

飛翔液滴振動法による動的表面張力測定

Measurement of dynamic surface tension by microdroplet oscillation method

東大生研 ○ 本田 彰浩, 石綿 友樹, 酒井 啓司

IIS, Univ.Tokyo, ○Akihiro Honda, Tomoki Ishiwata, Keiji Sakai

E-mail: honda-a@iis.u-tokyo.ac.jp

インクジェットプリンタにより生成された液滴の挙動, 洗剤の泡立ち等には, 新表面形成直後の表面張力が大きく影響する. しかし, 新表面形成から 1 ms 以下での表面張力の変化を測定する実用的な手法は現在存在しない. そこで我々は, インクジェットにより吐出された微小液滴の振動を解析し, この時間領域での表面張力を数十 μs の時間分解能で測定する手法を開発した. 本研究では, 製品としての量産化を視野に入れ, 系の単純化を図ると同時に測定の実用性を向上させた. 更に, 開発された装置を用いて界面活性剤溶液の動的表面張力を測定した.

液滴を変形させると, 表面張力を復元力として液滴表面が固有の振動モードで振動する. このとき, 液滴の振動数 ω は, 分散関係 $\omega = \sqrt{\frac{\sigma}{\rho R^3}}$ を満たす. ここで, σ は液体の表面張力, ρ は液体の密度, R は液滴の半径である [1]. この式から, 液滴の半径と振動数を観測することによって対象の表面張力を測定する事が出来る.

液滴の変形には電場ピンセット法を用いた. 不均一電場中に置かれた誘電体はこれを打ち消すように分極し, 電場の強い方向に力を受ける [2]. 液滴の両側に電極を対向するように配置すると, 液滴は両電極方向に力を受け引き伸ばされる. この手法を用いることにより, 誘電率が低く帯電しにくい試料に対しても空中で非接触に変形を加えることが出来る.

電極には約 300 V の一定電圧をかけた. 液滴は電極間を通過する間に变形し, その後減衰振動する. その様子をストロボ法により観察し, 画像解析によって振動を抽出した. ストロボ光源として LED ライトを採用し, 液滴の吐出と同一の周波数で 1 フレーム当り 1000~2000 回発光させ像を重ね合わせることで鮮明な画像を得た.

1~100 mM のドデシル硫酸ナトリウム (Sodium Dodecyl Sulphate ; SDS) 水溶液の動的表面張力を測定した. 図 1 に 2 mM の試料の測定結果を示す. Frumkin の理論により求めたパラメータを用いた理

論曲線と Fainerman 等による結果 [3] も記載した. 水平な直線は平衡状態の表面張力である. 測定結果

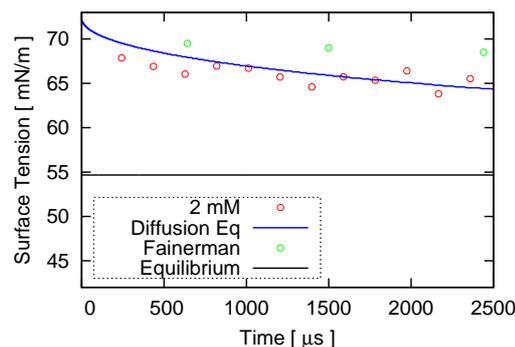


Fig. 1: dynamic surface tension of SDS (2mM)

は理論曲線と先行研究によく一致し, また, 吐出による新表面形成から 150 μs 程度の早い時間領域においても表面張力の測定が可能であることが確かめられた. 図 2 に cmc 以上での測定結果をまとめて示す. cmc 以上でも表面張力は測定でき, 表面張力低

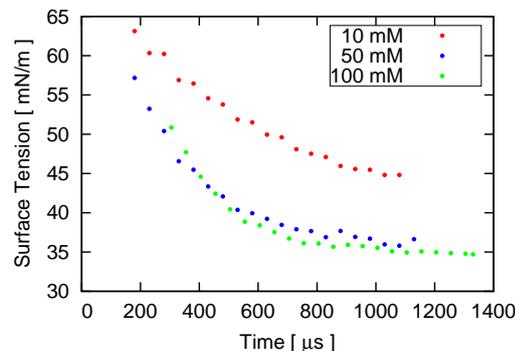


Fig. 2: dynamic surface tension of SDS (above cmc)

下の速い 50, 100 mM の試料に関しては平衡状態の表面張力に落ちるまでの経過が測定できている.

参考文献

- [1] Rayleigh J.W.S. Proc. R. Soc. Lond. vol.29(1882) pp.71-97.
- [2] Y. Shimokawa, T. Kajiya, K. Sakai, and M. Doi, Phys. Rev. E 84, vol.051803 (2011).
- [3] V.B. Fainerman, A.V. Makievski, R. Miller Colloids Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects vol.87(1994) 61-75