

ナノ粒子に働く光圧の精密測定に向けた光駆動マイクロマシンの開発

A light-driven micromachine for optical force measurement on nanoparticles

東大生研¹, JST さきがけ² ○福原 竜馬¹, 田中 嘉人^{1,2}, Vantasin Sanpon¹, 志村 努¹

IIS, the Univ. of Tokyo¹, JST PRESTO²

○Ryoma Fukuhara¹, Yoshito Tanaka^{1,2}, Sanpon Vantasin¹, Tsutomu Shimura¹

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

光圧を利用したマイクロ粒子の回転操作に関して数多くの研究開発が進められ、粘度計やマイクロポンプなど様々な分野に応用されてきたが、光波長スケールより小さいナノ粒子に対しては、回折限界のために回転操作の自由度は光軸方向のみに限定されていた。そこで我々は、光と局在プラズモンモードの相互作用に着目し、V字型のプラズモニックナノ構造に光軸方向とは異なる新しい回転軸の光トルクが発生することを数値シミュレーションにより見出してきた[1]。従来は、光捕捉した微粒子のブラウン運動による位置揺らぎ情報を測定することで、ポテンシャル解析から fN オーダーの力検出感度で光圧を定量的に求めてきたが[2]、ナノ粒子に対して3軸方向の回転揺らぎを直接測定することは極めて難しい。そこで我々は、ナノ粒子に働く光トルクの精密測定に向け、マイクロマシンのポテンシャル解析によってナノ粒子に働く光圧を測定する手法を開発しており、前回の発表では、高感度・高精度な力測定を目指して、トラップ光強度に対するフィードバックシステムを開発した(Fig1)[3]。

ナノ粒子に働く光圧の精密測定のために、マイクロマシンと周囲の液体の屈折率を一致させるための流路システムを開発した。これにより、マイクロマシンの表面での光の散乱と反射を抑え、力測定のコストが抑制できるようになる。また、これによってマイクロマシンの光散乱ではなく、内部に埋め込まれた、用途に最適化された形状のナノ構造による光散乱を利用して、トラッピングとイメージングを行うことが可能になる。イメージングをナノ構造で行うことによって、これまでの面内方向の位置検出に加えて、シリンドリカルレンズを利用した光軸方向の位置検出[4]が導入できるため、マイクロマシンの位置と傾きを3次元的に測定することが期待される。さらに、前回開発したトラップ光強度に対するフィードバックシステムにより、ナノ粒子に働く極微弱力の精密計測を実現する(Fig2)。

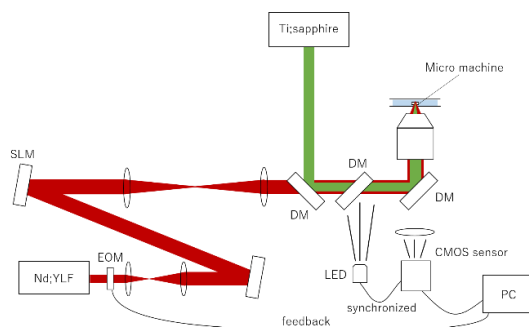


Fig1 The Schematic view of experimental system. The trapping laser source is Nd:YLF (1053nm), and the CMOS sensor takes reflection images.

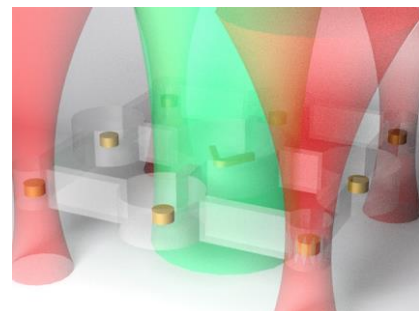


Fig2 The Schematic view of a micromachine trapped with red beams and driven by the optical force on the nanoparticle from a green beam.

- [1] 福原竜馬 他, 第 65 回応用物理学会春季学術講演会 (2018)
- [2] Y. Tanaka, et al. Nano Lett., 13, 2146 (2013)
- [3] 福原竜馬 他, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会 (2018)
- [4] B. Huang, et al. Science, 319, 810 (2008)