

磁気圏型プラズマ装置RT-1におけるCISシステムを用いた イオン温度，流速の2次元計測

学生証番号 47176901 氏名 中村 香織
(指導教員 西浦 正樹 准教授)

Key Words : magnetospheric plasmas, coherence imaging spectroscopy, diagnostic, self-organization

惑星磁気圏では、プラズマが高ベータの状態安定に存在していることが、観測より明らかにされている^[1]。磁気圏に倣い、ダイポール閉じ込めによりプラズマを生成している磁気圏型プラズマ閉じ込め装置RT-1では、自己組織化現象に寄与すると考えられているup-hill拡散現象や、磁気圏のVan Allen帯のようなリング状の構造を持つ数keV～数10keVの高温電子密度が周辺部に局在し、RT-1のプラズマの高いベータ値の実現に寄与していることが先行研究から分かってきた^[2]。一方、イオンに関しては、高速トロイダル流による閉じ込め改善など、トロイダル流の重要性が指摘されている^[3]。本研究の目的は、コヒーレンスイメージング分光(CIS, Coherence Imaging Spectroscopy)システムでRT-1プラズマの計測を行ない、発光量、イオン温度、トロイダル流速の全体構造を明らかにすることである。

CISは、複屈折結晶に光を通すことにより生じる干渉現象を利用して、プラズマ光の干渉像のコントラストと位相変化を取得し、そこからイオン温度と流速を求める手法である^[5]。本研究では、コントラストと位相を求めるため、高速フーリエ変換とヒルベルト変換を適用するように、CISシステムの解析プログラムを改良した。また、光学系の改善を行なうことで、CISカメラレンズの中央部と周辺部で光量が1.34倍向上し、偏光板を透過率の良いものに変更することで、レンズの中央部で光量が1.2倍増加した。これにより、プラズマの放電時間のうち、立ち上がりと立ち下がりを除いた全ての範囲である0.8秒の露光時間でも解析に必要な発光量が得られ、1ショットの計測データからでもイオン温度と流速を求めることができるようになった。

CISシステムにより、イオンのガス入射量依存性を2次元で計測した。放電条件は、ECHパワー18kWで、放電後に中性ヘリウムガスを入射する時間幅(ガス入射量に対応)を変えた。このときのプラズマ蓄積エネルギーの変化(反磁性信号)を図1、水平方向 $r=0.45\text{m}$ における線平均電子密度の変化を図2、CISシステムによるイオンの2次元分布計測結果を図3に示す。

図3より、入射するガス量が多いほど、イオン温度は低下し、流速は減少した。これより、イオン温度の低下と流速の減少は、プラズマの蓄積エネルギーの低下と相関があることが示され、矛盾の無い結果が得られた。

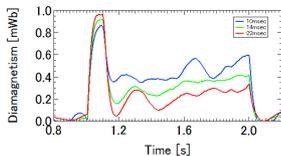


図1 ヘリウムのガス入射量を変化させたときのプラズマの反磁性信号。入射量を増やすほど、プラズマの蓄積エネルギーは低下する。

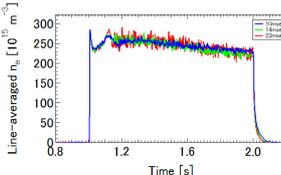


図2 ヘリウムのガス入射量を変化させたときのプラズマの線平均電子密度(水平方向 $r=0.45\text{m}$)。ガス入射量によらず、電子密度は一定であることが分かる。

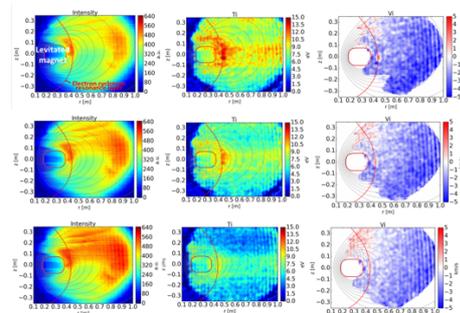


図3 CISシステムによる He^+ のガス圧入射量依存性の2次元イオン計測結果
左: 発光量 中: 温度 下: 流速
上段:10ミリ秒 中段:14ミリ秒 下段: 22ミリ秒
(放電後1.16秒におけるガス入射時間)

[1] R. S. Selesnick, et al., JGR **92**, 15249 (1987). [2] T. Sugata, Master thesis, the University of Tokyo (2018).
[3] Z. Yoshida *et al.*, Physics of Plasmas **17** (2010). [4] N. Takahashi, Master thesis, the University of Tokyo (2017).
[5] J. Howard, C. Michael, H. Chen, R. Lester, A. Thorman, and J. Chung, J. Instrum **10**, P09023 (2015).