

## 平成 23 年度名古屋大学 HPC 計算科学連携研究プロジェクト成果報告書

### 研究課題名：惑星磁気圏超並列高効率 MHD シミュレーションの開発

研究代表者：深沢圭一郎<sup>1,2</sup>、副代表者：荻野瀧樹<sup>3</sup>、  
共同研究者：梅田隆行<sup>3</sup>、石井克哉<sup>4</sup>、永井亨<sup>4</sup>

1. 九州大学情報基盤研究開発センター
2. 九州大学国際宇宙天気科学・教育センター
3. 名古屋大学太陽地球環境研究所
4. 名古屋大学情報基盤センター

宇宙空間には太陽から吹いてくる磁場を伴ったプラズマの風と惑星の磁場との相互作用によって形成される惑星磁気圏というグローバルな領域が存在し、そこでは様々な物理現象が起きている。近年地球磁気圏において我々が行い始めた高解像度グローバル地球磁気圏 MHD（電磁流体）シミュレーションにより、今まで解像できていなかったパッチ状のプラズマ流、磁気圏の境界に発生する渦構造などが世界で初めて示され、惑星磁気圏シミュレーションにおいて高精細化が強く必要とされる動機になっている。しかしながら磁気圏という巨大な領域を高精細に解くためには、多くの計算機資源が必要であり、また計算効率を高めるためにシミュレーションコードのチューニングが不可欠であるため、高実行効率、超並列対応シミュレーションコードの開発を目的としている。

平成 23 年度は大規模並列計算におけるベンチマークをとり、チューニングを行い、実際に高精度惑星磁気圏シミュレーションを行う計画であったが、512 コア以上の並列数では計算機システムの混み具合からなかなかジョブが走らず、計画があまり実施できなかった。また、名古屋大学の計算機システムである FX1 と HX600 では FX1 の方で大規模ジョブが動いたため、平成 23 年度は FX1 を利用した大規模並列計算を主に行った。

実際にシミュレーションを行う場合、高精度なグリッドで計算を行うため、1024 コア利用が必須であった。そのため、昨年度の結果に加えて、ベンチマークを取ることで、FX1 の 1024 コアを利用する場合には、3 次元領域分割により並列化を行い、さらにキャッシュチューニングを施したものが最適であることが分かった。この手法を用いて実際に FX1 の 1024 コアを利用し、大規模土星磁気圏シミュレーションを行った。年度の後半以外はなかなかジョブが実行されなかったため、名古屋大学外の計算機システムも平行して利用することで、少しずつ計算を進めることが出来た。

一方で計算結果が 1 タイムステップで 100GB になるため、可視化などのポスト処理、解析を行うには一般の計算機リソースでは難しかったが、もう一つの名古屋大学計算機システムである M9000 を利用することで、解析を行うことができた。100GB のデータを解析するには OS 利用メモリ以外で最低 200GB が必要であったが、1TB の共有メモリがある M9000 では問題無く解析が行えた。これにより、今まで見えなかった土星磁気圏の渦構造などが見えてきており、次年度もこのままシミュレーションを進めていく。