

New aspects of age-old problems of capillary and wetting

お茶大物理 奥村剛

1. はじめに：毛管現象への誘い

本講演では、周辺分野の若手研究者に配慮し、まず表面張力現象の基礎について、ショートムービー[1]を使いながら、手短かにレビューした。特に、表面エネルギーの定義から始め、表面張力との関係、接触角に関するヤングの法則、ラプラスの圧力ジャンプ、毛管上昇についてとりあげた。表面張力現象は、古くから知られている現象であるが、微細加工技術の発展や、高速カメラの普及、PC 能力向上による画像解析技術の発展などにより、特に近年、研究が大きく発展している。本講演では、その一端を我々のグループの関与した研究を中心に紹介した。

[1] ドウジェンヌ、ブロシャール、ケレ著「表面張力の物理学」(吉岡書店)

2. 浸透現象：テクスチャー表面への浸透現象

微細加工技術の進展により、基板表面にサブマイクロンの凹凸を自在につけることが可能になった。このような表面の濡れ性は、ホットなテーマの一つである。もともとの(平坦)基板表面がはっ水性であれば超はっ水性が得られ、逆であれば超親水性表面が得られるからである。本講演では、後者の場合の親水性テクスチャー基板が液槽に触れると、あたかもコーヒーに触れたティッシュペーパーのように、テクスチャー基板に液体が這い上がっていく現象を定量的に実験と理論の両面から行った研究について紹介した[2]。

ティッシュペーパーのような多孔性物質にたいしても、単純な毛管上昇の動力学法則 Washburn の法則が満たされることがよく知られている。すなわち、上昇高さは経過時間の平方根に比例し、浸透がだんだん遅くなっていく(最終的には、指数関数で最終高さに近づく)。本研究では、この法則を、テクスチャー表面に対し系統的な実験で調べ、この法則の比例係数がテクスチャーの幾何学的形状に依存するかを調べた。その結果、柱からなるテクスチャーの場合、表面を這い上がる液膜の厚みはほぼ、柱の高さであるとみなしてよいことが実験と理論の付き合い合わせによって明らかになった。さらに、動力学は、柱の間隔に比べて柱の高さが小さい場合には表面張力と柱の高さの薄膜に起因するポワズイユ粘性に競合よってきまり、逆の場合には表面張力と薄膜内に林立する柱の周りの流れに起因するストークス粘性の競合によってもきまることが明らかになった。

[2] Chieko Ishino, Mathilde Reyssat, Etienne Reyssat, Ko Okumura and David Quere, Wicking in a forest of micro-pillars, *Europhys. Lett.* 79 (2007) 56005.

3. テクスチャー表面上に広がる液体薄膜の界面不安定性

液晶ディスプレイの製造工程には、サブマイクロンの凹凸を持った表面上にスピノコ

ート法によって遠心力を使い液体薄膜を広げる工程がある。この際の、拡張薄膜先端での界面不安定性は大きな問題である。本研究では、これに関連して、テクスチャー表面上を回転させ、その回転中心に液体を供給しつつ、スピncーティングを行う際の動力学について考えた[3]。

[3] Minako HAMAMOTO-KUROSAKI and Ko OKUMURA, On the moving liquid film and its instability on textured surfaces (submitted).

4. その他

本講演では、このほかに、2次元バブルを取り囲む液体薄膜の厚み現象法則に関する研究（江里さん[4]）、2次元の液中液滴の融合現象の動力学に関する研究（横田さん[5]）、接触角履歴に関する研究（吉武さん）の研究についても触れた。

[4] Ayako ERI and Ko OKUMURA, Lifetime of a two-dimensional air bubble, Phys. Rev. E 76 (2007) 060601 (Rapid Communications).

[5] Maria YOKOTA and Ko OKUMURA, Coalescence of a two-dimensional viscous drop: multiple regimes of the neck dynamics and formation of self-similar humps (submitted).

[6] Yumiko YOSHITAKE and Ko OKUMURA (in preparation).

本研究会では大変活発に議論ができたことを、ぜひ付記しておきたい。本研究を主催し声をかけていただいた甲賀研一郎博士（岡山大）、ならびに秋山良（九大）博士に深く感謝いたします。