

光軸を離れた複数ナノ粒子の光誘起相互作用による軌道運動の偏光依存性

Polarization Dependence of Orbital Motion of

Off-axially located Multiple Nanoparticles via Light-induced Interaction

阪府大院理¹, 阪府大LAC-SYS研², 千葉大院工³, 千葉大分子キラリティー研⁴, 阪府大院工⁵

○田村 守^{1,2}, 尾松 孝茂^{3,4}, 床波志保^{2,5}, 飯田 琢也^{1,2}

Grad. Sch. Sci.¹ & RILACS² Osaka Pref. Univ., Grad. Sch. Eng.³ & MCRC⁴ Chiba Univ.

Grad. Sch. Eng. Osaka Pref. Univ.⁵

Mamoru Tamura^{1,2}, Takashige Omatsu^{3,4}, Shiho Tokonami^{2,5}, Takuya Iida^{1,2,*}

*E-mail: t-iida@p.s.osakafu-u.ac.jp

光は二種類の角運動量を独立に持つことができ、円偏光状態に関連するスピン角運動量(SAM)と、らせん状の波面を持つ光渦に関連する軌道角運動量(OAM)に切り分けられる。更に、これらの角運動量の転写により物質に回転運動を誘起でき、その回転運動もまた、その場での自転と、ビーム軸周りでの軌道運動の二種類に区別できる[1,2]。ここでしかしながら、これらの回転運動は必ずしも SAM と OAM によってそれぞれ独立に誘起されるわけではない。特に OAM を持つ光渦は、そのスポット径よりも大きな物質に対して自転運動を誘起することができる[1]。反対に、SAM を持つ光源が、物質に対して軌道運動を誘起できるかと言えば、そのような状況を想定するのは難しく、実際にその報告例も少ない[3]。一方で、我々は円偏光光渦の下での複数ナノ粒子の軌道運動が、SAM に由来する粒子間の相互作用によって変調されることを理論的に解明してきた[4,5]。ここで特に本質的には、SAM による軌道運動の変調に対して光渦の OAM の存在は不要であり、OAM を持たない円偏光光源によっても同じ原理に基づいて複数ナノ粒子に対して軌道運動を誘起することが可能である。本研究ではその可能性を探るために、光軸を離れた複数ナノ粒子の、円偏光ガウスビームの下での運動の偏光依存性を、動力学シミュレーションにより解析した。

図 1 (a)(b)の白丸に示すように、出力 700 mW スポット径 0.5 μm のガウスビームに対し、光軸を離れて 4 個の直径 $D = 50 \text{ nm}$ の金ナノ粒子が初期配置されている。また動力学シミュレーションにおいて、中心の点線に囲まれた半径 100 nm の領域には構造体が存在し、粒子が侵入できないことを想定した。なお、この構造体の光学応答は無視した(溶媒と同じ屈折率を持つことを仮定)。更に、 $D/2 < z$ の領域には基板などの固液界面が存在し、粒子は $0 < z$ に侵入できないことを想定した。計算手法として、我々が独自に開発してきた「光誘起力ナノ動力学法」[5]を用い、20 ms までの運動を評価した。結果として、図 1(a)(b)の $t = 4, 8 \text{ ms}$ での粒子配置および、図 1(c)に示す粒子の重心座標の極座標における偏角の時間発展より、左円偏光と右円偏光において、それぞれ粒子は反時計・時計周りに軌道運動することが分かる。ここで、[5]における SAM による変調の原理と同様に、粒子間の相互作用が、軌道運動に寄与していると考えられる。講演では、より系統的に探索した結果など詳細について議論する。得られた成果は、光による物質操作をより高度化し、角運動量を用いたレーザー加工技術などの発展に貢献するものである。

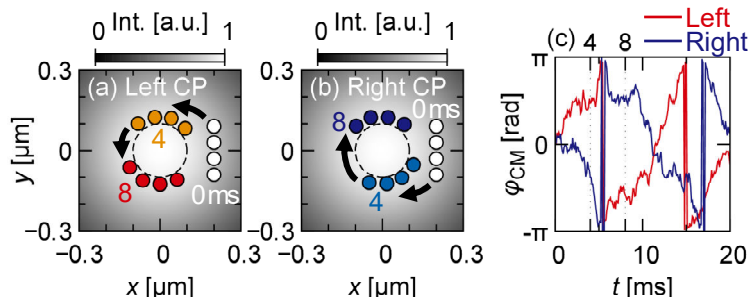


Fig. 1. (a)(b) Location of nanoparticles (NPs) at $t = 0, 4$, and 8 ms for (a) left and (b) right circular polarization (CP), where the background shows the light intensity distribution, and the arrows indicates the motion direction of NPs. (c) Time-evolution of azimuthal angle of NPs' center-of-mass in the cylindrical coordinates.

- [1] N. B. Simpson, K. Dholakia, L. Allen, and M. J. Padgett, *Opt. Lett.* **22**, 52 (1997).
- [2] A. T. O'Neil, and M. J. Padgett, *Opt. Commun.* **185**, 139 (2000).
- [3] J.-W. Liaw, M.-C. Huang, H.-Y. Chao, and M.-K. Kuo, *Nanoscale Res. Lett.* **13**, 322 (2018).
- [4] M. Tamura, T. Omatsu, and T. Iida, *J. Phys.: Conf. Ser.* **1220**, 012008.(2019).
- [5] M. Tamura, T. Omatsu, S. Tokonami, and T. Iida, *Nano Lett.* (Accepted 2019).