

高密度ヘリコンプラズマのレーザー誘起蛍光法による 多チャンネル計測システム開発 Development of Multichannel LIF Measurement System for High Density Helicon Plasma

谷田佑莉子, 小船井惇之介, 桑原大介, 篠原俊二郎
Y. Tanida, J. Obunai, D. Kuwahara, S. Shinohara

農工大工
TUAT

ロケットエンジン等の宇宙推進機は燃料を後方へ噴出することで反力を得て進むが、電気推進機においては燃料をプラズマ化して噴出することで推力を得る。ところが、従来の電気推進機では、プラズマの生成・加速においてプラズマと電極が接触し、電極が損耗するため、寿命に制限がある。このため、本研究室では非接触電極による高周波電力と外部磁場によりプラズマ生成・加速が可能な長寿命ヘリコンプラズマスラスタ[1]の実証・開発を行っている。

この実現のためには、プラズマの生成・加速時の最適化パラメータを正確に捉える必要があり、本研究ではプラズマ測定法のうち、プラズマと非接触かつ局所計測であり、擾乱を与えず計測が可能なレーザー誘起蛍光 (LIF: Laser Induced Fluorescence) 法[2]について述べる。

LIF法では、測定対象であるアルゴンイオンに励起波長である668.43 nmのレーザーを照射、励起させ、脱励起によって442.60 nmの蛍光が放出されることを用いる。このLIF信号を光検出器で計測し、レーザー軸方向のイオン速度分布関数 (IVDF: Ion Velocity Distribution Function) を得る。そこから流速・温度が算出される。

我々は、LMD[3] (Large Mirror Device) において、LIF法を開発しイオンの軸方向速度の径軸方向2次元空間分布計測を行った[4]。本研究では、電気推進機の推力に直結する重要なパラメータかつ電磁加速効果実証・最適化の重要な指標となる、プラズマの軸および径方向流速の高時間分解能での2次元空間分布計測を目指し、蛍光受光系の多チャンネル化を行った。図1のように軸方向に配列された蛍光受光系アレイにより軸方向速度同時計測、これを径方向にスキャンすることで径方向分布計測を行う。多チャンネル化に際し、検出素子にはPMT (Photomultiplier Tube) に代わり、簡便で安価かつPMTと同程度の感度を持つMPPC

(Multi-Pixel Photon Counter) を採用し、単チャンネル計測システムを開発した[5]。これをレーザー軸方向に8個配列した受光系アレイによって、IVDF (図2左) および軸方向速度分布 (図2右) の計測がより簡便になった。発表ではこの計測システムおよび計測結果を示す。

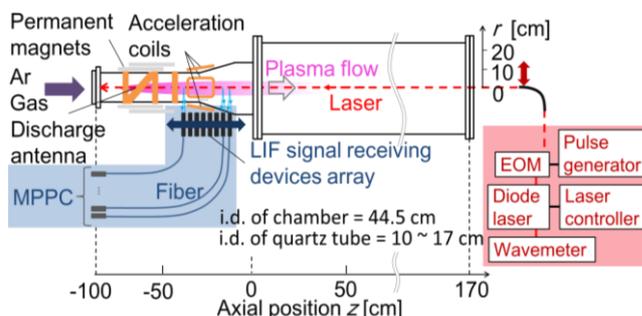


Fig. 1 LMD and LIF measurement system.

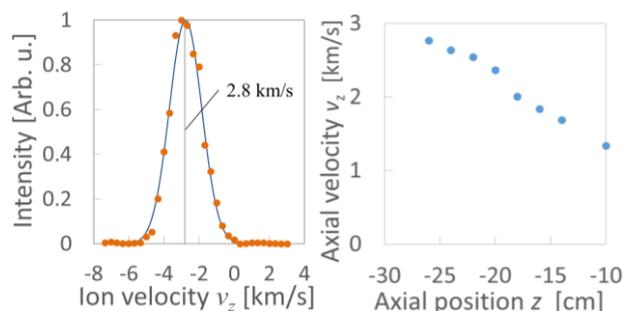


Fig. 2 Left: IVDF at $r = 0$ cm and $z = -26$ cm.

Right: Axial distribution of v_z at $r = 0$ cm.

(RF power: 2.5 kW, Ar gas flow rate: 60 sccm)

- [1] S. Shinohara *et al.*, *IEEE Trans. Plasma Sci.*, **42** (2014) 1245.
- [2] R. F. Boivin and E. E. Scime, *Rev. Sci. Instrum.* **74** (2003) 4352.
- [3] S. Shinohara, S. Takechi and Y. Kawai, *Jpn. J. Appl. Phys.* **35** (1996) 4503.
- [4] N. Teshigahara *et al.*, *Plasma Fusion Res.*, **9** (2014) 3406055.
- [5] Y. Tanida, D. Kuwahara and S. Shinohara, *Trans. JSASS Aerospace Tech. Japan* **14** (2016) pp. Pb_7-Pb_12