

FRC衝突による無衝突衝撃波形成のための低密度化 Density reduction for generation of collisionless shocks by FRC collision

小林大地¹, 関太一¹, 田村康明¹, 染谷紘希¹, 高橋努¹, Jordan Morelli^{1,2}, 岡田成文¹, 浅井朋彦¹
KOBAYASHI Daichi¹, SEKI Taichi¹, TAMURA Yasuaki¹, SOMEYA Hiroki¹,
TAKAHASHI Tsutomu¹, MORELLI Jordan^{1,2}, OKADA Shigefumi¹ and ASAI Tomohiko¹

¹日大, ²Queen's Univ.
¹Nihon Univ., ²Queen's Univ.

太陽風や超新星残骸など宇宙空間に存在するプラズマと同等なベータ値 ($\beta > 1$) を持つ磁場反転配位 (FRC) の超アルヴェン速度・超音速衝突による衝撃波実験が提案され、日本大学のFAT-CM装置において開始された[1]。この実験では、対向する2つのFRC様のプラズマモードを磁気圧勾配により加速[2]し、アルヴェン速度やイオン音速の4 – 8倍程度の相対速度で衝突させ、生じた衝撃波を直接観測するものである。これまでに衝突合体過程において衝撃波形成を示唆する密度の急峻な変化や非熱的粒子の生成を示唆する中性子信号などが観測されている[3]。

FAT-CM装置の典型的な実験条件で観測されるFRCの温度・密度は、衝突性領域と無衝突領域の境界に位置する。本研究では、形成機構やエネルギーの散逸機構など未解明な点が数多く残されている無衝突衝撃波に関する実験的究明を目指して、低密度・高温FRC生成法[4]を適用し、低密度かつ高温なFRCを用いた衝突実験を実現する。

FRC様のプラズマモードは逆磁場シートピンチ法により生成される。低密度・高温FRC生成法では、FRCの生成過程において、印加するバイアス磁場強度を増強し、さらに予備電離からFRC生成のための主圧縮磁場印加までの時間を長くする。これにより、予備電離プラズマの拡散が強調され、FRC生成時に捕捉される粒子数が減少する。また、FRCは体積平均ベータ値が1程度であり、プラズマ圧力と外部磁気圧が釣り合うため、密度の減少に伴って、プラズマ圧力を維持するように温度が上昇する。

低密度・高温FRC生成法により生成したFRCの平均電子密度、全温度 (イオン温度+電子温度)、体積の時間発展を図1に示す。典型的な運

転条件に対して電子密度は50%程度減少、温度は2倍程度まで上昇し、このFRCの加速・移送に成功した。この結果からイオンの平均自由行程を見積もると、典型的な運転条件では5 mm程度であったのに対し、低密度・高温FRC生成法では5 cm程度と、FRCの半径と同程度となり、実験可能な条件領域が無衝突なパラメータ領域へ拡張されたと考えられる。

過去に日本大学のNUCTE III装置で行われた実験では、平均自由行程が4 m程度のFRCが生成され、実験装置スケールの領域に到達している。今回の実験結果をもとにこの領域でのFRCの衝突実験を目指す。

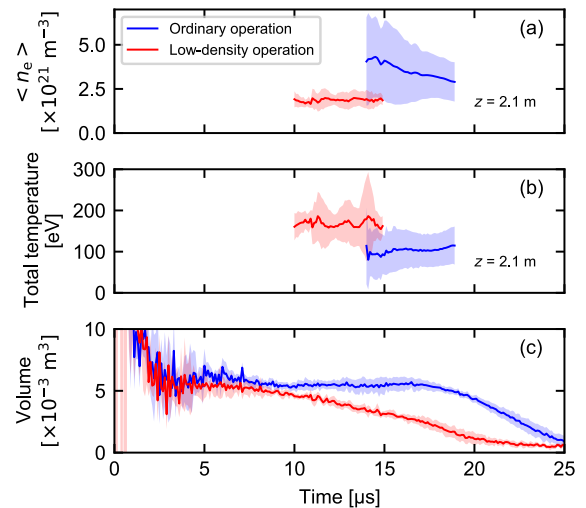


図1 生成されたFRCの(a)平均電子密度, (b)全温度, (c)体積の時間発展

- [1] T. Asai *et al.*, *Nucl. Fusion* **59**, 056024 (2019).
[2] D. Kobayashi *et al.*, *Phys. Plasmas* **28**, 022101 (2021).
[3] T. Asai *et al.*, *Nucl. Fusion* **61**, 096032 (2021).
[4] Y. Ohkuma *et al.*, *Nucl. Fusion* **38**, 1501 (1998).