

集光レーザーが形成する広域的なマイクロ粒子配列における 光圧の粒径、及び屈折率依存性

Particle Size- and Refractive Index-Dependence of Optical Force at Wide-Area Micro Particle Array due to Focused Laser

○横山 知大¹、松浦 朋輝²、埜 幸宏¹、石原 一^{1,2} (1. 阪大院基礎工、2. 阪府大院工)

○T. Yokoyama¹, T. Matsuura², Y. Tao¹, and H. Ishihara^{1,2}

(1. Grad. Sch. of Eng. Sci., Osaka Univ., 2. Grad. Sch. of Eng., Osaka Pref. Univ.)

E-mail: tomohiro.yokoyama@mp.es.osaka-u.ac.jp

光マニピュレーションによるサブマイクロスケールの微小粒子の操作・選別・配列は機能性を材料表面へ非接触に付加する技術として期待される。我々は集光レーザーによって光捕捉された粒子からの光散乱場に着目し、光捕捉された多数粒子の自己形成的な配列成長とその際の粒子運動を議論する。

最近、工藤らはガラス基板と水の界面におけるポリスチレンマイクロ粒子の光捕捉実験を行い、集光レーザーの照射領域を超えた範囲でマイクロ粒子が捕捉、配列形成される挙動を観測した [1,2]。その配列は入射光の偏光に応じて、直線、円偏光においてそれぞれ正方、六方配列になる。また、その2次元配列から「角」の様に伸びた粒子列を形成される。工藤らは金粒子に対しても同様の実験を行い、集光サイズより広範囲での光捕捉とその偏光依存性を報告している [3]。

前回の報告では、直径 $D = 500 \text{ nm}$ のポリスチレン粒子の広域的な光捕捉について、粒子配列における散乱電場をT行列に基づいた数値シミュレーションを行い、円偏光の場合に、広域的に非直接照射で捕捉された粒子に対しても回転の駆動力がはたらくこと、散乱場の増強方向と「角」の成長方向が一致することを明らかにした [4]。また、 $D = 200 \text{ nm}$ の金粒子についても同様のシミュレーションを行い、散乱光に起因した回転の駆動力の誘起を明らかにした [5]。特に7粒子の場合に全粒子からの散乱光の角運動量成分を解析し、スピン-軌道角運動量変換の物理機構によって駆動力が得られることを議論した。

今回の報告では、粒子の屈折率や粒径などの粒子パラメータによる散乱電場増強と光圧の制御を明らかにする。このような光圧は粒子配列におけ多重散乱に起因するため、粒子のパラメータに強く依存する。例えば、粒子の複素屈折率の実部と虚部に対して駆動力は大きく変調される。その様な物質パラメータの制御はポリスチレンに蛍光体をドーピングする量によって可能である。粒径が波長程度 ($D \simeq \lambda$) の場合、粒子配列は密に形成されるため、粒子パラメータは配列構造にはあまり影響しないと考えられる。一方、散乱場の強さや光誘起力は粒径 D や屈折率 n_p に依存し、「角」の形成に影響する。そこで、様々な粒子パラメータに対して、全粒子の動力学シミュレーションを行うのではなく、配列形成がされると想定して、その配列による散乱電場の空間構造と周辺粒子にはたらく光圧の振る舞いを明らかにすることで、粒子配列を介した非直接光捕捉の物理機構を解明する。

[1] T. Kudo, S.-F. Wang, K. Yuyama, and H. Masuhara, *Nano Lett.* **16**, 3058 (2016).

[2] S.-F. Wang, T. Kudo, K. Yuyama, T. Sugiyama, and H. Masuhara, *Langmuir* **32**, 12488 (2016).

[3] T. Kudo, S.-J. Yang, and H. Masuhara, *Nano Lett.* **18**, 5846 (2018).

[4] 横山知大、松浦朋輝、埜幸宏、石原一、第67回応用物理学会春季学術講演会 14p-B408-13.

[5] 埜幸宏、横山知大、石原一、第67回応用物理学会春季学術講演会 14p-B408-14.