

1. 緒言

科学技術や工学技術の進歩にともなって、医療機器の小型化や高性能化が進んでいる。現在は細胞レベルの微小な患部を治療対象とし、従来よりもさらに小型化された柔軟性の高い新たな医療機器の開発が求められている。たとえば、体内の患部に直接薬を運ぶドラッグデリバリーシステムにおいて、毛細血管のような複雑かつ微小な経路に適応できる小型デバイスの開発が求められている。そこで、従来の研究において、液体状の小型デバイスである液晶無定形アクチュエータの開発が提案された⁽¹⁾。液晶無定形アクチュエータは、液晶の流動性と、液晶分子の電場に応答する特性を用いることで、駆動環境に応じて形状を変化させながら駆動することが可能なアクチュエータである。これまでに、電極を施したガラス基板上にマイクロオーダーの液晶滴を滴下し、電場印加により液晶滴を駆動させることに成功している。液晶無定形アクチュエータの駆動を自在に制御するためには、液晶滴の駆動特性を詳細に調べる必要がある。

そこで本研究では、液晶無定形アクチュエータの駆動制御を目指して、液晶滴の重心駆動量の印加電圧値依存性、および滴下位置依存性について調べる。

2. 実験装置および方法

図1に実験装置の概略図を示す。金電極を施したガラス基板表面に、液晶分子を基板面に対して垂直に配向させる垂直配向膜を成膜する。基板上に滴下された液晶滴を、一对の電極を介して電場を印加することで駆動させる。その様子を動画撮影し、動画処理を行うことで、電場印加直後から電場解放後までの液晶滴の重心位置の変位を測定する。図1に示した左側電極の右端から液晶滴の右端までの距離を滴下位置 X とし、液晶滴径 $50\mu\text{m}$ 、電極幅 $5\mu\text{m}$ 、電極間隔 $15\mu\text{m}$ である。印加電圧値 V の印加時間を1秒間とし、電場印加直後から電場解放後までの液晶滴の重心位置の変位を L とする。

実験パラメータとして、印加電圧値 V 、滴下位置 X を選択し、各実験パラメータに対して実験回数を10回とする。

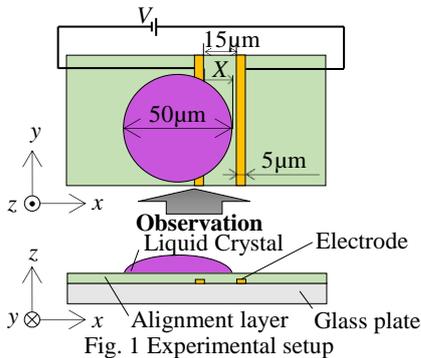


Fig. 1 Experimental setup

3. 実験結果および考察

図2に基板上に滴下された液晶滴に電場を印加した際の、電場印加開始時刻 $t=0\text{s}$ から電場印加終了時刻 $t=1\text{s}$ までの液晶滴の駆動の様子を示す。印加電圧値 $V=90\text{V}$ 、滴下位置 $X=15\mu\text{m}$ である。図2より電場印加直後に液晶滴は進行方向に伸長しながら駆動を開始し、 $t=0.5\text{s}$ で液晶滴はほぼ駆動を終えることがわかる。図3に各印加電圧値 V に対する液晶滴の重心位置の平均変位 L の変化を示す。図中のエラーバーは標準偏差を示す。滴下位置 $X=15\mu\text{m}$ である。図3より $V=70$

~ 90V において V が増加するにともなって、 L は増加し、 $V\geq 100\text{V}$ で L はほぼ一定の値 ($L\approx 17.5\mu\text{m}$) になることがわかる。液晶滴の初期重心位置から電極間隔中心までの距離は $17.5\mu\text{m}$ であり、 L は $17.5\mu\text{m}$ 付近でほぼ一定値となることから、液晶滴の初期重心位置から電極間隔中心までの距離が、液晶滴の重心位置の最大変位であると考えられる。図4に各滴下位置 X に対する液晶滴の重心位置の平均変位 L の変化を示す。印加電圧値 $V=90\text{V}$ である。液晶滴は $X=10\mu\text{m}$ で駆動を開始する。 L は $X=10\mu\text{m}$ で最大値となった後、 $X\geq 10\mu\text{m}$ で減少する傾向を示す。 $X\geq 10\mu\text{m}$ では、液晶滴の初期重心位置が電極間隔中心に近づくため、 L は減少したと考えられる。

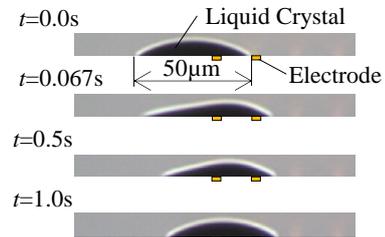


Fig.2 Motion of liquid crystalline droplet

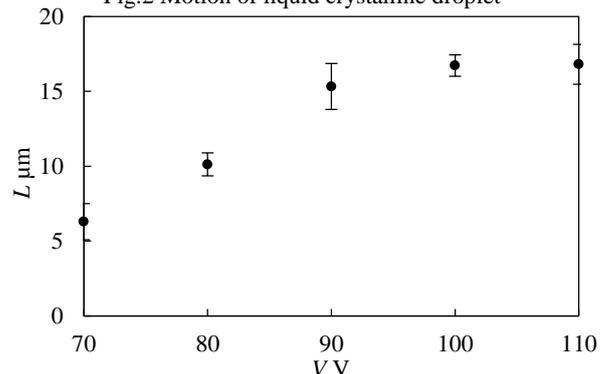


Fig.3 Dependence of actuator displacement on imposed voltage

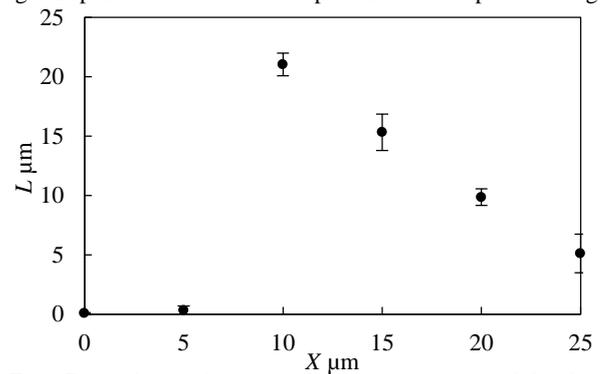


Fig.4 Dependence of actuator displacement on initial droplet position

4. 結言

本研究では、液晶滴の駆動において、印加電圧値 V が十分に高い場合、液晶滴の初期重心位置から電極間隔中心までの距離が支配的であることを明らかにした。

文献

(1) 山口淳・蝶野成臣・辻知宏, ”液晶を用いた無定形アクチュエータの開発”, 第91期日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集。