

フーリエ展開および子午面空間差分による地球ダイナモの数値計算 並列性能評価

A numerical method for geodynamo simulations based on Fourier expansion and finite difference: its parallel execution performance

大石 裕介[1]; 櫻庭 中[2]; 浜野 洋三[3]

Yusuke Oishi[1]; Ataru Sakuraba[2]; Yozo Hamano[3]

[1] 東大・理・地球惑星; [2] 東大・理・地球惑星科学; [3] 東大・理・地球惑星物理

[1] Earth and Planetary Sci., Univ. of Tokyo; [2] Dept. of Earth and Planetary Science, Univ. of Tokyo; [3] Dept. Earth & Planetary Physics, Univ. of Tokyo

地球のダイナモ作用の解明を目的として、3次元回転球殻系でのMHDダイナモの数値計算のための計算手法の開発を行っている。こういった3次元でのダイナモ数値計算は1990年代半ば頃から盛んに行われるようになった。しかし、計算において実現できる空間解像度が計算機の計算性能により制限されるために、用いているパラメータが地球の物性値から見積もられている値とかけ離れているという問題がある。そこで我々は計算量の少ない新しい計算手法を開発することにより、いままでよりも高解像度での計算の実現を目指している。

従来のダイナモ計算の一般的な手法はすべての変数を球面調和関数に展開して解くスペクトル変換法 (STM) である。この手法の特徴として、計算精度が良いということのほかに、計算量の少ない差分法や有限要素法などの局所的な計算手法では取り扱うことが困難な磁場の境界条件を自然な形で計算に取り込むことができることが挙げられる。数値計算では境界条件の取り扱いが重要であり、新しい手法においてもSTM同様に境界条件をなるべく精度良く表現することが必要である。そこで我々は経度方向に変数をフーリエ展開した上で、スペクトル係数の時間発展方程式を子午面空間差分によって解く手法を開発している。この手法であればトロイダル・ポロイダル展開を施すなど原理がSTMに近いために、境界条件を近似的にSTMと同様に表現することが可能である。また本手法の計算量は空間1次元あたりの自由度を N とおくと、 N の3乗にさらに $\log(N)$ を乗じたものに比例する程度で済み、計算量が N の4乗に比例するSTMに比べ N が大きいときの計算量を大幅に軽減することができ、これまでよりも高解像度の計算が可能になると考えられる。

前回の地球電磁気・地球惑星圏学会までに、STMと比較した本手法の計算精度の検証を行ってきた。その結果、十分な精度でダイナモ問題を扱えることがわかった。本発表では本手法を地球シミュレーターに移植した際の並列計算性能について述べ、本手法の有効性について議論する。