

定量位相顕微鏡を用いた石鹼膜薄膜化観測

(広島市大院・情報¹, パイフォトニクス(株)²)○藤原 久志¹, 池田 貴裕², 磯部 耕兵¹, 石渡 孝¹

【序】 定量位相顕微鏡¹⁾は、試料透過光の位相情報を定量的に計測可能であり、様々な位相物体(生細胞や有機超薄膜など)の観測に応用できる。我々は、この定量位相顕微鏡に反射干渉像観察機能を付与した定量位相-反射干渉顕微鏡システムを開発し、石鹼膜薄膜化の観測を行っている。石鹼膜は、Newton や de Gennes (1991年ノーベル物理学賞)を魅了した古くて新しい研究対象である²⁾。

【実験】 図1に石鹼膜形成装置の模式図を示す。石鹼膜を作製・保持する金枠の位置制御に精密さと再現性を加えるために、4台の自動ステージを導入した³⁾。それぞれのステージの役割は以下の通りである：(1) 垂直移動ステージ①は、石鹼水に浸漬した金枠を引き上げることで石鹼膜を形成させる；(2) もう1台の垂直移動ステージ②と2台の水平移動ステージ③・④は、観測装置に対する石鹼膜の位置(垂直方向および水平方向)を調節する。これら4台のステージは、自作ソフトウェアによりコンピュータ制御可能である。なお、このようにして形成される石鹼膜は“Youngの石鹼膜”⁴⁾とも呼ばれる。

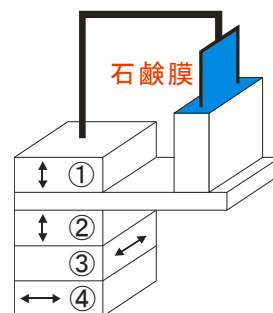


図1 石鹼膜形成装置

図2に、定量位相-反射干渉顕微鏡システムの模式図を示す。同システムは、金属顕微鏡(対物レンズ:開口数0.15, 5倍)を中心に構成した。定量位相顕微鏡は、光源をHe-Neレーザー(633nm)とし、金属顕微鏡に「定量位相イメージング(QPI)ユニット」⁵⁾および高速度CCDカメラ(640×480画素・200枚/秒)を接続し構成した。

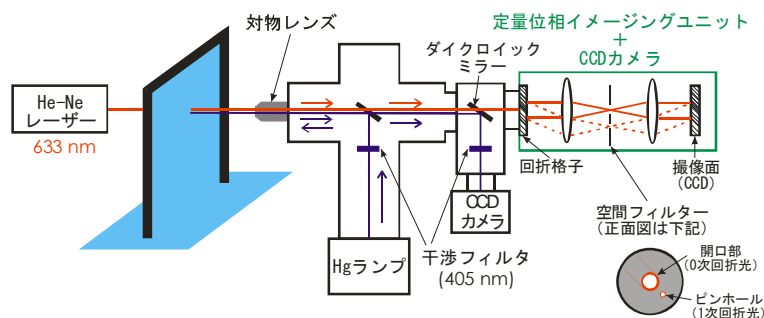


図2 定量位相-反射干渉顕微鏡システム

一方、反射干渉顕微鏡は、金属顕微鏡の落射照明(405 nm)による反射光(膜の前面と後面から)の干渉像をダイクロイックミラーで高速度CCDカメラ(640×480画素・200枚/秒)に導く形で構成した。二台の高速度CCDカメラの撮像は200 Hzの外部信号により同期させ、その同時撮像データはハードディスクを利用した画像記録装置⁶⁾により長時間連続記録が可能である。

定量位相顕微鏡の原理は次の通りである（図2参照）。まず、QPI内の透過型回折格子に、レーザー光による観察物体（石鹼膜）像を結像させる。0次回折光（実線）は、観察物体（石鹼膜）透過による位相情報を保持したまま、空間フィルターの開口部を通過し、撮像面上に再結像する。一方、1次回折光（点線）は空間フィルターのピンホール部にて点光源に変換され、その後にレンズにて平面参照波となって撮像面に照射される。こうして、撮像面には図3のような干渉縞像が形成される。何も物体がない時には、干渉縞は撮像面上に等間隔で形成される。そして、試料透過による位相遅れが存在する場合に図3の干渉縞にズレが生じ、これを解析することにより位相遅れを算出することが可能である。実際の位相情報の抽出（定量位相画像の作成）には、ヒルベルト変換を利用する⁷⁾。

【結果】 市販の石鹼⁸⁾で調製した石鹼水を用いて開発システムによる予備実験を行った。図4は、薄膜化の途中で得られる同時観測画像の一例である。定量位相画像により、石鹼膜の下部から上部にかけて厚みが薄くなる（=透過光の位相遅れが少なくなる）様子がよく分かる。現在、定量位相画像について、別光源（スーパーluminescent diode）を用いたノイズ低減や、反射干渉画像との定量的な対応付けに取り組んでいる。

【参考文献・注釈】

- 1) <http://www.piphotonics.co.jp/qpm/index.html>
- 2) P. G. de Gennes, Jacques Badoz (訳: 西成勝好, 大江 秀房), 科学は冒険! (講談社, 東京, 1999) .
- 3) 森政之、藤原久志、石渡孝、分子構造総合討論会 (東京)、3P177 (2005) .
- 4) P. G. de Gennes, *Langmuir*, **17**, 2416 (2001).
- 5) <http://www.piphotonics.co.jp/qpm/unit.html>
- 6) 藤原久志、石渡孝、洲崎悦子、分子科学討論会 (福岡) 、3P062 (2008) .
- 7) T. Ikeda et al., *Opt. Lett.*, **30**, 1165 (2005).
- 8) 無添加 食器洗いせっけん (ミヨシ石鹼、<http://www.miyoshisoap.com/>) .

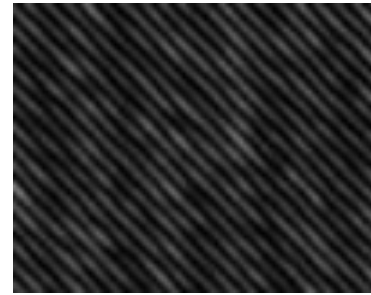


図3 撮像面に形成される干渉縞画像（一部）

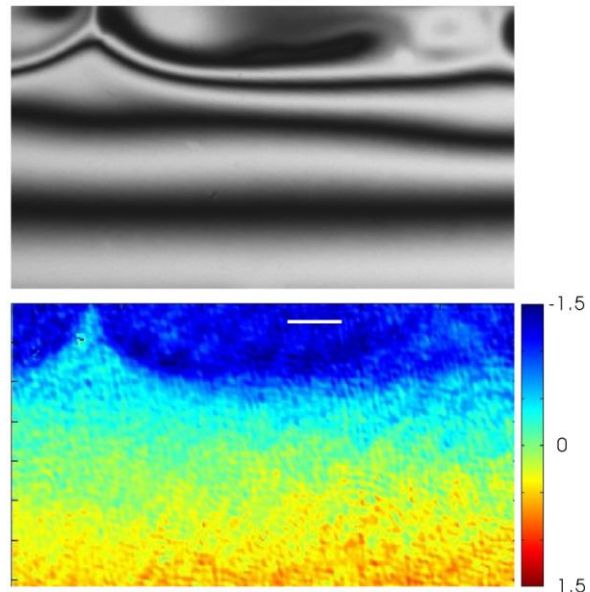


図4 石鹼膜の同時観測画像データ：
（上） 反射干渉画像；（下） 定量位相画像。位相遅れはラジアン単位で示している（カラーバー参照）。図中の白線は0.1 mmに相当する。