

卒業論文要旨

のこぎり波電場を用いた液晶アクチュエータの駆動方向制御

システム工学群

流体工学研究室 1200050 岸下正憲

1. 緒言

マイクロマシンへの駆動源となるマイクロアクチュエータとして液晶アクチュエータが提案された。⁽¹⁾液晶とは、結晶状態から液体状態へと変化する過程で、固体と液晶の両方の性質を併せ持つ中間状態のことである。液晶分子は棒状であり、誘電異方性から電場を印加した際に、液晶分子の長軸が電場方向と平行になるように回転する。⁽²⁾

この時に起こる流動(背流)により液晶アクチュエータは駆動する。パルス波電圧を印加し、液晶アクチュエータを一方方向駆動させる場合、アクチュエータの駆動方向は、液晶分子の壁面配向状態に依存する。⁽³⁾

液晶アクチュエータは、1つの基盤に2種類の配向方向を施す配向膜のパターンニングを用いること、および電極膜のスイッチングにより駆動方向を切り替えることで駆動方向制御が可能である。⁽⁴⁾しかし、複雑な機構が必要であり、液晶アクチュエータの小型化には適していない。

本研究では、配向膜のパターンニングおよび電極膜のスイッチングをすることなく、パルス波電圧とのこぎり波電圧を印可することで2方向駆動を目指す。

2. 実験方法

まず、駆動方向制御の原理について説明する。水平配向処理を施された固定平行平板間に充填された液晶は、図1(a)に楕円体で図示されるような分子配向状態を示す。平行平板間に電圧を印加すると、図1(b)に示すように液晶分子の長軸方向が電場方向と一致するように回転すると同時に、図1(c)に示すような背流分布が生じる。上部平板が固定されていない状態であれば、上部平板における粘性せん断力により、図1(d)のように上部平板が+x方向に駆動する。駆動方向のスイッチングのためには、図1(e)に示すような-x方向への駆動状態を作り出す必要がある。本研究で着目したのが、印加電圧波形による制御である。図2はパルス波電圧およびのこぎり波電圧波形を表す。パルス波電圧の場合、電圧印加時の+x方向への前進駆動が電圧解放時の-x方向への駆動に対して大きいため、上部平板は+x方向に駆動する。一方、のこぎり波電圧の場合、緩やかに電圧を上昇させることで液晶分子の回転速度が低下し、背流が抑制されるとともに前進駆動が小さくなる。その結果、後退駆動が前進駆動を上回る状態を作り出せると考えた。

図3に実験装置の概略を示す。上部ガラス平板は10mm×10mmであり、下部ガラス平板は20mm×20mmである。上部平板の両面および下部平板の上面にITO電極膜が施されている。上下平板の対面する面には、水平配向膜が成膜されている。パルス波電圧およびのこぎり波電圧を印加する。

上下部平板間にスペーサーとして5 μ mのシリカ微粒子入りの液晶を充填する。使用する液晶は5CB(4-Cyano-4'-n-pentylbipheny)である。

パルス波電圧は、印加電圧 $E=10V$ 、周波数 $f=50Hz$ 、Duty比5%を印加し、のこぎり波電圧は、印加電圧は $E=10V$ 、周

波数 $f=50Hz$ 、Duty比100%を印加する。なお、上下平板と電源の接続には、直径0.20mmの銅線を使用する。上部平板の駆動を阻害しないために、上部平板の中心に滴下した水を介し、下部平板には銅線をハンダ付けすることにより通電する。

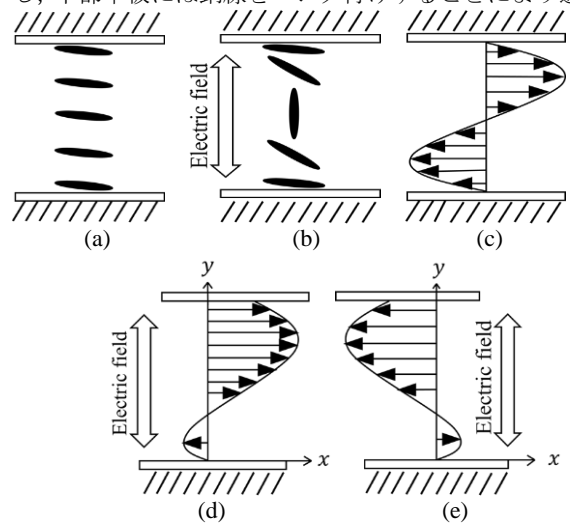


Fig1 Generation of backflow between parallel plates

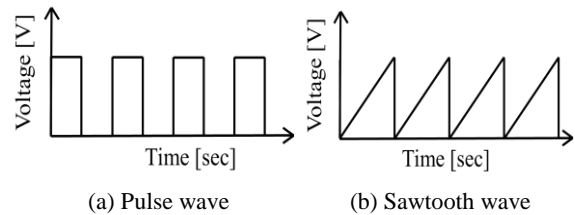


Fig2 Applied voltage waveform

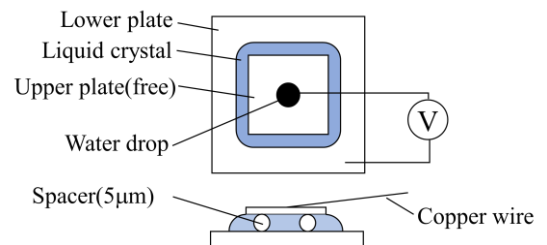


Fig3 Liquid crystal actuator setup

3. 研究結果及び考察

図4に、のこぎり波電圧を印加した場合の、上部平板の後退駆動の様子を示す。電圧印加後、定常駆動状態に達した時刻を $t=0s$ とする。図において、上方向が前進駆動であり、時間の経過とともに上部平板のマーク(図中の黒丸)が図の下方方向に移動することからのこぎり波電圧による後退駆動

が実現できている。

図 5(a) (b)はそれぞれ、パルス波電圧を印加およびのこぎり波電圧を印加した場合の上部平板位置の時間変化である。

図 5(a)よりパルス波電圧の場合、駆動速度は $68.2 \mu\text{m/s}$ である。上部平板の位置は時間変化に対して直線的に増加した。

図 5(b)ののこぎり波電圧の場合、上部平板位置は単調に減少し、平均駆動速度は $13.8 \mu\text{m/s}$ である。

以上の結果より、印過電圧波形によって上部平板の駆動方向が異なることを確認できた。そこで、上部平板駆動中の印加電圧波形を変化させることによって、上部平板駆動の制御を試みる。図 6 は、のこぎり波電圧とパルス波電圧を交互に印加した場合の上部平板位置の時間変化を表す。計測開始後、上部平板の駆動方向は前進方向へと変化する。その後も、印加電圧波形の切り替えに応じて、上部平板の駆動方向も後退、前進方向へと変化する。このことより、印加電圧波形による液晶アクチュエータの駆動制御に成功したといえる。

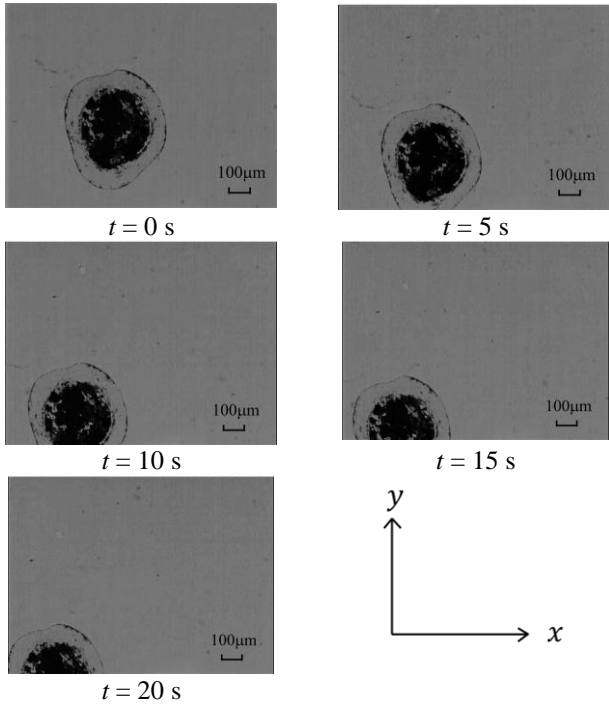
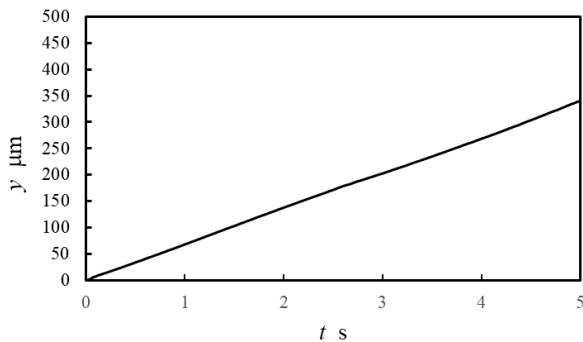
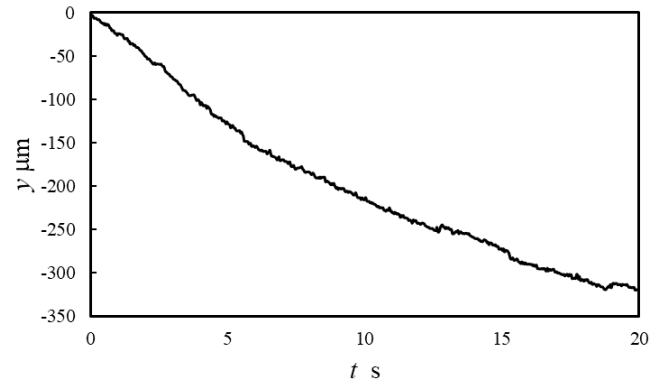


Fig4 Motion of the upper plate



(a) Moving distance of the upper plate during pulse wave application



(b) Moving distance of the upper plate during sawtooth wave application

Fig5 Moving distance of the upper plate

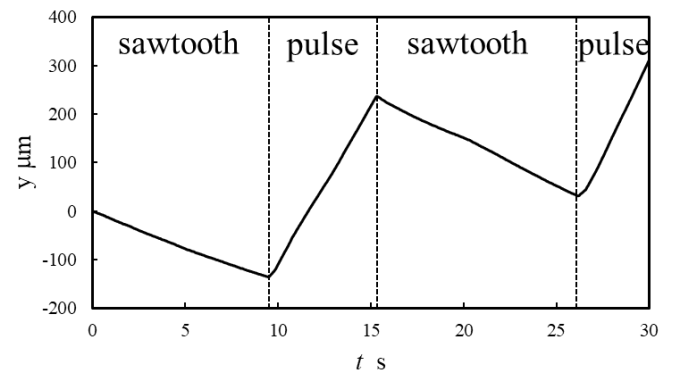


Fig6 Moving distance of upper plate by switching of pulse wave and sawtooth wave application

4. 結言

本研究では液晶アクチュエータの2方向駆動制御を目的として、平行平板間にパルス波とのこぎり波を印加し、駆動実験を行った。以下に得られた結果を要約する。

- (1) パルス波電圧(印加電圧 $E=10\text{V}$, 周波数 $f=50\text{Hz}$, Duty比 100%)を印加した前進駆動速度は $68.2 \mu\text{m/s}$ である。
- (2) 液晶アクチュエータにのこぎり波電圧(印加電圧 $E=10\text{V}$, 周波数 $f=50\text{Hz}$, Duty比 100%)を印加すると、アクチュエータは $13.8 \mu\text{m/s}$ で後退駆動する。
- (3) パルス波電圧とのこぎり波電圧の切り替えにより、液晶アクチュエータの駆動方向制御が可能であることを明らかにした

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.715(2006), pp.656-661.
- (2) 折原 宏, 液晶の物理(2004)
- (3) 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4報, 平板駆動実験)”, 日本機械学会論文集 B編, Vol.76, No.771(2010), pp.169-174.
- (4) 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6報, 駆動方向制御)”, 日本機械学会論文集, Vol.81, No.823(2015), pp.14-006