

ビーム放射分光法を用いた LHD における密度揺動計測

核融合研, 東大高温プラズマ研究セ^A
大石鉄太郎, 門信一郎^A, 居田克巳, 吉沼幹朗

Measurement of Density Fluctuations using Beam Emission Spectroscopy in LHD

NIFS, High Temperature Plasma Center, The University of Tokyo^A
T.Oishi, S.Kado^A, K.Ida, M.Yoshinuma

大型ヘリカル型プラズマ閉じ込め装置(Large Helical Device: LHD)では, トーラスプラズマにおける異常輸送の解明を目的とし, ビーム放射分光法(Beam Emission Spectroscopy: BES)を用いたプラズマ密度揺動計測システムの開発が進められている[1]. BES では, プラズマに入射した中性水素原子ビームが放射する H_{α} 線スペクトル(ビーム輝線)を, プラズマ中に観測視線をとって計測し, 信号強度を局所的なプラズマ密度として解釈する. これまでに, プラズマの赤道面に平行にとった観測視線を用いて, プラズマ周辺部の電磁的な揺動を計測できている[2].

現在, 径方向の空間分解能を最適化するために, 真空容器下部の計測ポートからポロイダル方向に観測視線をとる計測システムを構築中である[3]. このシステムでは, コア径 0.8 mm, クラッド径 1 mm のファイバ 13 チャンネルからなるアレイを, 焦点距離 400 mm, 直径 160mm の大口径レンズを用いて, プラズマの赤道面に倍率 9.2 倍で結像させる. このとき結像面において, 空間分解能は視線の幅に相当し 7.3 mm, 視線間隔 Δx は 9.2 mm となる. ナイキスト波数 $k_N = 2\pi / (2\Delta x) = 3.4$ [rad cm⁻¹]と求められる. これより計測可能な波数領域は, $T_e = 1$ keV, $B = 1.5$ T の時, 電子温度で評価したイオンラーマー半径 $\rho_s = (2m_e T_e / e)^{1/2} / B = 3.05$ [mm]より $k\rho_s < 1.04$ となる.

ドップラーシフトしたビーム輝線を背景光から分離するために, ツェルニー・ターナー型分光器を設計・製作した. 分光器内で, 反射型グレーティングで分散された信号光を, ビームスプリッタを用いて CCD カメラとアバランシェフォトダイオード検出器(APD)とに振り分ける. これにより, スペクトルイメージを CCD カメラで撮影する波長モニタ計測と, 単一波長成分を APD で時間分解する揺動計測を同時に行う.

揺動計測例を図 1 に示す. 対象とした放電は高い β 値を目指した実験でのものであり, プラズマ周辺部で MHD 的な揺動が発生しやすい条件になっている. 図 1(a)はプラズマ周辺部におけるビーム輝線強度の経時変化である. 光学系の改良により, 既存のシステムの 2~3 倍程度の信号強度が得られた. これを周波数解析して密度揺動の周波数スペクトルを求めたものが図 1(b)である. 1000~1200ms に 4.3kHz, 1300~1500ms に 2.3kHz と 1.4kHz の, いずれも MHD 振動と考えられる密度揺動が観測された. 径方向に多点同時計測しているため, 今後径方向の空間構造を調べる. 10kHz 以下の周波数領域では, 周波数に広がりのある乱流的な揺動も観測された.

(NIFS 一般共同研究: NIFS02KZPD003, NIFS05KLBB002: 代表 門信一郎)

- [1] 門信一郎, 大石鉄太郎 他, 日本物理学会講演概要集 第 61 巻 第 1 号 第 2 分冊 (2006) 30aUD-12
- [2] 大石鉄太郎, 門信一郎 他, 日本物理学会講演概要集 第 62 巻 第 1 号 第 2 分冊 (2007) 20aQA-5
- [3] 大石鉄太郎, 門信一郎 他, 日本物理学会講演概要集 第 63 巻 第 1 号 第 2 分冊 (2008) 26aRE-8

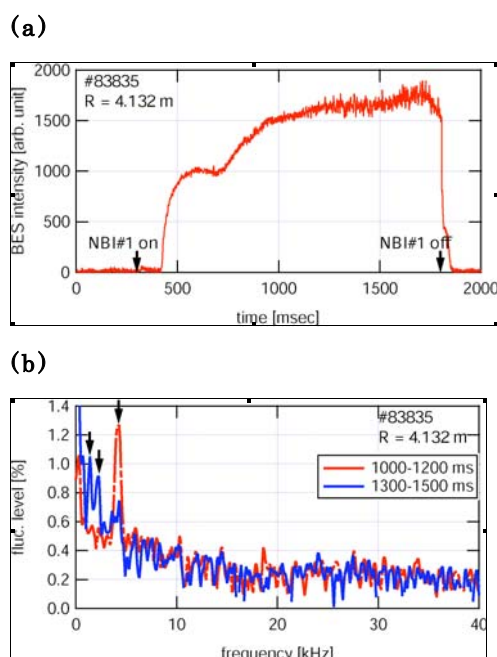


図 1 (a)BES 信号の経時変化. (b)密度揺動の周波数スペクトル.