

## 4D04

### 強磁場下の微小重力空間における液体球の表面現象

(広大院理) 上村将史, ○藤原昌夫

#### 1. はじめに

水や有機物は、一般に磁場に反発される。すなわち、反磁性である。反磁性体が磁場から受ける影響は極めて微弱であるため、電磁石を用いてはほとんど観測できない。そのため、磁場下における反磁性体の振る舞いは、これまで、あまり研究されなかった。

ところが、強磁場を発生する超伝導磁石を用いると、反磁性体に作用する磁気力を地上の重力と拮抗させることが可能になる。この微小重力環境では、反磁性液体の挙動は密度の影響を受けない。言い換えると、地上では見られない表面張力に依存した現象が観察できる。

今回、強磁場下の微小重力空間において液体が浮上した際に、液体の表面が球形になること、さらに、2相の液体間の界面が半球形になることを観察した。これらの表面現象は、液体全体の安定構造が、表面エネルギーに支配されるために起こるとして理解できる。

#### 2. 実験

鉛直型超伝導磁石の強磁場空間 ( $150 \text{ kOe}$ ,  $1500 \text{ kOe}^2 \text{ cm}^{-1}$ ) に、水、デカン等の液体を滴下して、液滴を形成、浮上させた。液滴の状態変化は、CCDカメラを磁場空間に挿入して、その場で観察した。照明は、発光ダイオードにより与えた。界面の識別のために、ローダミン590色素を液体に溶解して、液体を着色した。

#### 3. 球形液滴

液滴は、磁場と重力場の作るポテンシャルエネルギー曲面上で、安定位置の近傍に振動する。安定位置では、液滴に働く磁気力と重力が釣り合うので、液滴は、表面エネルギーを最小化する。すなわち、表面積を最小化するように、形状を変化させる (図1)。



図1. 微小重力空間における水滴.

#### 4. 2液相間の半球形界面

互いに混ざり合わない有機液体  $o$  (油) と水  $w$  を混合すると、液滴は2液相に分離する。質量磁化率が  $\chi_o < \chi_w < 0$  のときは、磁気力と重力の釣り合いの位置によって、油相が上部になる。また、表面エネルギーが  $\gamma_o < \gamma_w$  のときは、2液相間の界面は、水相が凸の半球形に変形する (図2)。

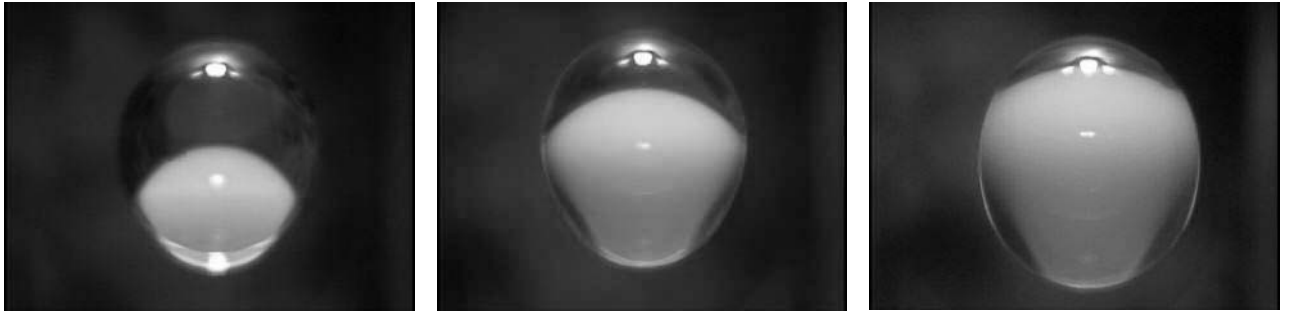


図2. 微小重力空間におけるデカン相 (上部) と水相 (下部) の半球形界面.  
デカン / 水 (体積比) = 8/2 (左), 3/7 (中), 1/9 (右).

#### 5. 液体-液体界面の曲率

油 / 水の混合比の減少に伴って、油-水の界面の曲率は減少する (半径は増大する)。このとき、界面の半径は、液滴球の半径より小さい値から、液滴球の半径を超えて、平面に近い値まで、大きく変化する (図2)。

油-水の界面の曲率の変化は、油-空気、水-空気、油-水の3種類の界面について、表面エネルギー  $\gamma_o$ ,  $\gamma_w$ ,  $\gamma_{o-w}$  の近似計算を行うことによって、定性的に再現できる。計算では、3種類の界面の形状を球面と仮定し、その上で、油 / 水の混合比を一定に保って、3種類の表面エネルギーの全表面積に及ぶ和  $\gamma_o S_o + \gamma_w S_w + \gamma_{o-w} S_{o-w}$  (液滴全体の表面エネルギー) を最小化するように、油-水の界面の曲率を変化させた。

さらに、興味深いことに、近似計算によって、油-水の界面の表面エネルギー  $\gamma_{o-w}$  の増大とともに、油-水の界面の曲率の減少する (扁平になる) 傾向が得られた。これは、現象としては、表面エネルギーが増大すると、界面の表面積が減少するように、界面の形状が変形することを示している。