

液晶アクチュエータの動特性と内部流動の関係

知能流体力学研究室

福田 健次

1. 緒言

現在、液晶は液晶ディスプレイに代表されるような表示デバイスに使われている。液晶ディスプレイは液晶に電場を加えると液晶分子が回転し透過光が変化する事を利用している。一方、液晶分子の回転運動と同時に背流と呼ばれる流動が発生する事が知られている。しかし、液晶分子の回転運動は電場の方向と分子の配向が一致すると止まるため、直流電圧では背流を連続的に得ることはできない。だが、液晶に電気パルスを加え続けることで連続的な背流を得る事ができる。この連続的な背流を直進運動として取り出すことでアクチュエータとして利用することができる⁽¹⁾。

本研究の目的は液晶アクチュエータの動特性と内部流動の関係を数値計算によって解析することである。

2. 数値計算

本計算に使用した基礎式を以下に示す。構成方程式には低分子ネマティック液晶の流動を記述する Leslie-Ericksen 理論を使用した。

- ・ 連続の式

$$\nabla \cdot \mathbf{v} = 0 \quad (1)$$

- ・ 運動方程式

$$\rho \frac{D\mathbf{v}}{Dt} = \mathbf{F} - \nabla p + \nabla \cdot \boldsymbol{\tau} \quad (2)$$

- ・ 偏差応力テンソル

$$\boldsymbol{\tau} = \alpha_1 \mathbf{n} \mathbf{n} \cdot \mathbf{A} \cdot \mathbf{n} + \alpha_2 \mathbf{n} \mathbf{N} + \alpha_3 \mathbf{N} \mathbf{n} + \alpha_4 \mathbf{A} + \alpha_5 \mathbf{n} \mathbf{n} \cdot \mathbf{A} + \alpha_6 \mathbf{A} \cdot \mathbf{n} \mathbf{n} - \frac{\partial F}{\partial \nabla \mathbf{n}} \cdot (\nabla \mathbf{n})^T \quad (3)$$

- ・ 角運動方程式

$$\mathbf{n} \times \left\{ \mathbf{G} - \frac{\partial F}{\partial \mathbf{n}} + \nabla \cdot \left(\frac{\partial F}{\partial \nabla \mathbf{n}} \right) + \gamma_1 \mathbf{N} + \gamma_2 \mathbf{A} \cdot \mathbf{n} \right\} = \mathbf{0} \quad (4)$$

ここで、 \mathbf{v} は速度ベクトル、 ρ は流体密度、 D/Dt は実質微分、 \mathbf{F} は電場による単位体積当たりの外力、 p は圧力、 \mathbf{n} は液晶分子の局所的な平均配向方向を単位ベクトルで表すディレクタ、 $\alpha_1 \sim \alpha_6$ はレズリー粘性係数、 \mathbf{A} は変形速度テンソル、 \mathbf{N} はディレクタの相対角速度ベクトル、 \mathbf{G} は電場によるディレクタに作用する単位体積当たりの外力である。 γ_1 、 γ_2 は粘性係数で $\gamma_1 = \alpha_3 - \alpha_2$ 、 $\gamma_2 = \alpha_6 - \alpha_5$ と表される。

3. 座標系

図1に本計算に使用した座標系と各パラメータを示す。

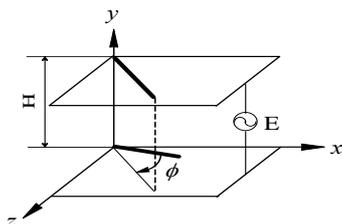


Fig.1 Flow geometry and coordinate systems

4. 結果及び考察

図2に上部平板の移動量の時間変化を示す。ツイスト角 $\varphi = 0^\circ$ 、印加電圧として $E=5V$ 、 $f=1Hz$ 、デューティー比=20%の条件下、 $H=20 \sim 50 \mu m$ の範囲を $10 \mu m$ 間隔で計算した。図より、 H が計算の範囲内で大きくなるほど上部平板の移動量が大きくなっているのが分かる。また、電圧 off の状態で移動が見られない状態が長い時間、周波数を高く設定すればより移動量を得ることができると考えられる。

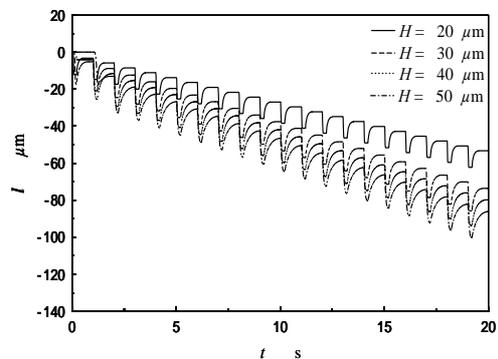


Fig.2 Moved distance of the upper plate with time

図3に図2と同じ条件下における各 H での平板間中央の液晶の定常状態でのチルト角の変化幅を示す。図より、 H が計算の範囲内で大きくなるほどチルト角の変化幅が小さくなっているのが分かる。これは上下平板のアンカリングの影響で H が大きくなることによって少なくなったと考えられる。

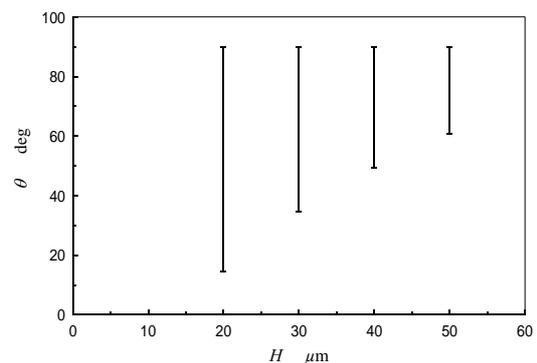


Fig.3 Rotation range of the director

参考文献

- (1) Chono, S. and Tsuji, T., Development of micro-actuators driven by liquid crystals (1st Report, Generation of flow and its mechanism), *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series B*, Vol. 72, No. 715 (2006), pp.656-661