

共鳴光で拓く光マニピュレーション Optical manipulation pioneered by resonance light

大阪府大院工[○]石原 一

Osaka Prefecture Univ.¹, Dept. Physics and Electronics,[○] Hajime Ishihara

E-mail: ishi@pe.osakafu-u.ac.jp

本講演では、シンポジウムの趣旨、及び講演者らが研究してきた共鳴光マニピュレーションの考え方と関連研究について述べ、従来型のレーザーピンセットを超えた新しい光マニピュレーション技術創出の可能性を議論する。

Ashkin による提案以来[1]、光圧を用いた非接触な微小物質操作技術がバイオ、光学、光化学などの分野で学際的に研究され、特に細胞生物学等での成功は良く知られている[2]。最近では近接場、波面制御波などの新しい光源の発達もあり、微粒子操作の新奇自由度の追及が盛んに行われている[3]。一方で、近年、金属・半導体などのナノ微粒子、分子会合体、さらには単一有機分子など、より小さな対象に対する光マニピュレーションが関心を持たれるようになり、有効な力を得る観点から吸収域（共鳴領域）における輻射力の問題に対する興味が急速に高まってきた。例えば 1990 年代終盤、バイオ分野のグループから、抗体などにドーブした色素吸収帯の共鳴効果によるトラップ力の著しい増大例が報告され始めた[4]。分子、半導体等のナノ粒子の電子的準位に対する共鳴効果は、単に力を増強させるだけでなく、粒子個々の量子力学的個性を力学的運動に反映させる点で注目に値する。我々のグループでは量子力学的特性を利用したナノ構造の選択的共鳴光マニピュレーションを提案し[5]、バイオ、光有機化学のグループから関連した実験結果が報告されている[6][7]。さらに半導体ナノ微粒子に対しても、極低温環境下での選択的光輸送が試みられた[8]。

これら一連の研究で扱われた現象は、物質系に内在する量子力学的情報がマクロな力学的運動に転化する新奇なプロセスを含んでおり、操作ツールとして成熟してきた従来型のレーザーピンセット技術とは一線を画する新しい学理と技術分野開拓に結びつく可能性がある。最近では波面制御波、或いは局在プラズモンを利用した新タイプの光源利用が活発になっており、今後、これらの光源と物質の量子力学的相互作用に基づく新しい操作自由度の追求が盛んになると思われる。さらに、ごく最近、我々のグループでは非線形な共鳴光学応答が光マニピュレーションの自由度をさらに高めることを理論的に提案し、また従来の実験の多くで、そのような効果が重要な役割を果たしていた可能性を明らかにした[9]。これらの新しい研究の試みは、物質共鳴と光誘起力や力学的運動との相関そのものを問う学理から、それを利用した技術、またその技術で始めて可能となる学際的研究分野の創出へと結びつく可能性を秘めるものとして、今後の進展が期待される。

- [1] A. Ashkin, Phys. Rev. Lett. **24**, 156 (1970)
- [2] J. T. Finer, et al., Nature **368**, 113 (1994), T. Funatsu, et al., Nature **374**, 555 (1995)
- [3] K. Dholakia, et al., Nat. Photo. **5**, 335 (2011)
- [4] M. A. Osborne, et al. J. Phys. Chem. B **102**, 3160 (1998),
G. Chirico, et al., J. Phys. Chem. B **106**, 2508 (2002)
- [5] T. Iida, H. Ishihara, Phys. Rev. Lett. **90**, 057403 (2003); Phys. Rev. Lett. **97**, 117402 (2006)
- [6] H. Li, et al., J. Am. Chem. Soc. **128**, 5711 (2006)
- [7] C. Hosokawa, et al., Jpn. J. Appl. Phys. **45**, L453 (2006)
- [8] K. Inaba, et al., Phys. Stat. Solidi B **243**, 3829 (2006)
- [9] T. Kudo, H. Ishihara, Phys. Rev. Lett. **109**, 087402 (2012)