

## 超音速ガスパフによる中性粒子ビームの生成と評価法開発 Development of generation and measurement methods for neutral gas beam using supersonic gas puffing

桑原大介<sup>1</sup>, 古川武留<sup>2</sup>, 宮澤順一<sup>3</sup>, 服部公央亮<sup>1</sup>, 中嶋洋介<sup>4</sup>, 篠原俊二郎<sup>5</sup>  
D. Kuwahara<sup>1</sup>, T. Furukawa<sup>2</sup>, J. Miyazawa<sup>3</sup>, Y. K. Hattori<sup>1</sup>, Nakajima<sup>4</sup>, S. Shinohara<sup>5</sup>

(1)中部大, (2)神戸大, (3)核融合研, (4)筑波大, (5)農工大  
(1) Chubu Univ., (2) Kobe Univ., (3) NIFS, (4) Tsukuba Univ., (5) TUAT

高周波プラズマスラスタはアンテナからの高周波電力によりプラズマと非接触で高密度プラズマを生成・加速して排気することで推力を得る宇宙用電気推進機である。実用化に向け推力や比推力、推力電力比を向上させる必要があり、磁場形状やアンテナ方式の最適化や、追加電磁加速法など様々な試みが行われている[1]。近年、中性粒子供給位置が推力に影響を与えることが近年明らかになっている[2,3]。

図1(a)は従来の高周波(ヘリコン)プラズマスラスタの原理図で、中性粒子供給位置は高周波アンテナや磁場源よりも上流の放電管端となっている。図1(b)は本研究グループが提案している超音速ガスパフ法であり、ラバルノズルから高压ガスを噴射することで得られる、発散角の小さい集束ガスビームとして中性粒子を供給する[4]。プラズマ中心軸のみに中性粒子を供給することで、1) プラズマ中心の密度向上による推力増加、2) 放電管壁周辺のプラズマ密度を抑制することによる管壁損耗の低減、および、3) 壁面損失低減による推力電力比の向上が可能と考えている。

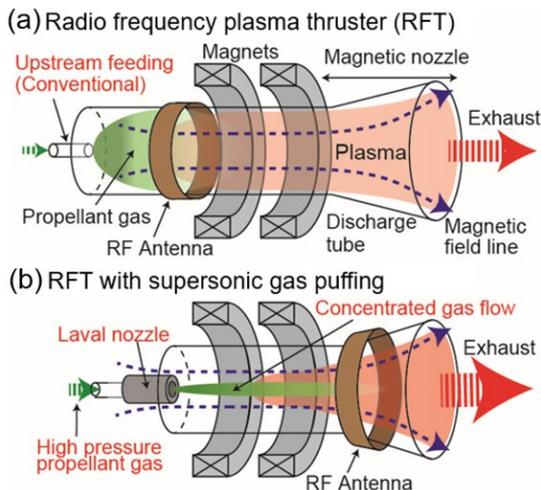


図1 高周波プラズマスラスタ原理図

本発表では超音速ガスパフ法による集束ガスビームの評価法について報告する。中性粒子ビーム生成の評価には空間密度分布の計測が最も効果的と考えられるが、ビーム中心から周辺の圧力は0.1 ~ 数十Pa程度と考えられ、この圧力は既存真空計では計測が難しい。加えて、既製品は真空容器内での走査計測には向かず、また時間分解能も低い。このため本研究では光学計測のシュリーレン法によるガスビーム密度分布計測を試みた。シュリーレン法は屈折率が異なるガスなど透明な対象に高品質な平行光を通し、微小な屈折による光路変化を高感度で像に反映させる屈折率分布の画像計測である。図2はシュリーレン計測による背景圧 $10^5$  Pa、100 Paでのスロート径0.1 mmノズル、供給圧6 MPaの際のガスビーム像である。低背景圧において直線状の集束ガスビームが得られていることが確認できている。発表では各ノズルスロート径におけるガス供給量の関係やビーム形状評価、および新たに改良した小型ピラニゲージによる走査計測の結果について報告する。

- [1] S. Shinohara, *et al.*, *Rev. Sci. Instrum.* **91** (2020) 073507.  
[2] K. Takahashi *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **108** (2016) 074103.  
[3] S. Shinohara, D. Kuwahara *et al.*, *Plasma Phys. Control. Fusion* **61** (2019) 014017.  
[4] A. Murakami *et al.*, *Plasma Fusion Res.* **5** (2010) S1032.

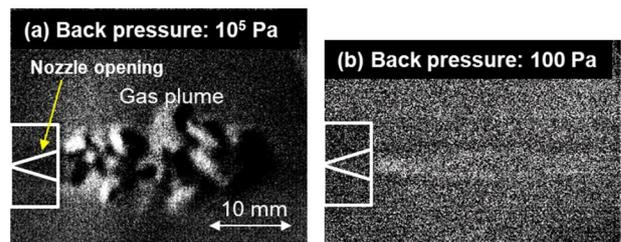


図2 ガスビームのシュリーレン計測結果