

論文審査の結果の要旨

氏名 引間 和人

本論文は6章からなる。

第1章は、イントロダクションであり、観測される地震波形から震源での断層運動を推定するという地震波形インバージョンについてのレビューがされ、地下構造モデルが適切でなければならぬと指摘している。

第2章では地震波形を用いて3次元地下構造モデルを作成する手法が提案される。本研究では小地震の波形インバージョンにより震源から観測点までの2次元成層構造モデルを求める手法を開発し、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、効率よく観測記録を説明可能な速度構造モデルを作成できる。2次元速度構造インバージョン法では、forward 計算として差分法を用いている。2次元断面内で計算された波形は、線震源からの波形に相当するために、Vidale and Helmberger (1987)に従い、計算波形に対して点震源からの波形相当となるような補正が施された。差分法は空間4次、時間2次精度の速度-応力型の staggered grid スキームを用い、震源は速度グリッドに外力項として与えられた。インバージョンを行う際の速度構造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いる。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られた。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を実施することができ、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、複数のコンピュータを使った並列計算により、現実的な計算時間で計算を終了することができる。インバージョンは非線形となるため、逐次的な damped least square 法で行っている。数値実験により、作成した2次元速度構造インバージョン法のテストを行い、設定する各層の地震波速度や震源パラメータが適切であれば、良好にインバージョンを行えることが確認された。事前に既存のデータにより大まかな構造を決めておき、真の構造に近い初期モデルから解析を行えば、インバージョンを早く安定に収束させることができると期待される。

第3章では、この手法を2003年宮城県北部地震 (M_{JMA} 6.4) の震源域の速度構造モデル作成に適用している。

第4章では得られた3次元地下構造モデルを用いてグリーン関数を計算し、2003年宮城県北部地震の本震 (M_{JMA} 6.4)、最大前震 (M_{JMA} 5.6)、最大余震 (M_{JMA} 5.5) の

震源過程解析を行っている。グリーン関数は、相反定理を用いた3次元差分法により計算され、これにより比較的少ない計算回数で大量のグリーン関数を作成することを可能にしている。同じ断層面を使った1次元グリーン関数による震源インバージョン結果も示され、1次元グリーン関数を用いた本震の解析結果では北側断層の最も浅部に大きなすべり領域（アスペリティ）が存在するが、3次元グリーン関数を用いた解析ではアスペリティが北側断層のやや深部に位置する結果となった。

第5章では、第4章で得られた滑り分布について、1次元グリーン関数を使った震源解析との違いとその原因について考察している。それによると、それぞれのグリーン関数で、断層面上での震源深さの違いに対するグリーン関数の変化の仕方が違っており、それによりアスペリティの位置が異なった深度に求まったものと考えられる。1次元と3次元のグリーン関数の違いは、特に後続位相で大きくなる。その場合、直達波部分のみを解析に用いることにすれば得られる結果の違いは大きくないことが期待されるが、数値実験を行った結果、1次元グリーン関数を使った場合でも3次元グリーン関数による結果に近い結果が得られている。しかし、震源近傍に十分な数の観測点が存在しないために震央距離が大きな観測点の記録も使う場合や、大規模な地震で観測波形のうち直達波のみから構成される部分を抽出するのが困難な状況では、地下構造の影響を適切に反映した速度構造モデルを使って後続位相まで正しく評価したグリーン関数を使って震源インバージョンを行う必要がある。

第6章はまとめである。

なお第4章の1部は、瀬戸川一教授との共著論文として発表済みであるが、すべて、候補者が筆頭著者であり、候補者が主体になって行ったものである。また最初の共著論文に書かれた研究（1次元構造モデルによる解析）は、候補者の提案した3次元構造モデルを推定して震源解析を行う手法との比較としてのみ使われていて、本論文の主要な部分ではない。

従って、博士（理学）の学位を授与できると認める。