

電子温度勾配乱流および輸送に対する捕捉電子モードの影響 Influences of trapped electron modes on electron temperature gradient driven turbulence and transport

朝比祐一、石澤明宏¹、渡邊智彦¹、筒井広明、飯尾俊二
ASAHI Yuuichi, ISHIZAWA Akihiro¹, WATANABE Tomohiko¹, TSUTSUI Hiroaki,
TSUJI-IIO Shunji

東京工業大学、核融合科学研究所¹
Tokyo Tech, NIFS¹

電子温度勾配(ETG)駆動乱流に対するジャイロ運動論的シミュレーション研究は、イオン温度勾配(ITG)乱流の研究と比べ理解が進んでおらず、ETG乱流の非線形飽和機構はまだ十分に解明されていない。従来のシミュレーション研究から、ETG乱流ではイオン温度勾配(ITG)乱流の場合と比べゾナルフローが弱いことが示されている。そのためETG乱流においては、ITG乱流の場合と異なり、ゾナルフローによる非線形飽和機構は働きにくいと考えられてきた。

本研究では、イオン断熱近似を用いる場合と、近似を用いない運動論的イオンモデルとの比較計算を行い、ETG乱流における捕捉電子モード(TEM)の役割を調べた。これによって、以下に示すようにTEMが駆動するゾナルフローによってETG乱流が抑制される場合があることを明らかにした [1]。

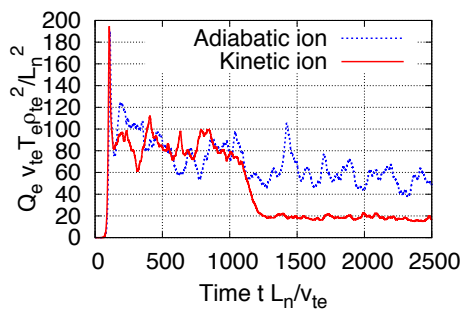


図1 エネルギー束の時間発展

図1は、非線形シミュレーションによって評価したエネルギー束の時間発展を示す。断熱的イオンモデルの場合、エネルギー束は高いレベルに維持されている(青線)。これに対し、運動論的イオンモデルの場合、 $t=1000$ 付近で輸送が低減される(赤線)。この抑制機構を明らかにするために、静電ポテンシャルの各成分の時間発展を調べた。その結果、運動論的イオンモデルでは、ETG乱流が支配的な状態で、線形不安定な捕捉電子モードが成長し、その後ゾナル

フローが形成されることが明らかとなった。これによりETG駆動のモード成分が抑制される。

また、捕捉電子モードが駆動するゾナルフローの生成機構およびその乱流への影響をゾナルフローの残留レベルの観点から調べた。

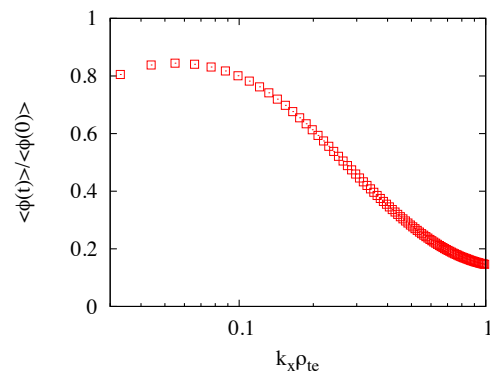


図2 異なる波数のゾナルフローの残留レベル(初期の静電ポテンシャルで規格化)

図2は、ゾナルフローの残留レベルの径方向の波数に対する依存性を示している。捕捉電子モードに対応する波数($k_x \rho_{te} \sim 0.05$)では残留レベルが高く、ETGモードに対応する波数($k_x \rho_{te} \sim 0.5$)では、残留レベルが低くなっている。これは、捕捉電子モード駆動のゾナルフローの波長がイオンバナナ幅より短く、電子バナナ幅より長いことに対応している。従って、TEM駆動のゾナルフローはETG駆動のものとは振幅が大きくなる。さらにTEM駆動のゾナルフローのシアは輸送への寄与の大きいETGおよびTEM揺動の成長率と同程度で、それらの抑制に有効であることが明らかとなった。

Reference

[1] Y. Asahi, et. al., "Regulation of electron temperature gradient turbulence by zonal flows driven by trapped electron modes"(2013) to be submitted