

## 波形インバージョンによる2次元速度層境界形状の推定と3次元速度構造モデルの構築

### Waveform inversion for 2-D boundary shape and construction of the 3-D velocity structures

# 引間 和人 [1]; 纈纈 一起 [2]

# Kazuhito Hikima[1]; Kazuki Koketsu[2]

[1] 応用地質 (株) および東大地震研; [2] 東大・地震研

[1] Oyo Corp. and ERI; [2] Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo

震源インバージョンや強震動予測を精度良く行うためには正確な速度構造モデルを構築することが重要である。特に、震源インバージョンに使用する速度構造モデルには、少なくとも震源域で発生した小地震の観測記録を振幅、位相ともに再現可能なことが求められるが、既存の探査データなどから作成しただけのモデルで観測記録を精度良く再現することは難しく、何らかのチューニングを行う必要がある。しかし、3次元速度構造モデルのチューニングを試行錯誤で実施することは非常に多くの手間と計算時間がかかる。

本研究では小地震の観測記録から2次元成層構造モデルを求めるインバージョン手法を開発し、その結果を補間することで3次元速度構造モデルを構築することとした。このような手順を経ることにより、実用的な計算時間で観測記録を説明できるような速度構造モデルを作成することができる。

#### 1. 波形インバージョンによる2次元速度構造の推定

波形インバージョンによる2次元速度構造推定に関する既存の研究(例えば、青井・他(1993), Ji et al. (2000))では、解析対象領域に平面SH波が入射した場合や十分遠方に震源が存在する場合について手法の開発を行っている。これに対して、本研究では震源の比較的近傍の観測記録を使い、震源から観測点を含んだ領域の速度構造を推定することとした。2次元断面内でforward計算を行う際には震源が線震源となってしまいうため、Vidale and Helmberger (1987) に従い計算波形に対して補正を行い、点震源からの波形となるようにした。2次元のforward計算には空間4次、時間2次精度の速度-応力型のstaggered gridスキームによる差分法を用い、震源は速度グリッドに外力項として与える(Graves, 1996)。これは、source boxを用いたVidale and Helmberger (1987)の方法とは異なるため、これについての補正も行った。

インバージョンを行う際の速度構造では節点を連ねて境界面形状を表すこととし、その節点での層厚を未知数としてインバージョンを行う。インバージョンに必要な偏微分係数波形は差分近似で求める。そのため、求める節点数+1回のforward計算を行わなければならないが、2次元差分法を用いるため比較的短時間で計算することができ、また、それぞれの節点変化に対する計算は独立に行えるため、容易に並列計算により複数の計算を行うことが可能なため、実用的な計算時間で計算を終了することができる。なお、インバージョンは非線形となるため、逐次的なdamped least square法で行った。

#### 2. 3次元速度構造モデルの構築

3次元速度構造モデルは、2次元インバージョン結果を補間することで作成する。本研究では、最終的には2003年宮城県北部の地震の震源インバージョン解析を行うことを目的として、この地域の3次元速度構造モデルを作成した。

このモデル作成では、まずはじめに観測記録による1次元速度構造インバージョン結果(引間・纈纈, 2004)や既存の探査結果などを補間して初期モデルとなる3次元速度層境界モデルを作成し、次にそれを初期モデルとして、解析に用いるM4~5クラスの余震と観測点とを通るいくつかの断面で2次元インバージョンを行った。その際の震源位置およびメカニズムは既存のもの(F-netなど)を仮定し新たに求めることは行っていない。最後に、2次元インバージョン結果を補間して作成したモデルを最終的な3次元モデルとして採用し、作成した3次元モデルを用いて3次元差分法により余震の再現計算を実施し良好に波形が再現されることを確認した。

#### 3. まとめ

2次元速度構造インバージョンは、当然のことながら2次元構造で近似が可能な地下構造の地域、震源-観測点の位置関係で良好な結果が得られることが想定される。逆に、結果の良否で3次元的な地下構造の効果の大きさを推察することも可能と思われる。2004年新潟県中越地震の震源域では地下構造が複雑であると推定されており、今後、この地域においても本研究手法を適用して、その適用性についての検討するとともに、詳細な地下構造モデルの構築を行っていきたい。