

PANTAにおけるレーザー誘起蛍光法を用いた
周方向速度及びイオン温度の径方向分布計測

**Radial profile measurement of azimuthal ion flow and ion temperature
with laser induced fluorescence in PANTA**

荒川弘之¹, 稲垣滋^{2,3}, 金史良⁴, 神崎智継⁴, 湊 良祐⁴, 木村俊介⁴, 佐々木真^{2,3}, 小菅佑輔^{2,3},
小林達哉⁵, 永島芳彦^{2,3}, 山田琢磨^{3,6}, 藤澤彰英^{2,3}, 糟谷直宏^{2,3}, 伊藤早苗^{2,3}, 伊藤公孝^{3,5}

H. Arakawa¹, S. Inagaki^{2,3}, F. Kin⁴, T. Kanzaki⁴, R. Minato⁴, S. Kimura⁴,
M. Sasaki^{2,3}, Y. Kosuga^{2,3}, T. Kobayashi⁵, Y. Nagashima^{2,3}, T. Yamada^{3,6},
A. Fujisawa^{2,3}, N. Kasuya^{2,3}, S.-I. Itoh^{2,3}, K. Itoh^{3,5}

¹帝京大, ²九大応力研, ³九大極限プラズマ研究連携セ, ⁴九大総理工, ⁵核融合研, ⁶九大基幹教育院

¹Teikyo Univ., ²RIAM, Kyushu Univ., ³Research Center for Plasma Turbulence, Kyushu Univ.,

⁴IGSES Kyushu Univ., ⁵NIFS, ⁶ARTSCI, Kyushu Univ.

プラズマ乱流中のイオン温度およびイオン速度の空間構造を明らかにすることは、プラズマ乱流中の構造形成機構を明らかにする上で重要である。本研究では、九州大学直線磁化プラズマ乱流実験装置PANTA[1]において、レーザー誘起蛍光(LIF)法[2]を用いた、アルゴンイオンのイオン温度及び周方向速度の径方向分布計測を行った。

実験を行ったPANTAでは、高周波(7MHz)により、長さ約4m、直径約10 cmの円柱状プラズマを生成している。放電時間は0.5秒である。実験条件は、アルゴンの中性粒子ガス圧0.8 mTorr, 磁場強度900 Gとした。中心部のプラズマ電子温度は約3 eV, 電子密度は、約 10^{19} m^{-3} である。

本研究では、波長掃引可能な半導体レーザーを用いた。レーザーはプラズマ生成部から1.125 mの位置に、磁場に垂直に入射し、イオン温度及び周方向イオン流れを計測した。プラズマ放電中のレーザー波長は一定とし、放電間でレーザー波長を変化させた。散乱光強度を検出する光電子増倍管は、プラズマ真空容器の近くに於いて、プラズマソース部の高周波の影響により電気ノイズが著しく増加するため、光ファイバー(約3 m)によりプラズマ生成部から離して利用した。

イオン温度及び周方向イオン流速は、LIF法によりアルゴンイオンの速度分布のドップラー広がりからドップラーシフトから見積もった[2]。径方向スキャンは、 $r = -1 \text{ cm}$ から3 cmまで1 cmごとに行った。本研究結果を図1,2に示す。イオン温度はこれまでの研究で、電子温度のおおよそ1/10と予測されてきた[3]が、これらと近い値が得られ、一貫性が確認できた。径方向のイオン温度分布は、おおよそ一定(10%以下の変動)であった。また、 $r = 3 \text{ cm}$ において、イオン反磁性方向の流れを観測し、マイクロ波反射計によるドップラーシフトの計測と同様の結果が得られた。

半径位置 $r = 4 \text{ cm}$ 以降においては、蛍光強度の減少により、イオン温度及び周方向イオン流速の導出ができなかった。原因として、周辺部におけるプラズマ密度の減少が考えられ、今後は統計量を増やす等して $r = 4 \text{ cm}$ 以降においてもイオン温度・流れ計測を行う。また、位置分解能と計測精度を高めることにより、ラングミュアプローブによる密度・ポテンシャル揺動計測との比較を行えるようにする。

本研究は科学研究費補助金(16H02442, 15H02155, 15K14283, 15H02335)及び応用力学研究所共同研究の支援を受けた。

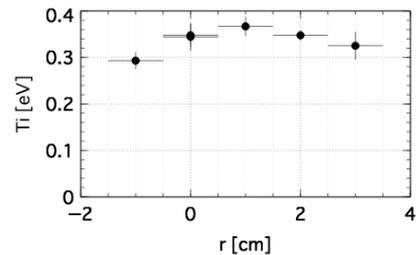


図1：イオン温度分布。

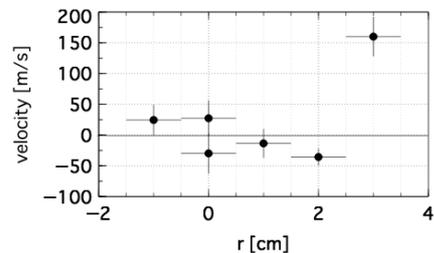


図2：イオンの周方向流れ分布。(図における半径位置がプラスから見たイオン反磁性方向をプラスとしている。)

[1] S. Inagaki, S., et al. Sci. Rep., 6, (2016).

[2] S.C. Thakur et al. Phys. Plasmas, 19.8: 082102 (2012)

[3] S. Yamada, et al., Evaluation of Ion Temperature Fluctuation in PANTA, Master's Thesis, Department of Advanced Energy Engineering Sciences, Interdisciplinary Graduate School of Engineering Science, Kyushu University (2013)