4 1 3 液晶駆動型マイクロアクチュエータの開発 (駆動特性に及ぼす入力電圧の影響)

Development of Liquid Crystalline Micro Actuators — Effect of Applied Voltage —

学○松見 隆紀 (高知工大院)
正 辻 知宏 (高知工大)

学 倉敷 宏州 (高知工大)
正 蝶野 成臣 (高知工大)

学 石丸 賢策 (高知工大院)

Takanori MATSUMI, Graduate School of Kochi University of Technology, Tosayamada-cho, Kochi

Hirokuni KURASHIKI, Kochi University of Technology.

Kensaku ISHIMARU, Graduate School of Kochi University of Technology

Tomohiro TSUJI, Kochi University of Technology

Shigeomi CHONO, Kochi University of Technology

Key Words: nematic liquid crystal, back-flow, micro-actuator

1. 緒 言

液晶は固体の異方性と液体の流動性を兼ね備えた物質であり、外場に対して多彩な応答を示し、大変形が可能である。しかし、そのような物質でありながら、液晶の工学的応用例は液晶ディスプレイに代表されるような光学的性質を利用したものに限定されている。近年になって液晶の力学的応用を目的とした研究が展開されてきており、液晶の新たなアプリケーションの開発に期待がもたれている。

棒状形状である液晶分子に電場を印加すると液晶分子は電場方向に平行になるように再配向する。すなわち図 1 に示すように液晶分子が回転し、分子周囲に速度勾配が発生する。図 2 に示すような平行平板間に電場を印加すると図 2(a)のように配向していた液晶分子は図 2(b)のように配向状態を変化させる。結果として平板間では図 2(c)のような流動(背流)⁽¹⁾が生じる。また、平板間に印加した電場を解放すると、電場に対して平行になるように配向していた分子は図 2(a)の状態に復帰する。このことから、平板間に電場印加を繰り返し行うことで内部に流動を断続的に発生させることが可能であるといえる。

本研究は背流を利用した液晶駆動型マイクロアクチュエータ開発を目指すものである。これまでの実験では、図 2 に示した平行平板において上部平板を固定しない状態で電場を印加すると、平板間内部に生じるせん断流により、上部平板を運動させることに成功している⁽²⁾。

Fig.1 Generation of back-flow

Fig.2 Schematics of back-flow between parallel plates

一方、上述した背流の大きさは平板間に生じる電場強度に依存することが数値計算により明らかにされている⁽¹⁾が、これを実験的に調べた例はない。そこで本研究では平板間に与える印加電圧が駆動特性に与える影響を調べた。

2. 実験方法

図 3 に実験の概略を示す。装置は大きさの異なる 2 枚のガラス平板からなり、ガラス平板の間には液晶として 5CB (4-cyano-4'-n-pentylbiphenyl) を満たした。ガラス平板間に電場を印加することで背流を発生させ、上部平板を運動させる。上部ガラス平板のサイズは 11×11mm で質量は約 0.05g である。下部ガラス平板のサイズは 20×20mm である。ガラスの表面には液晶に電場を印加するための透明電極膜 (ITO 膜) と液晶分子の配向方向を決定するために配向膜 (ポリイミド膜) が施されている。平板間隔を一定に保つため、直径 2.5μm のポリスチレン微粒子をスペーサーとして散布した。上部平板を水平方向に自由に運動できるようにするため、ガラス上部に滴下した水滴に直径 25μm の金線を接触させることで電源とガラスを接続した。下部平板は偏光顕微鏡のステージに固定した。

Fig.3 Experimental setup

表 1 に実験条件を示す。印加する電圧波形は矩形波とし、条件(a)では印加電圧の影響を、条件(b)では周波数変化の影響を調べた。なお、印加する矩形波の DUTY 比は 5%とした。

Table.1 Experimental condition

	印加電圧 E [V]	周波数 f [Hz]
(a)	5	10
	10	
	印加電圧 E [V]	周波数 f [Hz]
(b)	10	1
		10
		100

3. 実験結果および考察

図 4(a),(b)は電圧 $E=10V$ 、周波数 $f=10Hz$ の実験条件下での上部ガラス平板につけた目印の移動の様子を示したものである。図 4 より上部平板は 5.5 秒間でおおよそ $170\mu m$ 上方向に移動することが確認できる。表 1(a), (b)の実験条件下での上部平板移動量の時間変化を図 5(a),(b)にそれぞれ示す。図 5(a)において、印加電圧 $E=5V$ のとき、上部平板は $t=4s$ でおおよそ $110\mu m$ 、 $E=10V$ のときおおよそ $160\mu m$ 移動した。各条件における上部平板の移動速度は $27.5\mu m/s$ 、 $40\mu m/s$ となった。 $E=10V$ と比較して $E=5V$ では分子の角速度が減少し、その結果発生する流動が減少したため、上部平板の移動速度が減少した。

次に図 5(b)において周波数が $f=1Hz$ の場合、上部平板が移動し始めてから 4 秒間でおおよそ $25\mu m$ 動いた。 $f=10Hz$ の場合はおおよそ $130\mu m$ 、 $100Hz$ の場合は $300\mu m$ の上部平板の移動が確認された。このとき、各条件での上部平板の平均の移動速度は $6.25\mu m/s$ 、 $32\mu m/s$ 、 $75\mu m/s$ となった。このように周波数の増加率に対し移動速度の増加率が一致しない結果になったのは、分子の応答が入力信号の周期に追従できないことに起因するものと考えられる。すなわち、分子の配向状態が図 2(a)の状態にまで復帰できず、次周期の電場印加時に分子の回転できる角度が減少するため、結果として発生する流動が弱くなったと言える。このことは上部平板の電圧印加 1 周期あたりの移動量が、 $f=1Hz$ のとき $6.25\mu m$ 、 $10Hz$ のとき $3.25\mu m$ 、 $100Hz$ のとき $0.75\mu m$ であることから推察することができる。

図 5 の結果より、上部平板の移動量 l は時間 t に対して、線形となる挙動を示すことが確かめられた。このことより、平板間に電場を印加する時間を制御することで、上部平板を高い精度で位置決めすることが可能であるといえる。

4. 結 言

液晶駆動型マイクロアクチュエータ開発の基礎研究として、平板移動実験における、印加電圧の変化が駆動特性に与える影響を調べた。以下に得られた結果を示す。

- (1) 上部平板の単位時間あたりの移動量は印加電圧の増加に伴い増大する。
- (2) 入力信号の周波数を大きくすると、単位時間あたりの上部平板の移動量は増加する。
- (3) 入力信号の周波数を大きくすると、入力電圧 1 周期あたりの移動速度は減少する。

謝 辞

配向処理に用いるポリイミド溶液を提供して頂いた株式会社 JSR、並びにスペーサーを提供して頂いた積水化学工業株式会社に深謝の意を表す。

参考文献

- (1) 蝶野・辻, 日本機械学会論文集(B 編), 72(2006), pp.656-661
- (2) 石丸・他 2 名, 日本流体力学会 2005 講演論文集, 2005, 31

(a) $t=0s$

(b) $t=5.5s$

($E=10V$ $f=10Hz$)

Fig.4 Movement of the upper plate

(a) Effect of applied voltage

(b) Effect of frequency

Fig.5 Moved distance of the upper plate