

イオンビーム不安定性に関する3次元粒子シミュレーション

三宅 壮聡 [1]; 石川 剛道 [1]; 岡田 雅樹 [2]; 臼井 英之 [3]; 松岡 大祐 [4]; 村田 健史 [5]; 大村 善治 [6]

[1] 富山県大・工・情報システム; [2] 極地研; [3] 京大・生存圏; [4] 愛媛大; [5] 愛大・メディアセンター; [6] 京大・生存圏

Three-dimensional full-particle simulations of ion beam instability

Taketoshi Miyake[1]; Takamichi Ishikawa[1]; Masaki Okada[2]; Hideyuki Usui[3]; Daisuke Matsuoka[4]; Takeshi Murata[5]; Yoshiharu Omura[6]

[1] Toyama Pref. Univ.; [2] NIPR; [3] RISH, Kyoto Univ.; [4] Ehime Univ.; [5] CITE, Ehime University; [6] RISH, Kyoto Univ

In efficient exploration and utilization of the geospace environment, it is very important to understand interactions between spacecrafts and electromagnetic environment around themselves. Recently, influences of spacecrafts on space electromagnetic environment are gradually increasing due to new space technologies such as ion engine which is used in HAYABUSA satellite. When the ion engine emit a large quantity of accelerated heavy ions to the space, these heavy ion beams interact with space plasmas around the spacecraft, which can excite some kind of beam instabilities and plasma waves. This kind of beam instabilities and plasma waves become serious noises in observing electromagnetic environment in space by satellites.

We investigate about time evolutions of ion beam instabilities excited by ion beams emitted from ion engine, as a case study of the influences on space environment by spacecraft. We perform three-dimensional computer experiments of ion beam instabilities, and demonstrate nonlinear evolutions of ion beam instabilities, in time as well as in space. Simulation study of beam instabilities are difficult because these instabilities are very sensitive to numerical thermal noises in full-particle simulations. We developed, therefore, three-dimensional particle simulation code which is specialized to parallel computing on large scale super computers, such as Earth Simulator. In the present study, we perform three-dimensional particle simulations of the most fundamental beam instabilities excited by a spatially uniform beam at first. Next, we perform simulations of localized beam instabilities excited by a spatially localized ion beam, and investigate on the interaction between ion beam and space electromagnetic environment. Especially, we focus on the spatial characteristics on the perpendicular plane against the ambient magnetic field.

宇宙利用・開発を効率よく進めるには、非定常・非平衡である宇宙電磁環境を数値シミュレーションによって定量的に評価し、そこにおける宇宙機周辺の電磁環境に及ぼす影響を十分理解しておくことが様々な観点から非常に重要である。近年、小惑星探査機「はやぶさ」に搭載されて話題となったイオンエンジンに代表されるように、宇宙機による周辺電磁環境への影響は徐々に大規模になっている。イオンエンジンでは重イオンを加速して宇宙空間に大量放出するため、周辺プラズマと相互作用して強い影響を及ぼす可能性がある。このような周辺プラズマとの相互作用は宇宙機推進という観点からすればそれほど深刻な問題とならないまでも、宇宙空間における電磁環境観測においてはこの種のノイズは極めて深刻な問題である。

本研究では宇宙機器の周辺電磁環境への影響の検討として、イオンエンジンから放出されるイオンビームに起因するビーム不安定性の時間・空間発展を粒子シミュレーションを用いて再現し、その周辺電磁環境への影響を検討する。このようなビーム不安定性は数値的ノイズに影響されやすいため粒子シミュレーションにおいて極めて多くの粒子を使って数値的ノイズを低減する必要がある。そのため、我々の研究グループでは並列コンピュータ用にチューニングされた三次元粒子コードを開発してこのような大規模シミュレーションを実行している。本研究では、まず最も基本的な一様ビームによるビーム不安定性の三次元シミュレーションを行い、その非線形発展の様子を再現する。その後ビームを空間的にローカライズしたビーム不安定性のシミュレーションを行い、一様ビームとの違いについて、特に磁場に垂直な平面上の空間変位について考察を行う。