

## 論文審査の結果の要旨

氏名 高久 真生

本論文は6章からなり、第1章は一般的な導入、第6章は一般的な結論に当てられており、第2章から第5章までが主要部分となっている。

第1章では、本論文の背景と目的が述べられている。申請者は、プレート運動をマントル対流の高粘性表層部分の動きとして理解しようとする試みの主要な困難として、(1) 高粘性表層はその下の活発な対流運動から取り残されやすい、(2) トランスフォーム断層に伴う活発なトロイダル運動を起こしにくい、(3) 海溝における片側沈み込みを実現するのが難しい、の3点を挙げている。

第2章では、上述のような困難を克服するために地震学における断層の力源表現を応用してプレート境界をモデル化することを提唱している。申請者は、非圧縮性高粘性ニュートン流体の定常断層運動はダブルカップル力源と等価であることを示し、均質半無限流体におけるプレート境界の3要素（トランスフォーム断層、海嶺、海溝）の解析的表現を得た。海溝については、単純な対称沈み込みの場合とより複雑な片側沈み込みの場合について両方の解析的表現を提案している。また、この適用例として2層流体の場合のトランスフォーム断層運動が実現される事を示している。

第3章では、2次元2層流体中の対称沈み込みの場合について議論している。低粘性層に沈み込むスラブ起源の過剰質量を高粘性表層の底に集中させることによって表現し、海嶺での水平引っ張り強度がゼロ、海溝の断層面の摩擦強度もゼロとし、上記のプレート境界のうちトランスフォーム断層を除く2要素を組み合わせている。この結果、スラブ過剰質量が駆動する対流が、海嶺断層運動・海溝断層運動を励起し、表層に活発な *platelike* な流れ（表層の流れがプレート境界を除く部分で剛体的になっているような流れ）実現する事を示している。表層の粘性率が下層のそれより3桁以上大きくなると、(1) 表層流体の流出入は海溝・海嶺のみで起こり、それ以外の表層流は *platelike* になりその速度は海溝・海嶺間の距離に依らずスラブ過剰質量にのみ依存する、(2) スラブ過剰質量を固定したとき表層流速・表面地形は表層の粘性率によらない、(3) スラブ過剰質量による鉛直引っ張り応力を地震の平均的応力降下量よりは1桁大きくリソスフェア岩石の強度より1桁小さく取ると、海洋プレートの拡大速度と同程度の表層流速と現実の海溝地形と同程度の表面変形が得られる。上記の結論は、本論文のマントル対流システムの表層の流れが定性的にも定量的に

も現実のプレート運動と整合的であることを示すものである。表層流速が表層粘性率に依らないとする(2)の結論は、これまでのマントル対流モデリングからの結果と異なっている。

第4章は片側沈み込みを議論している。最初に、片側断層を境として速度不連続と圧力不連続とを組み合わせた海溝モデルを取り上げている。圧力不連続は対称沈み込み海溝には無かった力源要素であり、その大きさは断層を横切る流れが無いとする条件によって決められる。この片側沈み込みモデルによっても高粘性表層に platelike な流れが実現するが、第3章の対称沈み込みモデルと違って表層流速は表層の粘性率に反比例する。このモデルでは、流線は海溝で構成則に従って連続的に曲げられるため粘性散逸は表層粘性率が大きくなるほど増加する。この問題を解消するために申請者は、上記の片側断層モデルに共役な断層を付加することにより、対称沈み込みモデルと同じ性質を持つ片側沈み込みモデルを提示し、対称沈み込みモデル(第3章)の特徴がそのまま成立することを示している。

第5章は全体の議論である。ここで申請者は、マントル対流の表層流としてプレート運動を(2次元)モデル化するための重要な要素について言及している。第6章は得られた結論がまとめられている。

以上、本論文は断層概念を用いてプレート境界を表現し、それらを組み合わせることにより、プレート速度など具体的にも現実地球と整合的な表層流を発生させることができること、その流れの大局的性質が表層の粘性率に依存しない事を示したもので、新概念に基づく現実と整合的なマントル対流モデルを提示したものとして高く評価できる。また、本論文は、platelike な表層流れを実現するには何が本質的かを基礎から明らかにし、今後のマントル対流のモデリングの方向性を示した点にも大きな価値があると判断される。

なお、本論文は、深尾良夫との共同研究であるが、論文提出者が主体となって定式化及びシミュレーション計算を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上の理由より、博士(理学)の学位を授与できると認める。