

## ドップラー分光によるTOKASTAR-2トカマクプラズマの イオン温度計測と閉じ込め特性評価

### Ion temperature measurement and assessment of confinement of TOKASTAR-2 tokamak plasma using high dispersion high time resolution spectrometer

木股空良, 岡本敦, 藤田隆明, 有本英樹, 安田幸平, 門啓太郎, 角田圭志

Kimata Sora, Okamoto Atsushi, Fujita Takaaki, Arimoto Hideki

Yasuda Kouhei, Kado Keitaro, Tsunoda Keishi

名大院工  
Nagoya Univ

小型環状磁場閉じ込め装置TOKASTAR-2では、先行研究によりトカマクプラズマの電子温度・電子密度を分光学的手法により計測する手法が開発された[1]。エネルギー閉じ込め時間を定量的に評価するには、これらに加えてイオン温度を計測する必要がある。TOKASTAR-2のトカマクプラズマ持続時間は短く(<0.5 ms)、イオン温度が低いと予想される( $T_i \leq T_e = 10$  eV)ため、高波長分解能、高時間分解能を持つ分光器が必要である。このような背景から本研究では、ドップラー拡がりによりイオン温度の時間発展を計測するため、高時間分解・高波長分散の分光器を開発した[2]。

分光器の概念図を図1に示す。光ファイバーを通して入射スリット(スリット幅:50  $\mu\text{m}$ )から入射した光はレンズ(焦点距離:850 mm)を通り、平行光として回折格子(線密度:2400本/mm)で波長分散される。回折した光は上下に配置されたミラーで2方向に反射する。その光が二つの受光部PortA(スリット幅:50  $\mu\text{m}$ )、PortB(スリット幅:0.5 mm)において光電子増倍管(PMT)で検出される。PortAではドップラー拡がりの生じたスペクトルの一部が、PortBではスペクトルの全体が検出される。

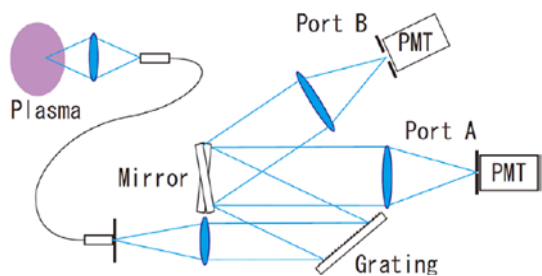


図1 分光器の概念図

分光器の基本性能である装置関数(波長分解能)0.027 nmと逆線分散0.42 nm/mmを得た。

次にTOKASTAR-2トカマクプラズマ( $I_p \sim 1$  kA)のイオン温度計測実験を行った。可動式のステージに乗ったPMT(PortA)を動かして、ヘリウムイオン線HeII(468.6 nm)に対し波長スキャンを行い、

図2に示すHeIIスペクトルを得た。1点につき10から30 shot計測し、合計250 shot計測した。図中の赤マーカーはトカマクプラズマが点灯している5.6~6.0 msのPortAのPMTの信号の積分値を、PortBの信号の積分値で割り、規格化したものである。PortBの波長は固定されており、十分に広いスリットによりHeIIスペクトル全体の信号を検出している。青線はHeIIの13ある微細構造を考慮しフィッティングした曲線である、スペクトルの半値全幅FWHMは0.039 nmであり、

$$(\text{FWHM})^2 = (\text{装置関数})^2 + (\text{Doppler width})^2$$

上記の計算式からスペクトルのドップラー拡がり0.029 nmであることが分かる。これはイオン温度2.5 eVに相当する。

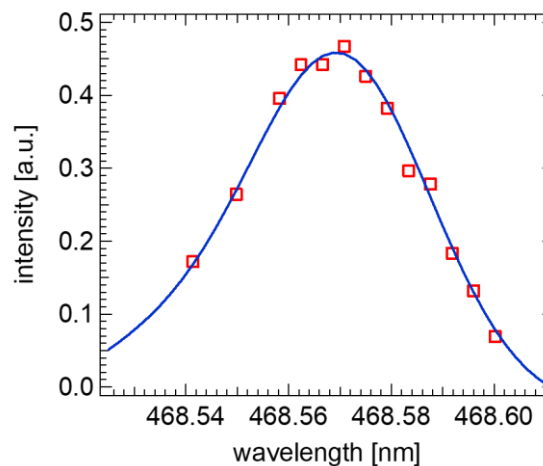


図2 HeIIスペクトル

[1] R. Yokoyama, *et al.* Plasma Fusion Res. **13**, 3402047 (2018).

[2] A. Okamoto, *et al.* Plasma Fusion Res. **14**, 1201165 (2019).

謝辞

本研究の一部はNIFS一般共同研究NIFS20KBAP060, NIFS20KLEP038の支援を受けた。