

$E \times B$ 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 The consideration for $E \times B$ shear stabilization of drift wave instability driven by temperature gradient

小田弦之介, 片沼伊佐夫, 大井健生

Gennosuke Oda, Isao Katanuma, Takeo Oi

筑波大学プラズマ研究センター

Plasma Research Center, University of Tsukuba

磁場核融合装置においてドリフト波不安定性を抑制する手法として、半径方向電場によってプラズマ中に $E \times B$ シアフローを発生させることで、ドリフト波の抑制効果が得られるという実験報告がされている [1]。これを受けて、本研究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ことを目的とする。

本研究のシミュレーションコードでは FSP モデル粒子を用いた 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 次元平面状に展開した系を採用し、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 θ だけ回転させ、粒子速度については 3 次元で計算を行う。

また $E \times B$ シアフローの設定には、系に過剰電子分布を付加することで電荷密度から電場シアを初期設定する手法を選択した (1)。ただし式 (1) においてシア強度 E_{x0} は過剰電子数に比例する係数であり、粒子分布形状・シアの方向性に依りてそれぞれ理論的に定義する必要がある。

$$E_x(x) = \pm E_{x0} \tanh\left(\frac{x - L_C}{L_T}\right) \quad (1)$$

図 1,2 に $E \times B$ シアフローを系に印加した場合における $(k_x, k_y) = (1, 1)$ ポテンシャルエネルギーの時間発展を表している。 $dE/dx = 0$ の波形はシアを印加していない場合の時間発展であり、線形理論から導出した波動成長率と非常に一致を見ることが出来た。

図 1,2 ではシアフロー印加によるドリフト波安定化効果が確認されるが、詳細に比較すると $dE/dx > 0$ の場合と対して $dE/dx < 0$ では安定化効果が若干鈍るパラメータ範囲があるのが確認された。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 3 となる。 $dE/dx > 0$ の場合はシア勾配強度に対して熱拡散率 κ が線形に減衰することが確認されたが、 $dE/dx < 0$ では線形性から外れており、安定化効果の違いが明白になった。

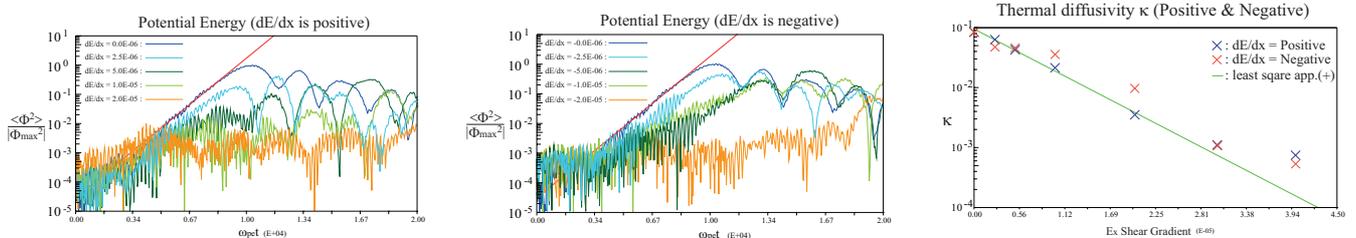


図 1: $\phi_{k=(1,1)}$ 時間発展 ($\nabla E > 0$) 図 2: $\phi_{k=(1,1)}$ 時間発展 ($\nabla E < 0$) 図 3: 熱拡散率のシア勾配強度特性