

## 誘導放出による反跳力を利用したナノ粒子の回転方向の制御

## Control of Rotational Direction of Nanoparticles Using Recoil Force Generated by Stimulated Emission

阪大院基礎工

○蓬萊 貴大, 梅川 佳己, 芦田 昌明, 石原 一

Dept. of Mater. Eng. Sci., Osaka Univ.

○Takao Horai, Yoshiki Umekawa, Masaaki Ashida, Hajime Ishihara

E-mail: [horai.t@opt.mp.es.osaka-u.ac.jp](mailto:horai.t@opt.mp.es.osaka-u.ac.jp)

ナノ粒子に働く光圧はマイクロ粒子に働く光圧と比較して極めて小さいため、例えば室温の溶媒中で安定した光圧操作を行うためには光圧を増強させる必要がある。この目的のために、局在表面プラズモン共鳴によって光電場を増強させる手法 [1]や、電子の遷移エネルギーに光を共鳴させる手法 [2]などが注目されている。これらの手法による光圧操作は、基本的にはナノ粒子の吸収あるいは散乱現象を利用しているが、近年、我々は発想を転換して、発光による光圧操作に注目している。本発表では、その1つとして、誘導放出による反跳力を利用した光圧操作に焦点を当てる。この反跳力は以前に我々が理論的に提案していたが [3]、近年実験的にも実証された [4]。

誘導放出による反跳力を利用する大きな利点の1つは、吸収飽和の影響を回避できるため、高強度のレーザー照射下でも光圧が飽和しないことにある。一方で、高強度のレーザーを照射すると、対象物質が色素分子などの場合には光褪色を起こすという課題がある。しかし、堅牢な構造に起因して光褪色が起きない NV 中心含有ナノダイヤモンド (NV-ND) が対象の場合にはこのことは問題にならない。以前より我々のグループでは、ナノ粒子に励起光を照射した上で、Laguerre-Gaussian ビーム (LG ビーム) を照射することで反跳力が生じ、ビーム軸方向の運動だけでなく、回転方向も通常とは逆向きになることを理論的に提案していた [5]。しかし対象は色素分子としており、室温の水中でどの程度力が有効であるかについて定量的な議論は行っていなかった。そこで本研究では、直径 50 nm の NV-ND に対して LG ビームを用い、安定的な捕捉の下で、反跳力による回転運動の反転が実験的に検証可能であることを定量的に示した。

本発表で想定する系として、 $l = 1$ および $l = -1$ の励起 LG ビームを同一方向から照射し (強度はそれぞれ 600 mW、500 mW)、励起 LG ビームによる回転を相殺した上で、 $l = 1$ の誘導 LG ビームを照射する (強度: 500 mW)。この条件下では室温の水中であっても NV-ND が勾配力によって 3 次元的に安定して捕捉され、更に誘導放出によって回転運動が反転することを動力学シミュレーションによって明らかにした。近年のナノ粒子のトラッキングの技術を駆使すれば [6]、本結果は実験的に観測可能であることが期待される。今回の結果は、ナノ物質の回転運動の新規な制御手法の実現に結びつくものである。

[1] *ACS Photonics* **11**, 321 (2024). [2] *Adv. in Phys.: X* **6**, 1885991 (2021). [3] *Phys. Rev. Lett.* **109**, 087402 (2012).

[4] *Chem. Sci.* **14**, 10087 (2023). [5] *Opt. Express* **28**, 14980 (2020). [6] *Nano Lett.* **21**, 6268 (2021).