

論文審査の結果の要旨

氏名 富士 延章

本論文は、8章からなり、実体波波形を用いた波形インバージョンによる地球内部の弾性・非弾性構造の推定手法の開発とその試験的な応用について論じている。

第1章は、イントロダクションであり、地球内部構造研究、グローバル地震学の先行研究について議論をしている。さらに、論文提出者が共著者であり、インバージョン手法、データセットの自動プロセスにおいて主たる貢献を行った下部マントル最深部 **D**層の弾性構造推定に関する論文について議論を行っている。第2章は、推定手法についての記述であり、(1) 非弾性構造に対する偏微分係数の効率的な計算手法の開発、(2) **SVD** (特異値分解) を用いた逆問題の定式の簡単化、(3) 直交基底を用いた場合のデータの投影方法について議論を行っている。これによって、データ空間とモデル空間の対応が簡潔に定式化され、インバージョンの可視化を行う手法として提唱している。また、インバージョンを行う際に、最適モデルを **AIC** (赤池情報量基準) によって決定している。第3章は、データセットと震源観測点補正法についての記述であり、データとして日本下のマントル遷移層を通過した **6000** 本以上の **transverse** 成分の **20-200** 秒帯域の実体波波形を収集している。さらに、第一次反復インバージョンとして全データを用いて、この地域における初期非弾性モデルの推定を行い、表面波トモグラフィーで示されたモデルとの一致を示している。第4章では、理論波形を用いたテストを行い、インバージョン手法の妥当性を確認している。最も良い場合には **100km** スケールの解像度があることを確認し、弾性・非弾性パラメータの情報を分離し、抽出できることを示している。さらにデータ補正法が推定モデルに与える影響が小さいことを確認している。第5章は、**SVD** 基底を用いた6地域 (西・中・東フィリピン海、西・東太平洋、日本海) 下の上部マントル・マントル遷移層の試験的インバージョンの結果である。全体的に **S** 波速度構造は高速度異常を示し、非弾性減衰パラメータ **Q** は小さな値を示している。また、逐次インバージョンを行ってもあまりモデルが変化しないことを日本海下のデータを例にして示している。これは、データに大きなノイズが含まれているため、ノイズとインバージョンの非線形性の競合により、本論文のデータセットでは、一度のインバージョンで情報を抽出してしまったためと議論している。また、インバージョンの可視化手法を用いて、データ空間、直交

基底空間、モデル空間でのデータ分布を議論している。その議論では、個々の波形のモデルへの寄与はそれほど大きいものではないが、全体的に改善モデルへの方向性は同じであることが結論されている。第6章は、第2章で開発したインバージョンを、CG（共役勾配法）基底を導入することによって効率化を行っている。その結果、SVD インバージョンでも CG インバージョンでも同様の結果を得ることができる事を示している。どのデータセットでも SVD よりも CG のほうが少数の基底ベクトルでモデルを表現できるため、SVD モデルで見られた S 波速度構造モデルのジグザグ構造が軽減されている。第7章では総合的な議論を行っている。手法について、AIC を SVD に導入することは問題があることを指摘し、CG と AIC を組み合わせた手法が適切であると論じている。初期モデル依存性について、その影響が小さい事を議論している。得られた地震波速度の高速度異常は過去のトモグラフィの結果とも調和的である。非弾性減衰構造に関しては、 $Q=50-100$ という非常に小さな値を得たが、これは 20-200 秒帯域では適切な値であり、短周期でも妥当な値になることをフォワードモデリングにより明らかにしている。第8章では結論が述べられている。

本論文は、実体波波形を用いた非弾性減衰構造の系統的推定を、従来、行われていなかった「インバージョンの可視化」を行う事により可能とする方法を初めて確立したものであり、今後の地球内部構造研究に重要な貢献を行ったものとして高く評価できる。なお、本論文第2・3・4・5章は、河合研志氏とゲラーロバート氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上の理由により、博士（理学）の学位を授与できると認める。