

イオンスケールの微視的不安定性に対する電子スケール乱流の影響 Effects of electron-scale turbulence on ion-scale micro-instabilities

前山伸也¹, 渡邊智彦¹, 石澤明宏²

MAEYAMA Shinya¹, WATANABE Tomo-Hiko¹, ISHIZAWA Akihiro²
(著者が多い場合, 英文著者名の記載を5名程度とし後はetal.にしてもかまいません)

¹名大理, ²京大エネ科
¹Nagoya Univ., ²Kyoto Univ.

序 文

磁化プラズマ中の微視的不安定性および乱流輸送を特徴づけるスケールの一つはLarmor半径であり、質量比に起因して大きくスケールの異なるイオンスケールの乱流と電子スケールの乱流はしばしばスケール分離の仮定の下で扱われてきた。近年の大規模並列シミュレーション技術の進展により、電子・イオン両スケール間の乱流の相互作用を直接的に取り扱うマルチスケール乱流シミュレーションが可能となった[1,2]。米国ではAlcator C-mod装置の実験との比較研究において、電子・イオン実質量比のマルチスケール乱流シミュレーションが実験で観測された熱輸送を説明するために本質的であるとの報告もなされている[3]。しかしながら、マルチスケール乱流の包括的理解は未だ不十分である。本研究では、先行研究[2]に関連した電子温度勾配モード乱流によるイオンスケール帯状流への影響の詳細解析、および、異なるマルチスケール乱流系として、マイクロティアリングモードと電子温度勾配モードの相互作用を新たに解析した。

電子温度勾配モード乱流がイオン温度勾配モード乱流に与える影響

私たちの先行研究[3]では、電子温度勾配モード乱流存在下での帯状流の低減が観測されていた。そこで、ジャイロ運動論的三波結合解析の手法を拡張し、電子・イオンスケール乱流揺動の寄与を分離した詳細解析を行った。これにより、イオンスケールのイオン分布関数揺動は低波数の帯状流を作り出すのに対し、イオンスケールの電子分布関数揺動は低波数および高波数の帯状流を作り出すこと、そして、電子スケールの電子分布関数揺動は帯状流を減衰させる働きを持ち、特に高波数の帯状流を効果的に減衰させることが明らかとなった。

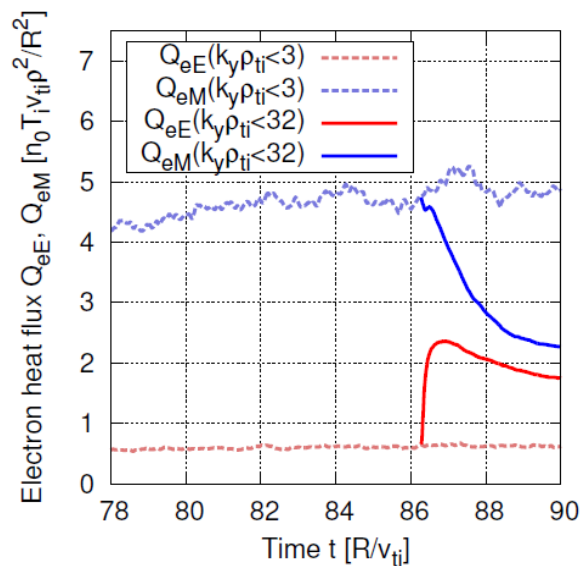


図. 静電揺動(赤)または磁場揺動(青)による電子熱輸送の時間発展。マイクロティアリングモード単一スケール乱流計算の結果を点線で、電子温度勾配モードまで含むマルチスケール乱流計算の結果を実線で示している。

電子温度勾配モード乱流がマイクロティアリングモード乱流に与える影響

マイクロティアリングモードはポロイダル方向にイオンLarmor半径程度の波長をもつと同時に、半径方向に局在した電流シート構造を持つ。前項の知見から、こうした局所構造は電子温度勾配モード乱流の影響を強く受けうると考えられ、実際に上図に示すように顕著な相互作用が観測された。図の結果から、電子温度勾配モードはマイクロティアリングモードを安定化させる働きがあると考えられる。

[1] S. Maeyama, et al., *Parallel Computing*, 49, 1 (2015).

[2] S. Maeyama, et al., *Phys. Rev. Lett.* 114, 255002 (2015).

[3] N.T. Howard, et al., *Phys. Plasmas* 21, 112510 (2014).