

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)	氏名	金子 岳郎
学位授与の要件	学位規則第4条第①・2項該当		
論文題目			
<p>A numerical study on the dynamics of the subducting lithosphere and the water circulation in the whole-mantle convection</p> <p>(数値シミュレーションによる全マントル領域における沈み込むリソスフェアのダイナミクスと水循環に関する研究)</p>			
論文審査担当者			
主 査	教 授	須田 直樹	
審査委員	教 授	井上 徹	
審査委員	教 授	安東 淳一	
審査委員	教 授	柴田 知之	
審査委員	教 授	片山 郁夫	
審査委員	助 教	中久喜 伴益	
〔論文審査の要旨〕			
<p>本論文は、地表から核・マントル境界にいたる全マントル領域におけるマントル物性とプレートの沈み込み運動との関連性、および水輸送について数値シミュレーションを用いて研究した論文である。本論文は大きく分けて2部からなり、次のような内容を持つ。</p> <p>前半の内容は、地表におけるプレート運動速度 (5~10 cm/年) と下部マントルへ沈降するプレート運動速度 (1~2 cm/年) の違いが生じる原因についての研究に関するものである。プレートの沈降速度を 1~2 cm/年とするには下部マントルが上部マントルよりも高い粘性率を持つことが必要だが、通常の岩石実験から考えられているようにプレートが堅いとすると、下部マントルにおける運動がそのまま地表へ伝達されてしまう。そのため、本研究では、2次元箱形のマントル対流数値モデルを用いてシミュレーションを行い、地表とマントル深部での運動を両方ともに実現できるメカニズムを探求した。数値シミュレーションにおいて、粘性率の深さ分布・プレートの強度 (降伏応力)・熱膨張率を物理パラメータとして系統的に変化させ、観測や物性実験と矛盾しないパラメータ範囲を決定した。本パートにおいて、本論文の著者は熱膨張率の深さ依存とポストペロフスカイト相を含む相転移など、圧力依存するマントルの物性変化を取り扱うプログラムの開発を行った。</p> <p>後半は、全マントル領域への水輸送に関する研究について述べている。本研究では、地球内部に取り込まれる水の最大量とそれを決定するメカニズムについて明らかにするため、含水岩石の相図と加水・脱水過程を取り入れた全マントルスケールの数値シミュレーションを行った。本研究では2次元の円筒モデルを用いた数値モデルの開発を行った。これは、地球の 10 億年以上の長時間にわたる温度変化を考慮したモデルを構築するため</p>			

ある。本論文の著者は、水輸送のサブルーチン・プログラムを愛媛大学の亀山氏が開発した2次元円筒のマントル対流プログラムに組み込む開発を行った。これは、マントルの温度分布がその幾何学的形状、特に地表面と核・マントル境界の面積比によって影響されるからである。この開発によって、地球内部の加水・脱水過程に対するマントル温度の時間変化の影響を正しく評価できるモデルを作ることが可能になった。その第一歩として、本研究では、加水・脱水過程の影響のみを定量的に調べるため、それ以外のマントルの性質ができるだけ簡単なモデルを作成した。すなわち、シミュレーションにおいて粘性などの物性値が一定のモデルを使用した。本研究では、マントル対流の活発さ（レイリー数）、加熱モードに支配される対流の時間依存性、下部マントルの最大含水率の影響を調べた。その結果、地球に取り込まれる水の最大量を決定する最も重要な要因が最小の含水率を持つ鉱物が混合する過程であることや、マントル全体の含水量が上昇する速度が下部マントルの最大含水率によらないことなどが明らかになった。

本博士論文の著者は、全マントル領域におけるリソスフェアの沈み込みと水循環についての数値モデルを開発し上述のような成果を得た。このようなモデルは、これまでのマントル対流の理論的研究においてほとんど構築されていなかったものである。このため、本研究の成果は、マントルダイナミクス分野における重要な貢献であると考えられる。さらに、本論文の前半の内容は高圧鉱物学や地震学などの地球深部科学、後半の内容は、地球進化学や地球表層環境学などと関連し、本論文の貢献は地球惑星科学の基礎的な課題に対する寄与であると考えられる。

本論文の前半パートは full paper 1本としてまとめ、地球惑星内部物理学の専門誌“Physics of the Earth and Planetary Interiors”に投稿した。この論文はすでに受理されており、専門家からその価値が認められていると考えられる。後半パートは日本地球惑星科学連合で発表し、最終日の講演であったにもかかわらず多数の好意的な反応があった。この内容については、地球惑星科学の専門誌に投稿する予定で、論文を執筆中であり、今後出版されることが期待される。

以上の通り、本博士論文の内容は博士課程の研究にふさわしいものであり、本論文の著者は「博士（理学）」の学位を授与される十分な資格があるものと認める。

公表論文

T. Kaneko, T. Nakakuki, H. Iwamori, Mechanical coupling of the motion of the surface plate and the lower mantle slab: Effects of viscosity hill, yield strength, and depth-dependent thermal expansivity, *Physics of Earth and Planetary Interiors*, 294, 106274, DOI:10.1016/j.pepi.2019.106274, 2019.