

二重円筒間せん断流れにおける液晶の分子配向挙動

知能流体力学研究室

戸田直耕

1. 緒言

液晶は固体と液体の中間の状態であり、どちらの性質も合わせ持つ異方性流体として知られている。そのため、固体において発現する圧電効果が起こると考えられる。固体の圧電効果は歪みを加えることにより、電圧が発生する効果である。一方で、液晶の圧電効果は歪みと歪み速度によって起こる効果である。この液晶の圧電効果を特別にフレクソエレクトリック効果（以下フレクソ効果）と言う。個々の液晶分子は永久双極子を持ち分極しているが、巨視的に見た場合、分子配列の対称性から分極していない。しかし、液晶に歪みを加えることで対称性が崩れ、巨視的な分極が発生する。本研究では、液晶が液体の性質を有するため、せん断流を加え分子配向場に歪みを発生させる。

液晶にはせん断流中において2種類の挙動を示すことが知られている。それは、せん断流に対してある程度の角度で分子挙動が静止するアライニング挙動と分子挙動が回転挙動を示すタンブリング挙動である。本研究では液晶分子配向場に大きな歪みを発生させるため、タンブリング挙動を示す4-n-octyl-4'-cyanobiphenyl (8CB)を使用する。このため大きな歪みが起こると期待される。さらに、二重円筒間型セルに液晶を充填し、内筒を回転させることにより、液晶に流動を加え分子配向場に継続的な歪みを生じさせる。以上より、流動を入力とした新たな液晶圧電素子が期待できる。

本研究では、流動速度と分子挙動の関係を明らかにすることにより、フレクソ効果を利用した液晶圧電素子への提案を行う。

2. 実験装置および方法

図1に実験装置の略図を示す。外筒にはガラス製シリンダ（外径8.0mm、内径6.0mm、長さ49mm）を使用する。内筒には、内側表面に銀鏡塗装を施したガラス管（外径5.0mm、内径4.2mm、長さ43mm）を使用する。外筒の内側表面と内筒の外側表面に、液晶分子が円周方向に対して垂直に配向するように垂直配向膜を成膜する。そして、内筒をステンレスシャフトに通し、スクリューで固定する。その後、外筒と内筒を同軸になるように取り付け、液晶を充填する。内筒を回転させるため、ベルトとプーリを使用し、DCモータの動力を伝達させる。内筒回転速度は、エリクセン数 Er （弾性力に対する粘性力の比、 $\gamma_1 HU/K$ ； γ_1 :代表粘性係数、 H :円筒間距離、 U :内筒の回転速度、 K :代表弾性係数）により決定される。液晶の物性値は温度に依存することから、装置全体を断熱ボックスで覆い、液晶の温度を一定に保つため、温度センサとヒーターによって温度制御を行う。そして、液晶の温度とボックス内の空気の温度が等しくなるよう1時間置く。その後、内筒を回転させ液晶を流動させる。この流動による液晶の分子挙動の様子を偏光顕微鏡により観察する。そして、CCDカメラで撮影し、PCに取り込む。そして、撮影した動画(毎秒30フ

レーム)のフレーム切り出しを行い、1フレームごとの反射光強度を計測し解析する。

3. 実験結果及び考察

液晶分子は方向によって屈折率が変化する性質を有するため、偏光を入射すると、光の振動方向を変化させる。図2は液晶温度35°Cにおいて、 $Er=100, 300, 500$ と変化した時の反射光強度の変化を示したものである。横軸が時間、縦軸が反射光強度を示す。この図より、入射された偏光はせん断流による液晶の配向方向の変化によって、その振動方向が変化することが分かる。また図3は $Er=300$ での偏光顕微鏡画像を示す。この図からせん断流を加え続けると欠陥が発生することが確認された。

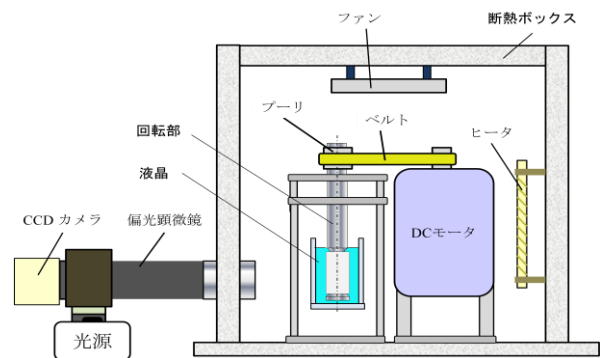


図1. 実験装置の略図

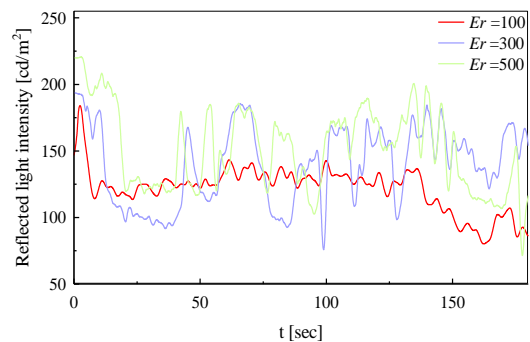


図2. 35°Cでの反射光強度の時間変化

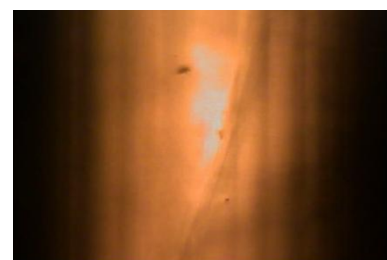


図3. 35°C, $Er=300, t=170s$ での欠陥