

極限的高ベータプラズモイドの  
超音速・超アルヴェン速度衝突による衝撃波励起  
Shockwave Excitation in Super Sonic/Alfvénic Collision of Extremely High-Beta Plasmoids

小林大地, 浅井朋彦, 高橋努, 渡邊達大, 原島大輔, 巽ありさ, 佐原直人, 三浦圭介,  
飯嶋祐佳, 山中拓人, 明石和久, 田村康明, 染谷紘希, 郷田博司<sup>1</sup>, Thomas ROCHE<sup>1</sup>

Daichi KOBAYASHI, Tomohiko ASAI, Tsutomu TAKAHASHI, Tatsuhiro WATANABE,  
Daisuke HARASHIMA, Arisa TATSUMI, Naoto SAHARA, Keisuke MIURA, Yuka IJIMA,  
Takuto YAMANAKA, Kazuhisa AKASHI, Yasuaki TAMURA, Hiroki SOMEYA,  
Hiroshi GOTA<sup>1</sup>, and Thomas ROCHE<sup>1</sup>

日大理工, <sup>1</sup>TAE  
Nihon Univ., <sup>1</sup>TAE

## 1. 背景・目的

磁場反転配位 (FRC) は, 理想的にはポロイダル磁束のみを持つ磁化プラズモイドであり, セパトトリックス近傍を除く, 内部のほとんど領域でベータ値が 1 を超える。FRC の衝突合体生成法では, 対向する 2 つの FRC 様の磁化プラズモイドを, Alfvén 速度やイオン音速を超える相対速度で衝突・合体させ, 単一の FRC を生成する。超 Alfvén 速度・超音速での衝突合体過程において, 急激な磁束の増幅やプラズマ加熱が観測されており [1], これらの現象には, 衝撃波が寄与していると考えられている。

本研究では, FRC の衝突合体生成過程において, レーザー干渉計や中性子ディテクタなどにより, プラズモイドの衝突時に生じる衝撃波の観測を試みた。また, 衝突合体過程におけるエネルギーフローの評価から, エネルギー変換に衝撃波が介在する可能性について考察した。

## 2. 実験結果

単一のプラズモイドの移送 (片側移送) の場合と, 衝突合体生成の場合における, プラズモイドが持つ全エネルギー  $E_{\text{total}}$  の時間変化を図 1(a) に示し, 衝突時刻付近 ( $t \sim 35 \mu\text{s}$ ) における片側移送の場合のエネルギーを, 衝突直前にプラズモイドが持つエネルギーと仮定して, 衝突前後でのエネルギーの内訳を図 1(b) に示す。図 1(a) の赤線は, 衝突合体の場合のエネルギーの時間変化を示しており, 衝突合体後の FRC は静止するとして, 内部エネルギーのみをプロットした。また, 青点は, 片側移送の場合の各時刻における内部エネルギーと運動エネルギーの和で, 衝突合体の場合と比

較するために 2 倍した。この片側移送の場合における 2 点を, 初期プラズモイド生成直後の内部エネルギーから指数関数的に減衰すると仮定したときの近似曲線を破線で示した。これらの比較から, 衝突合体により運動エネルギーが内部エネルギーに変換され, エネルギーの減衰が抑制されていることがわかる。また, 密度の多点計測と中性子計測から, 衝撃波の形成とそれによる粒子加速が示唆された。これらを踏まえると, 衝突時のエネルギー変換に, 形成された衝撃波が介在しており, 非熱的粒子の生成を介したプラズマ加熱が起きたと考えられる。

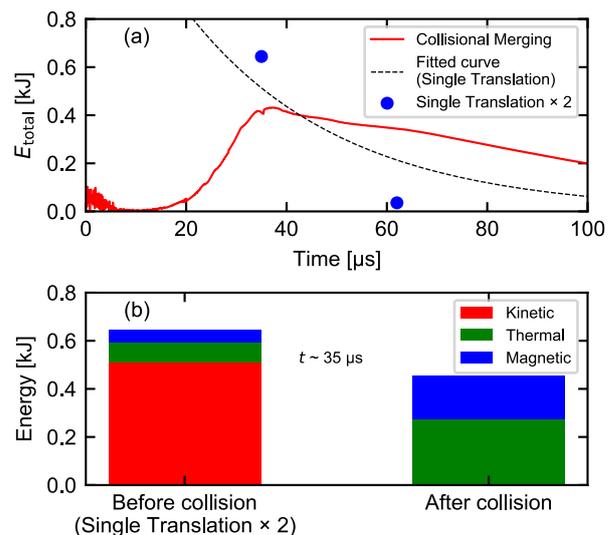


図 1 片側移送時と衝突合体時の全エネルギーの (a)時間変化と, (b)衝突前後での内訳

## 参考文献

[1] T. Asai *et al.*, *Nuclear Fusion* **59**, 056024 (2019).