

地震波形の広帯域性を考慮した三次元速度構造インバージョン

A multi-period inversion of broadband seismic waveforms for 3-D velocity structures

*郭 雨佳¹、瀨瀬 一起¹*Yujia Guo¹, Kazuki Koketsu¹

1.東京大学地震研究所

1.Earthquake Research Institute, University of Tokyo

信頼度の高い長周期地震動の予測や、地震波の長周期成分を用いた正確な震源過程解析を行うには、三次元速度構造モデルの高度化が必要不可欠である。また、堆積盆地や海溝沿いの付加体などの三次元速度構造が地震波の長周期成分の伝播に複雑な影響を与えることが、多くの既往研究において指摘されている。そのような影響を考慮に入れるべく、地震波形そのものを用いた三次元速度構造のインバージョンは非常に有効な手法である。波形インバージョンに基づく三次元速度構造の推定は、これまでに先行研究がいくつかある。Aoi (2002) は三次元堆積盆地の形状を波形インバージョンによって求める手法を提案した。Iwaki and Iwata (2011) は実際の観測記録を使用して、Aoi (2002) の手法を大阪平野の堆積盆地構造に適用した。引間 (2006) は速度層の層厚を未知パラメータとして、震源と観測点を結ぶ二次元断面で速度構造を推定し、その結果を補間して三次元速度構造モデルを作成する手法を開発し、実観測記録に適用した。また、南カルフォルニアでは、波動場とアジョイント法を組み合わせたアジョイント・トモグラフィによる地震波速度や非弾性減衰の推定の事例もある (e.g., Askan and Bielak, 2008; Tape *et al.*, 2010)。

長周期地震動の評価では、周期2-3秒から20秒程度までの周波帯域における地震波が重要である。そこで、本研究は、このような広い周波帯域の観測波形を再現できる三次元速度構造を、波形インバージョンによって推定する手法を提案する。本手法では10-20秒、次に5-20秒、最後に2-20秒というように、対象とする周期を複数に分割する。長周期側の成分からインバージョンを開始し、得られた暫定解を次の短周期成分を含む波形インバージョンでの初期モデルとして利用し、対象周期全体をカバーする帯域の波形インバージョンまでこれを繰り返す。インバージョンの未知パラメータは引間 (2006) と同様、層内の物性値が一定な複数の速度層の各層の層厚とし、非線形のダンプ付き最小二乗問題を線形近似して反復法で解く。本手法は、長周期側成分のインバージョンでインバージョン節点の間隔を粗く設定できる (e.g., Bunks *et al.*, 1995) うえ、短周期側成分を含んだ波形インバージョンでの解の収束が速いことから、従来のインバージョンと比べてフォワード計算の回数を削減できる利点がある。また、多数の速度層からなる複雑な速度構造に対しても、安定的に解が求まる。

インバージョンに必要な偏微分波形は差分近似で求め、その際のフォワード計算はKoketsu *et al.* (2004), Ikegami *et al.* (2008) によるボクセル有限要素法を使用する。また、インバージョンの反復の安定化を図るため、修正Marquardt法を使用する。各反復では、ヤコビ行列を特異値分解して解を求める。広帯域波形に対する再現性および地震波の波長等に基づく適切な周波帯の分割方法など、本手法の妥当性を確認するための数値実験を実施した。発表ではその結果について報告する。

キーワード：速度構造モデル、波形インバージョン、広帯域地震波形、ダンプ付き最小二乗法、非線形問題

Keywords: Velocity structure model, Waveform inversion, Broadband seismic waveform, Damped least-squares method, Non-linear problem