

磁気圧勾配を強調した超音速・アルヴェン速度での  
高ベータプラズモイド衝突実験

**Super-Sonic/Alfvénic Collision Experiment of High-Beta Plasmoids in the  
Enhanced Magnetic Pressure Gradient**

関 太一, 小林大地, 高橋 努, 浅井朋彦

SEKI Taichi, KOBAYASHI Daichi, TAKAHASHI Tsutomu, and ASAI Tomohiko

日大  
Nihon Univ.

日本大学FAT-CM装置では、高ベータプラズモイドの超音速／アルヴェン速度での衝突合体実験が行われている。これまでの実験では相対速度200-300 km/sに達する衝突を実現しており、衝突時には衝撃波の形成が示唆されている[1]。天文学・宇宙物理学への応用として、超新星残骸等で生じる無衝突衝撃波と同等なパラメータを持つ衝撃波を装置内で再現できれば、天体の観測データや衝撃波内部での粒子加速に関する理論的仮説と比較が可能な実験的検証手法の一つになると考えられる。本研究では、FAT-CM装置の実験パラメータ領域の拡大を目的として衝突時の速度の向上、高温・低密度なプラズマの生成を目指した装置の改造をおこなった。

装置両端に設置されたプラズマ生成部では逆磁場テータピンチ法により磁化プラズモイドを生成している。装置改造以前に実施した実験において、パルス放電回路に並列に接続されたピンチコイルの本数を減らすことで、電流密度を増加させ、加速に必要な磁気圧勾配を強調したことで移送速度の向上が確認されている[2]。今回の改造によって同様の手法で電流密度を増加させたことにより、改造前の磁場強度 $\sim 0.5$  Tと比較して $\sim 30\%$ 程度増加した条件下における衝突実験が可能になった。また、高温・低密度なプラズモイド生成のため放電ガス量の調節が必要である。以前のガス導入箇所から、より生成領域に近い場所に移設することでガス量の調節を可能にした。

図1は装置改造後の片側移送実験におけるプラズモイドの移送速度とガスの拡散時間の関係を示している。横軸はガス導入から放電開始までの時間である。拡散時間が短く、放電に用いるガス量が少ない場合、移送速度が増加する結果が得られた。最も移送速度が速

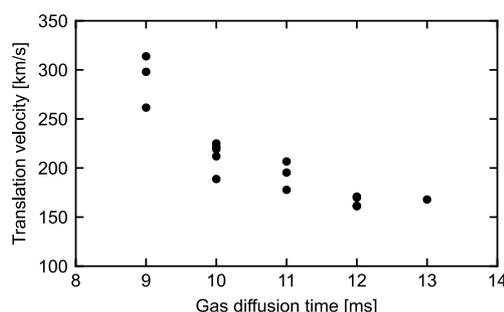


図1 片側移送実験におけるガスの拡散時間と移送速度の関係。

い場合には $\sim 300$  km/sに達することから、相対速度 $\sim 600$  km/sでの衝突合体実験が可能であることが示された。また、装置改造以前の典型的なパラメータとしてイオン温度 $\sim 100$  eVであったのに対し、装置改造後のガス量を減らした場合には $200\text{--}500$  eV程度までイオン温度が上昇している。

今回の装置改造により、大幅な移送速度の向上に成功した。ガス量の調節によりプラズモイドの質量を変化させることで、より速い速度域での衝突実験が可能となる。さらに、これまでに開発した低密度運転を適用した場合には、ガスの拡散を強調することで密度を半減させることが可能であり、外部磁気圧とプラズマ圧力のバランスにより温度も上昇する結果が得られている[3]。これらの結果から無衝突衝撃波が観測される超新星残骸の膨張速度( $\sim 1000$  km/s)と同等な速度域での衝突実験の実施が期待される。

- [1] T. Asai *et al.*, *Nucl. Fusion* **61**, 096032 (2021).  
 [2] T. Seki *et al.*, *Plasma Fusion Res.* **17**, 2402092 (2022).  
 [3] D. Kobayashi *et al.*, *Plasma Fusion Res.* **17**, 2402043 (2022).