磁気アルキメデス効果を用いたガラス粒子の磁気浮上と自己集合

Magnetic levitation and self-assembly of glass particles using magneto-Archimedes effect

日本工業大学　○(M1) 菅谷将之，池添泰弘

Nippon Institute of Technology, ○Masayuki Sugaya and Yasuhiro Ikezoe

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

微粒子の自己集合体形成プロセスは、微細な光学・電子材料の作製や省エネルギーでの機能性材料創成のための技術として注目され、酸化物・金属・有機材料など様々な材料を用いて技術開発が進められてきた。例えば、液体表面での横毛管力 [1]を用いたマイクロメートルオーダーの微粒子の自己集合体形成プロセスでは、微粒子は液体の表面と固液界面に挟まれる形で自己集合体を形成する。原理は簡単であるが、空間的な制限や固液界面での摩擦などによって、集合体内部に欠陥が生じやすいという特徴がある。そこで我々は、空間的な制限をなくし、且つ摩擦を低減させた環境での微粒子の自己集合形成プロセスとして、磁気浮上状態で微粒子を自己集合化させるプロセスの開発を目的として研究を行った。

試料としては、直径 80 μm のガラス微粒子を用いた。ガラスは、透明で化学的安定性に優れ、表面での化学修飾も容易であり、しかも安価であるという特徴を持つことから、将来的にはメタマテリアルなどの人工的光学材料への応用も期待できる。しかし、一般に無機物質の密度は有機物の数倍で、永久磁石による磁気浮上は非常に困難である。そこで、あらかじめ磁場解析ソフト（MagNet7,Infolytica）で磁場分布を解析し、磁気浮上の条件を探索した後に実験を行った。

前回、我々は、狭い間隔(~2 mm)で配置した 2 つの円弧型の永久磁石の間で超電導磁石並みの磁気力を発生させ [2]、磁気アルキメデス効果 [3]を利用して、ガラス粒子を 400 g/L の塩化マンガン四水和物水溶液中で磁気浮上させることに成功した(Fig. 1)。そこでは、ポテンシャルの極小点の付近に粒子が集まっている様子が観察されたが、集合体の形成プロセスの詳細を観察することは困難であった。そこで、本研究では、粒子が 1 つずつ集合体に加わっていき、集合体が大きく成長していく過程を観察することを目的とした。そのために、粒子を 1 粒ずつ磁気浮上空間に導入することとし、それを実現するために、フォトレジストで作製した深さ 50 μm, 直径 120 μm の円形の穴に個別に微粒子を入れることを試みた。Fig. 2 は、500 μm ピッチで作られた微細な円形の穴に個別に微粒子が入っている様子を示している。ここでは、サンプル容器の中に穴の開いた基板を入れ、その上側に微粒子分散液がある状態で、容器全体を超音波洗浄機中で超音波にさらすことで、微粒子を分散させた。今後、ガラス粒子を 1 粒ずつ磁場中に入れ、粒子の集合体の形成プロセスや形状を観察し、磁場分布と粒子の自己集合の関係性を明らかにする。

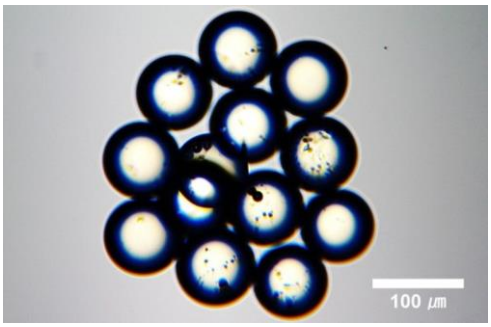

Figure 1. Glass particles levitated in a 400 g/L $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ aqueous solution by magneto-Archimedes effect

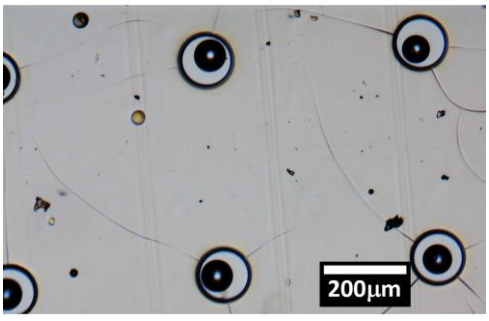

Figure 2. Glass particles embeded in circular wells fabricated by photolithography

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. S. Dimitrov, *et al*, *Langmuir*, **12** (1996) 1303–1311.
2) H. Watarai, *et al*, *J. Chromatogra. A*, **961** (2002) 3-8
3) Y. Ikezoe, *et al.*, *Nature*, ***393*** (1998) 749–750.

© 2018年 応用物理学会