

LHD 高電子温度プラズマの新古典輸送シミュレーションを用いた径電場解析

Radial electric field analysis by neoclassical transport simulation for LHD high T_e plasmas

松岡清吉, 佐竹真介¹, 高橋裕巳¹, 井戸毅¹, 清水昭博¹, 若狭有光, 横山雅之¹, 沼波正倫¹, 下妻隆¹,
村上定義², LHD 実験グループ¹

Seikichi MATSUOKA, Shinsuke SATAKE¹, Hiromi TAKAHASHI¹, Takeshi IDO¹, Akihiro SHIMIZU¹, Arimitsu WAKASA, Masayuki YOKOYAMA¹, Masanori NUNAMI¹, Takashi SHIMOZUMA¹, Sadayoshi MURAKAMI², and the LHD Experiment Group¹

高度情報科学技術研究機構, 核融合研¹, 京都大学²
RIST, NIFS¹, Kyoto Univ.²

LHD をはじめとするヘリカル型プラズマ閉じ込め装置において, プラズマ中心部に急峻な電子温度勾配 (電子温度輸送障壁) 形成を伴う高電子温度プラズマが観測されている. それらの高電子温度プラズマでは, コア付近に強い正の径電場 (電子ルート) が同時に形成されていることから CERC (Core Electron-Root Confinement) プラズマと呼ばれており [1], 電子ルート径電場の形成が低衝突周波領域で新古典輸送を抑制していることが示されている [2]. ヘリカルプラズマでは, 径電場は電子とイオンの新古典粒子フラックスの両極性条件によって決定される. 従って, CERC プラズマの輸送過程を明らかにし, 閉じ込め性能の予測を行うためには, 輸送解析の基板となる新古典輸送, 及び両極性径電場を定量的に予測・評価することが重要である. また, CERC プラズマでは新古典輸送よりも大きな異常輸送が存在しており, CERC プラズマ中の異常輸送が乱流に起因し, さらにそれが径電場シアによって抑制されることで輸送障壁を形成されることが示唆されている [3]. CERC プラズマでは急峻な電子温度勾配が存在することから乱流を駆動する要因としては ETG 乱流が考えられるが, CERC プラズマにおける ETG 乱流についての研究はあまり進められておらず, 具体的な乱流の駆動機構や輸送障壁形成過程を説明するような輸送モデルは未だ明らかになっていない.

CERC プラズマのような高電子温度のヘリカルプラズマでは, 電子についても有限軌道幅効果と呼ばれる径方向ドリフトの効果が重要になる. FORTEC-3D [4] コードは有限軌道幅効果を含んだドリフト運動論方程式を解くことで新古典輸送を求めることが出来るため, CERC プラズマの新古典輸送と両極性径電場を求めるのに適したコードである. CERC プラズマでは, 種々の磁場配位に対して Heavy Ion Beam Probe (HIBP) を用いてポテンシャル分布が計測されているため, FORTEC-3D で得られた両極性径電場と HIBP による実験計測値を比較し, FORTEC-3D による新古典輸送シミュレーション結果について定量的な妥当性を評価する. また, CERC プラズマの輸送過程についてより詳細な議論を行うには, 新古典輸送に加えて乱流に起因する異常輸送の評価が重要になる. ここでは, 実験でのパワーバランスから評価した熱拡散係数と新古典輸送による寄与を比較することで, 異常輸送の大きさを見積もる. さらに, いくつかの CERC プラズマについて, ジャイロ運動論コードである GKV-X [5] を用いて ETG 乱流の線形成長率を評価し, 異常輸送の原因について考察する. また, 得られた線形成長率と径電場シアを比較することで CERC プラズマにおける輸送モデルについて議論する.

- [1] M. Yokoyama, *et al.*, Fus. Sci. Tech. **50** (2006) 327
- [2] S. Matsuoka, *et al.*, Plasma Fus. Res. **8** (2013) 1403039
- [3] A. Fujisawa, *et al.*, Phys. Plasmas **7** (2000) 4152
- [4] S. Satake, *et al.*, Plasma Fus. Res. **3** (2008) S1062
- [5] M. Nunami, *et al.*, Plasma Fus. Res. **5** (2010) 016