

## ヘリカルプラズマでの、ジャイロ運動論解析による熱拡散係数モデルの輸送シミュレーションへの適用研究における進展

### Progress in applying a gyrokinetic heat diffusivity model to transport simulations in helical plasmas

登田慎一郎, 沼波政倫, 石澤明宏<sup>1</sup>, 村上定義<sup>2</sup>, 渡邊智彦<sup>3</sup>, 洲鎌英雄

Shinichiro TODA, Masanori NUNAMI, Akihiro ISHIZAWA<sup>1</sup>, Sadayoshi MURAKAMI<sup>2</sup>,  
Tomohiko -H. WATANABE<sup>3</sup>, Hideo SUGAMA

核融合研, 京大大学院エネルギー科学研究科<sup>1</sup>, 京大工<sup>2</sup>, 名大理<sup>3</sup>

National Institute for Fusion Science, Graduate School of Energy Science, Kyoto University<sup>1</sup>,  
Department of Nuclear Engineering, Kyoto University<sup>2</sup>, Graduate School of Science, Nagoya  
University<sup>3</sup>

磁気核融合装置におけるプラズマ閉じ込めにおいて、乱流輸送は最も重要な研究課題の一つである。プラズマ性能の改善には、プラズマ乱流輸送についてさらなる研究が必要である。ジャイロ運動論方程式を解くGKVコードを用いて、ヘリカルプラズマにおける乱流輸送について、大型ヘリカル装置(LHD)でのイオン温度勾配不安定性(ITG)モードや帯状流について研究する。イオン熱拡散係数はジャイロボーム熱拡散係数とある関数の積とする。ある関数はITG成長率の混合長概算と帯状流の崩壊時間に依存する。イオンの熱拡散係数について、線形ジャイロ運動論解析から計算される混合長概算と帯状流崩壊時間の関数が簡約化モデルとして導出されている。統合コードTASK3Dでは、熱乱流拡散係数についてはジャイロボームスケールングが用いられ、LHDにおける実験結果と解析結果との比較が行われている。しかしながら輸送コードの中で時間ステップごとに、ジャイロ運動論線形解析を行うことは非常に計算コストがかかる。輸送障壁のような改善モードを得ることができる実験シナリオを提案するには、ある程度の領域でのプラズマパラメータサーベイが必要である。輸送コードで乱流輸送係数にどのモデルを選ぶべきか決めるために、多くの微視的不安定性からどのモードが不安定化しているか、そしてその乱流レベルを評価する必要がある。LHDでの高イオン温度放電(ショットナンバー88343)におけるITGモードについて研究を行った[1]。混合長概算の値を大半径のイオン温度勾配長に対する比に比例する形でモデル化する。径方向に比例係数や、ITGが不安定化するイオン温度勾配長を求める。また帯状流崩壊時間の径方向依存性を調べる。このとき、磁場配位を時間的に固定する。さらなるモデル化によって、高速に簡約化モデルの値を十分な精度で再現することができた。さらなるモデル化したイオン乱流輸送係数を用いて、イオン温度のダイナミクスを輸送コードTASK3D-pにより解析する。新古典輸送に関しては、データベースDGN/LHDを用いる。初期条件として、LHDでの高イオン温度放電(#88343)で定常と考えられるイオン温度分布を用いる。解析の結果、多重解から正の電場を選んだ時に、実験結果と矛盾のない結果が得ることができた。このときの計算コストは、輸送コードの時間ステップごとにジャイロ運動論線形解析を行う場合と比べ、非常に少ない。同様の解析を、違う密度分布の場合(LHD#109081)に行った。 $\eta_i$ (密度勾配長とイオン温度勾配長の比)の値が小さくなるため、ITGモードが不安定化されない。これまでは、電子については断熱応答で扱えると近似した。しかしながら、電子についてもジャイロ運動論的解析を行うと、イオンの乱流熱流束が、断熱応答電子の場合より数倍になる場合もあることが示されている。今後は電子についてもジャイロ運動論的解析を行い、簡約化モデルを改良、構築していく予定である。

[1] S, Toda, M. Nunami, A. Ishizawa, T. -H. Watanabe and H. Sugama, Journal of Physics: Conference Series, Vol. 561 (2014) 012020