

Statistical Analysis of Density Fluctuation in Edge Plasmas Associated with Non-Diffusive Plasma Transport

大野哲靖¹⁾, 古田賢寛²⁾, 三好秀暁²⁾, 高村秀一²⁾, 菊池祐介²⁾, 上杉喜彦²⁾増崎 貴³⁾, V. P. Budaev⁴⁾名大理工総研¹⁾, 名大工²⁾, 核融合研³⁾, クルチャトフ研⁴⁾OHNO Noriyasu¹⁾, FURUTA Katsuhiko²⁾, MIYOSHI Hideaki²⁾, TAKAMURA Shuichi²⁾,KIKUCHI Yusuke²⁾, UESUGI Yoshihiko²⁾, MASUZAKI Suguru³⁾, BUDADEV Viatcheslav⁴⁾CIRSE¹⁾, Graduate School of Eng.²⁾, Nagoya Univ., NIFS³⁾, Kurchatov Inst.⁴⁾

トカマク装置の周辺プラズマ領域において、磁力線を横切る非拡散的な粒子・熱輸送現象が注目されている。この非拡散的な粒子・熱輸送は、スクレープ・オフ層 (SOL) での平坦な密度分布や第一壁での水素リサイクリングの増大などに関連していると考えられている。この非拡散的な粒子・熱輸送現象に関連して、SOL 領域のイオン飽和電流の観測において、正のバーストの揺動が観測されている。また高速カメラを用いた発光の2次元計測において、小さなプラズマの塊 (Blob) が第一壁側に伝搬する様子が捉えられている。バースト的な密度揺動は直線型装置でも観測されており、磁場閉じ込め方式に依存しない普遍的な現象であると考えられている。しかし、密度バーストの性質やその生成機構は明らかになっていない。

今回、直線型のダイバータプラズマ模擬試験装置 NAGDIS-II を用いて、その周辺領域でのイオン飽和電流の詳細な計測を行った。本装置は定常で高密度プラズマが生成可能であり、バースト的な揺動現象の長時間観測が可能である。バースト的な揺動の性質を明らかにするために、異なる径方向位置でのイオン飽和電流データから確率密度分布関数 (p. d. f.) を構成し、揺動特性の径方向位置依存性を解析した。また歪度 (Skewness) などの指標を用いて p. d. f. の変化を定量化した。Fig. 1 に解析結果の一例を示す。接触プラズマ (Fig. 1 (a)) の周辺領域では歪度が正である非対称な p. d. f. が得られ、周辺領域で多くの正のバースト信号が存在することが分かる。これに対してプラズマ中心部では歪度が負になっている。さらにプラズマを非接触状態へ変化させると、すべての領域で歪度は正となっている (Fig. 1 (b))。

径方向に 3mm ずつ離れている三探針プローブを用いてイオン飽和電流の同時計測を行い、密度バーストの径方向速度を解析した。ここでは通常の相互相関ではなく、ウェーブレット変換および逆変換を用いて各ウェーブレットスケールに対して相関を取るという方法を用いて、各密度バーストに対する速度を算出し、密度バースト群全体の速度分布関数を再構成した。この結果、密度バーストは外側、内側両方に伝搬しているが、周辺領域では平均速度は外向きに向いていることが明らかになった。さらに密度バーストの速度分布の磁場強度に対する依存性や接触状態から非接触状態に伴う変化を明らかにした。

さらにイメージンシファイアー付高速カメラ (I-CCD) を用いた発光揺動の2次元観測を行った。プラズマ端よりイオン線および中性線の観測を行ったところ、プラズマが径方向へ間欠的に吐き出されている様子が観測された。特に非接触プラズマ中において、間欠的なプラズマの吐き出しが顕著であった。

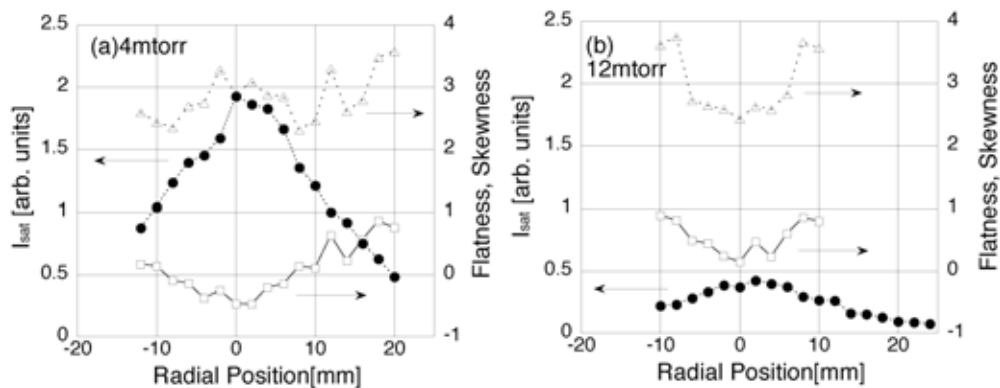


Fig. 1 Radial profiles of the mean values of I_{sat} (closed circles), the skewness (open squares) and the flatness (open triangles) as a neutral pressure of (a): 4 mtorr corresponding to the attached plasma, (b) 12 mtorr in the detached plasma.