

レボルビング・ドロップ法による表面張力測定

東大生研 美谷周二郎、酒井啓司

液体の表面張力

ナノテクノロジー、プロセスの微細化

- 液体を扱う場合に **表面** の影響がより重要に
基板コーティングや送液プロセス など
表面は長さの2乗、体積は3乗
重要度： 表面張力 > 粘性

表面張力

液体の物性値のひとつ
表面の余剰エネルギー（静的）



表面の堅さや形状を決めるパラメータ

たとえば曲面に対しては
<ヤング・ラプラス方程式>

$$2\sigma H = \Delta p$$

$$2 \times \text{表面張力} \times \text{平均曲率} = \text{表面内外の圧力差}$$

従来の測定方法

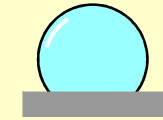
- Wilhelmyのつり板法 ぬれによる液体の加重から
- 毛管法 ぬれによる液体の上昇量から
- 液滴法 (pendant drop 法 sessile drop法) 液滴の形状ゆがみから ... など

これらの方法は

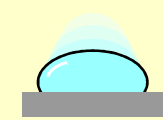


表面張力 小 } → OK
粘性 小 }
表面張力 大 } → NG
粘性 大 }

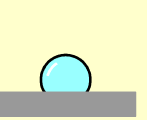
たとえば <液滴法の問題点>



ゆがみ検出困難



形状安定に長時間



ゆがみ検出困難

表面張力と自重とのバランスが必要

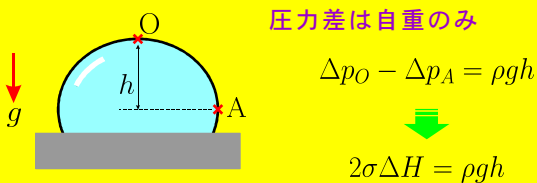
新開発！レボルビング・ドロップ法

<ヤング・ラプラス方程式> $2\sigma H = \Delta p$

$$2\sigma(H_O - H_A) = \Delta p_O - \Delta p_A$$

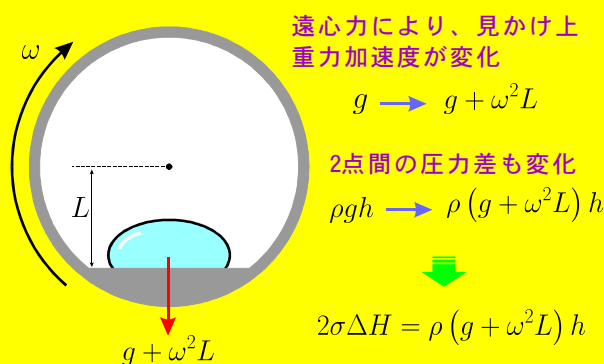
表面上の2点では

重力のみの場合（従来法）



測定精度は 液滴の大きさ で決まってしまう

重力+遠心力の場合（レボルビング・ドロップ法）



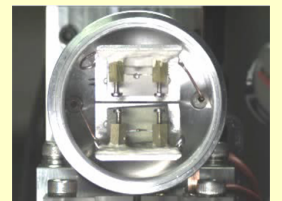
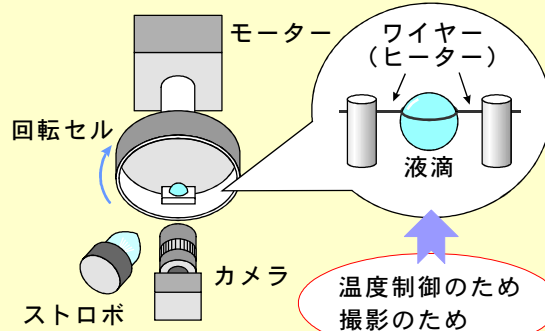
回転数、回転半径のコントロールにより精度向上

液滴が小さくても ΔH を大きくとれる

遠心力で液滴のゆがみをコントロール！

装置

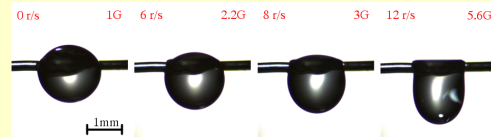
円筒の密閉セルを回転 → 気流の影響排除
外部からカメラでストロボ撮影 → 液滴形状がくっきり



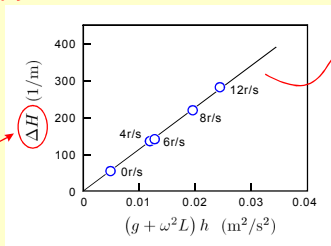
動画をご覧ください

測定例

～エチレングリコール～ $\sigma = 48.4 \text{ mN/m}$ $\rho = 1.11 \text{ g/cm}^3$ $\eta = 19.9 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ at 20.0 °C



より精度を高めるために...



1 速度での液滴形状

↓ これでもOK

表面張力

例) 6r/s で 48.8mN/m

$$\text{傾き} = \rho / 2\sigma = 11366$$

$$\text{表面張力} = 48.97 \text{ mN/m}$$

高表面張力なら速く、高粘性なら小さくすればOK！
熔融金属・熔融ガラス・ポリマー など