

衝突合体FRC生成における磁気圧力勾配の増加による加速性能の向上 Improvement Acceleration Performance by Increased Magnetic Pressure Gradient in Collisional Merging FRC Formation

関 太一¹⁾, 渡邊達大¹⁾, 小林大地¹⁾, 高橋 努¹⁾, Jordan Morelli^{1,2)}, 浅井朋彦¹⁾
SEKI Taichi¹⁾, WATANABE Tatsuhiko¹⁾, KOBAYASHI Daichi¹⁾, TAKAHASHI Tsutomu¹⁾,
MORELLI Jordan^{1,2)} and ASAI Tomohiko¹⁾

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

背景・目的

日本大学FAT-CM装置では磁場反転配位 (FRC) の衝突合体により、無衝突衝撃波の生成が試みられている。無衝突衝撃波は宇宙線等の高エネルギー粒子の生成に寄与していることが示唆されており、その加速機構や加熱過程の検証が進められている。FRC衝突時の相対速度を超新星残骸等で生じる無衝突衝撃波の領域 (FRC 衝突時の相対速度: ~ 1000 km/s) まで拡張することを目標としており、MHDシミュレーションでは移送速度550 km/sに達する結果も得られている。本研究では、磁気圧勾配を強調することで加速性能の向上を試みた。

磁気圧力勾配の強調

装置両端で逆磁場テータピンチ法によって生成されたFRCは、生成領域から装置中央の磁場の弱い閉じ込め領域に移送される際、磁気圧勾配によって加速される[2]。磁気圧勾配を強調するため生成領域のコイル長を変化させ、各コイル配置での移送速度の計測を行なった。テータピンチコイルに流れる総電流値が保存する場合、並列に接続された1巻のピンチコイルの素子数を減らすことで各コイルに流れる電流密度は増加する。

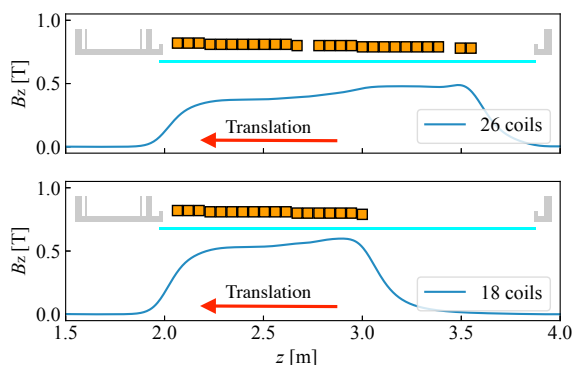


Fig. 1. Axial field profile at the formation section in cases of 18 and 26 coils geometry

コイル長を変化させた場合での軸方向の磁場分布を図1に示す。コイル配置を通常時のオペレーション (26個) から18個に減らした場合、生成領域での磁場は最大で34%増加した。

移送速度の変化

各コイル配置で生成されたFRCの平均移送速度を図2に示す。軸方向に並べられた磁気プローブから得られた信号のピークの時間差から算出した。エラーバーは標準偏差を示す。

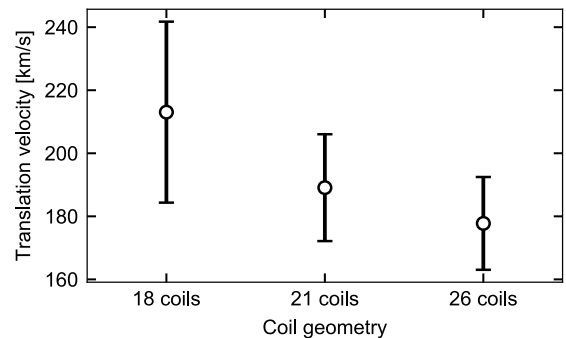


Fig. 2. Averaged translation velocity in cases of 18, 21 and 26 coils geometry

コイル素子数を減らした場合、移送速度が増加する傾向が得られた。コイル素子数が18個の場合で最も加速されたショットでは移送速度300 km/sを達成した。平均速度は26個の場合と比較して20%程度の増加している。また、コイル長を短くするに従いプラズマ半径が減少する傾向がみられた。18個のコイル配置では総粒子数が減少しており、運動エネルギーが保存した状態で移送速度が上昇する結果となった。

- [1] T. Asai *et al.*, Nucl. Fusion **59**, 056024 (2019).
[2] D. Kobayashi *et al.*, Phys. Plasmas **28**, 022101 (2021).