

ヘリオトロンJにおけるビーム放射分光法を用いた密度揺動計測 Density Fluctuation Measurements with Beam Emission Spectroscopy in Heliotron J

村田駿介¹⁾, 小林進二²⁾, 門信一郎²⁾, 大島慎介²⁾, 小林達哉³⁾, 南貴司²⁾, 岡田浩之²⁾,
吉川正志⁴⁾, 中村祐司¹⁾, 石澤明宏¹⁾, 水内亨²⁾, 木島滋²⁾, 長崎百伸²⁾
S.Murata¹⁾, S.Kobayashi²⁾, S.Kado²⁾, S.Ohshima²⁾, T.Kobayashi³⁾, T.Minami²⁾, H.Okada²⁾,
M.Yoshikawa⁴⁾, Y.Nakamura¹⁾, A.Ishizawa¹⁾, T.Mizuuchi²⁾, S.Konoshima²⁾, K.Nagasaki²⁾

京大エネ科¹⁾, 京大エネ研²⁾, 核融合研³⁾, 筑波大学⁴⁾
GSES Kyoto Univ.¹⁾, IAE Kyoto Univ.²⁾, NIFS³⁾, Tsukuba Univ.⁴⁾

ヘリオトロンJ装置ではプラズマ内部の密度揺動の時空間構造計測にビーム放射分光(BES)法が用いられている[1]。BES法は、プラズマ中に入射された中性粒子ビームがイオン及び電子との衝突により励起・脱励起する際の輝線を検出する。そのためビームと観測視線の交差する局所的な領域の密度揺動を計測することができる。

先行研究では、検出光強度を向上させるための改良が行われてきた。しかし、乱流揺動を計測するためには検出素子であるアバランシェフォトダイオード(APD)によるノイズ(サーマルノイズ)の影響を低減する必要があることがわかった[2]。そこで本研究では、サーマルノイズを低減することを目的とし、APD用冷却装置を整備して計測を行った。

まずサーマルノイズの温度特性を評価するために、光を入射しない状態で室温時と冷却時のAPD出力をFFT解析により調べた。得られたパワースペクトルを全周波数帯で平均しノイズ強度を比較したところ、 -20°C 程度まで冷却す

るとノイズ強度が約40%低減されることがわかった(図1)。30~60 kHzに現れる複数のピークはAPDモジュールの回路内で発振しているノイズの可能性はある。

冷却したBES装置を用いて、ヘリオトロンJのNBIプラズマで径方向×ポロイダル方向: 4×2 の合計8chで密度揺動を観測した。解析の対象としたプラズマは線平均電子密度が $2.0 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$ 以上のNBI加熱プラズマである。観測された揺動は周波数が5~20 kHzに強い揺動振幅を持ち、2 cm程度離れたポロイダル方向のチャンネル間で高いコヒーレンスを持っていた(図2)。波数は $3 \times 10^{-2} \text{ cm}^{-1}$ 程度で、ポロイダルモード数は3と推定され、電子反磁性方向に回転していることがわかった。また、位相速度は $3 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ 程度であった。

[1] S.Kobayashi, Journal of Plasma Fusion Research Vol.93, No.1(2017), pp2-9

[2] 長慎一郎, プラズマ核融合学会, (2019)

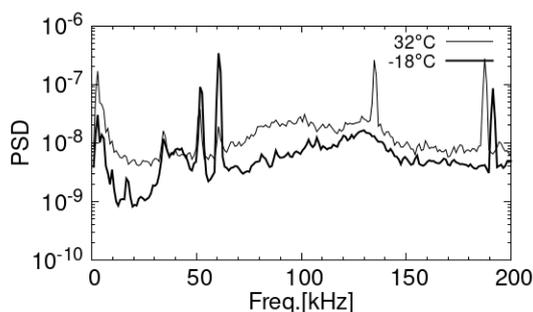


図1 APDモジュールのサーマルノイズのパワースペクトル。

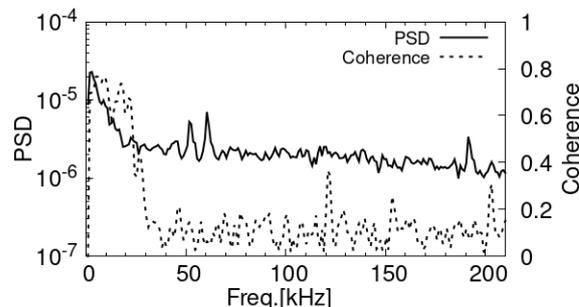


図2 BES法で観測された密度揺動のパワースペクトルとポロイダル方向のチャンネル間のコヒーレンス。