

## 液体金属流を用いた太陽風プラズマ模擬実験装置の開発 Development of simulator for solar wind plasma using liquid metal flow

宮本将利<sup>1</sup>、樽谷浩輝<sup>1</sup>、佐々木徹<sup>1</sup>、菊池崇志<sup>1</sup>、高橋一匡<sup>1</sup>、永岡 賢一<sup>2</sup>

Masatoshi Miyamoto<sup>1</sup>, Kouki Tarutani<sup>1</sup>, Toru Sasaki<sup>1</sup>,  
Takashi Kikuchi<sup>1</sup>, Kazumasa Takahashi<sup>1</sup>, Kenichi Nagaoka<sup>2</sup>

<sup>1</sup>長岡技術科学大学、<sup>2</sup>核融合科学研究所

<sup>1</sup>Nagaoka University of Technology, <sup>2</sup>National Institute for Fusion Science

宇宙物理学における最も重要な未解決問題のひとつに、太陽風の加速機構がある。太陽風の加速機構は、太陽上空でのコロナ加熱の問題と密接な関係がある。太陽からのプラズマ放出現象である太陽風の加速機構を明らかにすることは、太陽風による衛星への電波障害などを予測する宇宙天気予報に重要な役割を果たすと推測されている。[1] 現在、太陽風の加速は、黒点近傍で発生した擾乱がフラックスチューブ（磁束管）内の輸送過程において発達し、大振幅な振動となり、乱流を形成、最終的に衝撃波と乱流の相互作用が太陽風の粒子加速に大きな影響を与えらるている[2]。太陽風及びフラックスチューブのプラズマを実験室で再現するためには極めて高い磁気レイノルズ数( $Rm > 10^{13}$ )とアルベンマッハ数( $M_A > 7$ )を両立することが必要である。これらの条件を満たすためには、導電性の高い流体により電磁流体力学的な相似則を用いて検討する方法が考えられる。

このため、本研究では、導電性流体である液体金属を用いて太陽風プラズマと同等のアルベンマッハ数と高い磁気レイノルズ数を実現した太陽風乱流を模擬する実験系の構築が目的である。

図1に液体金属流を用いた太陽風プラズマ模擬実験装置の概念図を示す。チャンバー上部に設置されたステンレスシリンジに液体金属(U-1100)を装填する。液体金属の融解には、ヒータを用いて温度調節を行う。融解した液体金属の射出には、背後から窒素ガスにより1MPaで押し出す。押し出された液体金属流は、ノズルにより扇型に射出される。射出された液体金属流の挙動は高速度カメラとバックライトを用いたシャドウグラフ法により観測を行った。

まず、液体金属流れの速度や形状の安定性を制御するためにノズルの発散角に対する液体金属流の観測を行った。その結果、ノズルの発散角は30度が適切であり、再現性の高い液体金属流が得られることが明らかとなった。

次に、フラックスチューブを模擬するため、Fig. 1の装置に磁場を印加し、液体金属流の挙動

の観測を行った。磁場は、フェライト磁石を組み合わせることにより、液体金属流の流れ方向に沿うように印加した。これらの結果についても同様に高速度カメラを用いたシャドウグラフ法により観測し、液体金属流の速度及び磁場印加の有無による違いを検証した。その結果、液体金属流の速度はフラックスチューブを模擬するために必要なアルベンマッハ数と同程度以上になることが明らかとなった。また、磁場の印加により、液体金属流の端部での擾乱が見られることが明らかとなった。

これらのことから、太陽風及びフラックスチューブのプラズマを再現するためのアルベンマッハ数を有する液体金属流を得られることを明らかにし、太陽風乱流を模擬する実験系を構築した。

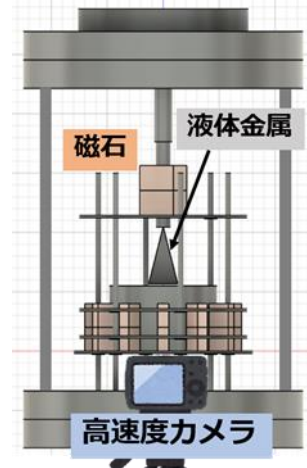


Fig. 1 液体金属流を用いた太陽風プラズマ模擬実験装置の概念図

### References

- [1] 宇宙天気予報 国立研究開発法人情報通信研究機構, <https://swc.nict.go.jp/>  
[2] Munehito Shoda, Takeru Ken Suzuki, Mahboubeh Asgari-Targhi, and Takaaki Yokoyama, "Three-dimensional Simulation of the Fast Solar Wind Driven by Compressible Magnetohydrodynamic Turbulence", *The Astrophysical Journal Letters*, 880:L2(7pp), 2019