

共鳴摂動磁場を印加したトロイダルプラズマにおける熱拡散係数のパラメータ依存性

Dependence of radial thermal diffusivity on parameters of toroidal plasma affected by resonant magnetic perturbations

菅野龍太郎, 沼波政倫, 佐竹真介

Ryutaro KANNO, Masanori NUNAMI, Shinsuke SATAKE

核融合科学研究所

National Institute for Fusion Science

共鳴摂動磁場 (RMP) を用いてMHD不安定性を制御する場合において、核融合プラズマのエルゴディック領域におけるプラズマ輸送の基本的な性質を理解することは重要である。低衝突領域におけるトロイダルプラズマの衝突輸送現象に対するRMPが与える影響について、核融合科学研究所プラズマシミュレータを用いて解析 (δf 法に基づくドリフト運動論的シミュレーション) を行った。

背景プラズマの密度・温度分布を固定、電場・平均速度・中性粒子・不純物は無視する仮定の下でRMPを印加した場合、イオンの動径方向熱拡散係数は図1のように v_{eff}/ω_b に依存することが分かった。ここに、 $v_{\text{eff}} \sim v/\varepsilon_t$ は有効衝突周波数、 ω_b はバウンス周波数である。また、 $\chi_r^{(0)}$ は新古典熱拡散係数である。

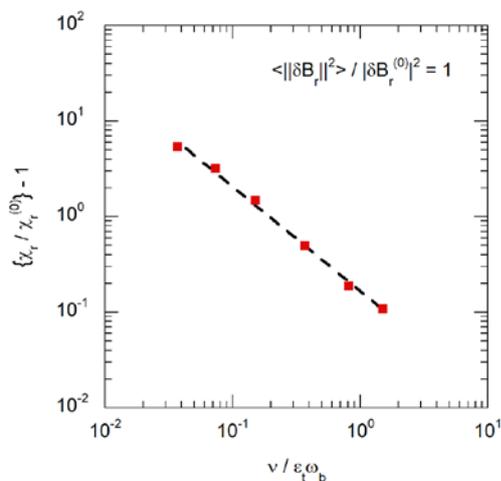


図1. 熱拡散係数と v_{eff}/ω_b の関係

図1より、 ω_b/v_{eff} が熱拡散係数を決める主要な物理パラメータの1つであることが分かる。さらに、図2および3のように、粒子質量 m およびトロイダル磁場強度 $|B_{t0}|$ に対する依存性についても調べた。

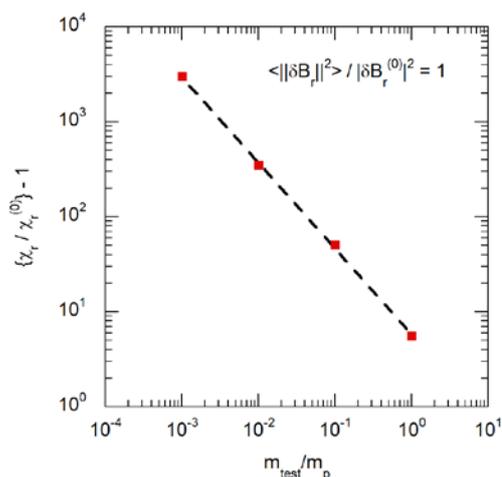


図2. 熱拡散係数と m の関係

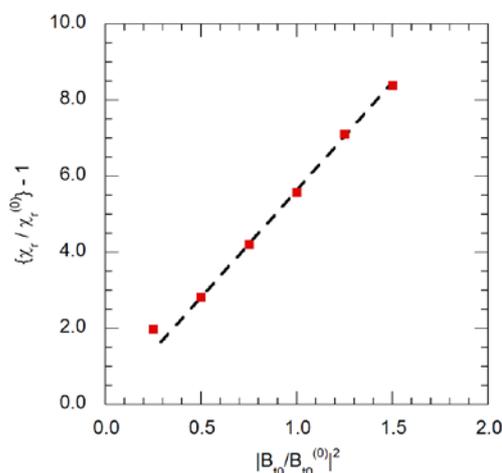


図3. 熱拡散係数と $|B_{t0}|$ の関係

以上のシミュレーション結果を整理すると、イオン熱拡散係数は下記のようにまとめられる。

$$\chi_r = \chi_r^{(0)} \left\{ 1 + \tilde{c}_0 \left(\frac{qR}{\sqrt{\varepsilon_t} \Delta_b} \right)^2 \left(\frac{\omega_b}{v_{\text{eff}}} \right) \frac{\langle \|\delta B_r\|^2 \rangle}{|B_{t0}|^2} \right\}.$$

ここで、 \tilde{c}_0 は係数であり、 $\tilde{c}_0 \sim 10^{-4}$ である。