

表面張力波を用いた表面張力値測定に関する基礎的研究

近畿大学大学院総合理工学研究科	学生員	○中井 亮
近畿大学理工学部	正会員	江藤 剛治
近畿大学理工学部	正会員	竹原 幸生
近畿大学理工学部	正会員	高野 保英

1. はじめに

水表面での物質輸送現象は、海洋、河川、湖沼等の水域の環境を考える上で重要な問題である。水表面での物質輸送現象に影響を及ぼす重要な要因の一つとして表面張力があげられる。

表面張力の測定法は、デュヌーイ式表面張力試験器等のように水表面に機器を接触させて測定を行うのが一般的である。近畿大学水工学研究室では、デュヌーイ式表面張力試験器を用いて自然海水の測定を行ったが、値が大きくばらつくことがあった。一つの可能性として、水表面に白金リングを直接接触させて測定するため、水表面に存在する有機物や界面活性剤の被膜が破壊され、値にばらつきがでたことが想定される。水表面に非接触で表面張力を測定する方法として表面張力波を用いた測定法を提案した。

本研究では、液体の表面張力を変化させた場合及び、水表面に界面活性剤の被膜が存在する状態で、表面張力波を用いた測定法の適用性を検討する。

2. 表面張力波を用いた表面張力値の測定原理

液体と気体が接しているとき、液体は表面を収縮しようとする性質がある。単位長さあたりの表面を収縮する力を表面張力という。表面張力波とは、一般的に周期 0.07(sec)以下、波長 1.7(cm)以下、波高は最大 1～2(mm)の波といわれている。微小振幅波理論における表面張力波の波速・周期と表面張力値の関係式は式①で表わされる¹⁾。実験により波速・周期を求めれば式①より表面張力値は求まる。

$$g = \frac{2pc^3T - gc^2T^2}{4p^2} \text{---} \textcircled{1}$$

T：周期 (sec), c：波速 (cm/sec)
 γ ：表面張力値 (dyn/cm), g：重力加速度 (cm/sec²)

3. 実験に用いた界面活性剤

界面活性剤は、分子の構造が水になじみやすい親水基と水になじみにくい疎水基からできている。界面活性剤は、二つの物質の界面に集まりやすい性質をもち、界面の性質を著しく変える。界面活性剤の濃度を上げていくと、表面張力値が小さくなっていく。本研究では以下の2種類の界面活性剤を使用する。

- ・ TritonX-100…透明の粘性状の液体で、SDS に比べ少量で表面張力値が低下する。
- ・ SDS(Sodium Dodecyl Sulfate)…白色の粉末状の物質で、表面張力値を比較的ゆるやかに変化させる。

4. 実験方法

水表面に対して二本以上のレーザー光を垂直に通過させ、投影板に光点を二点以上映し出す。水表面に表面張力波を発生させると水表面が傾き、レーザー光が屈折して光点が動く。光点の動きを高速ビデオカメラで撮影し、解析を行い、波の周期・波速を求め、表面張力値を求める。

4.1 実験手順

- ① 図-1のように実験装置を水平に設置し、水槽にアクリル棒の先端が接するまで蒸留水を入れる。
- ② アクリル棒が水表面に接する位置から十分離れた位置を測定位置とする。
- ③ 画像座標から実空間座標へ変換するため、投影板にキャリブレーション用紙を置き、撮影する。
- ④ 水表面に対してレーザー光が垂直になるように反射鏡を調整し、投影板に光点を映し出す。
- ⑤ 水表面に 100Hz の表面張力波を発生させ、光点の動きを 1/4500 秒間隔で撮影する。

キーワード：界面活性剤、表面張力波

連絡先：〒577-8502 大阪府東大阪市小若江 3-4-1 近畿大学総合理工学研究科 TEL06-6721-2332(内線 4637)

- ⑥ 水槽内の蒸留水の一部を取り出し、デュヌーイ式表面張力試験器で表面張力値を測定する。
- ⑦ ①～⑤の手順を、SDS(濃度 1mmol, 10mmol), Triton X-100(濃度 0.1mmol, 1mmol), 10%エタノール水溶液, 95.7%エタノール水溶液について行う。

4.2 解析手順

- ① 振動部に近い光点から順に、光点 A, B, C とし、粒子マスク相関法により、各光点の中心座標を求める。
- ② 各光点の座標を実空間変換し、光点の移動距離と時間の関係を求める。例として、SDS(1mmol)の場合の光点の動きを図-2 に示す。
- ③ 求まった光点座標の時系列に対して高速フーリエ変換を行い、求まったパワースペクトルのピークを表面張力波の周波数とする。例として、SDS(1mmol)のパワースペクトルを図-3 に示す。
- ④ 相互相関関数より位相差 τ (sec) を求める。例として、SDS(1mmol)の相互相関関数を図-4 に示す。
- ⑤ 位相差より波速、周波数より周期を求め、式①を用いて、表面張力値を求める。

5. 結果・考察

実験では蒸留水、液体自身の表面張力を変化させるためにエタノール水溶液、水表面に被膜をつくるために界面活性剤の3種類の実験を行った。実験結果を図-5 に示す。

蒸留水及び水表面に被膜が存在する時の水温は 11.0℃であった。エタノール水溶液の実験では水温は 10.0℃だった。蒸留水の参考値は化学便覧²⁾より引用した。SDS, TritonX-100 の参考値は³⁾から抽出したものである。図-5 より以下のことがわかる。

- (1) 界面活性剤を使用した場合には、表面張力波法は参考値に近い値を示した。一方、デュヌーイ法は参考値に比べ、大きな値を示した。
- (2) 蒸留水については、参考値(化学便覧の値)とデュヌーイ法による値が一致している。これは、デュヌーイ法の検定に化学便覧の値を用いたためである。
- (3) 95.7%エタノール水溶液を使用した時、デュヌーイ法と表面張力波法で近い値を示した。
- (4) 10%エタノール水溶液を使用した時は、デュヌーイ法と表面張力波法で 7.5(dyn/cm)程度の差があった。

参考文献・資料 1) 光易恒：海洋波の物理，岩波出版，1995，2) 日本化学会編：化学便覧，丸善株式会社，1984，3) アミノフェクト：<http://www.sdk.co.jp/aminofect>

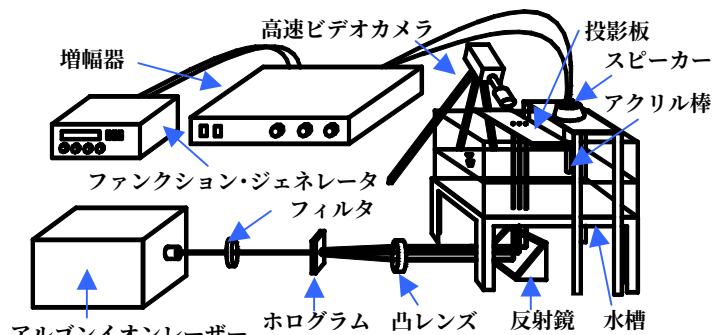


図-1 実験装置概略図

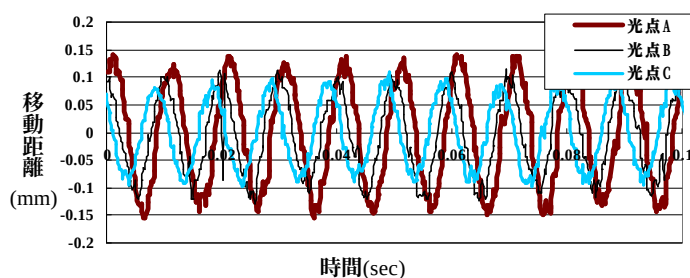


図-2 SDS(1mmol)の光点の移動距離と時間の関係

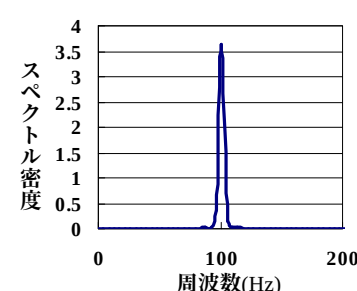


図-3 パワースペクトル

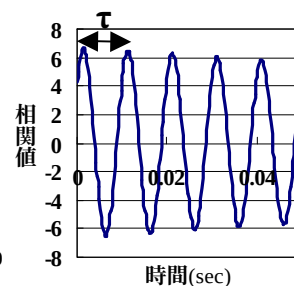


図-4 相互相関関数

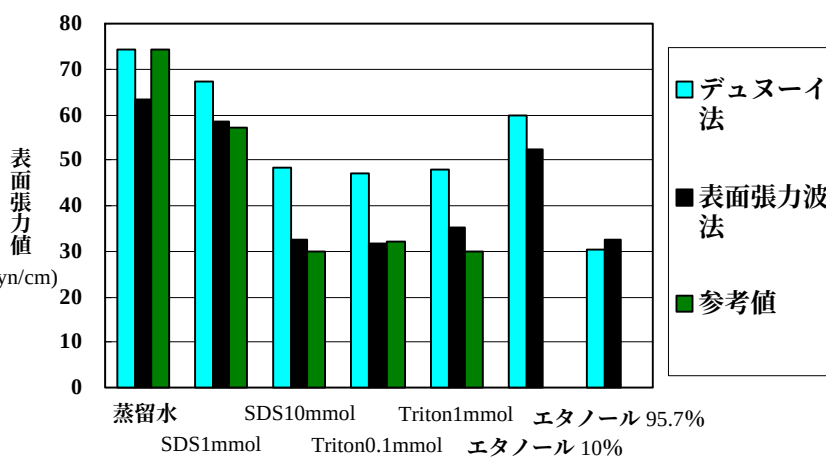


図-5 実験結果