

レーザー誘起蛍光ドップラー分光法への光渦の活用とプラズマ流れ計測
Application of optical vortices to laser-induced fluorescence Doppler spectroscopy for plasma flow measurements

寺坂健一郎
 Kenichiro TERASAKA

九州大学 総合理工学研究院
 Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University

狭帯域の波長可変レーザーを光源とするレーザー誘起蛍光ドップラー分光法 (LIF法) は、プラズマ中のイオンや中性粒子の局所的な速度分布関数や温度・流速を計測できる強力な診断法であり、基礎・応用を問わず幅広くプラズマ研究に用いられている。一方、従来のLIF法には、計測対象となる粒子の速度成分がビーム伝播方向 (波数ベクトル方向) に限定されるという制約がある。これは、ビーム断面で一様な位相分布を持つ平面波を光源として使用していることに起因する。

光渦は等位相面がらせん状の構造を持ち、ドーナツ状の強度分布を持つ伝播モードの総称である。光渦ビームを横切る粒子はビーム断面の位相勾配に起因するドップラー効果を受ける[1]。従って、この性質を利用したドップラー分光法が確立されれば、ビームを横切る粒子の流れに感度を持った計測が可能になる。このことは、壁近傍の流れ計測[2]や、Zeeman効果に対する偏光の選択性など、実環境におけるLIF計測の自由度を更に向上させる。

光渦ビームを横切る粒子に対して感度を持った計測が原理的に可能であることは、吸収分光法を用いた実験において確認されている(例えば[3])。一方、LIF法に対する有用性は実証されていない。我々は、光渦が持つ位相の空間構造を活用する新しいドップラー分光法として光渦LIF法 (OVLIF法) を提案しており、その手法確立を目指している。

従来のLIF計測と同様に、ビーム断面全体を見込むような観測系を用いてLIFスペクトルを測定する場合、光渦の効果はスペクトルの変形—特にフラットニングやブロードニング—として表れることが期待される[4]。我々は、このようなスペクトルの変形が実際に生じること、また変形量からビームを横切る流速を決定することが可能であるかを検証するために、核融

合科学研究所のHYPER-I装置[5] を用いて原理実証実験を進めている。光渦ビームの生成には光軸を変更することなく自由にモード選択が可能である空間光変調器 (SLM) を用いている。図1 (左) に実際に生成した光渦ビーム (トポロジカルチャージ 10) の強度分布を示す。本実験では、光渦ビームを集光してHYPER-I 装置に入射し、装置内に設置したバイアス電極近傍に形成される高速イオン流を対象にOVLIF 計測を行っている[図1(右)]。講演では、OVLIF法の計測原理や実証実験に関する詳細について述べる。

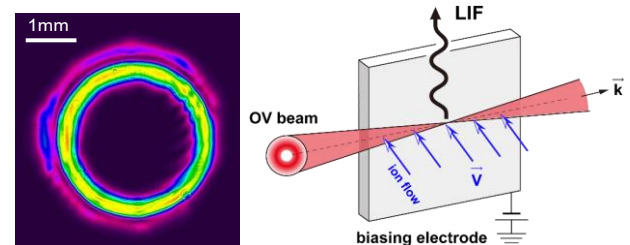


図 1. (左): SLM を用いて生成したトポロジカルチャージ 10 の光渦。(右): バイアス電極を用いた原理実証実験の概略図。

References

- [1] L. Allen *et al.*, *Opt. Commun.* **112**, 141 (1994).
- [2] V. Pigion *et al.*, *Phys. Plasmas* **27**, 043505 (2020); K. Terasaka *et al.*, *J. Plasma Phys.* **81**, 345710101 (2015).
- [3] 皆川裕貴 他, 本年会・ポスター (24P-2F-03).
- [4] S. Yoshimura *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* **59**, SHHB-04 (2020).
- [5] S. Yoshimura *et al.*, *J. Plasma Phys.* **81**, 345810204 (2015).

本研究はJSPS 科研費JP21K03501,JP21H01058, および大学共同利用機関法人自然科学研究機構新分野創成センター先端光科学研究分野プロジェクト(01213006) の助成を受けたものである。