

Kelvin-Helmholtz不安定性の二次元拡張MHDシミュレーション Extended MHD Simulation of 2D Kelvin-Helmholtz Instability

羽鳥智栄¹, 三浦英昭^{1,2}, 伊藤淳^{1,2}, 佐藤雅彦², 後藤涼輔¹
T. Hatori, H. Miura, A. Ito, M. Sato, R. Goto

¹総研大, ²核融合研
¹Sokendai, ²NIFS

磁場閉じ込め核融合装置において、プラズマ中の流れが重要な役割を果たすことが注目されている。シアのある流れによる乱流の抑制などにより閉じ込めが改善される例があるが、一方でKelvin-Helmholtz(K-H)不安定性などのMHD不安定性が起こる。Hモードでのトカマクの周辺領域におけるペDESTALのような急峻な密度、温度勾配がある場合にはスケール長が小さくなるため、一流体MHDモデルには含まれていないイオン慣性長の影響（二流体効果）や有限ラーモア半径の影響（FLR効果）などの微視的効果が重要になると考えられる。

本研究では一流体MHDモデルに二流体効果とFLR効果を取り入れた拡張MHDモデルを用いた二次元K-H不安定性シミュレーションを行った。磁場方向に垂直な速度シアと密度シアがある場合を想定した。シミュレーションは、一流体MHDの場合、二流体効果のみ含んだ場合、FLR効果のみ含んだ場合、両方の効果を含んだ場合の4パターンについて行った。速度シアの向きを反転させた場合とベータ値を変化させた場合についてそれぞれ行った。

線形成長率を調べた結果、二流体効果を含む場合には成長率が減少し、FLR効果を含む場合には成長率が増加した。両方の効果を含む場合には単にそれぞれの効果を足しあわせた結果にはならず、成長率が増加する傾向が強い。速度シアの向きを変えた場合には微視的効果の影響が大きく変わり、非対称性のある結果が現れた。これは磁場と密度勾配の向きに対して速度勾配の向きが反転すること起因する。ベータ値を変えた場合について調べると、ベータ値が高いほどこれら微視的効果の影響が強くなることがわかった。

非線形段階について比べると、二流体効果を含む場合には比較的大きな渦構造が現れるのに対して、FLR効果を含む場合については比較的小さな構造が多く見られる。講演では二流体効果とFLR効果の両方を含んだ場合での非線形段階での影響や、Rayleigh-Taylor不安定性との複合的な不安定性についても述べたい。

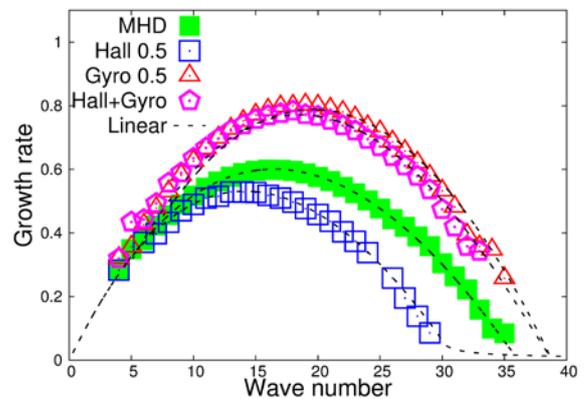


図1 波数と線形成長率の関係

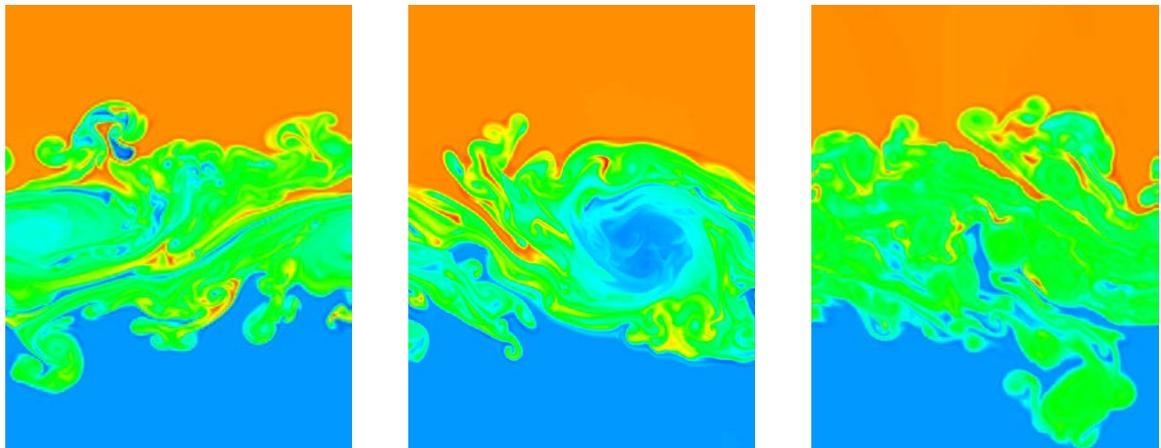


図2 同程度の時刻における密度マップ(左：一流体 MHD 中：二流体効果のある場合 右：FLR 効果のある場合)