

ナノ粒子に働く光圧の精密測定に向けた捕捉ポテンシャル制御法の開発

Modification of optical trapping potential for measurement of optical force on nanoparticles

東大生研¹, JST さきがけ², 崇城大学³ ○坂間 俊亮¹, 田中 嘉人^{1,2}, 杉浦忠男³, 志村 努¹IIS, the Univ. of Tokyo¹, JST PRESTO², Sojo Univ.³Shunsuke Sakama¹, Yoshito Tanaka^{1,2}, Tadao Sugiura³, Tsutomu Shimura¹

E-mail: sakama@iis.u-tokyo.ac.jp

長さの異なる二つの金属ナノロッドペアは、局在プラズモン共鳴による各ロッドからの散乱光の位相差によって、入射光に垂直な面内で指向性の高い側方光散乱を生じる。この一方向側方散乱の反跳によりナノロッドペアに働く面内光圧に着目し、ナノロッドペアの配列をナノモーターとする光駆動リニア・回転アクチュエータを報告してきた[1]。このような金属ナノ構造をナノモーターとして用いる光駆動アクチュエータを拡張するためにはナノモーターを精密にデザインすることが必要であり、ナノ構造に働く光圧特性を単一レベルで定量的かつ正確に評価することが不可欠になる。ところが、既存のポテンシャル解析法による光圧計測法では、単一ナノ構造に働く光圧を評価するのに十分な力検出感度を得ることが困難であった[2]。そこで我々は、力検出感度の向上におけるボトルネックを解消するため、アクティブフィードバックによるポテンシャル制御法を新たに提案し開発してきた。

波長 1053 nm のレーザーによって水中にトラップされた直径 5 μm のマイクロ粒子に対して実験を行った。CMOS カメラで撮影した画像を基に捕捉粒子の位置を特定し、粒子の変位に応じて、音響光学素子(AOD) によってトラップ光の集光位置を移動させる。この一連の流れを CMOS カメラのフレームレート 300 Hz で繰り返し行う(図 1)。集光位置のフィードバック制御を行った場合と、行っていない場合で、捕捉粒子の変位の分布の比較を行った。

x 軸方向に対しては、粒子の変位に追従するように、y 軸方向に対しては粒子の変位に逆行するように集光位置の移動を行い、異方的な捕捉ポテンシャルの形成を目指したときの結果を図 2 に示す。得られた粒子の変位の分布の半値幅を比較すると、x 軸方向では 0.11 μm から 0.22 μm へ、y 軸方向では 0.12 μm から 0.10 μm へと変化しており、実効的な光ばね定数が x 軸方向では減少し、y 軸方向には増加していることを確認した。このような異方的な捕捉ポテンシャルを形成することにより、軸選択的な力計測が可能になることが期待できる。

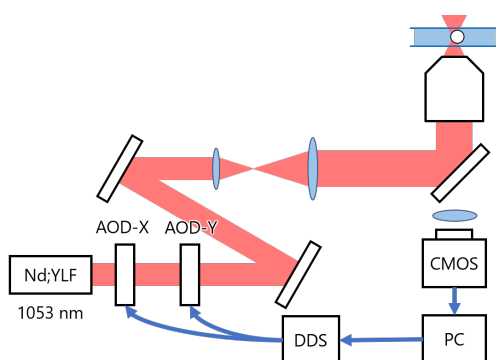


Fig 1. The schematic view of the experimental setup with Nd:YLF(1053 nm) as trapping laser.

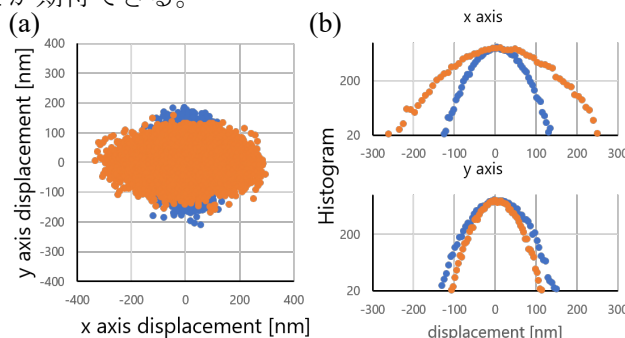


Fig 2. (a) Position distributions and (b) histograms of trapped particle for feedback control disabled (blue dot) and feedback enabled (red dot), showing the anisotropic control of thermal fluctuation through feedback control.

[1] 田中嘉人 他, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会(2018) [2] Y. Tanaka, et al. Nano Lett., 13(5), 2146 (2013)