

Z324b 慣性変化法によるマンツルの熱対流シミュレーション

竹山浩介(東京工業大学)、斎藤貴之(地球生命研究所)、牧野淳一郎(理化学研究所)

地球のマンツル対流の数値シミュレーションは、地震や火山噴火などの惑星の地学現象を理解する上で重要である。これまでのほとんど全てのマンツル対流のシミュレーションは陰解法で行われてきた。陰解法では、CFL条件に制限されない長い時間ステップを可能にする、という利点がある一方、これにより導出される行列は悪条件であり、特に粘性の空間変化が大きい場合への対応が極めて困難である。また、この行列を並列計算機で解くためには、計算ステップごとに計算ノード間のグローバルな通信を必要とし、近年の大規模な並列計算機に向かない。そこで、我々はマンツル対流を陽解法で解くための新たな方法を提案する。

マンツルでは、マッハ数とレイノルズ数が非常に小さいので、これら2つのパラメータを独立に変化させることが可能な定式化(慣性変化法)を考案した。まず、我々はレイノルズ数とマッハ数が1よりも小さい範囲では、流れの性質は変わらない事に注目し、運動方程式の慣性項に粘性依存の係数を乗じる定式化をした。さらに、熱伝導率と粘性を同時にスケーリングし、対流の特徴が変わらない定式化を行った。これら2つの定式化により、マッハ数とレイノルズ数を独立に変化させる事が可能であり、理論的にはこれらのパラメータが1より小さい範囲では対流の性質は変わらない事が予想される。

この方法を実装し、テスト計算を行った結果、慣性変化法によりレイノルズ数・マッハ数を1近くにしても、熱対流の性質は変わらないことが確認出来た。また、粘性が5桁以上変化する場合も計算可能であった。この方法は陽解法であるため、近年の大規模な並列計算機に適しており、将来的に、非常に高解像度のマンツル対流シミュレーションを行えると期待している。