

# LHD平衡における有限ベータ乱流輸送のジャイロ運動論シミュレーション Finite-beta gyrokinetic turbulence simulations compared with Large Helical Device experiments

石澤明宏、渡邊智彦、洲鎌英雄、前山伸也<sup>1</sup>、中島徳嘉  
A. Ishizawa, T.-H. Watanabe, H. Sugama, S. Maeyama<sup>1</sup>, N. Nakajima

核融合科学研究所、日本原子力開発研究機構<sup>1</sup>  
NIFS, JAEA<sup>1</sup>

核融合トラスプラズマにおいてプラズマベータ（無次元化した圧力）が有限な場合、最も研究されてきたイオン温度勾配不安定性が駆動する乱流（ITG乱流）は安定化される傾向がある。典型的な計算では、ベータ値が大きくなるとITG乱流は安定になり粒子・熱輸送に寄与しなくなり、他の電磁的な不安定性が乱流を駆動する。大型核融合トラスプラズマ装置ではプラズマベータは数%になるため、この電磁的な乱流の理解が必須である。

本研究では、電磁的ジャイロ運動論シミュレーションコード[1]を用いて、大型ヘリカル装置における有限ベータプラズマの乱流輸送を調べた。そして、VMECコード（MHD平衡解析コード）によって得られた磁場分布および密度温度分布を用いて有限ベータLHD実験における微視的不安定性の解析結果、およびLHDモデル磁場配位を用いた乱流による熱および粒子輸送を示す。

図は高イオン温度放電と呼ばれる放電番号88343（小半径位置は0.65）に対する微視的不安定性の線形解析結果を示す。図1にいくつかのベータ値に対する線形成長率が示す。小半径位置0.65での局所的なベータ値は0.2%であり、このベータ値に対してITGが不安定である。このITGの静電ポテンシャル揺動の磁力線方向分布を図2に示す（ $z=0$ が横長断面のトラス外側を表す）。ヘリカルリップルの影響で揺動が磁力線方向に波打つことがわかる。

図1には仮想的にベータ値のみを上昇した場合に対する不安定性の成長率も示した。ベータ値の上昇とともにITGは安定化され、ベータ値が1.8%程度から運動論的バルーニングモード（KBM）が不安定になる。ITG乱流とKBM乱流による異常輸送の違いを理解するためにLHD

モデル磁場配位を用いて行った非線形計算結果についても報告する。

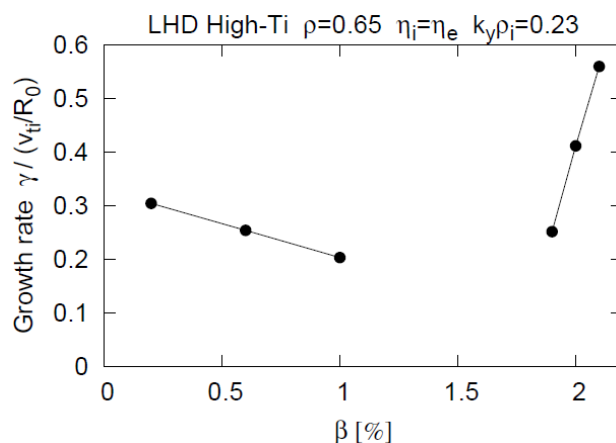


図1 LHD実験放電番号88343の小半径位置0.65における微視的不安定性の成長率。局所的なプラズマベータは0.2%。

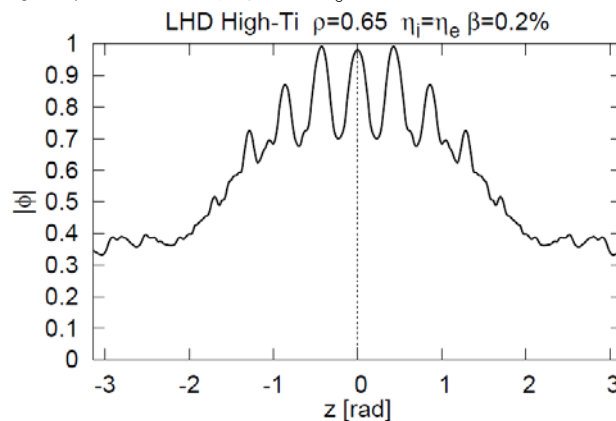


図2 図1中でプラズマベータ0.2%における最も不安定なITGモードの静電ポテンシャル揺動の磁力線方向分布。

## 参考文献

- [1] A. Ishizawa, S. Maeyama, T.-H. Watanabe, H. Sugama and N. Nakajima, Nuclear Fusion, 053007 (2013).