

## 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、小路 真史、梅田 隆行、荻野 正雄（名古屋大学）、  
白井 英之、福田 雅人、船木 裕司、安河内 翼、寸村 良樹、中  
野祥、Nizam Ahmad（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。H28 年度はこれら階層毎個別の最適化手法を組み合わせるハイブリッド実装とするために必要な検討を実施した。具体的には、SIMD 最適化のために必須となる粒子所属セルに基づく粒子ビン実装において、各粒子ビンのオーバーフロー時の低コスト対処法を提案した。またプロセス間粒子移送に起因するオーバーフロー頻発を抑制するための、粒子バッファリング手法の検討も実施した。

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・磁気異常領域・月グローバルプラズマ環境の各スケールにおける月―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、そして月面に沿った光電子や帯電ダストの輸送機構を明らかにした。磁気異常については **Reiner Gamma** をモデルケースとし、月上空数 100 km までの空間における小型磁気圏形成過程を調査した。その結果、磁気圏境界層に特徴的な電子電流構造が確認され、電子―イオン間の荷電分離によって発生する電場と磁気異常磁場による  $E \times B$  ドリフトと、磁気圏境界層付近での電子圧力の急速な減少に伴う反磁性ドリフト電流が大きな役割を果たしていることを明らかにした。最後に月プラズマ環境の 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。波動の励起プロセスを詳細に調査するためには低密度であるウェイク領域においても十分な個数の超粒子を導入する必要があると、多大な計算資源を必要とする。この点については H29 年度に引き続き詳細な検討を実施する予定である。