磁気アルキメデス浮上状態で光操作された物体の運動の解析

Analysis of motion of the object manipulated by light under magneto-Archimedes levitation

日工大[1], NIMS[2] (M2)種部 千遥[1], (M2)岡野 佑亮[2], 大澤 正久[1], 廣田 憲之[2], 池添 泰弘[1]

NIT[1], NIMS[2], ○Chiharu Tanebe[1], Yusuke Okano[1], Masahisa Osawa[2], Noriyuki Hirota[2], and Yasuhiro Ikezoe[1]

E-mail: y.ikezoe@nit.ac.jp

医療、宇宙開発などの最先端の科学技術分野においては、自分の目で確認できないような微小物体の操作や、宇宙空間での作業など、もはや人間が直接触りながら確認することが不可能な環境で物体を操作する場面がしばしば現れる。また、細胞などの生体材料の取り扱いにおいては、機械的な接触だけで、対象物の破損や汚染を引き起こすという問題もある。そこで、非接触で物体を操作する技術が注目されている。光ピンセットのような非接触操作技術は、操作したい物体が物理的な接触によって被るダメージを軽減することができ、医療現場や、容易に人間が作業できないような密封空間などでの作業などにも応用できることが期待される。光ピンセットの長所は、レーザー光を顕微鏡下で集光して微小な物体を空間で捕まえることができる点であるが、これは同時に「微小空間でしか使えない」という短所にもなる。最近、磁気浮上状態にある物体に変調磁場を加えることで、物体を非接触で操作する技術について報告された [1]。磁場は自在に空間の大きさを設定できる強みがあるが、レーザーのように、局所的に磁場強度を上げることはできないため、微小空間での操作には不向きである。前回、我々は磁場と光の両者の利点を取り入れつつ、且つ新しい原理で物体を非接触で動かす手法の開発について報告した。今回、我々は、物体位置の精密な解析を行ったので報告する。

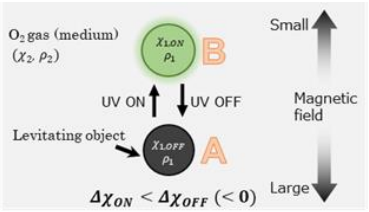

Figure 1. Schematic illustration of non-contact manipulation of levitating object by light

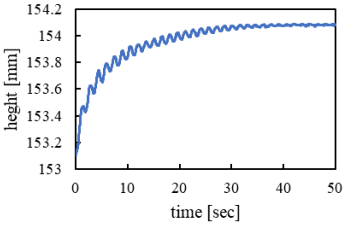

Figure 2. Position of the sample after the 375 nm LED light was turned ON.

Fig. 1 は、磁気アルキメデス浮上 [2]した物体を光の ON/OFF で非接触で操作する技術の原理を表す。実験では 12 気圧の酸素ガスを入れたガラス容器に、約 4 mm 角の試料（$SrAl_2O_4$:Eu, Dy /ポリプロピレン複合体）を入れ、ガラス容器全体を中心磁場 11.0 T の超伝導磁石ボア中に挿入し、試料を磁気浮上させた。励起用の LED 光 (λ=375 nm)の ON(5 分)と OFF(5 分)を繰り返し試料の位置変化を観察した。その結果、照射 50 秒程で物体は上下に振動しながら上昇し、光を OFF にすると急激に下降した。Fig. 2 は励起光を照射してから 50 秒間の試料の位置変化を示している。試料の位置の変化量から、磁化率は光照射によって 2.47%減少したことがわかった。試料の発光強度の時間変化測定により、発光強度は約 30 秒で飽和値に達することが分かっており、また、試料の発光強度は励起電子の密度に比例していると考えられる。励起電子密度は磁化率の変化量に比例していると考えられることから、発光強度の経時変化から磁化率変化($\Delta\chi_o$)の経時変化を算出し、浮上位置から算出された物体の磁化率変化($\Delta\chi_p$)と比較したところ、$|\Delta\chi_p|$は$|\Delta\chi_o|$よりも小さくなった。このことは、媒体の酸素ガスによる粘性で物体の運動が磁化率の変化速度に追い付いていないことを示唆する。今後は、この計算結果を活用して物体の位置を正確に制御する技術を確立するつもりである。

本研究の一部は、JSPS 科研費 16K05006 の助成を受けて行われました。ここに深く感謝申し上げます。

1) A. B. Subramaniam, *et al.*, *PNAS,* **111** (2014) 12980-12985
2) Y. Ikezoe, *et al.*, *Nature,* **393** (1998) 749–750.

© 2019年 応用物理学会