

# アジョイントトモグラフィー法による関東地域の地震波速度構造の推定

三好崇之<sup>1</sup>・大林政行<sup>1</sup>・東野陽子<sup>2</sup>・坪井誠司<sup>1</sup>

<sup>1</sup>海洋研究開発機構, <sup>2</sup>文部科学省

スペクトル要素法による理論波形計算とアジョイント法を用いたカーネル計算を組み合わせたアジョイントトモグラフィー法によって、関東地域の三次元地震波速度構造の推定を実施した。本研究の目的は、関東平野で観測される周期 2 秒程度までの地震波の再現、および関東地域の地震発生場の解明であるが、ここでは周期 5 秒程度までの地震波を再現するモデルの構築を試みた結果と経過について報告する。

インバージョンで使用したデータは、関東地域で発生した M4.5 以上の 147 の地震で観測された広帯域地震波形である。Fig. 1 に使用した地震の CMT 解と観測点の分布を示す。地震波速度構造の初期モデルは走時トモグラフィーモデル (Matsubara and Obara 2011) の三次元構造とし、500km×450km×120km を計算領域とした。理論波形の精度は約 4 秒で、理論波形計算は固体地球のみ、減衰構造の考慮はない。理論波形と観測波形を変位波形 5-20 秒の帯域で比較したところ、大局的に理論波形が観測波形よりも早く到達する傾向がみられた。両者の実体波部分について、相関係数が 0.75 以上となる区間を window として抽出し、アジョイント波形を計算して (Liu and Tromp 2006)、モデルパラメータ Vp および Vs の勾配であるイベントカーネルを得た。フォワード計算とアジョイント計算は SPEC3D Cartesian コード (例えば、Peter et al. 2011) を用いて京コンピュータで実施した。1 反復には約 5560 ノード時間を要した。大きな計算時間を要することから、京コンピュータ用に計算コードの最適化を進めている。現在のところ、ピーク性能比は約 6% から約 10% まで改善されており、計算時間は短縮される見込みである。すべてのイベントカーネルを足し合わせ misfit kernel を計算し、モデルパラメータを最急降下法によって更新した。ここでは 4 回の反復結果を記す。

4 回の反復によって理論波形と観測波形の一致度は改善された。一例を Fig. 2 に示す。また、S 波速度構造について初期モデルと反復結果の比較を行ったところ、全体的に S 波速度が小さくなるモデルが得られた (最大 10%)。

深さ 40km では低速度領域が広く分布するパターンが得られており、特徴的である (Fig. 3)。S 波速度が小さく修正された理由のひとつは波動論と波線論の違いから次のように考えられる。走時トモグラフィーでは、地震波が震源から観測点まで最速経路 (波線) を通過した結果である到達時刻をデータとして使用するの、結果として大きな値が得られることが予想される。本研究では波形を用いたことで、波線の周辺に対して正確に地震波速度を評価したと考えられる。波線論に基づく地震波速度構造を用いた波形計算や地下

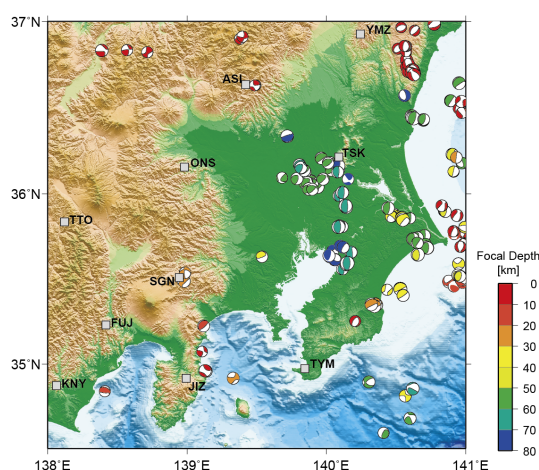
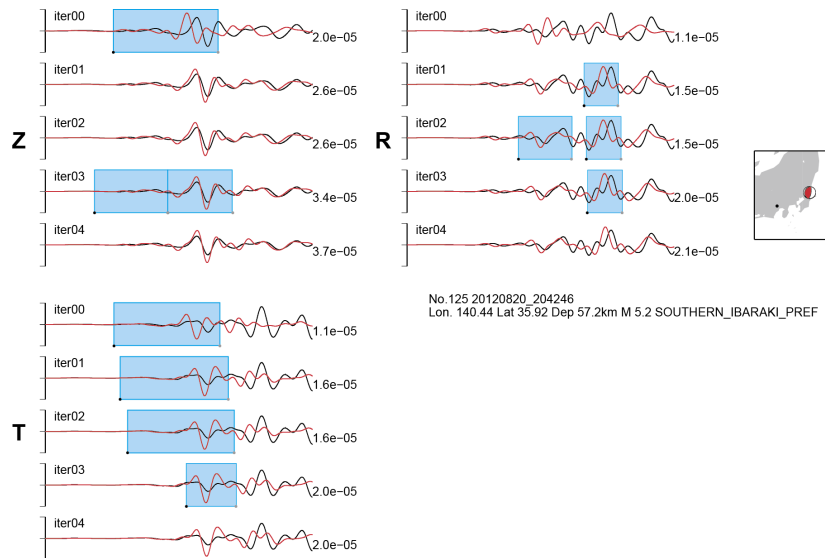


Fig. 1 研究対象領域. 使用した地震の CMT 解 (ビーチボールの大きさは規模に比例) と観測点の分布をあわせて示す。

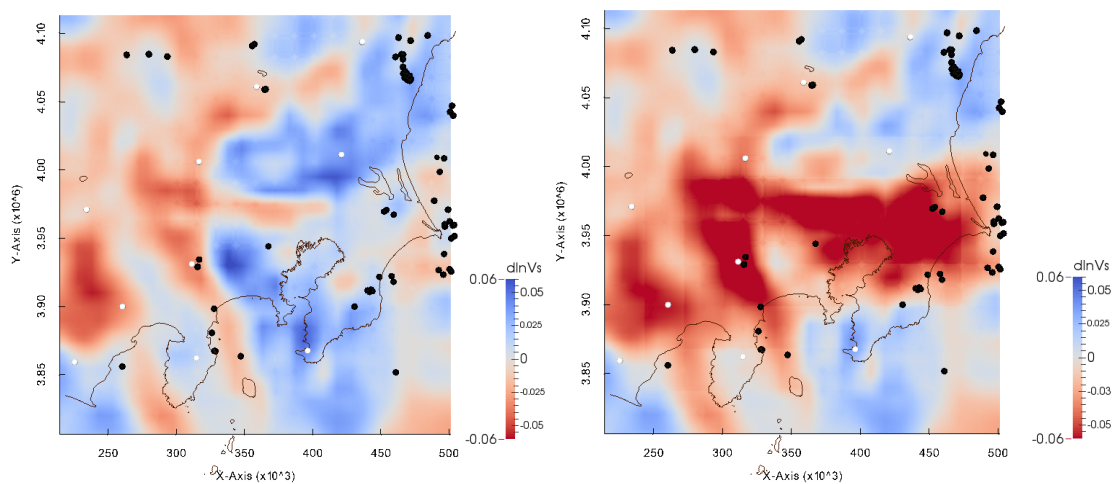
構造の解釈には注意が必要といえる。なお、P波速度構造は misfit kernel の値がS波のものよりも有意に小さくほぼ修正されなかった。

以上のように基本的にインバージョンは成功していると判断できる。課題として、減衰構造や海水の影響の考慮、短周期側のインバージョンを進める場合には、より高精度に CMT 解を得ることなどがあげられる。今後、領域を絞ってメッシュを細かく設定し、強震データや Hi-net データの短周期地震波を用いた詳細な構造推定を行う予定である。

**謝辞：**本研究の一部は、HPCI 戦略プログラム（分野3）「防災・減災に資する地球変動予測」の「地震の予測精度の高度化に関する研究」として実施しました。本研究では、防災科学技術研究所 F-net の波形データを使用しました。記して感謝いたします。



**Fig. 2** 波形改善の例。90秒間を示す。赤は初期モデルから4回目の反復による理論波形、黒は観測波形。水色の領域はインバージョンで使用した window の位置を示す。



**Fig. 3** 深さ 40km の S 波速度の結果。左：初期モデル，右：反復 4 回目の結果。両者とも一次元モデルからのずれで示し、基準速度より小さい領域は赤で、大きい領域は青で示す。目盛りの最大最小は 6%。黒は震央，白は観測点を示す。