

JT-60UのHモードペデスタル形成における径電場非一様性の効果

Experimental validation of non-uniformity effect of the radial electric field on the edge transport barrier formation in JT-60U H-mode plasmas

神谷健作¹, 伊藤公孝^{2,3}, 伊藤早苗^{3,4}
KAMIYA Kensaku¹, ITOH Kimitaka^{2,3}, ITOH Sanae^{3,4}

¹量研機構, ²核融合研, ³九大極限プラズマ研究連携セ, ⁴九大応力研
¹QST, ²NIFS, ³Research Center for Plasma Turb. Kyushu Univ., ⁴RIAM Kyushu Univ.

はじめに

電場シアが乱流揺動を抑制し勾配が急な領域を生み出すという、説明がしばしばなされているが、帯状流による揺動抑制までひっくりめ、何でも「電場シア」と説明する傾向がある。この「常識」は改善されるべきであり、理論的には電場シアによる抑制効果と電場曲率による抑制効果は別々のものとして認識されている。[1]に説明されたように、「乱流渦の電場シアによるストレッチングに起因する、乱流渦の非線形緩和率増大」の機構は、揺動エネルギーが速く散逸（熱化）される過程であり、電場曲率が揺動緩和を加速する事も指摘されている[2]。一方、[3]に述べられているように、揺動エネルギーが帯状流等ポロイダル方向の流れに転換される過程は、熱化ではなく、『コヒーレントなエネルギー転換』である（電場曲率に比例）。理論的には、二つのプロセスが区別されており、共存しうると予測されている（実験的には未検証）。

実験結果

QSTとNIFS/九大との国内共同研究に基づいて、JT-60Uにおける高分解能での周辺径電場計測結果を利用して、今回初めて電場シア及び曲率の周辺輸送障壁(ETB)形成に対する効果を調べた[4,5]。電場シア及び曲率の各項はドリフト波揺動の散逸及びコヒーレントなエネルギー転換における非線形過程に本質的に連関するので、それぞれについて調べたところ、規格化イオン温度勾配のピーク位置では電場シア項は周辺輸送障壁形成と大きな相関は無く、他方電場曲率項が重要な役割を果たしていることがわかった。また実験データを利用して理論モデルから評価した乱流抑制効果係数と観測されたイオン温度勾配の改善が正相関を示すことから、理論モデル予測の妥当性が確認された（図1）。

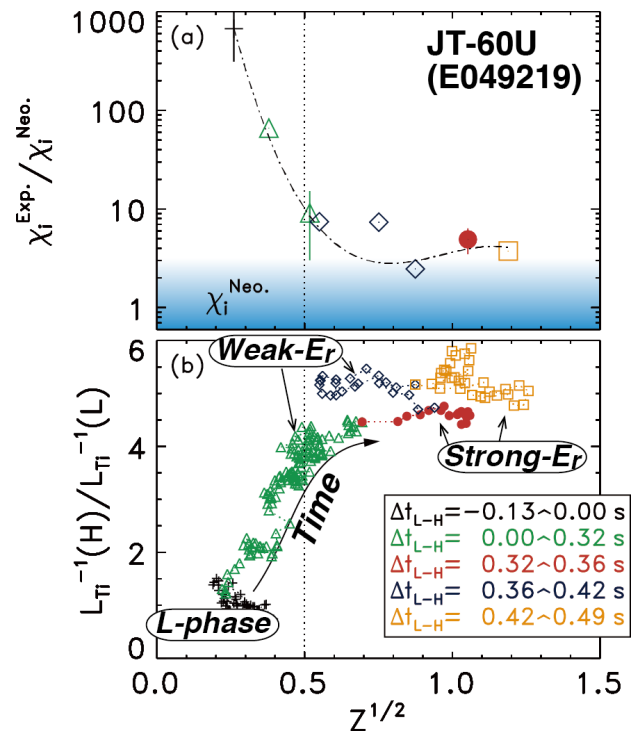


図1. 閉じ込め改善モード遷移時のH-mode輸送障壁部における(a)イオン熱輸送係数（新古典輸送係数で規格化）と(b)イオン温度勾配のスケール長（Lモードフェイズでの値で規格化）に対する電場シア及び電場曲率を用いて理論モデルで計算した乱流抑制効果係数との関係。横軸の乱流抑制効果係数Zは、 $\alpha (dE_r/dr)^2 + \beta (E_r \times d^2E_r/dr^2)$ に比例する（ α 及び β は理論モデルから予想される乱流揺動の空間スケールに関する比例定数）。

参考文献

- [1] H. Biglari, P. H. Diamond, and P. W. Terry, Phys. Fluids B **2**, 1 (1990).
- [2] S.-I. Itoh, et al., Phys. Rev. Lett. **72**, 1200 (1994).
- [3] P. H. Diamond, et al. Plasma Phys. Contr. Fusion **47**, R35 (2005).
- [4] K. Kamiya, K. Itoh, and S.-I. Itoh, Scientific Reports **6**, 30585 (2016).
- [5] K. Itoh, et al., Nucl. Fusion **57**, 022005 (2017).