

卒業論文要旨

液晶誘電率がコレステリック液晶滴の挙動に及ぼす影響

システム工学群 知能機械工学専攻
流体工学研究室 1200099 徳前 佑樹

1. 緒言

近年、液晶が持つ流動性と電場応答性を利用した無定形アクチュエータの開発が行われている⁽¹⁾。無定形アクチュエータは、経路に合わせて液晶滴自身の形状を変化させ、自身に内包した物質を運搬することができる。

現在、無定形アクチュエータの研究では、液体中に液晶滴を浮遊させ、電場を印加しコレステリック液晶滴自身を、パルス電場を印加することで並進駆動、直流電場を印加することで回転駆動させることに成功している。液晶滴自身を駆動させることで、液晶の性質を利用したアクチュエータの開発が可能となる。しかし、1種類の液晶材料のみでの駆動実験しか行われていないため、物性値が異なる液晶を用いた液晶滴の挙動については明らかになっていない。物性値の中でも、電場の印加に対して、液晶滴の挙動に大きく影響を及ぼす誘電率異方性に着目した。

本研究では、8CBおよびMBBAの2種類の液晶について並進駆動、回転駆動を行い、液晶滴の挙動を調べる。コレステリック液晶滴に対する印加電圧の変化が及ぼす液晶滴の駆動速度、周波数が及ぼす液晶滴の駆動速度について、8CBを用いて調べる。そして、電場下において誘電率異方性が及ぼす液晶滴の挙動を調べる。

2. 実験方法および方法

図1に実験セルの概略図を示す。ITO電極が一樣に成膜されたガラス基板から成る2枚のセルの内側に液晶を封入する。セルの間隔を一定とするため、2枚のガラス基板の間に150 μm のマイクロフィルムを挿入する。また、液晶は40 μL 封入する。図2に実験装置の断面図を示す。実験セルとガラスヒータは外部温度の影響を受けにくい、断熱性の高いMDF(中密度繊維板)で覆う。ガラスヒータは実験セルの上部と下部で温度差を与えないよう、上下に2カ所設置する。また、白金測温抗体を用いて、ガラスヒータ表面の温度を測定し、温度コントローラを用いて温度を調節する。コレステリック液晶として、4-Cyano-4'-n-octylbiphenyl(8CB)およびN-(4-Methoxybenzylidene)-4-butylaniline(MBBA)に、らせん構造を安定させるためカイラル剤S-811(メルク社製)を添加したものを用いる。液晶分子のらせんピッチはカイラル剤の添加量で制御することができる。

液体中にコレステリック液晶滴を浮遊させるための方法として、液晶の相変化を利用する。ガラスヒータの温度を48 $^{\circ}\text{C}$ に上昇させ液晶を等方相に相転移させたあと、ガラスヒータの温度を下げ、等方相中に液晶相を発現させる。そして、ITO電極膜を介して、液晶滴に電場を印加する。実験セルを鉛直方向から顕微鏡撮影し、電場印加時の液晶滴の挙動を観察する。8CBおよびMBBAの、等方相中に液晶滴が発現する温度(それぞれ約40 $^{\circ}\text{C}$ 、約46 $^{\circ}\text{C}$)の誘電率を表1に示す⁽²⁾。

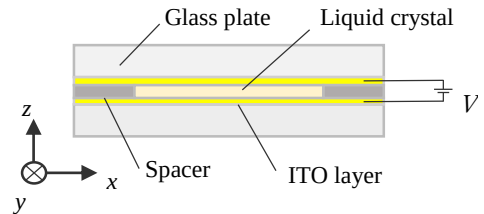


Fig.1 Schematic of the experimental cell

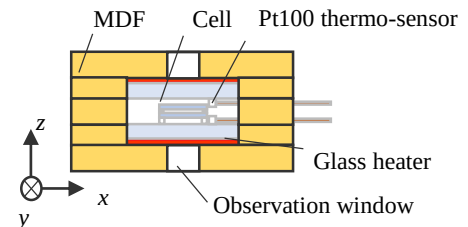


Fig.2 Schematic of the experimental setup

Table.1 parallel and perpendicular dielectric constant of each liquid crystal

Dielectric constant	8CB	MBBA
$\epsilon_{\parallel}$	13	4.9
$\epsilon_{\perp}$	8	5.1
$\Delta\epsilon$	5	-0.2

3. 実験結果と考察

図3に8CBを用いたコレステリック液晶滴(らせんピッチ $P=11.0\mu\text{m}$, 液晶滴直径 $\phi\approx 100\mu\text{m}$)の、並進駆動の挙動を示す。印加電圧10V, 周波数50Hz, duty比50%のパルス電圧印加時の挙動である。液晶滴の初期重心位置を白色 $\times$ 印, 各時刻における重心位置を黒色 $\times$ 印で示す。図3より、電場の印加によって、時刻の増加とともに液晶滴の重心位置が縞模様の方

向に沿って駆動していることが確認できる。図4に8CBを用いたコレステリック液晶滴(らせんピッチ $P=11.0\mu\text{m}$)の、印加電圧 V と液晶滴の駆動速度 v の関係を示す。周波数 $f=50\text{Hz}$, duty比50%のパルス電圧印加時のグラフである。 v はそれぞれ10回実験を行った平均値をプロットしており、エラーバーは標準偏差を示す。図4より、 $V\leq 5\text{V}$ において液晶滴の駆動は見られない。また、 $6\text{V}\leq V$ において、 V が増加するにしたがい v が増加する傾向を示す。

図5に8CBを用いたコレステリック液晶滴(らせんピッチ $P=11.0\mu\text{m}$)の周波数 f と液晶滴の駆動速度 v の関係を示す。印加電圧 $V=10\text{V}$, duty比50%のパルス電圧印加時のグラフである。 v はそれぞれ10回実験を行った平均値をプロットしており、エラーバーは標準偏差を示す。図5より、 $f\leq 10\text{Hz}$

において、 f の増加に伴って v が減少しているが、 $30\text{Hz} \leq f \leq 50\text{Hz}$ においては、 f の増加に伴って v も増加している。また、 $f=50\text{Hz}$ において最大値($v \approx 4.91 \mu\text{m/s}$)となる。さらに、 $f \geq 50\text{Hz}$ において、 f の増加に伴い、 v が緩やかに減少している。

図 6 に 8CB を用いたコレステリック液晶滴(らせんピッチ $P=11.0 \mu\text{m}$, 液晶滴直径 $\phi \approx 100 \mu\text{m}$)の、回転駆動の挙動を示す。電圧 10V の直流電場を印加したときの挙動である。図 6 より、時刻の経過とともにらせん軸が z 軸方向と垂直になるように液晶滴が回転していることが分かる。

図 7 に MBBA を用いたコレステリック液晶滴(らせんピッチ $P=11.0 \mu\text{m}$, 液晶滴直径 $\phi \approx 90 \mu\text{m}$)の、回転駆動の挙動を示す。電圧 10V の直流電場を印加したときの挙動である。図 7 より、時刻の経過とともにらせん軸が z 軸方向と水平になるように液晶滴が回転していることが分かる。

8CB と MBBA において、それぞれ誘電率の差 $\Delta\epsilon$ が正、負であることから、直流電場下において回転駆動に違いがみられた。8CB では、水平の誘電率が垂直の誘電率よりも大きく、さらに誘電率の差 $\Delta\epsilon$ が MBBA より大きいために、液晶滴の回転駆動に規則性が見られた。8CB では、直流電場に対し、らせん軸が直交するよう回転した。MBBA では垂直の誘電率のほうが水平の誘電率より大きいため、液晶滴は z 軸方向とらせん軸が水平になるように回転した。しかし、回転を続ける液晶滴も見られ、回転駆動において規則性が見られなかった。これは誘電率の差が小さいことが原因であると考えられる。これにより、直流電場下においての液晶滴の回転駆動は、垂直、水平の誘電率とその差によって決められると考えられる。

4. 結言

本研究では、液体中に浮遊した液晶滴に、電場を印加し挙動を調べた。また、誘電率の違う 2 種類の液晶滴の挙動を比較した。得られた結果を以下に示す。

- ・8CB の液晶滴にパルス電場を印加した結果、 $V \geq 6\text{V}$ で液晶滴が駆動し、電圧が大きくなるにつれ駆動速度が増加する傾向を示す。
- ・周波数と駆動速度には相関があり、本研究では 3Hz, 40Hz, 50Hz において、駆動速度が大きい値が測定された。
- ・液晶滴の回転駆動は、直流電場下において、垂直、水平の誘電率と、その差によって決まると考えられる。

文献

- (1) 中山 祐輔, 蝶野 成臣, 辻 知宏, "コレステリック液晶を利用した無定形アクチュエータの開発"
- (2) W. Schröer, T. Yamaguchi, A.J.M Valente, L. F. Vega, "Journal of Molecular Liquids" Vol. 221, No.1(2016), pp. 190-196

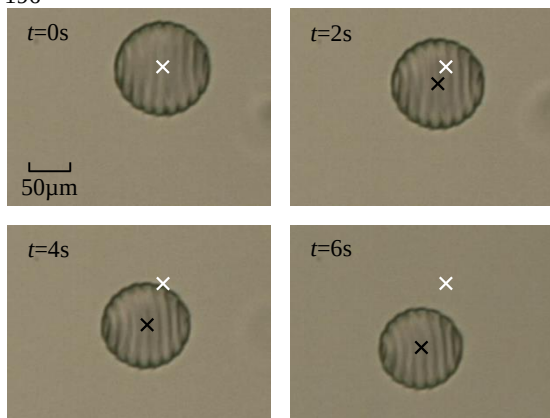


Fig.3 Motion of liquid crystal droplet under pulse voltage

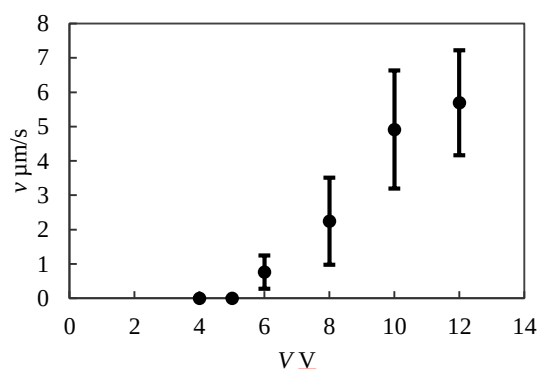


Fig.4 Relationship of applied voltage and drive speed

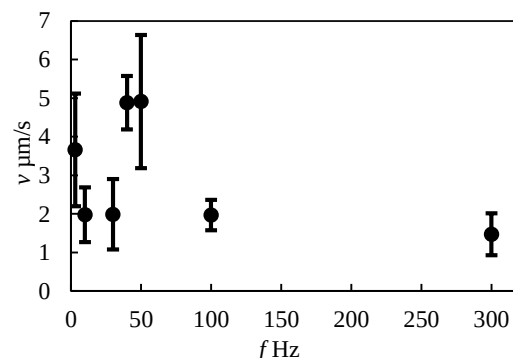


Fig.5 Relationship between the liquid crystal droplet's frequency and driven speed

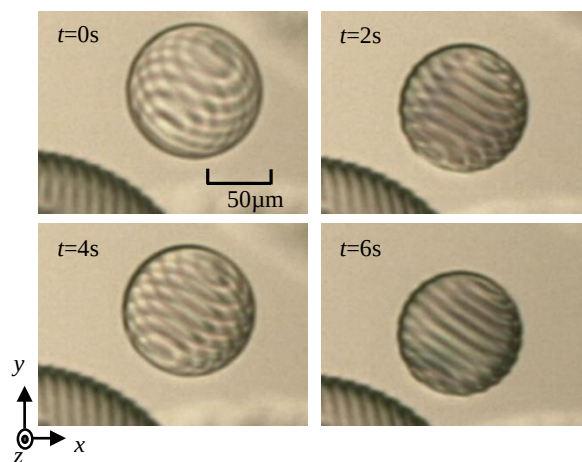


Fig.6 Rotational drive of 8CB under DC electric field

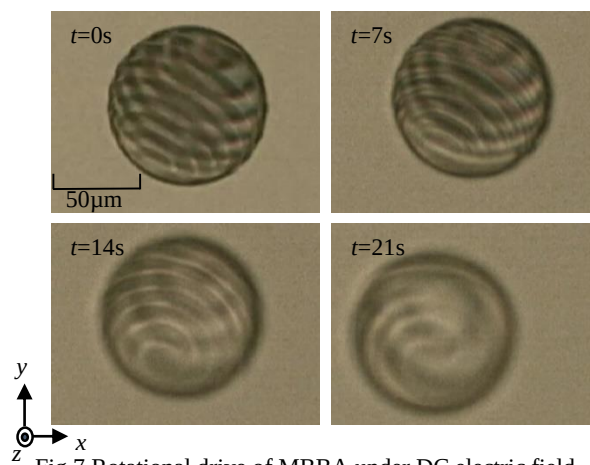


Fig.7 Rotational drive of MBBA under DC electric field