

微視的乱流のベータ値依存性へのローカルシアの影響

Influence of local magnetic shear on plasma beta dependence of micro-turbulence

浦野大介, 石澤明宏, 中村祐司, 渡邊智彦¹Daisuke Urano, Akihiro Ishizawa, Yuji Nakamura, Tomohiko Watanabe¹京大エネ科, 名大理¹Grad. Sch. of Energy Science Kyoto Univ., Dept. of Phys. Nagoya Univ.¹

トロイダル磁場閉じ込めプラズマにおいては、磁場強度の不均一性によってトロイダルイオン温度勾配 (ITG) 不安定性、捕捉電子モード (TEM)、運動論的バルーニングモード (KBM) といった微視的不安定性が現れる。特に、有限ベータトカマクプラズマでは ITG 不安定性が安定化されるため、ベータ値の増加とともに乱流輸送が減少することが従来の研究により示されている [1-3]。しかし、これらの計算で用いられている Cyclone-Base-Case DIII -D プラズマパラメータは、ベータ値増加に伴う平衡磁場構造の変化が考慮されていないため、本研究ではその変化が乱流輸送のベータ値依存性に及ぼす影響を調査する。

計算には GKV コードを用い、シャフラノフ平衡に基づく s - α モデルに対する計算を行った。ここで、 s はローカル磁気シア $\hat{s} = s - \alpha \cos z$ における右辺第一項のグローバル磁気シア $s = (r/q)(dq/dr)$ 、 α は右辺第二項の係数である規格化圧力勾配 $\alpha = -q^2 R(d\beta/dr)$ であり、 α を有限の値にすることでベータ値増加に伴う平衡磁場構造の変化を取り入れることができる。 $\alpha = 0$ の場合と α が有限の場合の計算結果を比較し、平衡磁場構造の変化が微視的不安定性と乱流輸送に及ぼす影響を調べた。

図 1 は線形成長率 γ のベータ値依存性を示した図である。ここで、 $\beta_i = \beta/2$ である。平衡磁場を変化させた場合 (change) は、平衡磁場を固定した場合 (fix) と比べて $\beta_i = 0.8\%$ における線形成長率が 1.5 倍程度になっており、平衡磁場の変化によって ITG 不安定性への有限ベータ安定化効果が小さくなることが明らかになった。

図 2 は電子とイオンのエネルギー輸送係数 χ_e, χ_i のベータ値依存性を示した図である。平衡磁場を固定した場合には、ベータ値増加に伴って χ_e は変化せず、 χ_i は減少していたが、平衡磁場を変化させた場合には、ベータ値増加に伴って χ_e は増加し、 χ_i は減少しないという結果が得られた。

ITG 不安定性が現れる低ベータ領域において、ベータ値増加に伴う平衡磁場の変化によって ITG モードの有限ベータ安定化効果が小さくなるという結果が新たに得られた。このことにより、有限ベータプラズマにおける ITG 不安定性の重要性が増したと結論する。

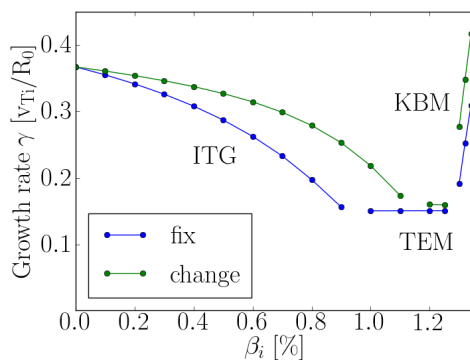
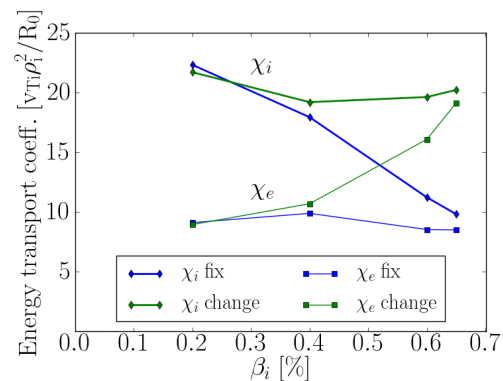
Fig.1 線形成長率 γ のベータ値依存性

Fig.2 エネルギー輸送係数のベータ値依存性

[1] J. Candy, Phys. Plasmas **12**, 072307 (2005).[2] M. J. Pueschel, M. Kammerer, F. Jenko, Phys. Plasmas **15**, 102310 (2008).[3] A. Ishizawa, S. Maeyama, T.-H. Watanabe, et.al., J. Plasma Phys. **81**, 435810203 (2015).