

# ヘリウムドーピングによる衝突合体生成FRCのトロイダルフロー計測 Toroidal Flow Measurement of Collisional Merging Formed FRCs by Helium Doping

荒岡宏太, 小林大地, 関太一, 高橋努, 浅井朋彦

Kota Araoka, Daichi Kobayashi, Taichi Seki, Tsutomu Takahashi, Tomohiko Asai

日大  
Nihon Univ.

## 背景・目的

磁場反転配位 (Field-Reversed Configuration: FRC) プラズマは, 生成直後からイオンの反磁性方向にスピニングアップし, アルヴェン速度にも達するトロイダルフローが形成されるという特徴をもつ[1]. このスピニングアップは FRC 衝突合体生成過程の衝突直後の無秩序な状態から FRC 様の磁場構造が再構築された後にも観測され, 自己組織化的な生成過程の傍証であると考えられる[2]. この過程におけるトロイダルフローの影響を検証するためにプラズマの挙動を正確に計測する必要がある.

本研究ではトレーサー元素としてヘリウムを FRC に混合し, 空気由来の不純物と考えられる2価の炭素イオン (CIII) と1価のヘリウムイオン (HeII) の線スペクトルを用いたフロー計測を同時に行いイオン種によるフローの違いを検証し, プラズマの挙動計測としてのHeIIフロー計測の有用性を考察する. また, 加速度を質量に依存するE×Bドリフトと比電荷や密度に依存する反磁性ドリフトのどちらがトロイダルフローにおいて優勢であるか考察する.

## 実験方法

FAT-CM装置[3]におけるFRC衝突合体生成実験では, 装置両端の生成部のコニカルタータピンチによってFRC様のプラズモイドを生成・移送 (0-25  $\mu\text{s}$  程度) し, 装置中央の閉じ込め容器で衝突・合体 (30  $\mu\text{s}$  付近) させてFRCプラズマを生成する. このFRCプラズマは, 衝突合体後にFRC様の配位を形成してから配位が崩壊する  $t = 200 \mu\text{s}$  程度までスピニングアップしながらフローを形成する. 生成部出口に形成したヘリウム雰囲気中を通過させ, 初期プラズモイドにヘリウムイオンを混合し, 衝突合体後のHeIIおよびCIIIのイオンフローを閉じ込め容器で計測した. 衝突合体後のプラズマについて, 重水素イオンとCIII, HeIIそれぞれのおよその衝突時間は $\tau_{\text{CIII}} \sim 1.5 \mu\text{s}$ および $\tau_{\text{HeII}} \sim 0.17 \mu\text{s}$ 程度であり, また, 質量や比電荷もCIIIに比べてHeIIの方が重水素イオンに近く, HeIIの方がより重水素プラズマの挙動に近いと考えられる.

イオンフローの計測はイオンドップラー分光

(Ion Doppler spectroscopy: IDS) 計測[4][5]により行った. IDSシステム[1]は, 2系統のシステム (うち一つは2視線同時計測可能) を用いている. 1視線のシステムをCIII (229.69 nm), 2視線のシステムをHeII (468.57 nm) に合わせて分解能を調節し, CIIIとHeIIのイオンフローを同時計測した.

## 実験結果

図1はCIII, HeIIフロー同時計測の結果である. CIII計測, HeII計測ともに70-200  $\mu\text{s}$ の範囲でスピニングアップが観測され, HeIIの方がその傾きが大きくより加速していることが分かる. 計測した複数ショットの角加速度を比較し, CIIIでは  $(0.9 \pm 0.1) \times 10^3 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}$ , HeIIでは  $(1.2 \pm 0.2) \times 10^3 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}$ とHeIIの角加速度の方が大きいことが確かめられた. そのため衝突時間, 質量, 比電荷の比較から, 重水素イオンのスピニングアップはHeIIのものにより近いと考えられる. また, CIIIに対するHeIIの角加速度の比は $1.3 \pm 0.4$ であり質量比0.3とは一致せず, E×Bドリフトの寄与は小さいと考えられる.

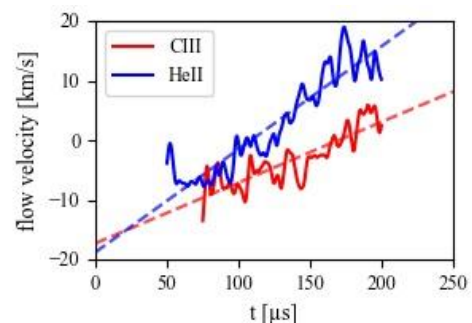


図1. 各イオン種トロイダルフローの時間発展 (#18549)

## 参考文献

- [1] Y. Komoriya, *et al*, *Plasma Fusion Res.* **5**, S2058 (2010).
- [2] T. Asai, *et al*, *Nucl. Fusion* **61**, 096032 (2021).
- [3] T. Asai, *et al*, *Nucl. Fusion* **59**, 056042 (2019).
- [4] R. J. Fonck, D. S. Darrow and K. P. Jaehnig, *Phys. Rev. A* **29**, 3288 (1984).
- [5] R. C. Isler, *Plasma Phys. Control. Fusion.* **36** 171 (1994).