

核燃焼プラズマ閉じ込め性能の予測精度向上を目指した 乱流特性に対する温度比の寄与

成田絵美¹、滝塚知典^{1,2}、林伸彦²、藤田隆明²、井手俊介²、本多充²、諫山明彦²、伊丹潔²、
向井清史¹、田中靖之¹、福田武司¹

¹阪大院工、²原子力機構

熱エネルギー閉じ込め時間の比例則は ITER 等のトカマク型核融合炉の閉じ込め性能予測に不可欠であり、この比例則は国際協力活動で構築したイオン加熱主体の実験データベースに基づいて経験的に導かれている。しかしながら、核燃焼プラズマではアルファ粒子により電子加熱が支配的となり、電子とイオンの温度比 T_e/T_i は上昇すると予測される。そこで、核燃焼プラズマを対象とした閉じ込め性能の予測精度向上のため、本研究では T_e/T_i に注目をして、国際データベースの統計的解析とともに、輸送モデルを用いた計算機シミュレーションを行い、乱流特性を調べた。このとき T_e/T_i に加えて、輸送現象に影響を与える要因の一つである密度勾配にも焦点を当てて解析を行った。

国際 H モード閉じ込めデータベース[1-3]を対象とし、 T_e/T_i の閉じ込め性能への寄与を調べた。その結果、プラズマ中心部の温度比 T_{e0}/T_{i0} を変数として閉じ込め時間の比例則へ導入することにより、閉じ込め時間の実測値と比例則から算出した標準偏差は約 15%低減し、比例則の評価精度を上げることができた。さらに、 $T_e/T_i < 1$ の場合では密度分布の尖頭化により閉じ込め性能が向上する一方で、 $T_e/T_i > 1$ の場合には逆に密度分布の尖頭化が閉じ込め性能の低減に繋がる傾向があることが分かった。[4]

統計解析から得られた T_e/T_i の領域によって密度分布の寄与が異なることの原因を調べるため、GLF23 輸送解析コード[5]と GS2 安定性解析コード[6]を用いて乱流が与える不安定性に着目した計算機シミュレーションを行った。GLF23 で T_e/T_i の閉じ込め性能の寄与を調べたところ、概ねデータベースと同様の傾向が確認できた。また、GLF23 で求めた不安定性の T_e/T_i と密度勾配 R/L_n への依存性の結果を図 1 に示す。 $T_e/T_i \sim 0.8$ ($\rho = 0.5$) となる場合には R/L_n の増大により成長率は減少し(図 1 (a))、 R/L_n の増大で周波数が正の範囲内で低減している(図 1 (b))ことから、ITG モードが抑制されていることが分かった。一方 $T_e/T_i \sim 1.1$ ($\rho = 0.5$) では R/L_n が高くなると逆に成長率が増加する傾向があり(図 1 (a))また、 $T_e/T_i \sim 1.1$ では周波数が負の範囲に入れ替わる(図 1 (b))ことから ITG が減衰した一方で電子系の不安定性(TEMまたはETG)が活発になっていると考えられる。また GLF23 による熱拡散係数および GS2 による数値解析でも同様の傾向が得られており、優勢となる乱流機構が T_e/T_i と R/L_n によって異なることが明らかになった。

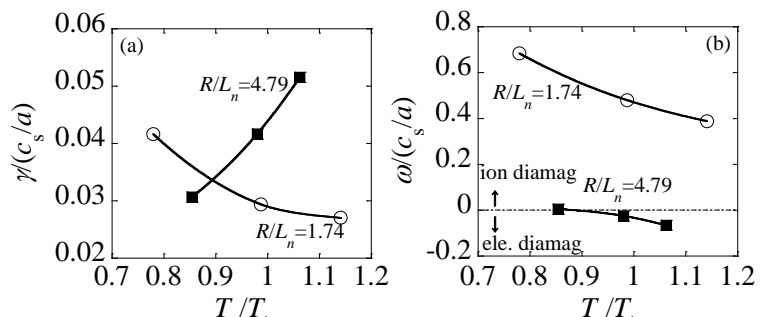


図 1 GLF23 で求めた $\rho = 0.5$ における最も強い不安定性の (a) 成長率と (b) モード周波数の T_e/T_i 依存性

[1] Progress in the ITER Physics Basis, Chapter 2: Plasma confinement and transport, Nucl. Fusion **47** S18 (2007)

[2] The international global H-mode confinement database <http://efdasql.ipp.mpg.de/hmodepublic>

[3] F. Ryter private communication

[4] E. Narita *et al.*, Proc. 21st Toki Conf., P1-5, 28 Nov.-1 Dec. 2011

[5] R. Waltz *et al.*, Phys. Plasmas **4**, 2482(1997). Source program is downloaded from <http://w3.pppl.gov/ntcc/GLF/>.

[6] M. Kotschenreuther *et al.*, Comp. Phys. Comm. **88**, 128(1995). Source program is downloaded from <http://www.gs2.sourceforge.net/>.