

氏 名	しぶ たに たく お 澁 谷 拓 郎
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	論 理 博 第 1209 号
学位授与の日付	平 成 5 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	Multi-trace receiver function inversion of nearby deep earthquake waveforms to estimate S wave velocity structure of the crust and uppermost mantle (レシーバ関数インバージョンの新技术を用いた地殻および最上部マントルのS波速度構造の研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 尾 池 和 夫 教 授 渡 辺 晃 教 授 入 倉 孝 次 郎

論 文 内 容 の 要 旨

レシーバ関数とは、観測点下の地球内部の速度構造の応答特性を抽出したものである。

申請者は、主論文で、このレシーバ関数をインバージョン法により解き、地殻および最上部マントルまでの1次元S波速度構造を求めた。S波速度がモデル変数として直接求められるところに、このレシーバ関数インバージョンの特色がある。今までの屈折法探査等で得られた地下構造モデルでは、表層・上部地殻・下部地殻・マントルの4層モデルが主流であったが、レシーバ関数インバージョンにより推定できる速度構造は、層の厚さが2km程度の微細なものであり、表層・上部地殻・下部地殻・マントルの内部構造の詳細を議論することができる。

このような微細速度構造をいろいろな地域について求め、その違いが各々のテクトニクスと関係づけられれば非常に興味深い。また、地震波形を合成する際には、観測点下の構造の影響が常に問題となるが、レシーバ関数インバージョンにより求められた微細速度構造を用いれば、より現実に近い理論波形を合成することができる。

主論文第1部では、多種レシーバ関数インバージョンの定式化を行い、この方法を鳥取観測所の広帯域地震計でとられた近地深発地震のデータに適用し、2つの到来方向に対する微細速度構造モデルを求め、その結果について議論した。多重レシーバ関数インバージョンというのは、複数のレシーバ関数を同時に解いて、1つの速度構造を得るインバージョン法のことである。

2つの速度構造モデルは、鉛直方向の相対的な速度変化において良い一致を示した。速度の絶対値には0.1~0.3km/sの違いが見られた。2つのモデルに共通して見られる特徴は、下部地殻の上部に高速度と低速度の互層が見られること、マントル最上部に非常に速度の速い薄い層が存在することである。レシーバ関数のこれらの特徴的な構造に対応する部分では観測波形と理論波形の一致がよいこと、いくつかの異なった初期モデルに対するすべての最終モデルにおいてこのような構造が見られることなどの理由から、これらの特徴的な構造は確かであると考えられる。

下部地殻を構成する岩石は流動性を有しており、厚さが100~200kmの非常に薄い層構造をしていると考えられている。主論文のモデルに見られる下部地殻上部の高速度と低速度の互層、下部地殻のミクロな構造と何らかの関係があると考えられる。マントル最上部の地震波速度の非常に速い層の存在については、今まで知られておらず、このような層が普遍的に存在するかどうかを検討することの重要性を指摘した。

さらに、いくつかの異なった初期モデルに対する最終モデルを比較した結果、平均的に一致した速度構造をもつ初期モデルに対しては、同様の最終モデルが得られることがわかった。また、最終モデルが初期モデルと大きく食い違った場合には、最終モデルを参考にして初期モデルを変更し、インバージョンを繰り返すことによって、適当な最終モデルが得られることを示した。

第2部では、ノイズが本手法の結果に及ぼす影響について考察し、ノイズを含む実際の波形データに対して本手法を適用する際の基準を設定した。まず、地震波形のスペクトル解析を行い、レシーバ関数インバージョンに使用できる周波数帯域の検討を行った。その結果、0.5Hzよりも高周波数の地震波は、小規模の不均質構造による散乱波の影響を強く受けていて、本解析には使えないことがわかった。

次に、このインバージョンのモデル変数として、P波速度・S波速度・密度のうちどれが適切かをそれぞれのパラメータに対するレシーバ関数の差分を用いて検討した。その結果、レシーバ関数はS波速度に最も敏感であり、モデル変数としてはS波速度をとるのが最も適切であることがわかった。P波速度、密度はS波速度との関係式により与えた。モデルのQ値は適当に仮定して固定したが、レシーバ関数にはほとんど影響しない。

最後に、地震波形に含まれるランダムノイズがインバージョンの結果に与える影響を数値実験を用いて検討した。既知の速度構造に対する合成波形を疑似観測波形とし、種々の振幅をもつランダムノイズを加えたのち、レシーバ関数インバージョンを行い、得られた最終モデルと既知の速度構造との一致の程度を比較することにより、適切な結果を得るためのランダムノイズの最大許容値を見積もった。

論文審査の結果の要旨

主論文に関する従来研究成果は、1979年頃からある。まず、3成分地震波形から震源の影響を取り除き、観測点下の地球内部の速度構造の応答特性を抽出する方法が開発され、さらに、レシーバ関数を時間領域でのインバージョンを用いて解きS波速度の微細構造モデルを求める手法が開発された。

申請者の研究の独自性は、近地深発地震波形から得られるレシーバ関数を用いたことと、複数のレシーバ関数を同時に解いて1つの速度構造モデルを得る多重レシーバ関数インバージョンを定式化したことである。

第2部に示されたように、近地深発地震のレシーバ関数には、遠地地震のものよりも大きな振幅をもつP→S変換波が含まれるため、インバージョンの結果の速度構造モデルの信頼性も高い。従来レシーバ関数インバージョンでは、いくつかのレシーバ関数を重合して1つのレシーバ関数を作り、それを解いて速度構造モデルを求めていた。しかしながら、近地深発地震から得られるレシーバ関数では、それぞれの入射角が異なるので重合することができない。そこで異なる入射角をもつ複数のレシーバ関数を同時に解いて1つの速度構造モデルを求める手法を、申請者は開発した。

第2部の数値実験で示されたように、多重レシーバ関数インバージョンは、従来の重合レシーバ関数インバージョンより良い最終モデルを与える。レシーバ関数において、入射角が異なれば直達P波に対するP→S変換波の相対走時および相対振幅が異なる。したがって、異なった入射角をもつレシーバ関数を扱える多重レシーバ関数インバージョンでは、扱う情報量が重合レシーバ関数インバージョンよりも多いので、より良い最終モデルを与えることができると考えられる。

主論文では、本手法を用いて鳥取観測点の2つの到来方向に対する微細速度構造モデルを求めた。2つのモデルは、鉛直方向の速度変化において相対的に良く一致している。その特徴としては、下部の地殻の上部に高速度と低速度の互層がみられること、マントル最上部に非常に速度の速い層が存在することである。特に後者は今まで知られておらず、このような層が普遍的に存在するとすれば非常に興味深いことである。

さらに本研究では、実際の地震波形に含まれるノイズがインバージョンの結果に及ぼす影響について注意深く検討し、信頼性の高い結果を得るための周波数範囲やノイズレベルの上限等を見積もったことに特色がある。

本主論文は、地球内部構造の解析手法を発展させたものであり、参考論文の研究とともに、今後のこの分野の研究に貢献するものである。

よって本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、主論文および参考論文に報告されている研究業績を中心として、これに関連した研究分野について試問した結果、合格と認めた。