

「固体地球丸ごと数値シミュレーション」—地球ダイナミクス研究の新しい扉—

地球惑星科学およびその関連分野

研究者所属・職名 : 海域地震火山部門
火山・地球内部研究センター・主任研究員

ふりがな よしだ まさき

氏名 : 吉田 晶樹

主な採択課題 :

- [挑戦的萌芽研究「対流するマントルと外核を一つの系として扱う新しい数値シミュレーションモデルの開発」\(2014-2015\)](#)

分野 : 固体地球物理学、地球ダイナミクス

キーワード : マントル対流、コア対流、二層対流、コア・マントル境界、粘性率、数値シミュレーション

課題

●なぜこの研究をおこなったのか？(研究の背景・目的)

地球内部の進化は対流運動が大きく関わっている(図1)。しかし、これまで、マントル(岩石からなる)と外核(主に流体鉄からなる)の対流の数値シミュレーション研究は、二層の大きな物性値の違いにより、別々の研究者が別々のコードを用いて実施されてきた。そこで、**マントルと外核を一つの熱対流系として扱うことができるシミュレーションコードを開発**し、地球ダイナミクスに残された問題の解決のみならず、粘性率が大きく異なる二層間の対流の基本物理の理解を目指そうと考えた。

●研究するにあたっての苦労や工夫(研究の手法)

本研究では、研究代表者の実績に基づき、マントル対流のシミュレーションで使われている計算手法を元にコード開発を行った。マントルとコアの境界には境界条件を一切与えず、熱と応力が二層間で連続的に繋がるように基礎方程式を工夫した。ただ、計算解像度や現実的な計算時間を考慮すると、東京大学地震研究所所有の汎用スーパーコンピュータ(研究当時)のCPUを最大数使用しても、二次元モデルとはいえ、外核の粘性率はマントルに比べて3桁下げるのが限界であった。

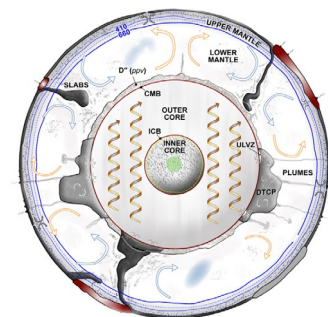


図1 固体地球科学の知見を統合した地球内部の様子 (Garnero, 2005)

「固体地球丸ごと数値シミュレーション」—地球ダイナミクス研究の新しい扉—

地球惑星科学およびその関連分野

研究成果

●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

1. 地球物理学的成果

- ✓ 二次元球座標モデルで外核の粘性率をマンツルの粘性率の3桁まで下げることに、**外核内の非常に激しい対流と、ゆっくりとしたマンツル対流が熱的にも力学的にも相互作用する様子**が再現できた(図2)。
- ✓ このとき、外核最上部の流体がコア・マンツル境界(CMB)を介してマンツル対流に引きずられることにより、CMB直下の熱境界層が厚くなり、外核側からマンツル側に流れる熱量が低く抑えられることがわかった。
- ✓ このため、外核の粘性率を下げて対流を激しくさせても、マンツル対流やプレート運動の平均速度、及び、マンツルから固体地球の外に放出される熱量は、増大せずにはほぼ一定の値に落ち着くことがわかった。
- ✓ このことは、**地球史の長い時間スケールでプレートテクトニクスが持続すること**と深く関係があるかもしれない。

2. 流体力学的成果

- ✓ 従来から知られていた二層対流の結合様式である「力学カップリング」(二層間の境界を挟んだ剪断応力の向きが一致)と「熱カップリング」(二層間で鉛直方向の流れが一致)に加え、粘性率が異なる**二層対流系ではそれらの中間の結合様式が存在すること**を、シミュレーション結果の詳細な解析から明らかにした。

➤ 研究内容が紹介されているウェブサイト

[海洋研究開発機構2016年11月16日付けプレスリリース](#) / [欧州地球科学連合\(EGU\)の「EGU blogs」](#)

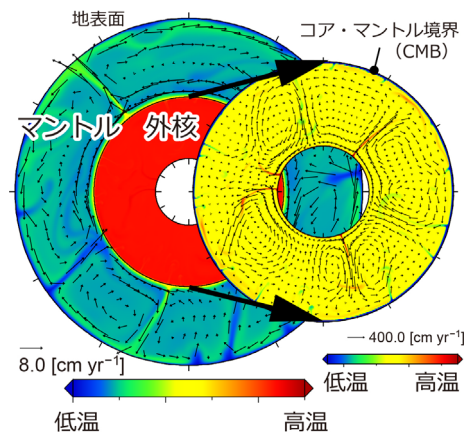


図2 数値シミュレーションで再現したマンツル対流と外核対流の温度場と速度場の様子 (Yoshida et al., 2017)

今後の展望

●今後の展望・期待される効果

本成果を弾みとして、簡単なモデルではあるが内核の成長を考慮したシミュレーションも実施したので(2018年度三菱財団自然科学助成; 図3)、今後も将来の計算機能力の向上に合わせた高解像度モデルによって、**地球ダイナミクスに関する新しい知見**が期待できる。また、三次元モデルに拡張し、さらに地球の自転やダイナモ作用を考慮したシミュレーションを行うことで、地球環境変動にも関係する**地球磁場の維持・生成、及び、逆転のメカニズムの解明**への貢献も期待できる。

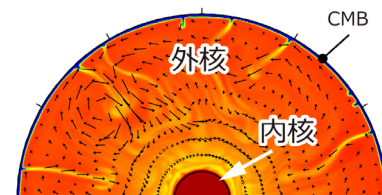


図3 外核内で成長する内核の様子 (Yoshida, 2018)