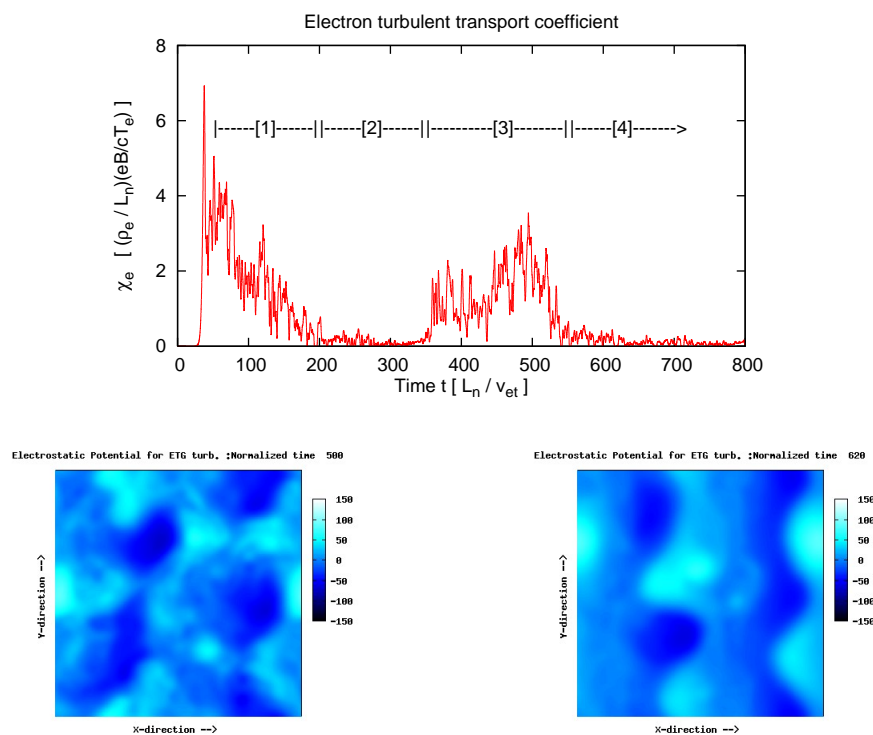


スラブ ETG 乱流における乱流輸送と渦構造のジャイロ運動論による解析

仲田 資季¹, 渡邊 智彦^{1,2}, 洲鎌 英雄^{1,2}

総合研究大学院大学¹, 核融合科学研究所²

磁場閉じ込めプラズマ中の電子異常熱輸送を引き起こす原因として考えられている電子温度勾配 (ETG) 乱流において, その乱流の飽和機構の理解や乱流輸送量の評価が重要な課題となっている. ETG 乱流は従来のイオン温度勾配 (ITG) 乱流に比べて波数空間での揺動スペクトルの広がりが大きく, 多数のモード数を必要とすることから運動論的数値シミュレーションが困難であった. 本研究では, この ETG 乱流に対して電子分布関数揺動の時間発展を詳細に追う高解像度ジャイロ運動論的 Vlasov シミュレーションをスラブ配位モデルにて行った. これにより, 位相空間上の分布関数揺動, 静電ポテンシャルエネルギー, 乱流輸送及び衝突散逸の間に成り立つエントロピーバランスについての評価がスラブ ETG 乱流に対して初めて得られた. このエントロピーバランスの観点からスラブ ETG 乱流とスラブ ITG 乱流におけるゾーナルフローの振る舞いや乱流輸送レベルの比較を行った. そこでは, スラブ ETG 乱流において乱流輸送と衝突散逸が釣り合った統計的定常乱流状態が実現され, Gyro-Bohm 係数で規格化された輸送係数の飽和レベルは, ゾーナルフローによって乱流輸送がほぼ完全に抑制されるスラブ ITG 乱流に比べて非常に大きくなることが得られた. さらにスラブ ETG 乱流の渦構造と乱流輸送との関係に着目し, より不安定性が強い場合と安定限界に近い場合に対して高解像度非線形シミュレーションを行った. 強い不安定性を持つ場合, 非線形領域において乱れた渦構造を伴った輸送レベルの高い状態とコヒーレントな渦構造を伴った輸送レベルの低い状態の 2 つがあり, その間を遷移することを明らかにした (下図). この乱流輸送が低減した状態では静電ポテンシャル揺動と温度揺動の高波数成分が淘汰され, かつ, その位相差が減少していることを示した. さらに安定限界付近において, 双極子渦が重畳された強いゾーナルフローによる乱流輸送の抑制も確認され, 双極子渦解を持つ Hasegawa-Mima モデルとの関連についても調べられた. 講演では, このようなスラブ ETG 乱流中の乱流輸送と関連する多様な渦構造の解析結果を紹介する.



上の図は ETG 乱流における電子熱輸送の時間発展を示す. 左下の図は輸送レベルの高い領域 [3]($t=500$), 右下の図は輸送レベルの低い領域 [4]($t=620$) における静電ポテンシャル揺動を示している.