

23P-4F-09

ビーム放射分光法を用いたヘリオトロンJプラズマの 密度揺動二次元計測

Two-dimensional measurement of density fluctuations in Heliotron J plasmas using beam emission spectroscopy

*福嶋亮人¹, 小林進二², 長崎百伸², 門信一郎², 南貴司², 大島慎介², 王晨宇¹, 岡田浩之²,
小林達哉³, 中村祐司¹, 石澤明宏¹, 木島滋², 水内亨², 永岡賢一³, 村上定義⁴
*R. Fukushima¹, S. Kobayashi², K. Nagasaki², S. Kado², *et al.*

¹京大エネ科, ²京大エネ理工研, ³核融合科学研究所, ⁴京大院工
¹GSES, Kyoto Univ., ²IAE, Kyoto Univ., ³NIFS, ⁴DNE, Kyoto Univ.

揺動による輸送はプラズマ閉じ込めを悪化させる要因の一つとして考えられている。ヘリオトロンJではビーム放射分光法 (Beam Emission Spectroscopy, BES) を用いた密度揺動の計測が行われてきた。BES法は、中性粒子ビーム (NBI) がプラズマ中のイオン及び電子との衝突によって励起・脱励起する際の輝線を検出することでビームとプラズマが交差する領域の局所的な密度揺動の計測が可能である。

ヘリオトロンJを対象としたITG乱流シミュレーションにおいて、乱流揺動は平均密度で規格化した密度揺動強度(\tilde{n}/n)として0.1%程度の強度と試算されている[1]。先行研究では乱流揺動を計測するために、検出光強度を約3倍向上させる必要があると結論付けられた[2]。本研究ではヘリオトロンJコーナー部トラス外側周辺を見込む観測視線を構築し乱流揺動計測を目指す。トラス外側は磁場の曲率が悪く乱流揺動強度が高いこと、発光領域により近い観測視線が得られること、以上の二点から高精度の計測を期待できる。

BESによる計測を行うために、観測視線は中性粒子ビームと十分に角度を持ち、観測領域でなるべく磁力線に沿う必要がある。これらを実現するために真空容器内にミラーを設置した。また、得られるビーム輝線強度のモデル計算を行い、観測視線を決定した。計算手順は以下の通りである[3]。まず、モンテカルロ法を用いてNBIのビーム軌跡を評価し、イオン・電子による減衰を考慮したビーム密度の3次元分布を得る。次に励起したビーム粒子の飛程を考慮した輝線の空間分布を得る。最後に観測視線を選択することで輝線強度が得られる。ビーム輝線強度は次の式から求められる。観測視線変更による輝線強度向上にはビーム密度 n_{beam} (ビーム入射ポートからの近さ)、立体角

$\Delta\Omega$ (発光位置からの近さ)の増加が重要なポイントとなる。

$$I_{BE} = \int dl \frac{A_{32}}{A_{31} + A_{32}} n_{beam} (n_i \sigma_i v_{beam} + n_e \langle \sigma_e |v_{beam} - v_e| \rangle) h\nu \epsilon S \Delta\Omega / 4\pi$$

観測視線は径方向×ポロイダル方向:5×4の合計20chでプラズマ周辺部を見込む(図1)。モデル計算の結果より、新たな観測視線では $0.6 < r/a < 1$ の領域で従来と比較して数倍の輝線強度が期待できることが分かった(図2)。

- [1] A.Ishizawa et al., Nucl. Fusion 57 (2017)
- [2] 村田駿介 京都大学大学院エネルギー科学研究科修士学位論文(2020)
- [3] S.Kobayashi et al., Rev.Sci.Instrum.81 (2010)

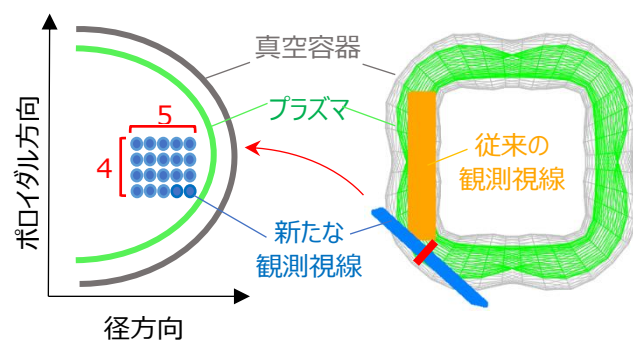


図1 観測視線の位置

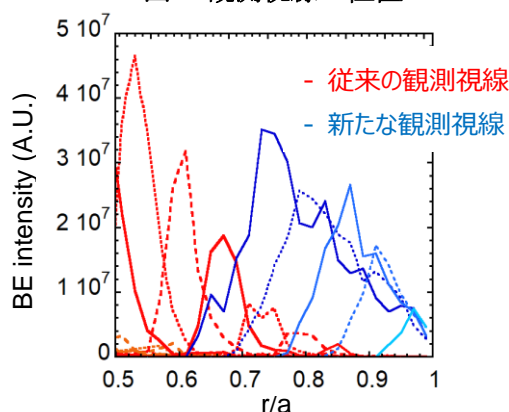


図2 各視線におけるビーム輝線強度の規格化小半径分布