

## 地球シミュレータ用 3次元マントル対流シミュレーションプログラムの開発

## 3-D Mantle Convection Simulation Program on Earth Simulator

# 亀山 真典[1]

# Masanori Kameyama[1]

[1] 海洋科学技術センター

[1] IFREE

固体地球シミュレーションコンソーシアムのマントル対流・物性研究グループでは、地球シミュレータによるマントルダイナミクスの解明を目指している。ここではその課題の1つとして、差分法に基づく3次元矩形領域内でのマントル対流シミュレーションプログラムの開発と、地球シミュレータ向けの最適化を行なっている。このプログラムは将来、マントルやプレート沈み込みのダイナミクスの3次元シミュレーションのための基礎的なツールとして活用される予定である。本講演では、プログラム開発の現状とプログラムの性能、及び計算結果の一例について報告する。

マントル対流の基礎方程式は有限体積法によって離散化した。流れ場の解法にはSIMPLER法(Patankar, 1980)を用い、質量保存則と運動量保存則を同時に満たすように速度場(3成分)と圧力場を逐次的に求めていく。温度場の移流・拡散方程式の解法には冪乗法(Patankar, 1980)による上流化を用いた。また温度場の時間発展にはオイラー陽解法によるソルバと完全陰解法によるソルバの2つを用意している。さらに、粘性率や熱伝導率といったマントル物質の物性の空間変化も取り扱うことができるような定式化を採用している。

基礎方程式の離散化によって得られる大規模な連立1次方程式の求解には、前処理つき共役勾配法(係数行列が対称の場合)あるいは双共役勾配法(係数行列が非対称の場合)によった。前処理として並列化可能な局所ILU(0)分解あるいは2色対称SOR(係数行列が対称の場合のみ)を採用した。ノード間の並列化は領域分割法により、計算領域を3次元の各方向に小領域に分割して各ノードに分配する。ノード間の通信にはMPIを用いた。これに加えて地球シミュレータ上での最適化を目指して、ノード内での自動ベクトル化・自動SMP並列化を促進するチューニングを行なった。

プログラムの性能を、小規模なメッシュ(メッシュ総数約838万)を用いて測定した。連立1次方程式の求解には2色対称SOR前処理つき共役勾配法を用い、温度場の時間発展はオイラー陽解法によった。ノード間の並列化は1方向の領域分割により行なった。地球シミュレータ上で使用CPU数を1から64(8ノード)まで変化させて計算を行ない、1CPU実行時に対する並列化率と実効速度の対ピーク性能比を測定したところ、16CPU使用時でそれぞれ70%、33%、64CPU使用時でそれぞれ35%、15%となった。今後はチューニングと計算の大規模化によってさらなる性能向上を目指していく。