

## ヘリウムドーピングによるFRCの超音速移送過程の可視化 Visualization of supersonic translation process of FRC by helium doping

平間圭祐, 早田怜司, 小林大地, 関太一, 高橋努, 浅井朋彦  
HIRAMA Keisuke, HAYATA Reiji, KOBAYASHI Daichi, SEKI Taichi,  
TAKAHASHI Tsutomu, ASAI Tomohiko

日大  
Nihon Univ.

日本大学の FAT-CM 装置では, 磁場反転配位 (FRC) プラズマの超音速移送, 衝突合体実験を行っている[1]. FRC プラズマは磁場閉じ込めプラズマの一つであり, 閉じ込め効率が極限的に高いという特長を持つ. FRC プラズマの衝突合体実験では, 衝突によって配位が崩壊した後, FRC 様の構造が自己組織的に再形成されるなど, 未解明の現象が観測されているが, 合体過程における内部構造の時間発展の観測は, 内部磁気プローブアレイなどによる局所的なものに限定される. そこで, プラズマからの放射光を可視光領域で観測するトモグラフィカメラを開発し, コンピュータトモグラフィにより非接触での内部構造の観測を試みている[2].

高温になる重水素 FRC の内部構造を分光計測により観測することは困難であるため, トレーサー粒子として重水素イオンと比電荷に近いヘリウムイオンを混合し, この線スペクトルをトモグラフィカメラで観測することで, 衝突合体過程における FRC の内部構造の変化を推定できると考えた[3]. ヘリウムガス雰囲気中に FRC プラズマを通過させることでプラズマ中の重水素イオンや電子との衝突を介してヘリウムが電離し, その一部は FRC プラズマの閉じ込め磁場へ捕捉される. 本研究では, 移送過程においてヘリウムを混合させた場合の放射光を計測することで, この観測法の有効性を検証した.

トモグラフィ計測は FRC プラズマの移送軸上の 2 断面で行い, 各断面に 2 台ずつ互いに直交するようにトモグラフィカメラを設置した. ヘリウムイオンの有無を捉えられているかを検証するために, ヘリウムを混合しない場合との比較を行った. 背景の不純物による発光や放電ノイズに対して, 有意なヘリウムイオンの発光を観測できることを確認した. FRC プラズマが一方のトモグラフィカメラ設置断面を通過する, FRC の生成 ( $t = 0$ ) から 30 – 40  $\mu\text{s}$  の時間帯で明らかに出力値が異なっている (図 1).

続いて, Abel 変換により再構成像を得ることで, FRC 内部におけるヘリウムイオンの発光強度分布を推定した (図 2). 発光強度分布は, セパラトリクス半径  $r_s$  に対して磁気軸  $R$  でピークし, FRC の圧力平衡モデルの一つである剛体回転モデル (RRM) [4]

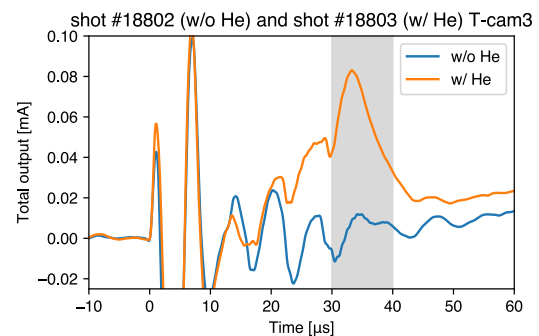


図 1 ヘリウムガスの有無による出力の違い

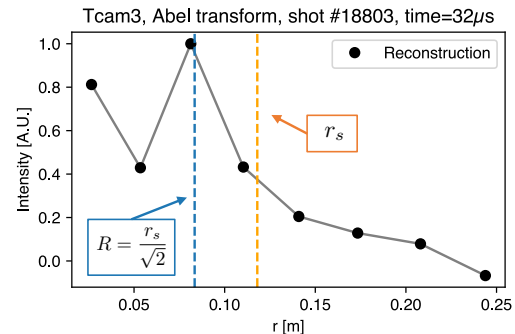


図 2 Abel 変換による発光分布の再構成結果

と類似したプロファイルとなった. このことから, ヘリウムイオンからの発光強度分布を計測することによって, FRC の内部構造を観測できることが示された. 中心軸近傍で RRM の構造から外れた要因として, FRC が径方向への運動が可能であることによる中心軸の位置のずれの影響が考えられる. この点については, 2 台のトモグラフィカメラ間の相対校正を行い, 位置情報の補正を行うことで解決できると考えられる.

### 参考文献

- [1] T. Asai *et al.*, *Nucl. Fusion* **59**, 056024 (2019).
- [2] T. Seki *et al.*, *Rev. Sci. Instrum.* **93**, 103520 (2022)
- [3] D. Kobayashi *et al.*, *Rev. Sci. Instrum.* **93**, 103526 (2022).
- [4] W. T. Armstrong *et al.*, *Phys. Fluids*, **24**, 2068 (1981).