

Windows 環境における計測プログラミング(その2):
石鹼膜薄膜化観測への適用
(広市大情報) 森 政之、藤原 久志、石渡 孝

【序】近年我々の研究室では、「情報科学の理学研究への応用」を戦略とし、Windows 環境での計測プログラミングを行っている¹⁾。今回、その手法を「石鹼膜薄膜化の観測」に適用した。このテーマは、薄膜の顕微鏡観測法を模索する際に、モデル系として石鹼膜を選んだ中から生まれた。石鹼水にコの字型の針金の枠(以下、金枠とする)を浸し、垂直に引き上げると金枠内に石鹼膜が形成される。これを横向きにした金属顕微鏡で観測すると、膜の反射干渉観測を行うことができ、結果として、興味深い模様の形成を見出した(2003年11月)。当時、金枠を手で上下させ、顕微鏡の焦点合わせも手動であったため、鮮明な画像を得にくかった。今回、情報関連技術を利用する事で、この実験に精密さと再現性を加え、詳細な画像観測を狙った。

【システムの構成】図1に開発した石鹼膜薄膜化観測システムを示す。

上述の精密さと再現性のために、実験系の位置制御に四つの自動ステージを導入した。以下に、それぞれのステージの役割を示す。

まず、垂直移動ステージ(駿河精機:KS332-20)は、石鹼水に金枠をつけ、引き上げる動きで石鹼膜を形成させる。次に、水平移動ステージ(駿河精機:KS203-70)は、対物レンズと石鹼膜との距離の調節、すなわち画像の焦点合わせを行う。そして、垂直移動ステージ(駿河精機:KS332-50)・水平移動ステージ(駿河精機:KS203-70)は、撮影場所の位置(垂直方向および水平方向)を調節する。

これら四つのステージはコントローラ(駿河精機:D226)に接続し、コンピュータで制御した(開発したプログラムは後述する)。

形成した石鹼膜は、CCDカメラ(Opteon:UB1A60)と顕微鏡(ミットヨ:VMU-Hシステム、対物レンズは開口数0.055及び倍率2倍)を組み合わせ、落射照明により撮影した。

【プログラムの概要】CCDカメラでの撮影・表示・記録(ビットマップ)と、ステージ制御を行う

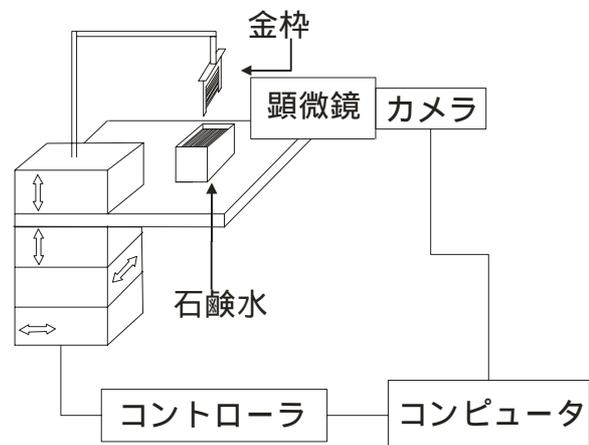


図1 石鹼膜薄膜化観測システム
(図中の数字は移動ステージの番号とする)

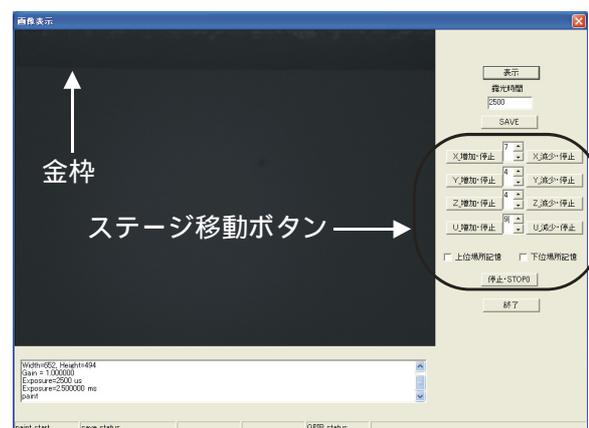


図2 開発したプログラムの実行画面

プログラムを、VisualC++6.0環境で作成した(Win32API関数を使用)。コントローラ的位置制御は、GIPB(National Instruments: GPIB-USB-B)を介し行った。

図2に開発したプログラムの実行画面を示す。ステージ移動ボタンで、四つのステージの移動を行うよう設計している。これにより、金枠の高さの調整、焦点合わせなどを、CCDカメラの画像を見ながら行うことができる。

また、再現性のため、金枠を常に一定の位置まで引き上げ、石鹸膜を形成するようにした。この時、引き上げる高さは、CCDカメラの画像を見ながら決定した(金枠の下端が画面の最上部に写る位置:図3参照)。その後、コントローラにステージ位置を問い合わせ、返された値を変数に格納した。この値を常に参照する事で、一定位置への金枠の引き上げを実現した。

【実験結果】開発したシステムで予備実験を行った。図3は、薄膜化の途中で得られる画像の一例(拡大図)であり、複雑な模様形成が確認できる。

また、この画像では、輝度がほぼ等しい幾つかの領域に分かれている。この輝度値を決める要因は、石鹸膜の前面および後面からの二つの反射光の行路差である。すなわち、同じ輝度値を持つ領域は、同じ厚みになっていると考えられる。したがって図3の画像は、石鹸膜が階段状の層構造を形成しつつ、薄膜化していることを表している²⁾。

【今後の課題と展望】石鹸膜では、水-空気界面における界面活性剤の存在により、様々な界面ダイナミクスが見られることで知られている²⁾。そして、我々と同様な研究例としては、プリンストン大学の Berg らが、高分子を添加したドデシル硫酸ナトリウム水溶液で石鹸膜を形成し、その薄膜化の際にフラクタル模様が形成されることを報告している³⁾。一方、我々の予備実験では無添加の石鹸を用いているので⁴⁾、高分子の寄与は考えにくい。この「一般性」を確認するために、上記無添加石鹸の主成分の一つであるオレイン酸カリウム(代替としてオレイン酸ナトリウム)のみを用いた実験を準備中である。さらに、遥かに高分解能の観測(開口数0.8、100倍の対物レンズを適用)も準備中であり、Bergらと異なる視点から学術的に充分意義のあるデータを取得・発表可能と考えている。

【参考文献】

- 1) 藤原、石渡、分子構造総合討論会(広島)、2P131(2004)
- 2) K. Myels, K. Shinoda, and S. Frankel, Soap films: Studies of their Thinning and a Bibliography (Pergamon Press, New York, 1959).
- 3) S. Berg, E. A. Adelizzi, S. M. Troian, Physics of Fluids 16 S6 (2004).
- 4) ミヨシ石鹸(<https://www.miyoshisoap.com/index.html>)の「無添加 食器洗いせっけん」を用いた。もともと実験器具洗浄に重用しており、予備実験に当って流用した。

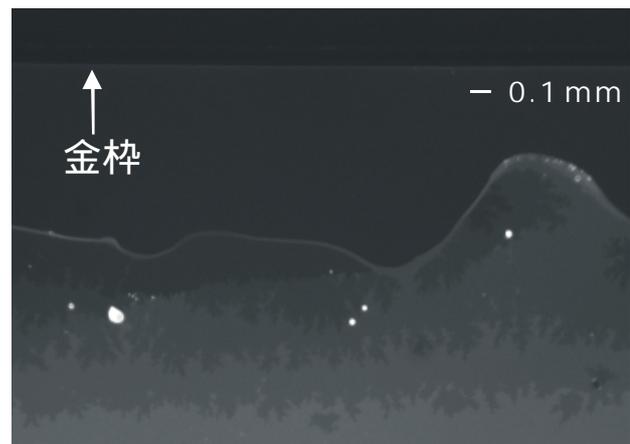


図3 予備実験における石鹸膜の画像