

衛星周辺プラズマ電磁環境解析のための粒子シミュレーション技法の開発と応用

三宅 洋平 [1]; 臼井 英之 [2]; 大村 善治 [3]; 中島 浩 [4]

[1] 京大メディアセンター; [2] 神戸大・工/JST-CREST; [3] 京大・生存圏; [4] 京大・ACCMS

EMSES: Development of Electromagnetic Particle Simulation Code for the Analysis of Spacecraft-Plasma Interactions

Yohei Miyake[1]; Hideyuki Usui[2]; Yoshiharu Omura[3]; Hiroshi Nakashima[4]

[1] ACCMS, Kyoto Univ.; [2] Kobe Univ./JST-CREST; [3] RISH, Kyoto Univ; [4] ACCMS, Kyoto Univ.

A new simulation code, the Electromagnetic Spacecraft Environment Simulator (EMSES), is developed for the self-consistent analysis of spacecraft-plasma interactions on the full electromagnetic (EM) basis [Miyake and Usui, 2009]. EMSES includes several boundary treatments carefully coded for both longitudinal and transverse electric fields to satisfy perfect conductive surface conditions. For the longitudinal component, the following are considered: (1) the surface charge accumulation caused by impinging or emitted particles and (2) the surface charge redistribution, such that the surface has an equipotential. For item (1), a special treatment has been adopted for the current density calculated around the spacecraft surface, so that the charge accumulation occurs at exact locations on the surface. As a result, (1) is realized automatically in the updates of the charge density and the electric field through the current density. Item (2) is achieved by applying the capacity matrix method. Meanwhile, the electric field is simply set to zero for the transverse component inside and tangential to the spacecraft surfaces after the treatments of the longitudinal components are completed. Now, we started to incorporate a new algorithm named OhHelp [Nakashima et al., 2009] for the domain-decomposing dynamic load balancing into the EMSES code, which will enable us to perform massively parallel PIC computation with good scalability.

We applied EMSES to a complex antenna analysis in space plasma. We particularly focused on the characteristics of an electric field instrument MEFISTO for BepiColombo/MMO. For practical analysis of receiving characteristics of MEFISTO, a static plasma environment affected by the guard electrode and the current biasing should be carefully considered in the analysis.

We will report the current status of the code development and the analysis on the characteristics of the MEFISTO antenna.

Miyake, Y., and H. Usui, New electromagnetic particle simulation code for the analysis of spacecraft-plasma interactions, *Phys. Plasmas*, 16, 062904, 2009.

Nakashima, H., Y. Miyake, H. Usui, and Y. Omura, OhHelp: A scalable domain-decomposing dynamic load balancing for Particle-in-Cell Simulations, *International Conference on Supercomputing*, 2009.

衛星搭載用電界アンテナ特性や衛星周辺プラズマ電磁擾乱の定量解析のため、衛星やアンテナの導体物体を電磁粒子シミュレーション内で正しく扱うための手法が必要である。過去の衛星プラズマ間相互作用の粒子シミュレーション解析は多くが静電モデルによって行われていたため、電磁モデルでの導体表面の扱いについてこれまで具体的に述べられることはまれであった。我々は、従前の研究を通して得た知見を整備し、衛星プラズマ環境解析用電磁粒子コードを新たに開発した [Miyake and Usui, 2009]。

衛星の導体表面は計算空間内に内部境界として配置され、その上で完全導体面に必要な静電的・電磁的な境界条件を施す。電磁モデルでは電界の時間更新にはプラズマの運動に伴う電流を基本的に用いるが、本コードでは導体表面における等電位条件を満たすために全計算空間にわたる電荷密度の情報も重要な要素となる。そこで、導体近傍の電流計算に適切な境界条件を施し、求めた電流密度データを用いて電荷連続式を直接解いて電荷密度を更新することにより、粒子の衝突や光電子放出による導体表面の電荷蓄積を正確に解くことを可能とした。以上の開発より、衛星・プラズマ間の相互作用を電磁的効果も含めて自己矛盾なく取り扱える計算コードを完成させた。現在、開発されたコードに分散メモリ並列環境を意識した領域分割計算用動的負荷均衡アルゴリズム OhHelp の適用を進めている。OhHelp アルゴリズムの適用により、粒子密度分布が著しく不均一な場合にも並列計算スケーラビリティを維持できることが確認されており [Nakashima et al., 2009]、将来の超並列計算環境にも対応可能になると期待される。

我々は開発されたコードを水星磁気圏探査衛星 BepiColombo/MMO に搭載予定のバック式電界アンテナ (MEFISTO) の特性解析に適用しつつある。MEFISTO アンテナの特徴として、衛星本体から放出された光電子の電界アンテナへの影響を軽減するガード電極の採用があげられる。このガード電極はアンテナ周辺の光電子分布に大きな影響を与えることが計算機実験により確認された。

本発表ではコード開発の現状とガード電極およびバイアス電流機構が MEFISTO アンテナ特性へ与える影響について報告する。