共鳴非線形光学応答による光マニピュレーション

Optical Manipulation by Resonant Nonlinear Optical Response

阪府大工 石原一

Osaka Prefecture University Hajime Ishihara

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

本講演では、電子的共鳴を利用した光マニピュレーションに光学非線形効果を導入する事によってナノ物質操作の自由度が圧倒的に高められることを提案する。

光マニピュレーションにおいて、最近ではナノメートルオーダーの物質（ナノ物質）を如何に操作するかに関心が集まってきた。透明なレイリー散乱領域の物質に対する光圧はほぼ体積に比例するため、ナノ物質を環境からの擾乱に打ち勝って自由に操るのは容易ではない。そのため、表面プラズモン共鳴による局在電場で光圧を増強するなどの工夫が盛んに研究されている。一方、微小物質の電子的遷移に共鳴する光による力の増強についても、実験[1]、理論[2]の両面から研究されてきた。

上記、共鳴効果を用いた場合は、単に光圧が増強するだけではなく、個々のナノ物質の微視的（量子力学的）個性を反映した形で力が働くため、従来の光ピンセットとは異なる新しい技術的展開が期待できる。物質の微視的特性と光が持つ様々な自由度との組み合わせにより、多様な選択的マニピュレーションが可能となり、物質そのものや環境との相互作用についての情報の取得や、微視的秩序構造創生における新しい光の利用法となり得る。一方、ナノ物質の光圧操作では高強度な電場を作用させるため、共鳴条件では容易に摂動を超えた非線形領域に踏み込むことになる。この効果をうまく利用すれば、各種の共鳴分光学において非線形効果が重要な役割を果たしてきたように、光圧技術の多様性が圧倒的に高まると期待される。

文献[1]等の実験を始めとし、共鳴効果を用いた光捕捉実験では、線形応答のみを考慮した解析では捕捉不可能な条件でも、好ましい結果が得られていることが報告されてきた。我々は、実験条件に合わせ、摂動を超えた非線形性まで考慮すればこれらの実験結果がよく説明できることを明らかにしてきた[3]。さらに非線形性を利用することによって従来にない新しい操作法が提案できる。例えば、二重共鳴効果を用いた高効率な分子捕捉[4]、物質に利得を持たせることによる押引のスイッチ[3]や回転方向のスイッチ、さらにドーナツビームと通常ビームを用いた超解像捕捉など、様々な例を考えることが出来る。本講演では共鳴非線形光マニピュレーションの機構、それが可能な条件、想定される応用などについて議論する。

[1] M. A. Osborne, et al., J. Phys. Chem. B **102**, 3160 (1998), H. Li, et al., J. Am. Chem. Soc. **128**, 5711 (2006) など

[2] R. Agayan, et al., Appl. Opt. **41**, 1218 (2002), T. Iida, and H. Ishihara, Opt. Lett. **27**, 754 (2002), Phys. Rev. Lett. **90**, 057403 (2003), Phys. Rev. Lett. **97**, 117402 (2006) など

[3] T. Kudo, and H. Ishihara, Phys. Rev. Lett. **109**, 087402 (2012)

[4] T. Kudo, and H. Ishihara, Eur. Phys. J. B **86**, 98 (2013)