

超小型天体・太陽風プラズマ相互作用過程の 超並列粒子シミュレーション

代表者氏名： 三宅 洋平（神戸大学計算科学教育センター）

共同研究者： 西野 真木、梅田 隆行、荻野 正雄（名古屋大学）

寸村 良樹、Nizam Ahmad、沖 知起、桐山 武士、佐々木 紫、白
井 英之（神戸大学）

本研究は、名古屋大学 FX100 を用いた大規模高並列プラズマシミュレーションにより、月や小惑星などの「小型天体」と太陽風プラズマ間の相互作用を定量的に理解することを目的とする。本研究で用いる粒子シミュレーションは、並列プロセス間の動的負荷分散処理や、マルチカラスケジューリングを用いたアクセス競合回避に基づく共有メモリ並列化、そしてカーネル処理である速度・電流ルーチンの SIMD 最適化実装など、次世代の階層型計算機アーキテクチャを見据えたプログラム最適化を精力的に進めている。H29 年度はこれら階層毎個別の最適化手法を組み合わせて分散／共有メモリ並列・SIMD ハイブリッド実装とした。開発した計算コードをマルチコア・メニーコア型の数種類のクラスタシステムで性能評価を行ったところ、マルチコア型システムでは良好な性能を示したが、メニーコア型では特に粒子分布が非一様な場合に並列性能の劣化が見られた。性能分析の結果、MPI 集団通信コストが原因であることが判明しており、今後当該部分の実装方式を再検討する必要がある。

これと並行して物理シミュレーションとしては、代表的な非磁化天体である地球の月に着目し、月表層・磁気異常・月上空の各領域における月一太陽風相互作用現象の関連を明らかにすることを目標に粒子シミュレーション解析を進めている。月表層環境としては縦孔・地下空洞など日向と日陰の境界が形成される地形の静電プラズマ環境を高精度に再現した。日向と日陰の帯電差に伴う局所的な強電場の存在と、縦孔内部への太陽風電子侵入の制限に起因する縦孔内外間の電位差、そして縦孔内のイオン空乏領域への両極性電場と自己発散電場によるイオン侵入機構を明らかにした。また月プラズマ環境の 2 次元グローバル計算により、ウェイク境界周辺に静電的な波動の励起を確認した。IMF の角度を変更したいくつかの計算条件において、月ウェイク境界付近に静電プラズマ波動が励起することを確認した。このプラズマ波動励起は片側のウェイク境界のみで確認されており、ウェイク境界電場と IMF の間の角度が重要なパラメータであることを示唆している。現在このような波動励起の原因となる粒子速度分布の解析を試みているが、ウェイク領域の超粒子数の少なさも統計的な正確さを保証するのが難しい状況である。そこで H30 年度には後方追跡法を適用したテスト粒子計算も併用して解析を進める予定である。