

磁場反転配位プラズマの磁気モーメントの時間発展

Time evolutions of magnetic moment of field-reversed configuration plasma

○笹沼宣之<sup>1</sup>, 松本昂大<sup>1</sup>, 浅井朋彦<sup>2</sup>, 高橋努<sup>2</sup>,

\*Takayuki Sasanuma<sup>1</sup>, Kouta Matsumoto<sup>1</sup>, Tomohiko Asai<sup>2</sup>, Tsutomu Takahashi<sup>2</sup>

Abstract: FRC plasma confinement experiment are carried out in two ways currently. One way is to confine in the formation region, the other way is to transfer to translation region. In order to investigate the characteristics of the plasma confinement in two methods and conductor effect, There are going to perform the analysis using magnetic dipole model of FRC plasma

1. はじめに

核融合におけるプラズマの磁場閉じ込め方式にはコンパクト・トーラス(CT)とよばれる小型で高効率な方式が存在する. その中でも最も効率がよいとされているのが磁場反転配位(Field-Reversed Configuration:FRC)である.

この方式によって作り出される FRC プラズマは円環状の自己電流をもち, それによって発生するポロイダル磁場と実験装置がつくる外部磁場によって閉じ込められる.

実験には生成実験と移送実験の 2 種類が存在する. 前者は生成部 NUCTE-III 内部に静止した FRC プラズマを閉じ込め, 後者は生成後に移送部 NUCTE-T に FRC プラズマを高速移送し, ミラー磁場によって反射させ閉じ込める.

本研究では FRC プラズマの磁気双極子モデルを用いて生成および移送実験における磁気モーメントの時間変化を求め, 導体効果による FRC プラズマへの影響および異なる二種類の実験での違いを調べることを目的とする.

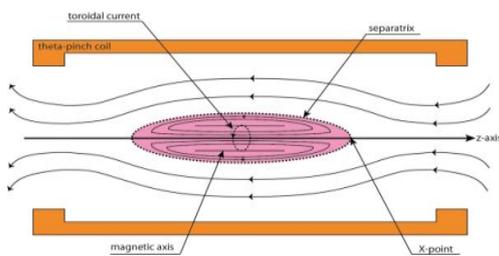


Figure1. Magnetic structure of FRC plasma

2. 実験装置

プラズマの閉じ込め実験は生成部 NUCTE-III および移送部 NUCTE-T によって行われる. 生成部は石英製の放電管と銅製のシータピンチコイル, 移送部は石英製の放電管とステンレス製のコイルボビンおよび金属チェンバーで構成されている. なお, コイルボビンには切れ目が入っているため磁束は保存されないと考えられている.

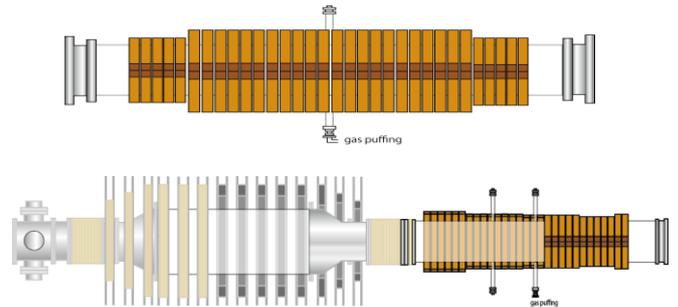


Figure2. Experiment facility NUCTE-III and NUCTE-III/T

3. FRC プラズマの磁気双極子モデル

FRC プラズマのもつ自己電流は円環電流として扱うことが可能であり, 円環電流は磁気双極子と等価である. そのため, FRC プラズマは磁気双極子を用いてモデル化することができる. これを用いると平衡状態においてプラズマの中心  $z=0$  に発生する最大磁場  $B_0$  は以下のようなになる.

$$B_0 \approx \frac{\mu_0 m_0}{\pi b^2} \left( 1 - \log \frac{2b}{r_0} \right) \quad (1)$$

ここで  $m_0$  は  $z=0$  での磁気モーメントの線密度,  $b$  はプラズマ半長,  $r_0$  は磁場計測半径である. また, シータピンチコイルや金属チェンバーなどの領域で磁束が捕捉されることを考慮すれば上記の式は

$$B_0 \approx -\frac{\mu_0 m_0}{\pi b^2} \left( \frac{b^2}{r_w^2} - \frac{1}{2} + \log \frac{r_w}{r_0} \right) \quad (2)$$

となる. 上記の二つの式は  $r_0^2/b^2 \ll 1$  の条件下で計算されている. これらの式を変形すると

$$m_0 \approx \frac{\pi b^2}{\mu_0} \frac{B_0}{\left( 1 - \log \frac{2b}{r_0} \right)} \quad (3)$$

$$m_0 \approx -\frac{\pi b^2}{\mu_0} \frac{B_0}{\left( \frac{b^2}{r_w^2} - \frac{1}{2} + \log \frac{r_w}{r_0} \right)} \quad (4)$$

が得られ,以上の式から FRC プラズマの  $z=0$  の点での磁場とプラズマ半長から磁気モーメントを求めることが可能となる.

#### 4. 結果

Figure3 に示すように生成実験における磁気モーメントの時間変化は,FRC プラズマのつくる磁場の時間変化とほとんど同じように滑らかに減少していった.これはプラズマ長が生成から消滅までの間ほぼ一定だったためだと考えられる.

今後は移送部での磁気モーメントの時間変化を解析し,金属チェンバー内でのプラズマ電流とプラズマ半径の変化を解析していく.

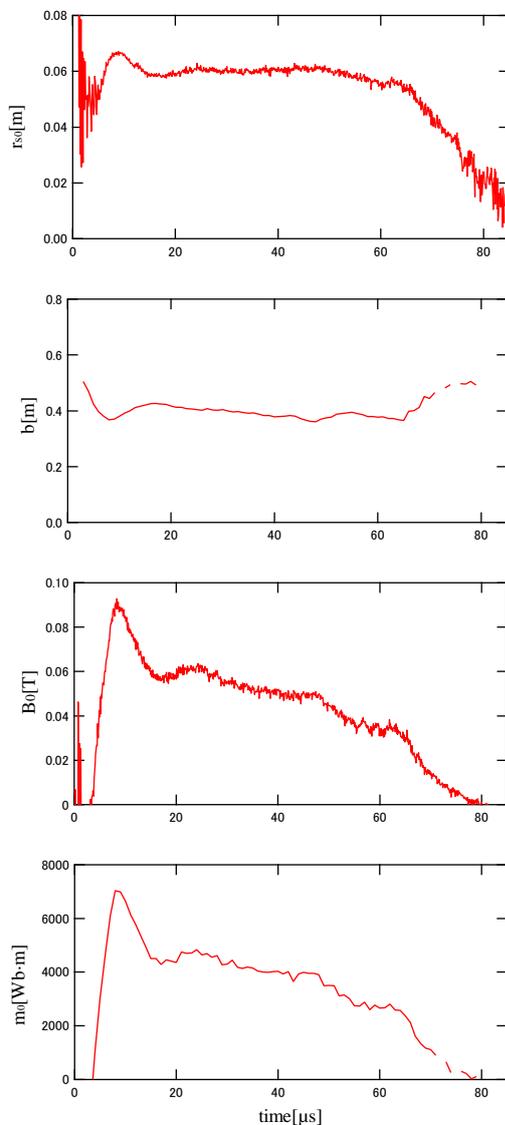


Figure3. Time evolutions of plasma parameter

#### 5. 参考文献

[1] “Analysis of magnetic probe signals including effect of cylindrical conducting wall for field-reversed configuration experiment”, REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, 79,063501 (2008)