

ビーム不安定性からの低周波波動励起に関する粒子シミュレーション

広野 哲也 [1]; 三宅 壮聡 [1]; 大村 善治 [2]; 小嶋 浩嗣 [3]
[1] 富山県立大学; [2] 京大・生存圏; [3] 京大・RISH

Particle simulations about generation mechanism of low frequency waves excited from beam instabilities

Tetsuya Hirono[1]; Taketoshi Miyake[1]; Yoshiharu Omura[2]; Hirotsugu Kojima[3]
[1] Toyama Pref. Univ.; [2] RISH, Kyoto Univ; [3] RISH, Kyoto Univ.

According to our PIC simulations, ESW (Electrostatic Solitary Wave) is generated from electron beam instabilities. We know ESW is composing the upper frequency part of BEN (Broadband Electrostatic noise) which is frequently observed in space plasma. The generation mechanism of the lower frequency part of BEN, however, is still unexplained. To clarify whether such low frequency waves are generated by electron beam instabilities, we have to perform a series of long-term simulations of beam instabilities with different parameters, and observe time evolutions of these beam instabilities. We are performing two-dimensional electrostatic computer experiments of electron beam instabilities, and demonstrate nonlinear evolutions of electron beam instabilities, in time as well as in space.

In this study, we investigated parameter dependence on the formation mechanism of ESW and the excitation conditions of low frequency electrostatic waves after long-time evolution of electron beam instabilities. We performed a series of simulations with different parameters, electron cyclotron frequencies and drift velocities of the electron beam, and then confirmed that low frequency waves are excited with relatively strong magnetic field. These low frequency waves are polarized in the perpendicular direction to the ambient magnetic field, and have harmonics with lower-hybrid frequency, which indicates that they are affected by electron-ion hybrid cyclotron dynamics. We are going to analyze relations between dynamics of plasma particles and excited waves. Especially we analyze the waves which propagate in the oblique direction to the ambient magnetic field, and perform more detailed simulations with various parameters in order to clarify the excitation mechanism of these low-frequency waves.

地球磁気圏のプラズマシート境界層を始めとする様々な領域で広帯域の静電ノイズ (BEN) が観測されている。地球磁気圏探査衛星 Geotail の観測結果によって、BEN の低周波成分として磁場に垂直方向の成分を持つ波動が観測された。本研究では BEN の低周波成分が、その高周波成分である ESW と同じビーム不安定性の非線形発展の結果励起されるという仮定に基づき、ビーム不安定性からの低周波波動励起に関する 2 次元粒子シミュレーションを行った。ビーム不安定性の長時間発展の結果現れる、磁場に垂直方向の低周波波動に着目し、そのパラメータ依存性について検討した。

ビーム不安定性の初期状態として、シミュレーション空間に一樣にイオンを配置し、磁場に平行方向のドリフト速度を持った電子ビームを与えた。さらにパラメータとして電子サイクロトロン周波数と電子ドリフト速度を変化させた。電子サイクロトロン周波数が電子プラズマ周波数と等しい場合のシミュレーションにおいて、ポテンシャル構造の時間発展を調べた結果、シミュレーション初期に 2 次元的なポテンシャル構造が励起され、時間経過とともにこのポテンシャルが合体を繰り返し、最終的に磁場に垂直方向に一樣な 1 次元的なポテンシャルが形成される、という ESW 励起プロセスが再現された。このシミュレーションにおいて、磁場に垂直方向に低周波波動が励起されていることを確認した。様々なパラメータでシミュレーションを行った結果、磁場が弱い場合、磁場に平行方向に 1 次元的で強い不安定性が励起されるが、磁場に垂直方向の波動は現れなかった。一方磁場が強い場合には、初期のビーム不安定性は 2 次元的で、磁場に垂直方向の電子サイクロトロン周波数程度の周波数を持つ波動が励起され、時間発展とともに低周波波動の励起も確認できた。

今後、波動と粒子の運動の関連性について解析を行い、シミュレーション内での物理現象を理解する。特に、磁場に平行・垂直方向の波動に加えて、斜めの方向の波動の検証を行い、波動の励起プロセスの解明を行う。さらにシミュレーションパラメータを検討し、低周波波動が励起されるために必要な条件の検証を行う。