

衛星環境プラズマ数値シミュレータ開発

臼井 英之 [1]; 篠原 育 [2]; 上田 裕子 [3]; 岡田 雅樹 [4]
[1] 京大・生存圏; [2] 宇宙機構 / 宇宙研; [3] 宇宙航空機構; [4] 極地研

Development of spacecraft environment plasma simulator

Hideyuki Usui[1]; Iku Shinohara[2]; Hiroko, O Ueda[3]; Masaki Okada[4]
[1] RISH, Kyoto Univ.; [2] JAXA/ISAS; [3] JAXA; [4] NIPR

In the space development and utilization, it is very important to understand the interactions between spacecraft/structures and space plasma environment. In order to evaluate the spacecraft-plasma interactions quantitatively, we aim to develop a plasma simulator for spacecraft environment by making the most use of the conventional full-particle simulations and the spacecraft modeling developed for MUSCAT which has been developed for the spacecraft charging analysis. The development of the simulator is supported by JAXA/JEDI and it can be regarded as a numerical chamber in which we can virtually perform space experiments and analyze the temporal and spatial evolution of spacecraft-plasma interactions. The simulator will be able to provide fundamental data regarding various engineering aspects, which will be useful and important information in determining designs and detailed specifications of spacecraft and space systems. In the present paper, we will briefly introduce the plasma simulator. As one of the simulation models, we adopted a model of heavy ions emission from ion propulsion engine. From the thruster, we emit heavy ions for the propulsion and simultaneously thermal electrons for the charge neutralization. In the computer experiments, we emit the same amount of ion and electron currents from the ion engine to establish the charge neutralization in its vicinity. We focus on the charge neutralization process near the spacecraft surface in terms of dynamics of ion beam and electrons.

JAXA/JEDI (情報・計算工学センター) が発足し、これまで宇宙プラズマ中の様々な物理現象・素過程解析のために行われてきたプラズマシミュレーションを衛星機器の技術開発、衛星環境アセスメントなど工学的な分野に応用することが求められている。この要求に対し、JEDI では、宇宙機と周辺宇宙プラズマの相互作用を模擬する JAXA 衛星環境プラズマ数値シミュレータの基礎開発を平成 18 年度から開始する。

すでに、地球シミュレータを用いた「宇宙環境シミュレータ」プロジェクトにおいて、大規模プラズマ粒子シミュレーションのための領域分割型 3 次元 PIC スケルトンコード (NuSPACE) の開発をほぼ終了している。これを今回のシミュレータの計算エンジンに用いるとともに、現在、JAXA で開発が行われている衛星帯電解析ツール MUSCAT の衛星モデリング手法をシミュレータに導入する。衛星帯電の定常解は MUSCAT 等の数値ツールで評価できるが、衛星環境において、宇宙プラズマ特性を考慮した相互作用、非定常な応答等の解析には、宇宙プラズマ中の電子運動論的效果を取り入れた PIC プラズマシミュレーションが不可欠である。本シミュレータでは、特に、宇宙飛翔体からの能動的なプラズマ放出による衛星環境への影響に着目し、将来的には、イオンエンジン、プラズマコンタクター、などプラズマをアクティブに利用した推進系、帯電緩和技術などの技術開発に貢献することをめざす。

本講演では、このシミュレータ開発プロジェクトの概略を紹介するとともに、“はやぶさ”で大きく注目されているイオン推進エンジンのプラズマ噴射に関する基礎的なシミュレーション解析を報告する。イオン推進エンジンは、キセノンやアルゴンなどの重イオンを電気的な力で加速し噴射する。同時に中和器から電子も外部に放出され、宇宙機環境での電気的中和をはかる。イオンエンジンからの能動的な荷電粒子の放出は、周囲プラズマからの受動的荷電粒子の入射と比較してフラックスが非常に大きいため、宇宙機周囲に自分自身で放出した荷電粒子によってプラズマ分布を作り出すだけでなく、宇宙機自身の電位を変動させ、更には自ら放出したプラズマの入射を受けるといった、ダイナミックな干渉現象を引き起す。このようなイオンビーム放出による宇宙機帯電やビームダイナミクス、電子による中和過程が宇宙機環境に与える影響に関する解析状況を報告する。