

O-5

3 分割コレクタープレートをもつ逆磁場シータピンチ装置の閉じ込め磁場分布特性 Characteristics of magnetic field profiles on a field-reversed theta pinch with a trifurcation collector plate

○小野直人¹, 渡部慎太郎¹, 平野 結², 関口純一³, 浅井朋彦³, 高橋努³*Naoto Ono¹, Shintaro Watanabe¹, Yui hirano², Junichi Sekiguchi³, Tomohiko Asai³, Tsutomu Takahashi³

Abstract: On the FAT facility, long-lifetime plasma formation experiment by supersonic collisional merging of the two FRC has been proposed. The new field reversed theta pinch device, which has a trifurcation collector plate in order to achieve a variety of translate modes, has been under constructed. To understand the device, the characteristics of the confinement magnetic field profile have been examined. The initial results of current profile and magnetic field profile will be reported.

1. 研究背景・目的

磁場反転配位 (Field Reversed Configuration : FRC) プラズマは自身を流れる反磁性電流によって配位を形成していることから、磁場の利用効率が非常に高いという特徴を有し、先進的核融合反応の炉心としての利用が期待されている。最近では、FRC プラズマ同士を衝突合体させ、さらに中性粒子を入射させることで配位維持時間が飛躍的に伸張することが報告されている^[1]。本研究室の FRC プラズマ生成・移送装置 FRC Amplification via Translation(FAT)においても、衝突合体実験を行なうために新たな逆磁場シータピンチ装置を製作している。この新生成装置では FAT 生成部には無い試みとして、コレクタープレートを 3 つの領域に分割し、それぞれの領域に別駆動で電流を流すことにより、生成した FRC プラズマを加速させるなど、多様な運転ができるような設計がされた。分割されたコレクタープレートを別駆動で運転する場合には、それぞれに接続されているシータピンチコイルの相互インダクタンスの影響などで、分割されていない現在の FAT 生成部とは違う振る舞いをすると考えられる。そのため、このような運転を可能にするためには、あらかじめコレクタープレートの特性を調べ、閉じ込め磁場を制御する方法を開発しなければならない。そこで本研究では、バイアス回路、シータ予備電離回路で放電を行い、放電条件を変えた場合のシータピンチコイルの電流分布や磁場分布の測定することによって、閉じ込め磁場の制御法を考案することを目的とする。

2. 実験装置

新生成装置のコレクタープレートの概略図を Fig.1 に示す。コレクタープレートは縦 0.7 m×横 1.76 m のアルミニウム製の平板が二層に重なった構

造であり、プラスチック製のシートを重ねることで絶縁されている。また、両端から 0.38 m の所で分割し、5 mm の隙間を設けて絶縁することにより、3 つの領域を独立させている。各コレクタープレートにはシータピンチコイルが並列に接続されており、中央部には内径 340 mm, 幅 50 mm, 厚さ 15 mm の一卷コイルが 18 個, 両端部には内径 300 mm のコイルが各 5 個ずつ、5 mm の間隔を開けて接続されている。コレクタープレートの他端は主圧縮回路をはじめとする放電回路からの給電ケーブルを接続できるようになっており、インダクタンスを低減するために、一つの放電回路から多数の給電ケーブルが並列に接続されている。バイアス回路からは長さ 10 m の同軸ケーブルが 12 本、シータ予備電離回路からは 24 本の同軸ケーブルが接続されている。

新生成装置のコレクタープレートは FAT 生成部のものとほぼ同様の構造となっているが、FAT 生成部では給電ケーブルを接続する方の幅が 2.92 m, 一方シータピンチコイルを接続する方の幅が 1.76 m と台形型であるのに対して、新生成装置のコレクタープレートは長方形型になっていることも特徴である。

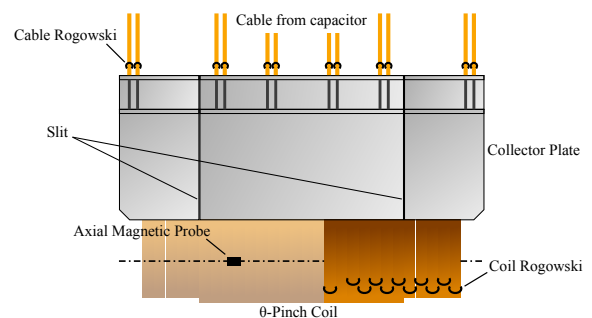


Figure 1. Schematic view of trifurcation collector plate.

3. 計測器・計測条件

今回の実験では給電ケーブルの電流値および、シータピンチコイルの電流値の計測にロゴスキーコイル、閉じ込め磁場の計測には磁気プローブを使用している。測定位置や計測器の数を Table 1 に示す。

Table 1. List of measurement instrument

Instrument	Position	Number
Rogowski Coil	Supply Cable	12
	θ -Pinch Coil	24
Magnetic Probe	Central Axis	1

また、シータピンチコイルへの放電にはバイパス回路を使用した。これにより最大電流値 32 kA、周波数 1.52 kHz の減衰振動電流を得ることができる。

さらに、本実験では各コレクタープレートへ接続する給電ケーブルの本数の比を変えることで別駆動での運転を模擬した。この時の条件を Table 2 に示す。

Table 2. Number of cables in each case

	Center	Both Ends	Total
Case 1	8	2×2	12
Case 2	6	3×2	12
Case 3	4	4×2	12

4. 実験結果

各給電ケーブルに流れる電流値を Fig. 2 に、各シータピンチコイルに流れる電流値の分布を Fig. 3 に示す。この結果から条件を変えても給電ケーブル 1 本あたりに流れる電流値は変わらないことがわかる。一方、シータピンチコイルに流れる電流値の分布は条件によって変わり、コレクタープレートの境目部分ではその変化が顕著に現れている。今回の実験結果は、給電ケーブルのインダクタンスがシータピンチコイルに比べ支配的である可能性を示唆しているが、実際の給電ケーブル 1 本あたりのインダクタンスは 1.6 μH である一方で、シータピンチコイルの自己インダクタンスが中央部では 0.10 μH 、両端部では 0.22 μH と給電ケーブルのインピーダンスと同程度であるため矛盾が生じる。そのため実験結果を説明するためには相互インダクタンスの影響を含めた考察が必要であると考えられる。

また、閉じ込め磁場の分布は条件を変えることによって、コレクタープレートの各領域に流れる送

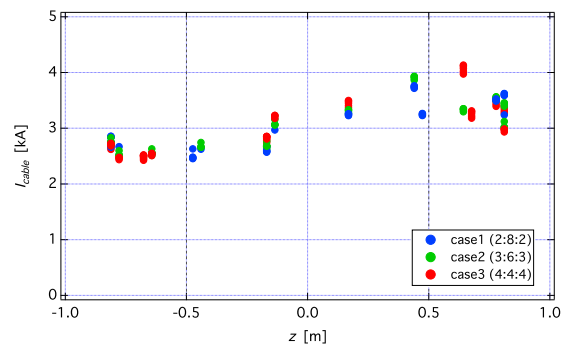


Figure 2. Z-axis profile of cable current.

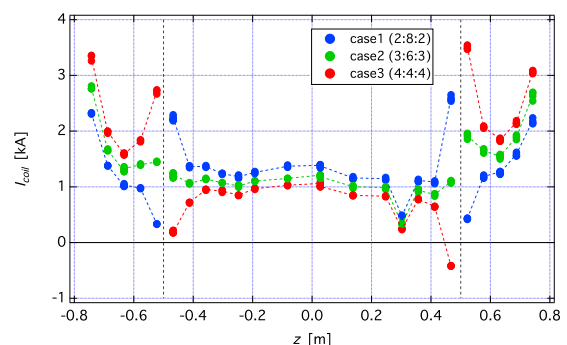


Figure 3. Z-axis profile of θ -pinch coil current.

電流量に応じる形で変化した。このときに作られる磁場は、3 分割された各領域に繋がるシータピンチコイルがそれぞれ磁束保存管を作るような分布になることが示唆された。

5. まとめ・今後の課題

今回の実験から、各シータピンチコイルに流れる電流値の分布は相互インダクタンスの影響を強く受けていると考えられる。また、閉じ込め磁場の分布は各領域のシータピンチコイルが磁束保存管となるような分布になることが示唆された。今後は相互インダクタンスの評価を行い、電流値から閉じ込め磁場の分布を予測する方法を考案していく。

参考文献

- [1] M. W. Binderbauer et al., “A high performance field-reversed configuration” Phys. Plasmas 22, 056110 (2015).