

# 7-8 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

電磁波工学研究室  
0512064 広野 哲也

## 1. はじめに

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。BEN の波形は地球磁気圏探査衛星 Geotail の観測結果によって、孤立したパルス状の波形 (ESW) であることが確認された。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。

## 2. 粒子シミュレーションモデル

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。更にパラメータとして電子サイクロトロン角周波数  $\omega_c$  と電子ドリフト速度  $v_d$  を変化させて 2 次元粒子シミュレーションを行った。

## 3. シミュレーション結果

図 1 の上段は  $\omega_c = -1.0, v_d = 4.0$  の場合の磁場に平行方向、垂直方向の電界エネルギーの時間変化を表している。更に図 1 の中段、下段ではシミュレーション初期 (a) と後期 (b) において励起された波動のポテンシャル構造及び垂直方向の波動 ( $\omega$ - $k$  ダイアグラム) を表している。ここで、角周波数  $\omega$  は電子プラズマ角周波数  $\Pi_e$ 、波数  $k$  はデバイ長  $\lambda_D$  でそれぞれ規格化している。図 1 の上段において、初期 (a) では電子ビーム不安定性が起こり、粒子が熱化されて  $E_{\parallel}, E_{\perp}$  両方のエネルギーが上昇していることが確認できる。この時、磁場に対して平行・垂直方向の不安定性が同時に起こり、2 次元状のポテンシャル構造が形成されている (図 (a-1))。更に時間が経過すると、ポテンシャルは互いに合体を繰り返し、磁場に対して垂直方向に一樣な 1 次元状の安定したポテンシャル構造となる (図 (b-1))。  $E_{\perp}$  の低周波成分は、初期 (a) ではノイズ状の波動であるが、後期 (b) になると  $0.1\Pi_e$  [Hz] 間隔の

高調波となって現れている。高周波成分は  $\omega = \Pi_e$  [Hz] 付近に  $0.1\Pi_e$  [Hz] 間隔で高調波が励起され、時間が経過すると高調波が消えている。

## 4. まとめ

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、詳細なシミュレーションを行い、これらの波動の励起メカニズムについて検証を行う。

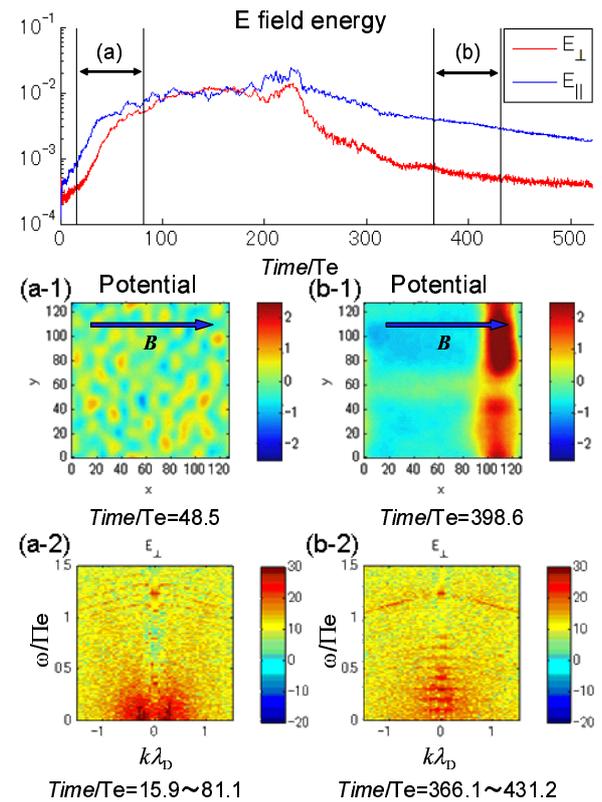


図 1:  $\omega_c = -1.0, v_d = 4.0$  の場合の磁場に平行方向、垂直方向の電界エネルギーの時間変化 (上段)。ポテンシャル構造 (中段)。垂直方向の  $\omega$ - $k$  ダイアグラム (下段)。