

# 両親媒性分子の長さの推定

近藤 康

近畿大学理工学部理学科物理コース

〒 577-8502 東大阪市小若江 3-4-1

(Dated: July 24, 2009)

石けんを作っている分子は特殊な構造をしている。その特殊性のために汚れを落とすことができるのだが、ここではその分子の長さを測定することに応用します。論理を積み重ねることによって、思いもよらない結論(分子の長さ)を導くことができる。

注射器(先端が尖ったもの)を使うので、ふざけないこと。実験室からの退室も命じることがある。また、墨汁を使うので多少汚れても良い衣服で実験を行うこと。水分を吸い取るために古新聞を使うので、各自持ってくること。

## I. 水面上の単分子膜

水面にサラダ油を一滴垂らすと、そのサラダ油は水面にレンズ状になって浮く。一方、アルコールを一滴垂らした場合は水の中に溶けてしまう。これらは、典型的な疎水性(油)、親水性(アルコール)の分子の場合である。では、石けんの主成分である**両親媒性分子**と呼ばれる分子について考えよう。この分子は細長い分子で、一方の端が疎水性で他方の端が親水性になっている。図 1(a) を参照。このような分子はどのように振る舞うだろうか?

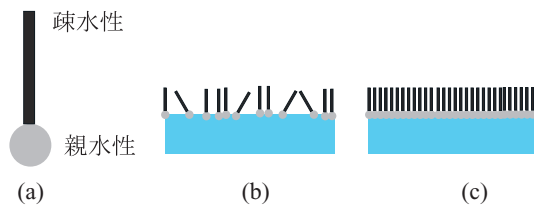


FIG. 1:

両親媒性分子を水面に垂らすと、図 1(b) のように親水性の部分の水の側に向け、疎水性部分を空気側に向けて薄い膜を作る場合がある。水面上の分子の数(密度)を増やせば、(b) のような状態から (c) のような状態になる。このような水面上の**単分子膜**のことを Langmuir 膜と呼ぶ。

水面上に広がった単分子膜は、二次元的な物質であると考えることができる。通常の物質は三次元であることに注意。三次元物質が、温度・体積・圧力によって気体・液体・固体の三態を示すように、二次元物質も、温度・面積・表面圧によって気体・液体・固体に相当するような状態を示す。図 1(b) は気体あるいは液体状態で、(c) のように密度が大きくなって、自由に動けなくなると固体状態と考えることができる。

三次元の物質の圧力に相当するものを二次元の物質においても考えることができ、表面圧と呼ぶ。「圧力」が、二つの三次元的領域の間の「境界面」に働く(単位面積当りの)力であるのに対し、「**表面圧**」は、二つの二次元的領域の間の「境界線」に働く(単位長さ当りの)力である。

### A. 両親媒性分子の長さの推定

両親媒性分子が水面上の単分子膜を作る場合を考える。ある体積の両親媒性分子が水面上でどれぐらいの面積の単分子膜を作るか測定すれば、「体積/面積」によって分子長を推定することが可能である。

## II. 実験

実験では墨汁の薄い膜を張った水面に**パルミチン酸**のアルコール溶液(体積で 1000 倍に希釈したもの)を垂らすことによって単分子膜を作る。実験に使用する機材は以下の通りである。

パルミチン酸の希釈溶液	1 本/テーブル
アルコール容器(洗浄用)	1 本/テーブル
墨汁	1 本/人
水差し(大小)	1 こづつ/テーブル
プラスチック・ビーカー	1 こ/テーブル
ペーパータオル	1 箱/テーブル
注射器	1 個/人
アルミ・バット	1 個/人
紙	2 枚/人
方眼紙	1 枚/人
使い捨てビーカー(or, 紙コップ)	1 個/人
爪楊枝容器	1 本/テーブル

TABLE I: 材料、器具など

### A. 液滴の体積の測定

アルコール(プラスチック・ビーカーに入れて配布する)を注射器に取って、ゆっくりピストンを押すことによって、アルコールを一滴ずつ垂らすことが可能である。アルコールを注射器に 0.3 ml 程度とり、使い捨てビーカーに一滴ずつ落として、0.1 ml(注射器の目盛りによって測定)が何滴に相当するか測定する。**パルミチン酸溶液の 1 滴の体積を測定するための練習である。**



FIG. 2: 1 滴の溶液の体積の測定。

同様に、パルミチン酸をアルコールで薄めた溶液 1 滴の体積を求める。そして、パルミチン酸溶液 1 滴の中に含まれているパルミチン酸の体積を計算する。また、体積の誤差を推定せよ。物理では測定を行う場合に、常に誤差の大きさを意識することが大切である。

### B. 単分子膜の面積の測定

単分子膜の面積を測定するために、「墨流し」の技法を用いる。手順は以下の通りである。

- アルミ製のバットに深さ 10 mm 程度の水を張る。水差し(小)に水を入れて、そこからバットに水を注ぐ。
- 墨の薄い膜を次の手順で作る。爪楊枝に墨汁を僅かにつけて、静かに水面に触れる。最初は墨汁が水面を素早く動くことが観察出来る。この操作を何度か繰り返すと、墨汁が水面を素早く動くことが観察出来なくなる(通常は 3 回行えば OK)。この状態が墨の薄い膜が水面にできた状態である。



FIG. 3: 墨の薄い膜を作る。

- パルミチン酸溶液を 1 滴垂らす。注射器のピストンを押すとき、最初摩擦が大きく、溶液を 1 滴確実に落とすことは困難である。そこで、使い捨てビーカーの上で数滴落としてピストンの動きをなめらかにしてから、水面上で 1 滴垂らすこと。  
パルミチン酸の単分子膜の部分だけ墨が押しのけられる。墨汁の表面圧のために、パルミチン酸による単分子膜には隙間がないと期待出来る。すなわち、図 1 の (b) ではなく (c) のような状態である。
- 水面に紙をそっと載せる。紙が一度水面に触れた後、ゆっくりと紙を水面から引きはがす。その後、紙の水気を取るために古新聞に挟んで押さえる。  
単分子膜の部分だけ墨が紙に移らない。図 4 (横の長さは 120 mm) 参照。ただし、図 4 は白黒の差を強調しているので注意のこと。

### C. 面積の測定

紙に写し取られた模様の白い部分の面積がパルミチン酸による単分子薄膜の面積である。トレーシング・ペーパーの方眼紙を重ねて白い部分の面積の上限(少しでも白い部分を含む 1 辺 5 mm 正方形の数より)と下限(完全に白い部分の中に入っている正方形の数より)を求めよ。

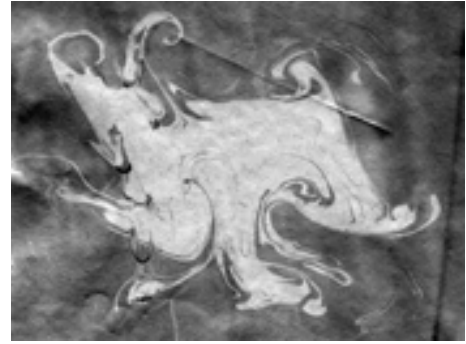


FIG. 4: 紙に写し取った単分子膜の様子。白い部分がパルミチン酸の単分子膜に対応する。横の長さは 120 mm である。

### D. 分子長の推定

「体積 / 面積」から分子長を推定せよ。分子長としてどの程度の大きさが得られたら妥当であろうか? 常に測定した結果が妥当であるか検討しながら実験を行うことが重要である。

1 回目の測定および分子長の推定を行った後、バットに残った水を水差し(大)に捨てて 2 回目の実験を同様にを行う。複数回実験を繰り返して、実験の再現性を検証することも重要である。

## III. 後片付け

実験終了時には、以下の後片付けを行う。

- 注射器の洗浄を行う。

注射器の洗浄：アルコールを注射器に 0.5 ml ぐらいとり、使い捨てビーカーに捨てる。この操作を 5 回繰り返す。

- 中の溶液とともに使い捨てビーカーをバケツに入れる。
- 実験用の機材を最初の状態に戻す。
- アルミパレットを流して洗った後、ペーパータオルで水気を拭う。

## IV. 考察

以下の点について考察せよ。

- それぞれの測定の誤差について検討し、結論としての分子長の誤差を推定せよ。
- 厚い墨の層を水面上に作った場合、何が良くないか?
- なぜ石けんは油汚れを落とす作用があるか説明せよ。