

粒子コードを用いたドリフト波不安定性の数値計算

Numerical study of the drift-wave instability by using particle code

奥山陽平, 片沼伊佐夫, 加藤俊介, 窪田遼人, 板東隆宏, 今井剛
Y.Okuyama, I.Katanuma, S.Kato, R.Kubota, T.Bando, T.Imai

筑波大学 プラズマ研究センター
Plasma Research Center, University of Tsukuba

本研究では密度勾配が存在するときのドリフト波不安定性の研究を行うために、静電粒子コードを開発し密度勾配の存在する系に適用した。その結果ドリフト波不安定性が発生し、密度輸送が生じた事が確認された。

今回用いた静電粒子コードは Cloud-in-Cell に基づく有限サイズの超粒子モデルを用いており、微視的不安定性の正確な運動論的振舞いを再現することが可能である。このコードは実空間2次元速度空間3次元で超粒子の運動を追跡する。実際の計算では実験装置におけるプラズマの密度勾配を2次元スラブ形状でモデル化し、境界条件はy軸方向に周期的境界条件を、x軸方向に鏡面反射条件を課している。外部静磁場はz軸方向からy軸方向へ弱く傾斜させ印加している。初期の密度分布は $n(x) = n_0 \kappa L_x \exp(-\kappa x) / (1 - \kappa L_x)$ とした。システムサイズとして $512 \lambda_{De} \times 512 \lambda_{De}$ (λ_{De} : デバイ長) を使い、グリッド毎の粒子数は $64/\lambda_{De}^2$, 計 1.7×10^8 個の粒子をこの分布になるよう配置した。計算の一例として、イオンの密度分布の時間発展を図2に示している。初期時間帯ではy軸方向に一様であった密度分布が、時間の進展と共に不安定性に伴う密度揺動が発生し等密度面が波打つ様子が確認される。また、図1は密度揺動に関する $m=1, n=1$ モードのフーリエ振幅の時間発展を表している。シミュレーションで得られた不安定性は図1に示すようにドリフト波の線形成長率と良い一致を示しており、線形成長領域を経て非線形領域へと入っている事が分かる。

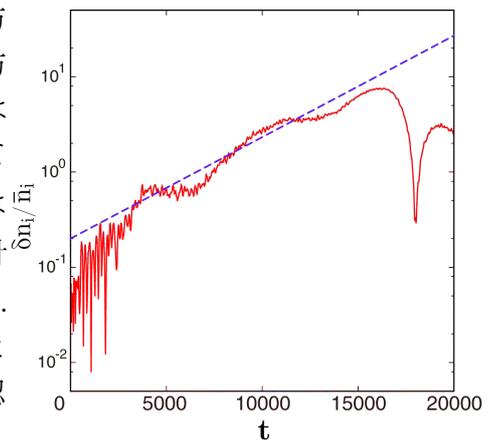


図1: 密度揺動フーリエ振幅の時間発展, 破線は線形理論による成長率の予測値を表す

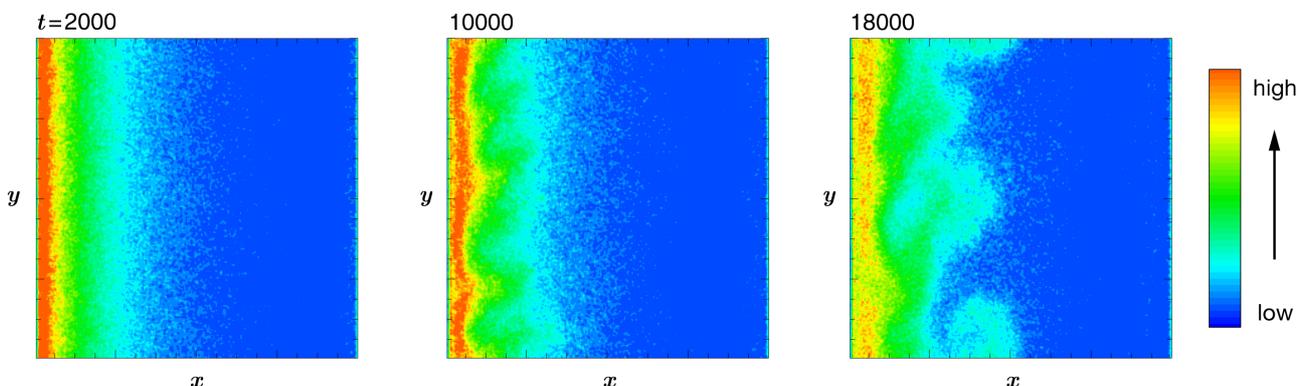


図2: イオン密度分布の時間発展