

複数の集光スポットによる光捕捉金属ナノ粒子の配列形成

An array formation of optical trapped metallic nanoparticles due to multiple focal spots

阪大院基礎工¹, 大阪府大院工²

○(D) 埜 幸宏¹, 横山 知大¹, 石原 一^{1,2}

Osaka Univ.¹, Osaka Pref. Univ.²

○Y. Tao¹, T. Yokoyama¹, H. Ishihara^{1,2}

E-mail: tao.y@opt.mp.es.osaka-u.ac.jp

物質をナノスケールにすると量子サイズ効果によって従来の材料とは異なる電氣的・光学的な特性が得られる。さらに、それらの物質を特定の配列となるように配置すると、種々の機能を有する新奇材料となる。しかし、ナノスケールの物質の制御は、そのサイズから直接制御することが難しく、表面処理や静電的な相互作用を用いた方式が配列化手法の主流であり、種々のナノ粒子を捕捉・輸送・配置といった操作は重要な課題となっている。

また、光が物質に力を及ぼすことは古くから知られている。A. Ashkin らは集光レーザーを用いてマイクロサイズの誘電体球を捕捉、操作することで、光圧による非接触な微小サイズ物質の操作が可能であることを実証した[1]。最近では、T. Kudo らが、単一のレーザースポットを用いてポリスチレンビーズ[2]と金ナノ粒子[3]の集団の光捕捉を行い、多数粒子の集団的な光捕捉と、スポットサイズを超えた広域的秩序構造形成を報告した。この現象はナノ物質の効率的な光制御という観点からも魅力的である。我々はこれまでに、数値計算にて、円偏光レーザーの集光スポット

に配置した粒子を中心に、周辺粒子が回転運動をすることや、スポットサイズを超えた配列形成を行うために、粒子の運動を抑制する1手法を提案した。

本報告では、粒子の回転運動は光の軌道角運動量が、微粒子間の光の多重散乱を通じて、転写されていることを数値計算の結果を解析することによって示唆される結果を得たことを報告する。また、複数のスポットを利用して粒子の運動や配列構造を制御するために必要な条件を数値計算によって調査した結果を報告する。

数値計算は、電磁界強度分布をT行列に基づき自己無撞着に多重散乱を考慮した形によって求め[4]、その電磁界のMaxwell Stress Tensorを粒子回りに表面積分することで光圧による駆動力を計算し、その駆動力と粒子間のクーロン力とファンデルワールス力を考慮した形で、動力学計算を行うというステップを繰り返すことにより行った。その結果、特定条件下において、図1の上図を初期とした際に、時間経過によって図1の下図の様な配列構造に変化することを観察した。

[1] A. Ashkin *et al.*, Opt. Lett. **11**, 288 (1986).

[2] T. Kudo, *et al.*, Nano Lett. **16**, 3058 (2016).

[3] T. Kudo, *et al.*, Nano Lett. **18**, 5846 (2018).

[4] D. W. Mackowski and M. I. Mishchenko, J. Opt. Soc. Am. A **13**, 2266 (1996).

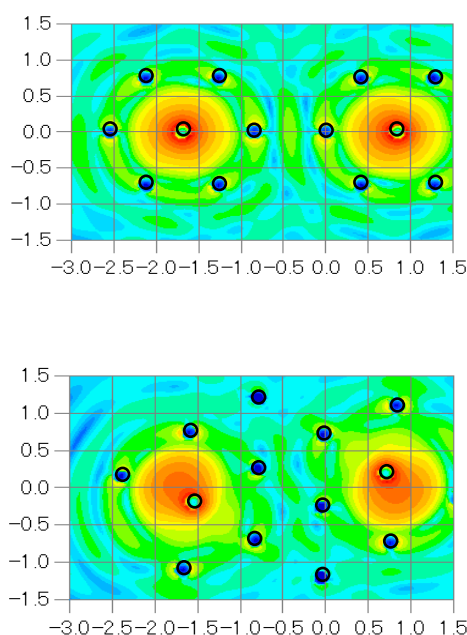


図1. 集光位置付近の電界強度分布
上は、初期配置。下は、動力学計算にて、一定時間経過した後の状態。
色は電場強度を表す。赤が高く、青が低い。
○は、微粒子の位置を示す。
入射光は、波長 1064nm、スポット径 0.4μm、円偏光のガウシアンビームを2スポット利用。左右の赤い円状の領域がスポット位置。
微粒子は、直径 200nm の金微粒子。