

# 磁気アルキメデス効果により磁気浮上させた物体の非接触光操作の解析

## Analysis of noncontact optical manipulation of an object levitated by magneto-

### Archimedes effect

日工大<sup>1</sup>, NIMS<sup>2</sup> (M2)種部 千遥<sup>1</sup>, (M2)岡野 佑亮<sup>2</sup>, 大澤 正久<sup>1</sup>, 廣田 憲之<sup>2</sup>, 池添 泰弘<sup>1</sup>

NIT<sup>1</sup>, NIMS<sup>2</sup>, <sup>○</sup>Chiharu Tanebe<sup>1</sup>, Yusuke Okano<sup>1</sup>, Masahisa Osawa<sup>2</sup>, Noriyuki Hirota<sup>2</sup>,

Yasuhiro Ikezoe<sup>1</sup>, E-mail: y.ikezoe@nit.ac.jp

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<sup>1)</sup>。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。

Fig. 1 は、磁気アルキメデス浮上した物体を光の ON/OFF で非接触で操作する技術の原理を表す。実験では 20 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<sub>2</sub>O<sub>4</sub>: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 12.2 T の超伝導磁石ボア中に挿入し、試料を磁気浮上させた<sup>2)</sup>。励起用の LED 光 ( $\lambda=375$  nm) の ON(30 秒) と OFF(60 秒) を繰り返すと、物体が上下に運動する様子が確認できた。Fig. 2 は 375 nm の光でサンプルを励起したときの発光強度の時間変化を示している。発光強度は励起電子の密度に比例していると考えられ、大半の励起電子の寿命が 20 秒程度であることが分かる。また、励起電子密度は磁化率の変化量にも比例していると考えられることから、実験条件下での物体の磁化率を発光強度の時間依存性から算出した。Fig. 3 は、ここで得られた磁化率を元に算出された物体の浮上位置と、実験で観察された浮上位置とを比較した図である。この結果から、計算で得られた浮上位置は実験値よりも上側にあり、物体の運動が、磁化率の変化のスピードに追いついていないことが分かった。このことは、物体を動かす力が非常に小さいことを意味している。今後、周囲媒体の粘性の効果も考慮し、物体位置を正確に記述できるような理論を構築し、所望の位置に物体を操作する技術を確立する。

本研究の一部は、JSPS 科研費 61K05006 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.

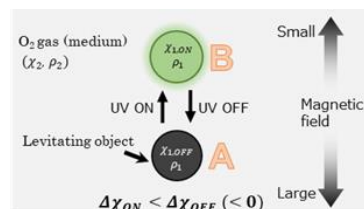


Figure 1. (a) Schematic illustration of non-contact optical manipulation of an object levitated by magneto-Archimedes effect under a magnetic field

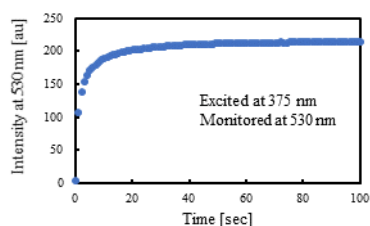


Figure 2. Time course of intensity of light emitted from SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>: Eu, Dy excited at 375 nm

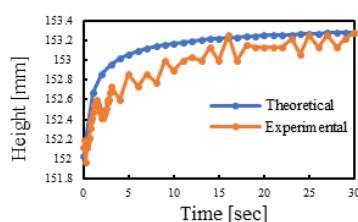


Figure 3. Sample positions obtained by experiment and calculation.