

FRCの衝突合体生成過程における内部ロゴスキーコイルによる局所電流計測

Local current measurement by internal Rogowski coil in collisional merging process of FRCs

小笠原樹利¹, 関太一¹, 渡邊達大¹, 明石和久¹, 田村康明¹, 小林大地¹, 高橋努¹, 稲垣滋², 浅井朋彦¹
 OGASAWARA Juri¹, SEKI Taichi¹, WATANABE Tatsuhiro¹, AKASHI Kazuhisa¹, TAMURA Yasuaki¹,
 KOBAYASHI Daichi¹, TAKAHASHI Tsutomu¹, INAGAKI Shigeru², ASAI Tomohiko¹

¹日大, ²九大

¹Nihon Univ., ²Kyushu Univ.

1. 背景・目的

磁場反転配位 (FRC) は反磁性電流によるポロイダル磁場のみに閉じ込められる磁化プラズモイドである。2つの FRC 様のプラズモイドを生成し、それらを衝突合体させ1つの FRC を生成する衝突合体生成過程において、磁場構造の自己組織的な再形成や磁束の増幅が観測されている[1]。衝突前後で捕捉磁束が保存されず、衝突緩和過程において電流が駆動されていることが示唆されるが、その駆動機構は未解明である。本研究ではプラズマ内部に小型のロゴスキーコイルを挿入することで、衝突合体および緩和過程における局所電流とその時間発展の観測を試み、内部磁場構造やトロイダルフローの観測結果と比較する。

2. ロゴスキープローブ

本研究における電流計測のため、プラズマ内部に挿入可能なロゴスキープローブを開発した。FRCは、自身のトロイダル電流によって配位を自律的に維持するため、内部の侵襲計測や不純物による影響を受けやすい。ロゴスキープローブによる影響を最小限にするため、2次元抵抗性MHDシミュレーション[2]により予想される電流値から計測が可能な範囲でロゴスキーコイルの体積、表面積を最小にし、プラズマへの影響が比較的小さい窒化ボロン製のエンクロージャー内に収めた (図1)。



図1 ロゴスキープローブの外観

較正実験の結果、ロゴスキープローブの有効断面積 $\mu_0 S$ は 5.84×10^{-9} であり、10 kHzから2 MHz程度まで線形な応答を示し、衝突合体過程における観測のために十分な周波数応答を持つことが確認された。また、内部磁場計測よりセパトトリクスにおける磁場は0.03 Tであり、圧力平衡を仮定するとロゴスキープローブを貫くトロイダル電流 (240 kA) により100 mV程度の出力電圧が得られると推測される。

3. 実験方法

図2に装置断面におけるロゴスキープローブの挿入位置を示す。FAT-CM装置 (全長約8m) の閉じ込め部に開発したロゴスキープローブを設置、合体後の磁気軸に相当する $r = 0.14$ mにロゴスキープローブを挿入して、局所電流の直接計測を行った。

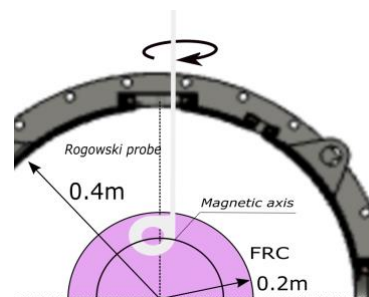


図2 FAT-CM装置の断面図とロゴスキープローブの設置位置

4. 実験結果

局所電流の観測結果を図3に示す。衝突合体直後 ($t \sim 25 \mu\text{s}$) に反磁性方向 (グラフの正の方向) の電流密度が観測され、内部磁場計測で、反転磁場構造が観測された時間とほぼ一致した。したがって、プラズマ中を流れるトロイダル電流が観測されたと考えられる。今後はポロイダル方向の電流計測や径方向分布の観測を試みる。

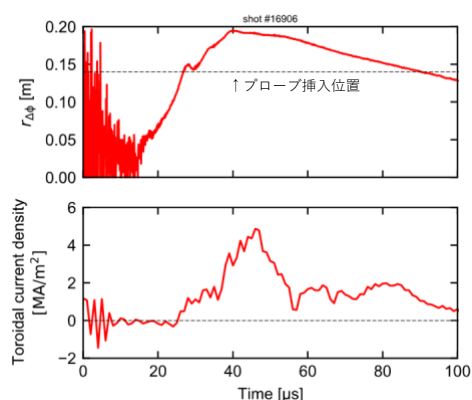


図3 プラズマの半径と電流密度の時間発展

参考文献

- [1] T. Asai *et al Nucl. Fusion* **61**, 096032 (2021).
 [2] D. Kobayashi *et al., Rev. Sci. Instrum.* **92**, 053515 (2021).