

## 2 重光渦ビームを用いた低屈折率粒子の光トラッピング

### Optical Trapping of Low-Refractive Index Particles Using Dual Vortex Beams

東北大多元研 中谷 翔, °小澤 祐市, 上杉 祐貴, 佐藤 俊一

IMRAM, Tohoku Univ., Sho Nakaya, °Yuichi Kozawa, Yuuki Uesugi, Shunichi Sato

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

はじめに：光トラッピング法はレーザー光の焦点にナノからマイクロメートルサイズの微小物体を3次元的に捕捉・操作できる技術として、バイオサイエンスでの生体試料操作を始めとしてバイオメカニクスでの微小領域での力計測などに広く応用されている。光トラッピング法で通常用いられるマイクロからサブマイクロメートルサイズのポリスチレンやガラス粒子は、水などの媒質に比べて屈折率が僅かに大きいため、集光したレーザー光が粒子に作用する勾配力は強度勾配の大きな焦点近傍に引き寄せる引力として働き、これらの粒子は容易に捕捉される。一方で、油中の水滴やバブルなどの媒質よりも屈折率が低い粒子では、光による勾配力は焦点から遠ざける斥力として作用するため、低屈折率粒子の安定な3次元捕捉や操作は一般的に困難とされている。そのため低屈折率粒子に対しては、光の強度が周囲よりも低い場（ダークスポット）を用いると捕捉が可能であると報告されている[1,2]。我々は現在、レーザー光の焦点に形成されるダークスポット形状を制御することで、低屈折率微粒子をより安定に捕捉可能な光トラッピング法の開発を進めている。本講演では、直交した偏光を持つ2つの光渦ビームの集光によって焦点近傍に3次元的なダークスポットを形成し、低屈折率微粒子の捕捉・操作を行った結果を報告する。

**実験方法と結果：**波長 658 nm の連続波発振レーザー光を油浸レンズ（開口数 1.4）で集光する光学系を基本として、レーザー光を液晶型螺旋位相板および反射型液晶空間光変調器を用いて異なるトポロジカルチャージを持つ光渦ビームに変換した。各位相変調素子における液晶分子の配向方向は直交しており、入射する直線偏光ビームの偏光方向を調整することで、各偏光成分で異なる波面制御を可能とした。また、空間光変調器では螺旋波面に加えてデフォーカス波面を重畳することで光渦ビームの焦点を光軸方向にシフトさせた。これにより、焦点近傍に図 1(a)に示すように光軸方向に2つの光渦ビームで挟まれたダークスポットを形成し、低屈折率粒子の捕捉を試みた。実際に焦点にチャージ1および3の光渦ビームを光軸方向に5  $\mu\text{m}$  だけずらして集光し、屈折率 1.53 のアセトフェノン中に浮遊した約 2  $\mu\text{m}$  の粒径の水滴を捕捉した結果を図 1(b)-1(d)に示す（レーザーパワー:18.4 mW）。ステージを水平方向[図 1(c)], 光軸方向[図 1(d)]に移動した場合も、図 1(b)の白矢印で示した捕捉粒子は視野内で移動せず、3次元的に捕捉されていることがわかる。このようなダークスポットを用いた捕捉場に対するトラップ力の解析結果については当日報告する。

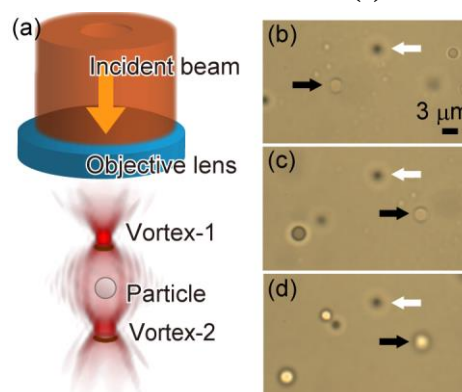


Fig. 1 (a) Schematic of the dark spot formation by two vortex beams. (b)-(d) Manipulation of a water droplet in acetophenone.

参考文献：[1] K. Sasaki *et al.*, Appl. Phys. Lett. **60**, 807-809 (1992).

[2] K.T. Gahagan and G.A. Swartzlander, Jr., J. Opt. Soc. Am. B **15**, 524-534 (1998).