

画像処理を用いた接触角の測定方法についての考察

大阪府立岸和田高等学校

鎌田 結衣

要旨

表面張力は、界面の面積を小さくしようとすることで、起きる力であり、目視できる身近な力である。しかし、原理や測定についてはかなり難易度が高く容易ではない。

そこで、メスシリンダーなどの毛細管内に水などの液体を入れた時に起こる表面張力の現象である、液体のせり上がりについて考察を行う。

水のせり上がりは、毛細管現象の一種であるため画像処理を用いることで接触角が測定できれば容易に様々な物質の表面張力の測定を行うことが可能になると期待される。

序論

表面張力は、界面の面積をできるだけ小さくしようとすることで起こる力であり、表面張力と接触角に関係があることは、ヤングラプラスの式より実証されている。しかし、接触角を簡易に測定することは難しい。そこで画像処理を用いた接触角の測定により表面張力の測定が可能であるかを考察した。

身近には様々な表面張力と関係のある現象があるが、本研究ではメスシリンダー内で液体がせりあがる現象に着目し考察を行った。

接触角は、ぬれ性を量として表すものである。つまり物体が液体をはじきやすいかどうかを表すものである。角度は図1に θ として示されているところで、接触角が大きければぬれ性が低く、小さければぬれ性が高いといえる。また、接触角の測定方法はいくつかあるが、本研究では接触法を使用した。

図1のように固体表面上の液滴形状を水平方向から観察したときに、液体の表面張力 γ_L （気体・液体間の界面張力）と固体の表面張力 γ_S （気体・固体間の界面張力）と液体、固体間の界面張力 $\gamma_{L,S}$ が働き、ぬれの状態が安定しているとき、静止しているので、3つの力のつりあいの式（ヤングの式）が成り立つ。

$$\gamma_S = \gamma_L \cos \theta + \gamma_{L,S}$$

図5のように細い管の中では表面張力が働いており、このように細い管状物体（毛細管）の内

側の液体が管の中を上昇する現象を毛細管現象という。

本研究において、メスシリンダー内でもこの毛細管現象が起こっていると仮説をたて、測定を行ったが、メスシリンダー内と毛細管現象とは状況が異なっているため、仮説通りでなかった。しかし、測定結果をグラフ化すると線形性が見られたことから、比例関係があることがわかった。これよりヤングラプラスの式を用いて導出した式から得られる値（計算結果）と測定より得られる値（測定結果）がほぼ一致したため、本研究で行った測定方法を用いると、様々な物質の表面張力の測定を行うことが可能であることが期待される。

測定方法

測定に用いた道具は、25mlのメスシリンダー、カメラ（iphone8）、数学ソフトウェア GeoGebra、スポイト、ビーカー、食紅（見やすくするため）。

接触角 θ の測定方法は、ぬれたメスシリンダーの中へ食紅で着色した水をいれ、カメラとメスシリンダーが平行になるように写真を撮影する。つぎに、撮影した写真を数学ソフトウェア GeoGebra で図4のように解析し $\tan \theta$ の値を求め三角関数表を用いて水のせり上がりの角度 θ （接触角）を求める。ただし、撮影するときはメスシリンダーで液体の体積を読み取る時と同

様に真横から見ているように撮影すること（図3）。

この測定方法を用いて得られた測定結果を示す（表1）。

結果・考察

序論で述べたように、本研究ではメスシリンダー内でも毛細管現象のような現象が起きていると考えた。ヤングプラスの式より導出した式①

$$\gamma = \rho g r h / 2 \cos \theta$$

表面張力 γ は、約 72mN/m
密度 ρ (水) は、1.0g/cm ³
重力加速度 g は、9.8m/s ²
これより γ 、 ρ 、 g は定数とする。

より、体積が増えるほど接触角 θ は小さくなると仮説し、測定結果を見ると図5が得られ仮説とは逆の結果になった。図6より線形性が見られたため $\gamma = k \cos \theta$ として比例定数 k を求めると図5より式② $\cos \theta = 7.2 / 0.56v + 16.4$ が得られた。（ v は水の体積）

考察

式②を用いて得られた計算結果と測定結果の値がほぼ一致したため（表2）、メスシリンダー内の水の体積 v と水のせり上がる角度（接触角 θ ）、水の表面張力 γ は毛細管現象と同様の関係があるといえる。

結論

メスシリンダー内の水の体積と表面張力、接触角には、毛細管現象のように関係性があり、同様に水以外の物資でもメスシリンダー内では、毛細管現象と同様な関係性がみられることが予想できる。

よって、画像処理を用いた接触角の測定により様々な物質の表面張力を容易に測定することができる

参考文献

- 1) 界面科学の基礎、接触角、表面張力、表面自由エネルギー
<<http://www.tiasims.com/p40-intertace-science/html>>
- 2) 接触角（ぬれ性）とは—研究開発を支援する界面科学測器の専門メーカーS
<http://www.tace-kyowa.co.jp/science/theory/what_contact_angle/>

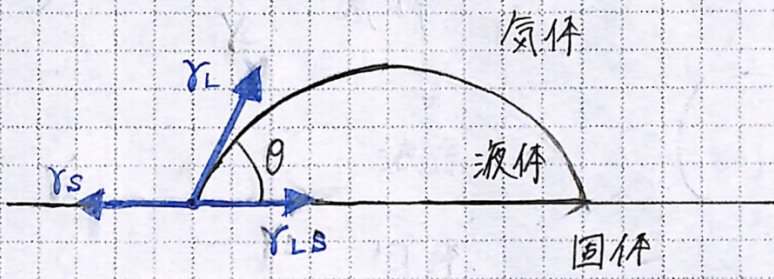


図1 接触角 θ とぬれ性の関係

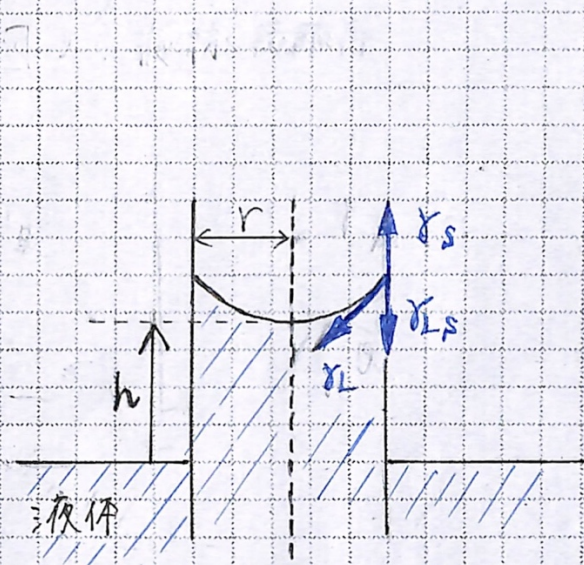


図2 毛細管現象

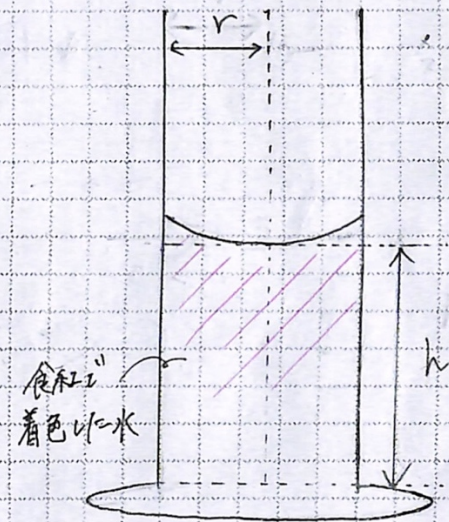


図3 撮影の様子

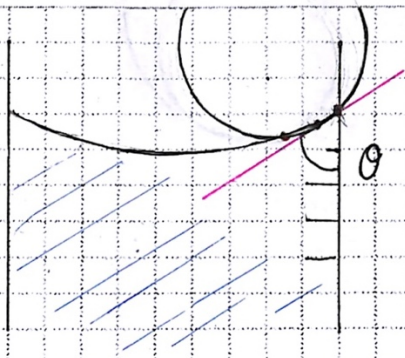


図4 画像解析の様子

表1 25mLのメスシリンダーでの測定結果

水の体積 v	接触角 θ
5 mL	68°
10 mL	71°
15 mL	73°
20 mL	75°

表2 25mLのメスシリンダーでの測定結果と計算結果の比較の表

水の体積 (mL)	計算結果 ($\cos\theta$)	測定結果 ($\cos\theta$)
5	0.375	0.375
10	0.327	0.326
11	0.318	0.292
15	0.290	0.293
19	0.266	0.259
20	0.260	0.260
21	0.255	0.259
23	0.245	0.225

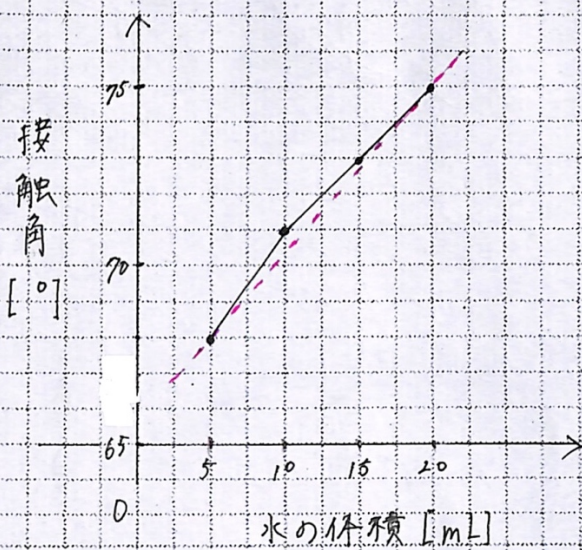


図5 水の体積と接触角の関係

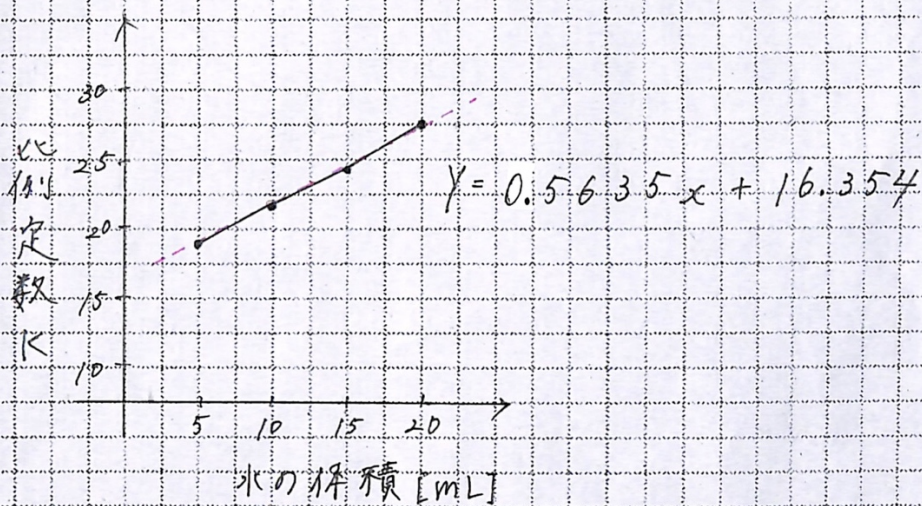


図6 水の体積と比例定数Kの関係

表3 水の体積と比例定数Kの関係 (図6の表)

水の体積 (mL)	比例定数 K
5	19.1916
10	22.1749
15	24.5743
20	27.7499