

乱流輸送のベータ値依存性の大域的ジャイロ運動論シミュレーション Beta dependence of turbulent transport via global gyrokinetic simulation

石澤明宏、今寺賢志、中村祐司、岸本泰明

ISHIZAWA Akihiro, IMADERA Kenji, NAKAMURA Yuji, KISHIMOTO Yasuaki

京都大学大学院エネルギー科学研究科

Graduate School of Energy Science, Kyoto University

磁場閉じ込めプラズマにおいて、規格化された圧力(β)は重要なパラメータである。JT60-SAのような高 β を目指したプラズマ閉じ込めを実現するためには、閉じ込め悪化の原因である微視的乱流の β 値依存性を理解することが求められる。この課題を、大域的ジャイロ運動論シミュレーションを用いて取り組んでいる。

磁場閉じ込めプラズマにおける乱流は、 β が有限になると電磁的になる。この電磁的乱流は低 β でイオン温度勾配(ITG)不安定性や捕捉電子モードによって駆動され、高 β では運動論的バルーニングモード(KBM)によって駆動される(図1)。そして、局所的ジャイロ運動論シミュレーションでは高 β においてITG不安定性およびKBMの非線形飽和が得られない問題がある。一方、大域的ジャイロ運動論シミュレーションコードGKNET[1]により、局所シミュレーションで非線形飽和が得られない有限 β 領域において、ITG不安定性およびKBMの非線形飽和を得た[2]。KBM乱流の定常状態における静電ポテンシャル揺動の乱流成分の分布(図2右)は、ITG乱流(低 β)の揺動(図2左)と同様である。

本発表では、大域的ジャイロ運動論シミュレーション結果を解析し、乱流輸送を評価した結果を報告する。図3はイオンエネルギー束の β 値依存性を示す。図1で示されたITG不安定性の線形成長率は β とともに減少することに反して、エネルギー束は減少しないことが明らかになった。これは乱流揺動の大域的効果の影響であると考えられる。また、 $\beta_i=1.6\%$ のKBMの成長率は $\beta_i=0.2\%$ のITGモードよりも低いにもかかわらず、エネルギー束はKBM乱流のほうがITG乱流より大きいことが示された。図4は粒子束を示す。ITG乱流によるイオン粒子束は β とともに増大し、KBM乱流はITG乱流より粒子束が大きいことが示された。KBM乱流のほうがITG乱流より粒子束が大きい理由は、温度勾配によって駆動されるITG不安定性と異なり、KBMは密度勾配も含んだ圧力勾配によって駆動され

ることに起因すると考えられる。

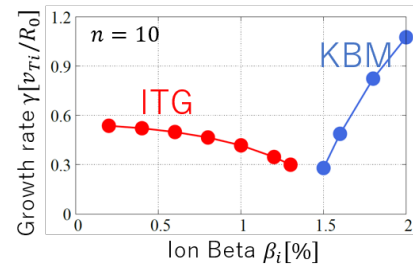


図1. 微視的不安定性の β 値依存性。

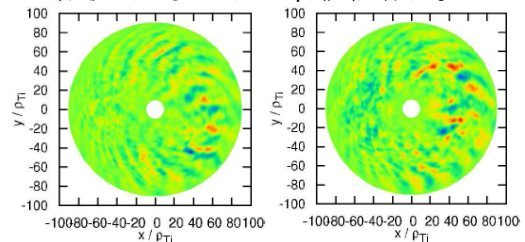


図2. ITG乱流(左)とKBM乱流(右)の静電ポテンシャル揺動分布。

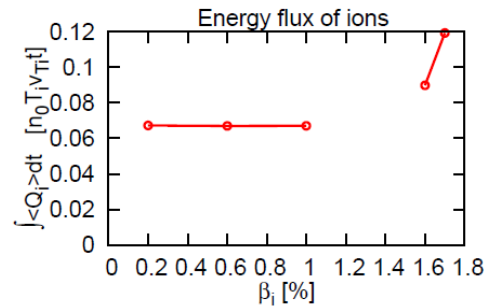


図3. イオンエネルギー束の β 値依存性。

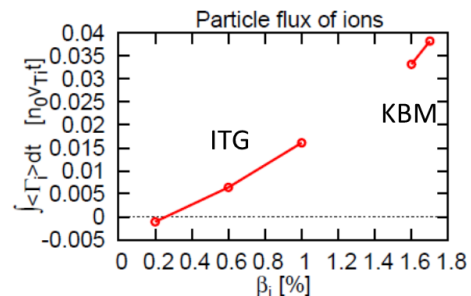


図4. イオン粒子束の β 値依存性。

[1] K. Imadera, Y. Kishimoto, K. Obrejan, T. Kobiki and J. Q. Li, IAEA-FEC, TH/P5-8 (2014).

[2] A. Ishizawa, K. Imadera, Y. Nakamura, and Y. Kishimoto, Phys. Plasmas, 26, 082301 (2019).