

## FRCの衝突合体過程の2次元抵抗性MHDシミュレーションと磁場計測との比較

### 2-D Resistive Magnetohydro Dynamics Simulation During Collisional Merging Process of FRCs and Comparison Between Magnetic Measurement

○須田陽太<sup>1</sup>, 関太一<sup>2</sup>, 小林大地<sup>3</sup>, 浅井朋彦<sup>3</sup>

\*Hinata Suda<sup>1</sup>, Taichi Seki<sup>2</sup>, Daichi Kobayashi<sup>3</sup>, Tomohiko Asai<sup>3</sup>

Abstract: Collisional merging experiments of field-reversed configurations (FRC) are being conducted in the FAT-CM device at Nihon University. Various measurements have been attempted to elucidate the behavior of plasmoids before and after the merging. On the other hand, simulations have been performed to obtain the internal structure during the merging process. It is expected to understand the merging process by comparing the simulations with the experimental observations. In this study, the two-dimensional resistive magnetohydro dynamics simulation was performed to compare the time evolution of the magnetic field structure.

#### 1. 背景・目的

日本大学のFAT-CM装置<sup>[1]</sup>では、逆磁場テーパピンチ(FRTP)法<sup>[2]</sup>による磁場反転配位(FRC)プラズマの衝突・合体実験が行われている。合体過程におけるプラズモイドの振るまいには未解明な点が多く、様々な計測が試みられている。一方シミュレーションによる実験の再現も行われており、実験による観測と比較することで現象の理解が期待される。本研究では主にシミュレーションを扱い、実験結果との比較検討を行う。

#### 2. シミュレーション

本研究では2次元抵抗性MHDシミュレーションを行うために、Lamy Ridgeコード<sup>[3]</sup>を用いる。このコードは、C-2装置(TAE社)で行われたFRC衝突合体のシミュレーションのために開発されたもので、FAT-CM装置における初期プラズモイドの生成、衝突・合体、及びその後FRC様へ緩和していく過程をシミュレートするためにカスタマイズされた<sup>[4]</sup>。プラズマはMHD方程式、中性ガスは流体方程式で記述され、これらはイオン化を介して密度やエネルギーを交換する。またSpitzer抵抗やChodura抵抗を含む抵抗により、磁気リコネクションを伴う現象を再現する。初期条件として装置形状を、境界条件として磁場生成のためのコイル配置や初期ガス配置を与え、また時間ごとの各抵抗値を調整することなどが可能である。

#### 3. シミュレーションの現状

本研究では、計測された磁場構造の時間発展とシミュレーションを比較した。Figure 1に、装置中央部における

$x, y, z$ 方向の磁束密度の時間変化を示す。左側(a)は実験において内部磁気プローブにより計測されたものであり、右側(b)はシミュレーションから得られたものである。ただし、トロイダル磁場( $B_x$ )は計算に組み込まれていない。灰色の鎖線はプラズマ半径を示しており、シミュレーションに比べ実験ではプラズマ半径の振動が早く減衰し、FRCの合体が急速に起こっていることがわかる。このような実験と異なる点について、ガス分布などの初期条件に対してどのような依存性があるのかを検討する。

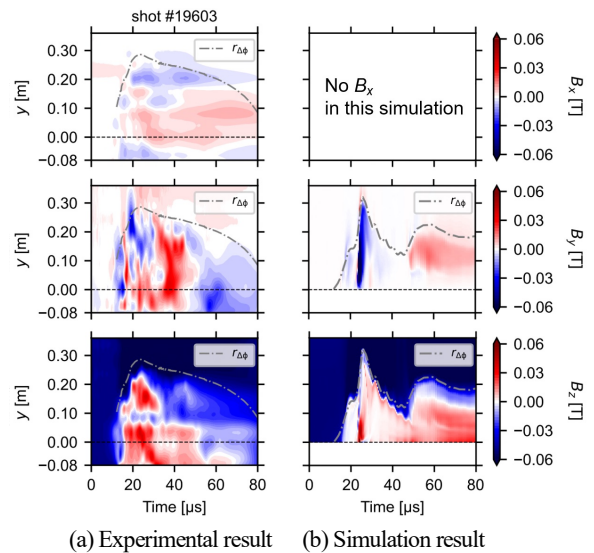


Figure 1. Contour map of magnetic-field radial profiles. The gray dashed line indicates the plasma radius.

#### 参考文献

- [1] T. Asai *et al.*: “Observation of self-organized FRC formation in a collisional-merging experiment”, *Nuclear Fusion*, Vol. 61, 096032, 2021.
- [2] A. L. Hoffman and J. T. Slough: “Field reversed configuration lifetime scaling based on measurements from the Large s Experiment”, *Nuclear Fusion*, Vol 33, 27, 1993.
- [3] H.Y. Guo *et al.*: “Formation of a long-lived hot field reversed configuration by dynamically merging two colliding high- $\beta$  compact toroids”, *Physics of Plasmas*, Vol 18, 056110, 2011.
- [4] D. Kobayashi *et al.*: “MHD simulation of supersonic FRC merging corrected by non-invasive magnetic measurements”, *Review of Scientific Instruments*, Vol 92, 053515, 2021.