

卒業論文要旨

4-n-4'-hexylcyanobiphenyl を用いた液晶アクチュエータの駆動特性

システム工学群

流体工学研究室 1220077 澤村 菜乃花

1. 緒言

近年、MEMS 技術の発展に伴い、アクチュエータのマイクロ化が進んでいる。⁽¹⁾そこで、液晶を用いたマイクロアクチュエータが提案されている。液晶とは、固体状態と液体状態の間にある状態で液体状態と固体状態の両方の性質を持っている。液晶分子は棒状の形をしており、誘電率異方性をもつことから電場を印加すると、分子の配向方向が電場方向に沿うように回転する。これにより、並行平板間に流動が誘起され、それを背流と呼ぶ。⁽²⁾液晶アクチュエータはこの背流を駆動源にしているため、従来のアクチュエータに比べ構成部品が少なく、小型化するのに優れている。さらに、液晶アクチュエータの駆動に必要な電圧は数 V と低電圧であり、液晶は流動性があるため形状に制限がほとんどない。そのため、マイクロアクチュエータとしての期待が高い。

液晶アクチュエータは、固定された下部平板と上部平板との間に液晶を充填したものである。液晶平板アクチュエータの前進駆動原理について説明する。図 1.1(a)(b)にそれぞれ、液晶アクチュエータの液晶分子の初期配向状態と平板間に電場を印加した際に平板間に生じている背流を示す。図 1.2 に液晶アクチュエータに印加するパルス波電圧波形を示す。電場を印加した際、液晶の背流によって上部平板にせん断応力がかかり、上部平板が前進駆動する。従来の液晶アクチュエータに使用される液晶材料のほとんどが 5CB (4-n-4'-pentylcyanobiphenyl) である。そこで、液晶アクチュエータの可能性を広げるため、液晶物性値がアクチュエータの駆動特性にどのような影響を及ぼすのかを明らかにする必要がある。本研究では、常温で液晶状態をとる液晶材料に着目する。23~35°Cで液晶状態を取る 5CB に比べ、14.5~29°Cと 5CB より低温かつ 5CB より広範囲の温度で液晶状態を取る 6CB (4-n-4'-hexylcyanobiphenyl) を用いて実験を行う。

本研究では、液晶物性値がアクチュエータの駆動特性にどのような影響を及ぼすのかを明らかにするため、液晶アクチュエータの駆動パラメータである周波数、Duty 比、電圧を変化させた場合の駆動特性について調べることを目的とする。

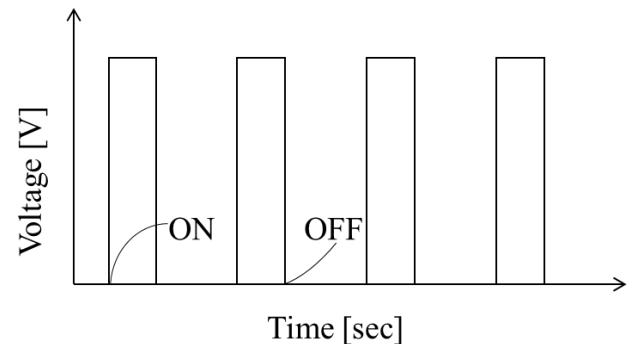
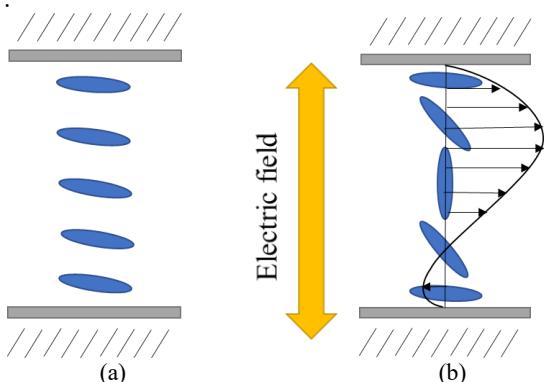


Fig1.2 Applied voltage pulse wave

2. 実験

実験に使用した液晶アクチュエータの概要を図 2.1 に示す。上下 2 枚のガラス平板間に液晶材料が充填されている。上部ガラス平板は 10mm×10mm (厚さ 0.15mm), 下部ガラス平板は、20mm×20mm のガラス平板を用いる。上部ガラス平板の全面および下部ガラス平板の上面には ITO 電極膜が施されている。

液晶アクチュエータの駆動方向は初期の配向状態に依存するため一方向に揃える必要がある。そこで、ITO 膜が成膜されたガラス平板に配向膜を作成する。配向剤は、水平配向剤を 6 : 4 で有機溶剤である γ プチロラクトンで希釈したものを使用する。次に、液晶分子の長軸方向を 1 方向に揃えるためにラビング処理を行う。

下部平板表面の配向膜は絶縁体なので、ITO 膜と完全に接続するために下部平板に超音波ハンダを用いて銅線をハンダ付けにしたものを使用する。上部平板に銅線を直接繋げると上部平板の駆動の妨げになってしまうので、上部平板の中央に滴下した水を介して通電する。印加電圧は、マルチファンクションジェネレータ (WF1945BNF : 回路設計 (株)) を使用する。上部平板の駆動観察のために、顕微鏡 (LV100POL : ニコン (株)) を通して CCD カメラ (CFK-33UX252 : IMAGINGSORCE) で撮影した。そして、上部平板の駆動の様子を PC に取り込むため、画像解析ソフト (DIPP-Motion Pro2D) を用いて、上部平板の位置の時間変化を解析し、駆動速度を取得する。

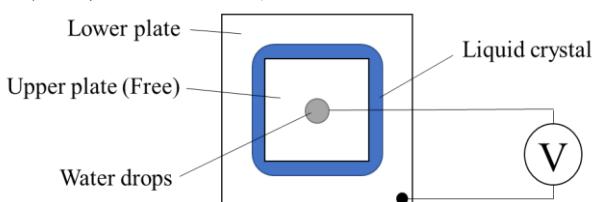


Fig2.1 Outline of experimental equipment

3. 実験結果と考察

まず液晶アクチュエータに10Vのパルス波電圧を印加し、周波数とDuty比を変化させ実験を行った。図3.1は各周波数における縦軸上部平板の駆動速度、横軸Duty比を示したものである。また、上部平板の駆動が定常状態に達した時刻を $t=0$ とするために、パルス波電圧を印加した5秒後を $t=0$ とした。図3.1より、どの周波数もDuty比が5%のとき最も駆動速度が速いことがわかった。また、Duty比が10%より大きくなった場合、いずれの周波数でも上部平板の駆動は小さくなり、動かなくなつた。これは、電場の開放時間に原因があると考えた。アクチュエータの駆動原理で説明したように電場を解放すると、液晶の弾性によって初期配向状態に戻る。しかし、Duty比が10%よりも大きくなつた場合は、図1(b)に示す配向状態から図1(a)に示す初期配向状態に戻る途中で電場が印加され図1(b)の配向状態になる。つまり、電場の印加・解放で図1(b)の配向状態からの変化が少ないため、駆動しなかつたと考えられる。電圧10V、周波数10Hz、Duty比5%, 10%, 25%の条件で上部平板の位置を9.5~10sの間で、上部平板の駆動の様子を図3.2に示す。Duty比5%と10%の場合、液晶分子が初期配向状態に戻ろうとしている間に上部平板にほとんど動きはないが、パルス波電圧が印加されたとき液晶分子が起こす背流によって駆動がみられる。しかし、Duty比が大きくなるとアクチュエータの駆動は小さくなり、動かなくなる。

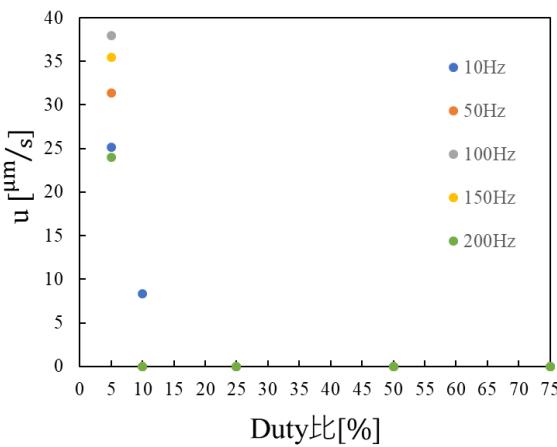


Fig3.1 Speed of upper plate

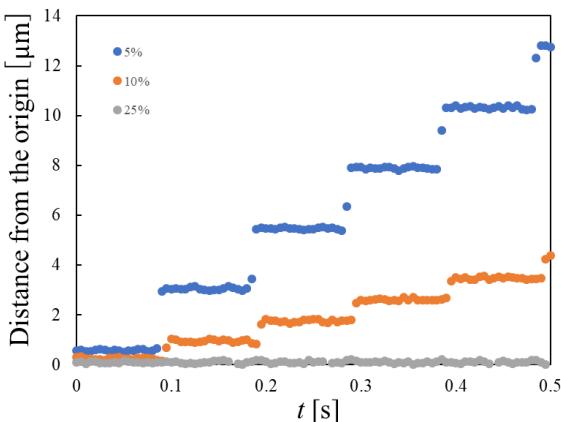


Fig3.2 Moving distance of upper plate

次に、パルス波電圧10V、Duty比5%とし、周波数を変化させた場合の駆動速度において3回分を平均したものを図3.3に示す。また、駆動速度は、上記で行った実験と同様に

電場を印加して5s後を $t=0$ とする。図より周波数が大きくなると、駆動は大きくなる。しかし、50Hzで最大値をとつたあと、駆動は小さくなる。これは、周波数が大きくなることによって1周期の間隔が短くなり、液晶分子が初期配向状態に戻っていないことが原因だと考えられる。周波数10Hzの場合1周期の時間は0.1s、周波数100Hzの場合1周期の時間は0.01sである。アクチュエータの駆動は50Hzで最高速度となったので、液晶分子は0.02sあれば初期配向状態に戻ることがわかる。しかし、100Hzから速度が減少したため、0.02sよりも短い時間では初期配向状態に戻ることが出来ないと考えられる。周波数を増加させると、それに合わせて1周期の時間も短くなるため、初期配向状態に戻る過程で電場が印加されることによって液晶分子の回転が小さくなる。よって、周波数100Hzよりも大きくなるとアクチュエータの駆動速度は徐々に減少すると考えられる。

従来の液晶アクチュエータに用いられてきた5CBは180Hzで最高速度 $U_{5CB} \approx 252\mu\text{m}$ をとるのに対し、6CBは50Hzで最高速度 $U_{6CB} \approx 48\mu\text{m}$ となった。⁽³⁾これは5CBより6CBの方が粘性が大きく誘電率が小さいため、液晶分子の立ち上がり速度が遅く、弾性が小さいため液晶分子の立下り速度が遅くなることによって、6CBは5CBより駆動が小さくなる。

10Vと15Vの2種類のパルス波電圧を印加した場合、周波数50Hzで最高速度とりさらに周波数を上げると減少するという傾向はある程度等しいが、電圧の変化により上部平板の駆動速度は異なる。電圧の増加に伴い、駆動速度も増加する。

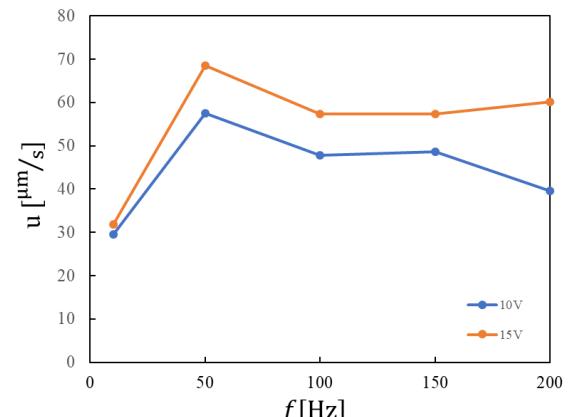


Fig3.3 Speed of upper plate

4. 結言

本研究では、6CB(4-n-4'-hexylcyanobiphenyl)を用いた液晶アクチュエータの駆動特性を明らかにすることを目的とし、駆動パラメータである周波数、Duty比、電圧を変化させた場合の駆動特性について調べた。以下にその結果を記す。

- Duty比が5%のとき最も駆動速度が速い。Duty比が10%より大きくなつた場合、いずれの周波数でも上部平板の駆動は見られなかつた。
- 周波数が大きくなると、駆動速度が速くなり50Hzで最大値をとつたあと、駆動速度は遅くなる
- 10Vと15Vの2種類のパルス波電圧を印加した場合、電圧の増加に伴い、駆動速度も増加する。

参考文献

- (1) 蝶野成臣, 辻知宏, “液晶駆動型マイクロアクチュエータの開発(第1報, 流動の発生とそのメカニズム)”, 日本機械学会論文集B編, Vol.72, No.751(2006), pp.656-661
- (2) 折原宏, 液晶の物理(2004)
- (3) HAN Zhitong, “液晶アクチュエータの駆動特性に及ぼす液晶物性値の影響”修士論文, pp.20-27