

光波の強度・偏光・位相の空間分布制御と光マニピュレーション応用
Spatial Distribution Control of Intensity, Polarization, and Phase of Light
and its Application to Optical Manipulation

東北大多元研¹, JST さきがけ² ○小澤 祐市^{1,2}, 佐藤 俊一¹

IMRAM, Tohoku Univ.¹, JST PRESTO², °Yuichi Kozawa^{1,2}, Shunichi Sato¹

E-mail: y.kozawa@tohoku.ac.jp

レーザー光の基本モードとして標準的によく用いられるガウスビームは、ビーム横断面においてガウス関数状の強度分布を持ち、多くの場合均一な偏光方向を持つ直線偏光（あるいは円偏光）で、ほぼ平面的な波面を有する。一方で、ビーム断面において、強度や偏光、あるいは位相が空間的に分布を持つような光ビーム（Structured beam）は、通常のガウスビームでは得られないような特性を数多く示すことが明らかになり、光マニピュレーション（光トラッピング）を始めとして、レーザープロセッシング、光イメージング、光記録など様々な分野に適用されている。

我々は、レーザー光の偏光がビーム断面において半径方向に偏光した径偏光（ラジアル偏光）や、方位角方向に偏光した方位偏光（アジマス偏光）は、その偏光の軸対称性に起因してマイクロメーターサイズの微粒子捕捉に有効であることに着目し[1]、このようなベクトルビームと呼ばれる新しい光ビームの発生手法の確立と、光トラッピングに対する有効性をいち早く実証してきた[2]。径偏光ビームは、強く集光すると光軸方向に振動する強い軸方向電場が焦点に局所的に発生することが知られており、この軸方向電場が金属や半導体などの不透明ナノ粒子に対する高効率捕捉に適していることが指摘されている。我々はこれまで、集光する径偏光ビームが多重リング状の強度分布を持つ高次横モードとなる場合、焦点に形成される軸方向電場による集光スポットが、従来の光ビームの集光に比べて面内方向に極めて小さく、また光軸方向には伸びた針状の強度分布となることを数値計算により明らかにした[3]。また、本特性をレーザー走査型顕微鏡系に適用すると、空間分解能の大幅な向上が得られることをこれまで実証してきた[4]。高次径偏光ビームに代表されるようなベクトルビームが持つ特異な集光特性を活用すれば、集光スポットの偏光状態を3次的に制御することも可能となる。このような極微小な集光場を光マニピュレーションに応用すると、針状強度分布に沿った微粒子の配列や、異方性粒子に対する3次的な回転制御なども期待できる。本講演では、ベクトルビームを始めとした Structured beam の発生と応用に関して、これまでの我々の取り組みについて概説すると共に、このような光ビームの特性に基づく光マニピュレーション応用への可能性について議論したい。

参考文献：

- [1] H. Kawauchi *et al.*, Opt. Lett., **32**, 1839 (2007).
- [2] Y. Kozawa and S. Sato, Opt. Express **18**, 10828 (2010).
- [3] Y. Kozawa and S. Sato, J. Opt. Soc. Am. A **24**, 1793 (2007).
- [4] Y. Kozawa, D. Matsunaga, and S. Sato, Optica **5**, 86 (2018).