

中性粒子の動的振る舞いがもたらす部分電離プラズマの構造形成への影響  
**Study on neutral gas dynamics in a partially ionized plasma  
 using time-resolved LIF spectroscopy**

松尾拓実<sup>1</sup>, 寺坂健一郎<sup>1</sup>, 吉村信次<sup>2</sup>, 荒巻光利<sup>3</sup>, 田中雅慶<sup>1</sup>  
 Takumi MATSUO<sup>1</sup>, Kenichiro TERASAKA<sup>1</sup>, Shinji YOSHIMURA<sup>2</sup>,  
 Mitsutoshi ARAMAKI<sup>3</sup>, and Masayoshi Y. TANAKA<sup>1</sup>

九大総理工<sup>1</sup>, 核融合研<sup>2</sup>, 日大生産工<sup>3</sup>  
 Kyushu Univ.<sup>1</sup>, NIFS<sup>2</sup>, Nihon Univ.<sup>3</sup>

部分電離プラズマでは、電子・イオンと中性粒子との間で運動量やエネルギーのやり取りが行われるため、中性粒子がプラズマ構造形成に重要な役割を果たす[1,2]。しかし、計測の難しさから中性粒子を直接計測した例は少ない。特に十分な精度で時間発展を計測した例はないため、プラズマの構造形成に対する中性粒子の動的振る舞いの影響は完全には理解されていない。我々は、時間分解レーザー誘起蛍光ドップラー分光 (TR-LIF) システムを開発し、中性粒子の速度分布関数の時間変化を直接計測することで、非定常な現象に対する中性粒子の効果を明らかにすることを目的とした実験を行っている。

実験は大容量の直線型 ECR プラズマが生成可能な遷移プラズマ発生装置 HYPER-II [3]で行った。HYPER-II には、定常状態の中性粒子を対象とした高精度 LIF システムが実装されており、数 m/s の中性粒子流れが計測可能である (Fig.1) [4]。本研究では、計測精度を維持しつつイオンサイクロトロン周波数程度の現象に対して時間分解計測を可能にするために、レーザー変調周波数の改善やロックイン積分時間の短時間化を行った。

TR-LIF システムの時間分解能を評価するために、レーザーの散乱光を用いて LIF 信号を模擬した予備実験を行った。Figure 2 に仮想 LIF

信号の周波数依存性を示す。100 Hz における出力に対する各周波数の振幅の比が 90% 以上であれば計測可能であるとして評価を行った結果、最大 20 kHz の揺動まで計測できることが分かった。これは、HYPER-II の計測領域におけるイオンサイクロトロン周波数 (約 4 kHz) の 5 倍程度までの時間分解能である。次に、TR-LIF システムの計測精度を検証するために、定常状態を対象として、従来の LIF と TR-LIF を用いて計測した LIF スペクトルを比較した。Figure 3 に示すように、両手法を用いて得られる LIF スペクトルはよく一致する。このことから、TR-LIF 計測に必要なプラズマの再現性と光学系の安定性が十分に確保され、低周波帯の現象に対して原理的に数 m/s の精度で時間分解計測が可能であることが確認できた。

現在、波動現象中の中性粒子の時間発展を調べるために、HYPER-II 中に波動励起グリッドを設置した実験を進めている。ポスター発表では、励起グリッドを用いてプラズマに擾乱を与えた際の TR-LIF 計測結果についても述べる予定である。

- [1] K. Terasaka *et al.*, Phys. Plasmas **25**, 052113 (2018).
- [2] M. Sharma *et al.*, Phys. Plasmas **27**, 022120 (2020).
- [3] K. Terasaka *et al.*, J. Plasma Phys. **81**, 345818181 (2014).
- [4] E. Abe *et al.*, Plasma Fusion Res. **14**, 1201066 (2019).

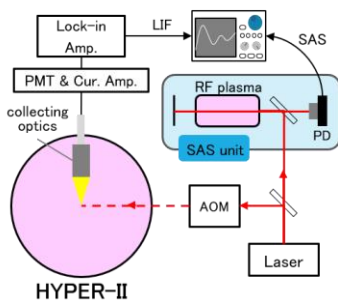


Fig.1 TR-LIF システムの構成図。

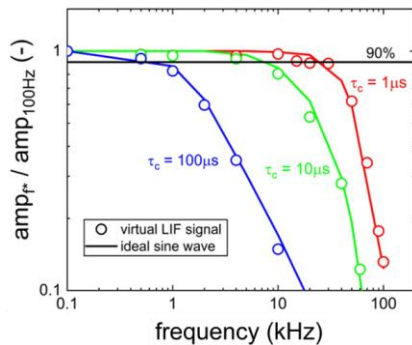


Fig.2 ロックイン積分時間  $\tau_c$  ごとの仮想的な LIF 信号の周波数応答。

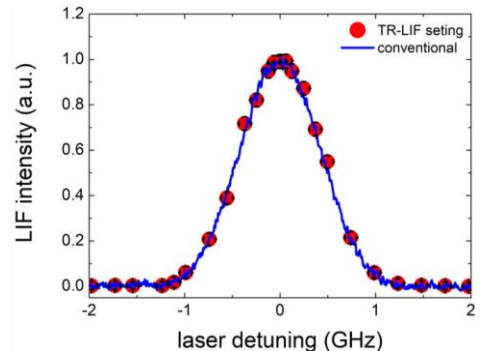


Fig.3 従来システムの LIF スペクトル (実線) と TR-LIF システムの LIF スペクトル (丸)。