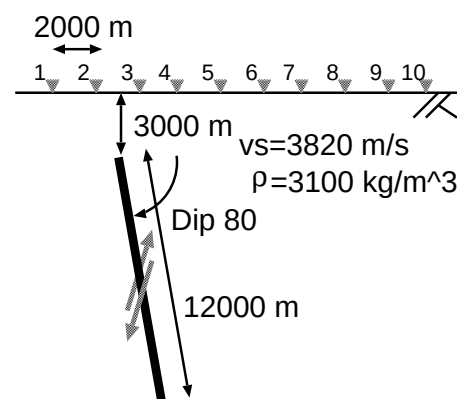


Fig. 2: 数値解析の断層モデルと観測点配置

キーワード: 震源, 逆解析, 動力学

連絡先: 〒 611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 Tel 0774-38-4067/ Fax 0774-38-4070

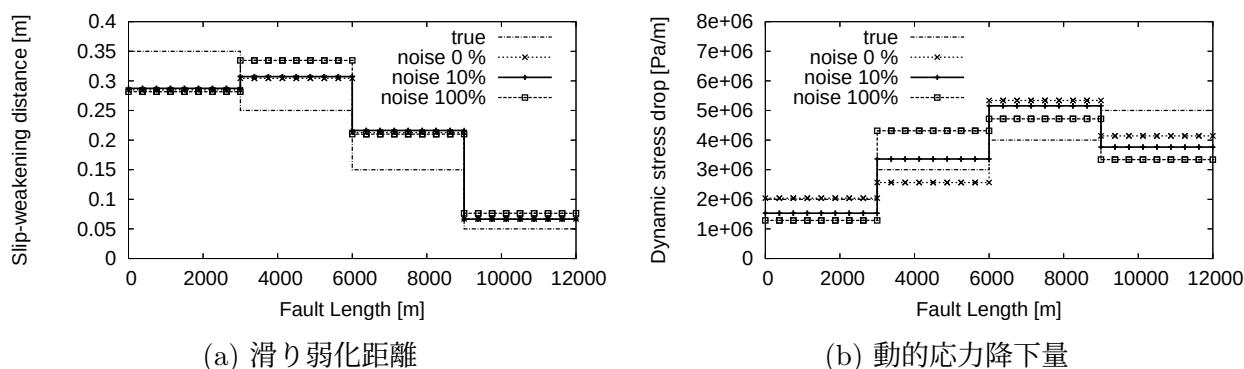


Fig. 3: 観測に10%, 及び100%のホワイトノイズを付加した場合の滑り弱化距離分布と動的応力降下量分布

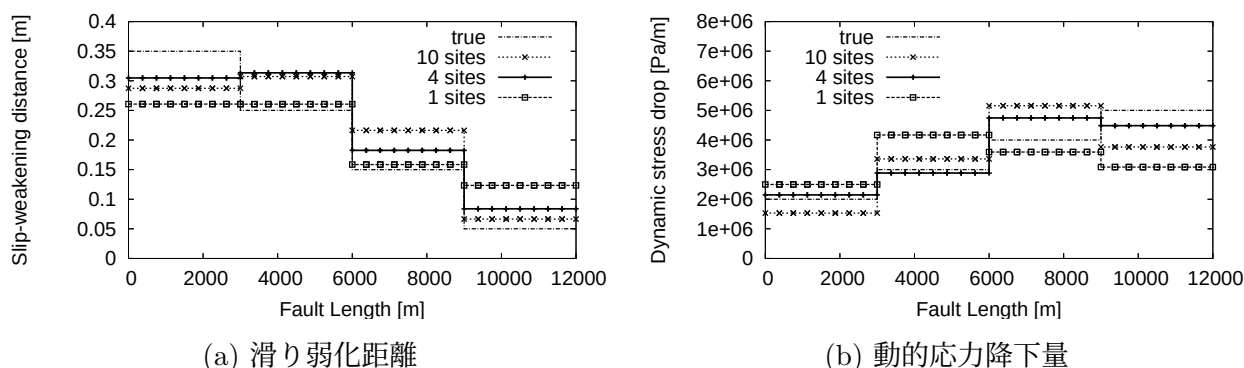


Fig. 4: 観測点数を変化させ、10%のホワイトノイズを付加した場合の滑り弱化距離分布と動的応力降下量分布

生成される波形に違いは少ないものの求められた推定変数は異なる分布を示した。Guatteri and Spudich³⁾は、順解析によって破壊時刻分布と他のパラメタとのトレードオフを示唆しており、本研究の結果はこれを裏付けている。すなわち、動力学震源インバージョン解析では破壊時刻分布を観測波形のみから推定することが容易でなく、別の規範で仮定することにより安定を図る必要がある。

4. ノイズと観測点数の変化が推定値に及ぼす影響

破壊時刻分布の初期値が仮定された場合に動力学震源インバージョンがノイズ、観測点数に対して安定することを数値解析例（Fig. 2）により確認した。観測に付加するノイズはホワイトノイズで、正規化した変位波形の時刻歴をサンプルとみなした場合の分散に対して10%、及び100%の分散を与えた2例を考える。ノイズが付加された観測波形から推定されたパラメタの空間分布をFig. 3に示す。ノイズが付加されていない場合の推定結果と比較して絶対値はやや異なるものの、応力降下量の大きな箇所といった分布形状の傾向は安定している。

一方、10%のノイズを付加した状態で、観測点数をFig. 2中の1, 4, 7, 10の4点とした場合、及び7のみの1点とした場合の結果をFig. 4に示す。また、10%のノイズを付加した10点の観測波形による結果も併せて示している。観測点数が少なくなるにつれて、分布形状が滑らかになる傾向が見られ、特に深部側（6000–12000 m）の動的応力降下量の推定値が過小評価されている。しかし、ノイズを付加した場合と同様に、その傾向の変化は安定している。

参考文献

- 1) Payrat, S and K. B. Olsen: Nonlinear dynamic rupture inversion of the 2000 Western Tottori Japan, Earthquake, *Geophysical Research Letters*, 31, L05604, 2004.
- 2) 後藤浩之・澤田純男・本田利器：動力学に基づく震源インバージョン手法の非線形性に関する考察，応用力学論文集，Vol. 8, pp.733-740, 2005.
- 3) Guatteri, M. and P. Spudich: What can strong-motion data tell us about slip-weakening fault-friction laws?, *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 90, pp.98-116, 2000.