

論文審査の結果の要旨

氏名 森重 学

本論文は5章と附録よりなる。第1章は、イントロダクションであり、本論文が対象とするマントルダイナミクスのテーマとして、沈み込み帯のダイナミクス、地震波異方性、マントル対流の数値シミュレーションの先行研究がまとめられている。最後に、本研究の目的として地震波速度の異方性を観測的制約として用い、それを説明するためのマントル対流モデルの構築し、沈み込み帯のダイナミクスの総合的な理解を目指すことが記されている。沈み込むプレートは、水平方向・垂直方向の大きな速度成分を持ち運動しているために、周辺マントルには強い速度境界条件として働く。また同時に、低温のプレートが沈み込むことにより強い温度境界条件として働く。このために沈み込み場では、沈み込むプレートの運動に支配された特異なマントルの流れ場が出現している。第2章では、本研究で用いられた数値的手法の解説がなされている。特に沈み込み帯の数値的な記述に必要な、プレートの屈曲部分の数学的な表現方法、プレート接合点の取り扱い、直交座標系から球座標系への拡張などが論じられている。これらの数値的な手法は本論文で新たに拡張された成果である。第3章では、東北地方において検出されている地震波速度の異方性（P波・S波の水平面内での速度の方位異方性）を説明するために、東北地方深部のマントルの流れ場を推定した結果が述べられている。マントルの主要な構成鉱物であるオリビンは結晶方位によって地震波速度が大きく変化する、強い地震波速度異方性を有する。オリビン結晶集合体であるマントル物質が高温で流動すると、塑性変形による各結晶の結晶方位の回転および再結晶を繰り返し、結晶方位が揃っていく結晶方位異方性が獲得される。このために強い流動を経験した岩石は流動場を反映した地震波速度異方性を示すことになる。典型的な沈み込み場である東北地方の上部マントルには系統的な水平方向地震波速度異方性が存在している。この異方性方向分布がマントル内の流動場を反映したものであるとの観点から、沈み込み帯での火成活動に関連していると考えられた小規模対流の存在を仮定したマントルの対流場を計算し、現在の観測と比較し、その存在と矛盾しない事を示した。また、小規模対流の存在を明らかにするためには、今後の地震波観測において鉛直方向の異方性の観測が必要である事を示した。第4章では、対象地域を東北地方から千島列島まで拡張し、広域的な応力場・流動場でのマントル対流の変動を計算し、地震波速度異方性のパターンを導出した。こ

の地域は北海道東部を境界として、プレートの沈み込み方向・形状が大きく変化している場であり、プレートがマンテル対流に与えている影響を考察するためには最適な場である。第 5 章は結論である。附録では、東北地方・千島列島の沈み込み帯では特に重要な斜め沈み込み（プレートの沈み込み方向と表面でのプレート境界が斜交している）の運動を記述する数値的手法が解説されている。これは過去の研究例を元に本研究で新たに開発された手法である。

本論文の大きな特徴は、地震波速度異方性という観測量とマンテル対流の数値シミュレーションを組み合わせた点である。第 2 章では、観測量を制約条件としてマンテル対流の流れ場を推定するという「逆問題」的取り組みがなされており、第 4 章では、マンテル対流の流れ場をテクトニックな環境から導きだし、その場で形成される地震波速度異方性を推定するという「順問題」的取り組みという、2つの対照的な手法を組み合わせている点が従来の研究に見られない点である。研究対象の特徴に対応した柔軟な取り組みが斬新な点として評価される。更に従来シミュレーション研究では、観測事実を説明する「追認」的姿勢に終始しているケースが大部分であるなかで、本論文では今後の地震波速度異方性の観測での留意点・観測地域の選定などの提案をシミュレーション結果から行っている点が高く評価される。

従来のマンテル対流シミュレーションの研究では、地球科学としてのチェックポイントが十分には検討されていなかった。従来注目されてきた一般的なチェックポイントは対流の温度構造であり、地震波トモグラフィーに示されている地震波速度異常を温度不均質と結びつけたものである。本研究で追究されている地震波速度異方性は対流の速度場に起因するものであり、温度構造とは別の新しい視点をマンテルダイナミクスの研究に提示したものとして、審査委員会は本論文を高く評価した。

なお、本論文第 2 章は、本多了氏、Paul Tackley 氏との共同研究であり、第 3 章は、本多了氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となり数値計算およ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。

したがって、博士（理学）の学位を授与出来ると認める。