

磁性流体液滴に対する磁気浮上実験 -粘性と形状評価-

柴田 将聡・北守 祐貴・大路 貴久・飴井 賢治 (富山大学)

1. はじめに

本研究室では、室温かつ大気圧中における磁性流体 (Ferrofluid: FF) 液滴の非接触浮上^[1]を実現しており、制御開始から安定浮上までの一連の動作や変形、挙動の様子を観察した。磁気浮上による液滴支持は、磁性流体そのものを他の媒質に接触させることなく磁気力のみで浮上させることから磁性流体の変形要因が明確化し易い。筆者らは、磁性流体液滴の質量によって浮上中の変形形状に特徴的な差異を見出し、一般的な磁気浮上の数理モデルに材料の態様を反映する必要があることを示した^[2]。磁性流体の材料特性 (粘度や表面張力など) の違いによる磁気浮上状態への影響を調査する一環として、本稿では、粘性の違いによる安定浮上時の液滴形状を観察・評価した。

2. 装置構成

磁気浮上装置を図 1 に示す。先端がテーパ状の電磁石 (1500 回巻) を鉛直に吊るし、磁性流体液滴に吸引力を作用させる。-z 方向に可変の試料台に撥液アルミニウムを敷き、その上に磁性流体を 1 滴滴下する。電磁石尖端部と液滴頂点とのギャップは、透過型変位センサ (OMRON, ZX-LT030) で測定する。その他、制御環境は一般的な磁気浮上系と同様であり、PID 制御による演算結果を電磁石に入力している。

3. 実験結果

粘性の異なる 2 種類の磁性流体 (フェローテック, 合成炭化水素油ベース, APG 1136.3 (3000 mPa·s), APG1141 (5000 mPa·s)) を用い、約 15 mg, 20 mg, 25 mg の液滴を作製し浮上実験を行った。液滴質量は電子天秤 (島津製作所, TWC623N) で測定した。また、浮上時の様子は高速度カメラ (Photron, FASTCAM Mini AX50) で撮影し、安定浮上時の液滴画像を二値化処理し、液滴形状を数値化することで個々の液滴を比較した。図 2 は定常時の浮上ギャップと制御電流、二値化処理した液滴の例である。偏差が 0.3 mm_{p-p} 程度であり液滴縦幅の 10% 以下となった。安定浮上中は変形が無いことを確認している。図 3 はそれぞれの粘度と液量による安定浮上時の液滴の扁平率を示している。ここで、扁平率 f は $f = 1 - (b/a)$ (a : 縦幅, b : 横幅の最大値) とする。複数回の実験の結果、図のように低粘度液滴ほど扁平率が高くなるが、0.02 程度の差と僅かであった。

4. まとめ

磁性流体液滴の安定浮上時における液量と粘度の違いによる形状の比較を行い、低粘度ほど扁平率が增大する傾向にあることを示した。磁性流体には、油ベースのほか水ベースも存在し、それらは粘性、表面張力が大きく異なる。今後は、油ベース磁性流体に対し 5 種類まで増やして定量評価するとともに、表面張力との関係も調査する予定である。

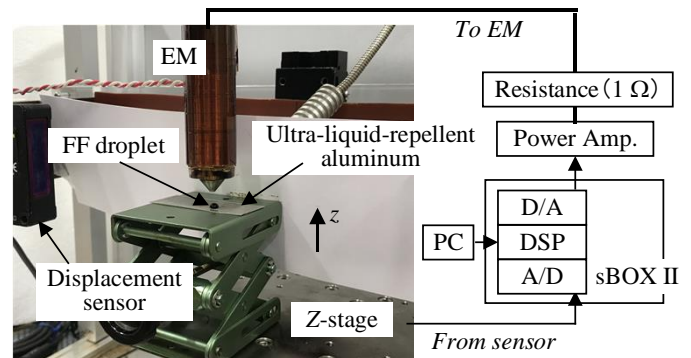


図 1 実験装置, 制御環境

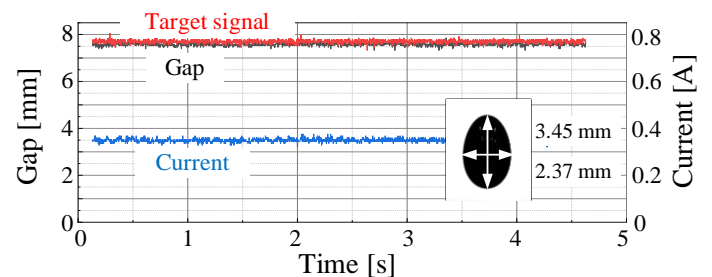


図 2 定常状態でのギャップと制御電流, 液滴画像

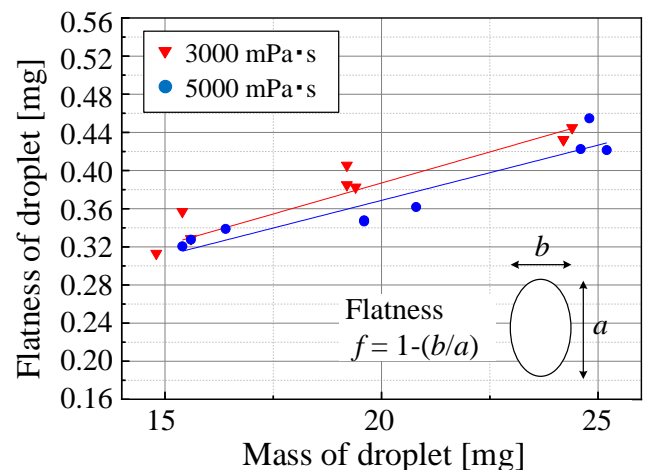


図 3 2 種類の磁性流体による液滴質量と扁平率

謝辞 本研究は科研費(17H03213)の助成を受けて実施されました。また、撥液アルミニウムは、北海道大学界面電子化学研究室よりご提供頂きました。ここに謝意を表します。

参考文献

- [1] T. Ohji, et al., "Magnetic levitation of a ferrofluid droplet in mid-air," *AIP Advances*, 10, 015037 (2020).
 [2] 山口他: 「棒状電磁石を用いた大気中での磁性流体液滴の能動磁気浮上」, 日本 AEM 学会誌, Vol. 28, No. 3, pp. 239-243 (2020).