

PANTAにおける異なる乱流状態でのイオン温度観測 Ion temperature measurements in different turbulent states on PANTA

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

S. Kimura¹, H. Arakawa², S. Inagaki^{3,4}, F. Kin¹, T. Kanzaki¹, K. Yamasaki³, Y. Kosuga^{3,4},
T. Kobayashi⁵, Y. Nagashima^{3,4}, T. Yamada^{4,6}, A. Fujisawa^{3,4}, N. Kasuya^{3,4}, M. Sasaki^{3,4},
S.-I. Itoh^{3,4}, K. Itoh^{4,5}

¹九大総理工, ²帝京大, ³九大応力研, ⁴極限プラズマ研究連携セ, ⁵核融合研, ⁶九大基幹教育院
IGSES Kyushu Univ., ²Teikyo Univ., ³RIAM Kyushu Univ., ⁴Research Center for Plasma Turbulence,
Kyushu Univ., ⁵NIFS, ⁶ARTSCI, Kyushu Univ.

プラズマ乱流の特性を知る上で、イオン温度は観測すべき重要なパラメータである。例えば、PANTAにおける速度勾配不安定性やイオン温度勾配不安定性上の励起条件に影響する[1]。しかし、多くの基礎プラズマではイオン温度が低く計測が困難であった。近年、九州大学直線磁化プラズマ実験装置PANTA[2]でレーザー誘起蛍光(LIF)法を用いて、イオン温度計測装置を開発した。この計測は、高精度で1 eV以下のイオン温度が計測可能である。そこで本研究ではPANTAにおいて、LIFを用い、様々な乱流状態におけるイオン温度を計測することを目的とする。

PANTAでは高周波(7 MHz)により、長さ4 m、直径10 cmの円柱状Arプラズマを生成している。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。LIF計測のセットアップを図1に示す。LIF計測ではAr-IIにおける $3d^4F_{7/2}$ から $4p^4D_{5/2}$ への遷移に対応する中心波長668.6138 nmのレーザーを入射した。偏波は磁場に平行とした。励起された蛍光はレンズで光ファイバーに集光し、光電子増倍管で光強度を検出した。レーザーは電気光学変調器により100 kHzでモジュレーションしておりロックインアンプを用いてS/Nを向上させた。プラズマ放電中のレーザーの波長は一定とし、放電毎にレーザーの波長を変化させイオンの速度分布を得た[3]。

PANTAでは、磁場強度が900 Gのとき、中性粒子ガス圧が2 mTorr以下では揺動がバンチングする状態になる。ガス圧が3 mTorrでは孤立波状態に遷移する事が観測されている[4]。このため実験では、中性粒子ガス圧を0.8 mTorrから3 mTorrへと変化させてイオン温度を計測した。初期的な結果を図2に示す。2 mTorrまでは中心イオン温度は0.3 eV、3 mTorrにおいてイオン温度は0.065 eVへと急激に減少する。一方でトムソン散乱計測による中心電子温度は2.7 eVから1.9 eVへと緩や

かに30%程度減少する。従来、 T_i/T_e は0.1程度で一定と考えられていたが、今回の実験結果から T_i/T_e は0.1程度から0.03程度まで小さくなると分かった。

今後は、乱流状態が異なる際のイオン温度の分布構造の違いについて詳細に観測する。

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。

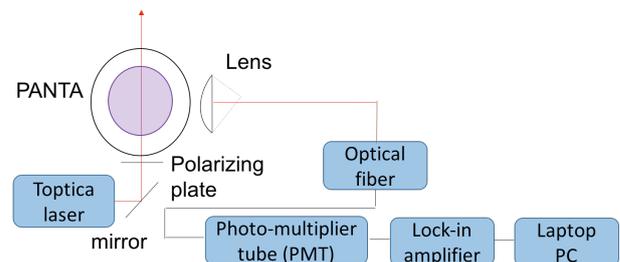


図1 LIF計測のセットアップ

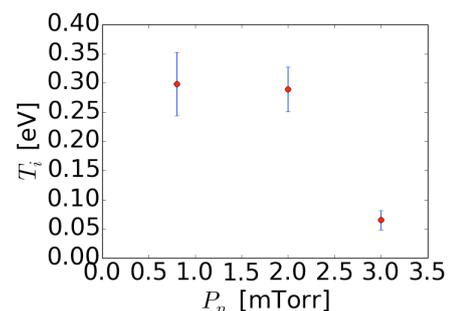


図2 イオン温度の中性粒子ガス圧依存性

[1] Y. Miwa, et al., Plasma Fusion Res., 8 (2013) 2403133.

[2] S. Inagaki, et al., Sci. Rep., 6, 22189 (2016).

[3] S.C. THAKUR, et al., Phys. Plasmas, 19, 082102 (2012).

[4] H. Arakawa, et al., Plasma Phys. Control Fusion 52, 105009 (2010), M. Sasaki, et al., Physics of Plasmas 22, 032315 (2015).