

## 水の表面現象に対する強磁場効果

(広大院理\*・信州大全学教育\*\*) ○谷本能文\*, 末田 学\*, 野々村真規子\*, 小林 亮\*, 勝木明夫\*\*

【序】最近, 10 T 級の強磁場が我々化学者でも容易に利用できるようになり, 種々の興味深い現象が見出されている[1]。我々のグループは, 特に磁場による微小重力場(擬似微小重力場)に興味をもち種々の研究を行っている。今回は水の表面現象に対する鉛直強磁場の影響について報告する。磁場による微小重力場中では, 一見したところ水は表面張力が増大したような面白い振る舞いを示す。これらの結果は, 磁気力により実効重力加速度がゼロになったためと説明された[2]。

【実験】実験には, ボア径 40 mm の縦型超伝導磁石(最大 15 T, 1500 T<sup>2</sup>/m)を用いた。表面張力測定に用いるペンダントドロップ法によりガラスキャピラリー下端に作った水滴の形状・質量に対する磁場効果と, プラスチック基板上の水滴の高さに対する磁場効果を, 硬性鏡-CCDカメラビデオ装置により観察し, 解析した。また, 擬似微小重力場中での水薄膜作成を試みた。

【結果と考察】外径 8.3φ のガラスキャピラリー下端に作った水滴の形状と質量は大きな磁場効果を示した。図 1 に水滴の質量に対する磁場効果を示す。水滴の質量は, 磁場強度と磁場勾配の積—磁気力場—の大きさに顕著に依存する。これらの結果はキャピラリー下端での重力・表面張力・磁気力のバランスで説明される。すなわち表面張力が磁場に依存しないと仮定すると,

$$\frac{1}{m} = g' \left( \frac{1}{2\pi r \gamma} \right) f \quad (1)$$

の関係が成り立つはずである。ここで  $m$ ,  $r$ ,  $\gamma$ ,  $f$  は, それぞれ水の質量, キャピラリーの半径, 水の表面張力, 補正係数で,  $g'$  は(2)式で与えられる実効重力加速度である。

$$g' = g + \frac{1}{\mu_0} \chi_m B \frac{\partial B}{\partial z} \quad (2)$$

ここで,  $g$ ,  $\mu_0$ ,  $\chi_m$ ,  $B$ ,  $\partial B/\partial z$  は, それぞれ重力加速度, 真空の透磁率, 水の質量磁化率, 磁束密度とその鉛直方向の勾配である。図 1 の挿入図に  $1/m$  vs.  $g'$  のプロットを示す。よい直線関係が得られ, その勾配から  $\gamma$  = 約 90 dyn/cm と求められた。文献値は 72 dyn/cm とおおよそ一致を示していることから, キャピラリー下端にぶら下がった水滴の形状・質量に対する磁場効果は, 実効重力加速度が磁気力により変化したためと結論された。

次に, ポリ塩化ビニリデンフィルム上の水滴の高さに対する磁場効果を検討した。結果を図 2 に示す。磁気力場を  $\pm 1000 \text{ T}^2/\text{m}$  印加することにより, ゼロ磁場のときの高

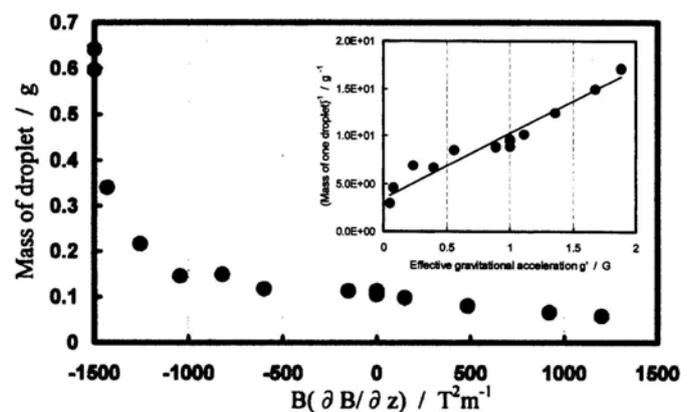


図 1. キャピラリー末端の水滴の重量に対する磁場効果

さと比べて約 10%増減した。

沈殿を伴う液滴の運動と蒸発に対する数理モデルが報告されているので[3], そのモデルに従って水滴の高さに対する磁場の影響をシミュレーションした。モデルによれば、磁場中の非圧縮性液体の transport equation は、次の式で与えられる。

$$\partial h/\partial t = (1/3\eta) \nabla \cdot \{h^3 \nabla (\delta F/\delta h)\} \quad (3)$$

$h$ ,  $t$ ,  $\eta$  は、それぞれ水滴の高さ、時間、液体の粘度であり、 $F$  は次式で与えられる。

$$F[h] = \int dr [\gamma_{lv} \{(1 + (\nabla h)^2)^{1/2} - \cos \theta\} \chi(h) + (\rho g'/2)h^2] \quad (4)$$

(3), (4)式によるシミュレーションにより求めた液滴の高さの磁気力場依存性を図 2 の破線で示す。シミュレーションから、磁気力場を  $\pm 1000 \text{T}^2/\text{m}$  印加することにより、20%弱増減しており、半定量的に実験結果を支持していることが分かった。よって、液滴の高さに対する磁場効果は、実効重力加速度の変化に起因することが分かった。

以上のように、擬似微小重力場中では、重力の影響が小さくなるため表面張力の影響が顕在化することが明らかとなった。そこで、通常重力下では作成困難な純水の水薄膜の作成を擬似微小重力場中で試みた。結果を図 3 に示す。1φのスズでコートした銅線で作った直径約 2.5cm のリングの平面に水薄膜を作ること初めに成功した。

宇宙ステーションでの実験で水薄膜ができることが報告されているが、擬似微小重力場でも同様の結果を得たことは、磁場利用の新しい可能性を示すものである。

#### 文献

- [1] Magneto-Science, M. Yamaguchi and Y. Tanimoto (eds.), Kodansha/Springer (Tokyo), 2006.
- [2] A preliminary result has appeared: A. Katsuki et al., *Chem. Lett.*, **36**, 306 (2007).
- [3] M. Nonomura et al., *J. Phys. Soc. Jpn.*, **72**, 2468 (2003).

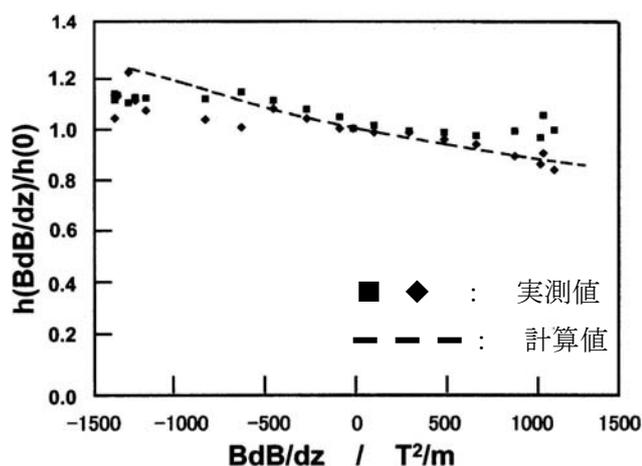


図 2. ポリ塩化ビニリデンフィルム上の水滴の高さの比に対する磁場効果

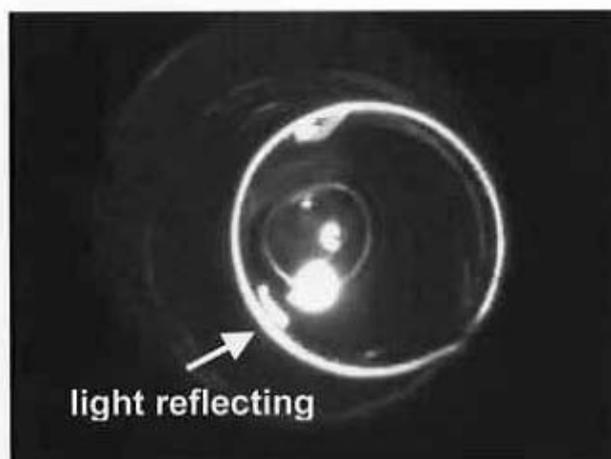


図 3. 擬似微小重力場中で作成した直径約 2.5cm の水薄膜