

磁場閉じ込めプラズマ中の拡散輸送と非拡散輸送
Diffusive and non-diffusive transport in magnetically confined plasmas

永岡賢一
 Kenichi Nagaoka

核融合科学研究所、名古屋大学大学院理学研究科
 National Institute for Fusion Science, National Institutes of Natural Sciences,
 Graduate school of Science, Nagoya University

オーガナイズドセッション「実験室プラズマ・天体プラズマ連携セッションー加熱・輸送・乱流現象を中心にー」で、磁場閉じ込めプラズマ実験研究からの話題提供を目的として、拡散輸送と非拡散輸送という観点から乱流輸送を議論する。

核融合燃焼プラズマ実現を目指した磁場閉じ込めプラズマ実験は、乱流輸送をどのように制御/抑制するか? という挑戦といっても過言ではない。乱流は、熱や粒子の勾配が支える自由エネルギーにより駆動され、熱や粒子の輸送を劇的に増大させる。一方で、帯状流など特徴的な構造形成により、乱流輸送が低減することも実験的に明らかにされてきた[1]。

大型ヘリカル装置 (LHD) を用いたプラズマ実験では、イオン内部輸送障壁と呼ばれる輸送低減による顕著な温度勾配の形成が観測された [2]。このプラズマでは、乱流による熱輸送が低減するが、運動量輸送の低減、外向きの炭素不純物輸送の駆動、プラズマ回転の駆動も同時に観測され、異なる物理量の輸送が相関を持つこと (非拡散輸送) が示された[3]。

また、軽水素、重水素プラズマの比較で観測される輸送の同位体効果の謎[4]や、多種イオンプラズマ中の特徴的な粒子輸送の観測など、LHD 実験を中心に、実験室プラズマの乱流輸送に関する実験研究から、教科書的でない現象をダイジェスト的に紹介し、プラズマの乱流輸送に対する新しい描像について議論する。

[1] A. Fujisawa, Nuclear Fusion, 49, 013001 (2009).

[2] K. Nagaoka, et al., Plasma Fusion Res. 5, S2029 (2010).

[3] K. Nagaoka, et al., Nuclear Fusion, 51, 083022 (2011).

[4] K. Nagaoka, et al., 27th IAEA-Fusion Energy Conference, 22-27 Oct. 2018, Ahmedabad, India.

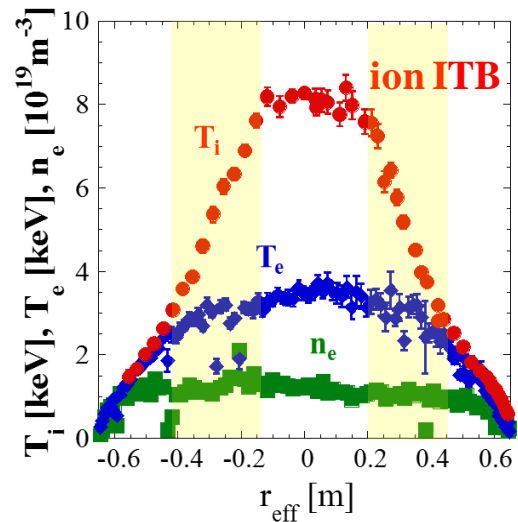
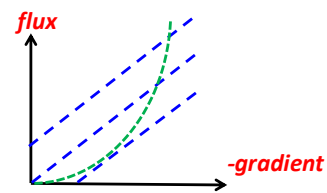


Fig.1 Radial profiles of ion temperature, electron temperature, and electron density of ion ITB plasma



輸送研究とは、fluxと勾配の関係を理解すること

粒子: $\frac{\Gamma}{n} = -D \frac{\nabla n}{n} + X_1$

運動量: $\frac{P_\phi}{mn} = -\mu \nabla V_\phi + X_2$

熱量: $\frac{Q}{n} = -\chi \nabla T + X_3$

拡散輸送 非拡散輸送

Fig.2 Flux-gradient relation to be studied in experiment and diffusive and non-diffusive transport terms in diffusion equations,