

# $E \times B$ シア流による温度勾配駆動ドリフト波不安定性の安定化への考察

筑波大学プラズマ研究センター 小田弦之介

本研究では、静電粒子シミュレーションコードを用いて温度勾配駆動のドリフト波不安定性の解析を行い、さらに半径方向の電場シアを印加した場合のドリフト波抑制効果について解析する。シミュレーションコードはFSPモデル粒子を用いた陽解法 Particle in Cell アルゴリズムを採用した。シミュレーション系は円柱状プラズマを2次元 Slab 形状に展開した系 (図1) を採用し、初期温度勾配は  $x$  軸方向にのみ定義した。ただし磁力線方向の共鳴効果を算入するために、 $B_z$  は  $y$  軸方向に  $\theta$  だけ回転させ、粒子速度については3次元空間で計算を行う。

また  $y$  方向にドリフトする  $\mathbf{E}(x) \times \mathbf{B}$  ドリフトシア流は、系に過剰電子分布を導入し、電場シアを初期設定することで実現した。本研究では式(1)で表されるシアを設定している。ただし  $E_{x0}$  は過剰電子数に比例するシア強度係数であり、 $L_c, L_T$  はそれぞれ別個に定義している。

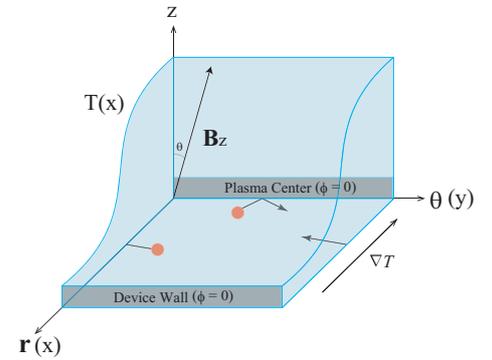


図1: シミュレーション系設定

$$\mathbf{E}(x) = E_x \hat{e}_x \quad \text{ただし } E_x(x) = \pm E_{x0} \tanh\left(\frac{x - L_C}{L_T}\right) \quad (1)$$

図2,3に  $-E_x B_z \hat{e}_y$  シア流を系に印加した場合における  $(k_x, k_y) = (1, 1)$  静電ポテンシャルエネルギーの時間発展を表した。 $\partial_x E = 0 (\partial_x E(x)/\partial x = 0)$  の波形は初期条件として電場シアを印加していない場合であり、ドリフト波線形理論から導出した波動成長と非常によく一致を見ることができた。またシア流印加によるドリフト波安定化効果を詳細に比較すると、 $\partial_x E > 0$  の場合に対して  $\partial_x E < 0$  では安定化効果が若干鈍るパラメータ範囲が確認された。

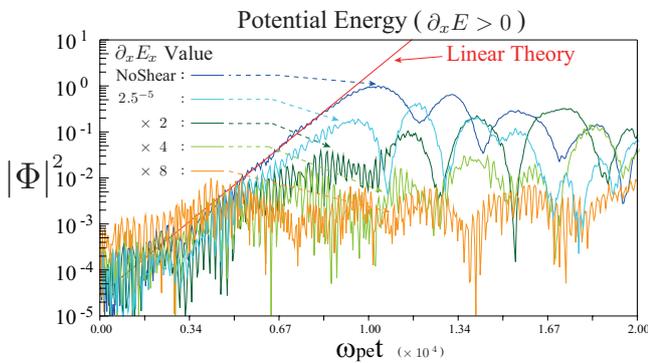


図2:  $\phi_{(1,1)}$  時間発展 ( $\partial_x E > 0$ )

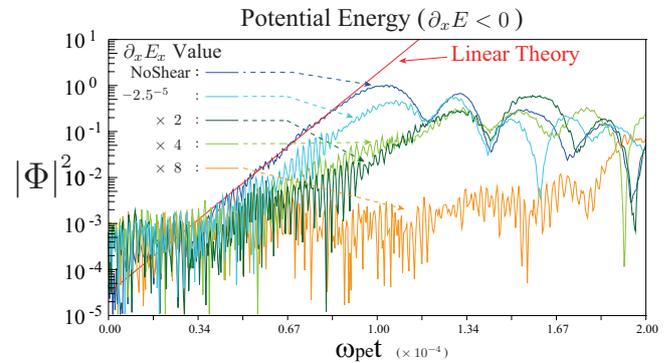


図3:  $\phi_{(1,1)}$  時間発展 ( $\partial_x E < 0$ )

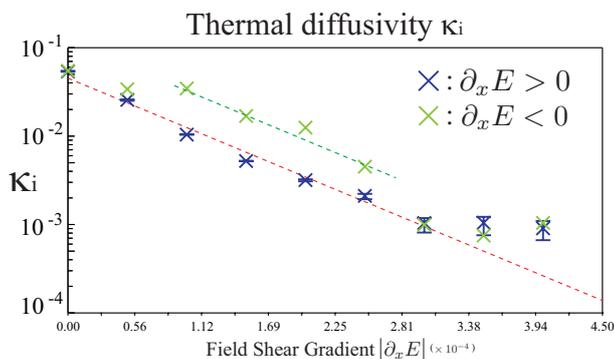


図4: 熱拡散率のシア勾配強度特性

半径方向のエネルギー拡散に注目してこの違いをまとめたのが図4である。 $\partial_x E > 0$  の場合、シア強度に対して熱拡散率  $\kappa$  が正の減衰特性を持つことが確認されたが、 $\partial_x E < 0$  では線形性から外れている。ただし大きく外れるのは弱いシア強度領域であり、 $|\partial_x E_x| > 1.0 \times 10^{-4}$  では  $\partial_x E > 0$  と相似な減衰特性を示している。シア正負による安定化効果の違いについては、シアによる安定化領域が異なることに起因するとして物理モデルを考察した。