

液晶を用いた無定形アクチュエータの開発

流体力学研究室

阪口神童

1. 緒言

近年, MEMS に代表される微細加工技術の進歩にともなって, マイクロ流路内や複雑に入り組んだ血管内などの微小かつ複雑な領域において駆動できるアクチュエータの開発が望まれている. 例えば医学分野では, 手術時に患者の負担を軽減させる治療法として低侵襲・無侵襲治療が注目されている. 内視鏡やカテーテルがその代表例であるが, そこで用いられる液圧駆動式アクチュエータ⁽¹⁾などは自身の形状や大きさによって, 適用領域が限定され, 毛細血管のような細く複雑な血管に侵入できないという問題点がある. そこで, 毛細血管のような微小かつ複雑な領域においても, アクチュエータ自身の形状を周囲環境に適応させながら駆動することができる新たなアクチュエータとして, 液晶を駆動源とした無定形アクチュエータの開発が提案された.

これまでに, 電極膜が蒸着された基板上においてマイクロ液晶滴の駆動に成功し, 無定形アクチュエータの実用化に向けて, 印加電圧や液晶滴の大きさが液晶滴駆動に及ぼす影響について調べられた. 一方, 駆動源として用いる液晶性材料は, その種類や温度の違いに対して, 物性値 (粘度や誘電率など) が大きく異なることが知られている. そこで本研究では, さまざまな使用環境で液晶無定形アクチュエータを使用する場合を想定し, 温度や液晶性材料が液晶滴駆動に及ぼす影響について調べた.

2. 液晶滴駆動実験

図 1 に液晶滴駆動実験の概略図を示す. ガラス基板の寸法は 20mm×20mm であり, その表面には膜幅 5 μ m, 間隔 15 μ m の 2 つの電極膜が蒸着され, ガラス基板上には垂直配向膜 (JSR 製 JALS-2021-R25) が成膜されている. 透明ガラスヒータ上に, 配向膜成膜済みのガラス基板を設置し, 液晶滴直径 $\phi = 50\mu$ m かつ, 滴下位置 $x = 10\mu$ m になるように滴下する. その後電圧 $V = 90V$ を, ガラス基板上の 2 つの電極間に 1 秒間印加する. 液晶滴の挙動について CCD カメラで動画を撮影し画像処理することで, 液晶滴の重心移動量を解析する. 3 種類の液晶性材料を用いて実験を行った.

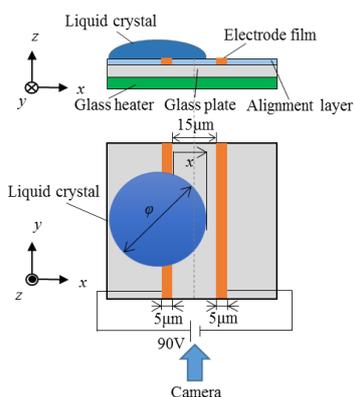


Fig. 1 Experimental liquid crystal cell

3. 実験結果および考察

図 2 は 5CB, 7CB 及び 8CB と呼ばれるシアノビフェニル系の液晶性材料の液晶滴の重心移動量に対する温度依存性について示す. 各データは 10 回の実験の平均値である. 図 2 より, 5CB では重心移動量の最大値は $L = 20.6\mu$ m, 最小値は 15.8μ m であり, 7CB では最大値は 20.2μ m, 最小値は 6.5μ m である. 8CB では最大値は 20.3μ m, 最小値は 4.7μ m である. 7CB と 8CB の高温度での駆動量は 5CB とほぼ同じ値をとるのに対し, 7CB では $T = 37^\circ\text{C}$ 以下, 8CB では $T = 38^\circ\text{C}$ 以下の中低温では駆動量が 5CB に対して少ないことがわかる. そこで, 電場印加による液晶滴の挙動を詳細に調べるために, 液晶滴の重心位置の軌跡を図 3 に示す. いずれの材料においても, 電場印加開始直後より液晶滴は移動し始める. 5CB の場合, 電場印加によって重心移動量 l は $t = 1\text{s}$ において 21μ m まで達し, 電場解放後, わずかに減少を示すが, ほぼその位置に留まる. 一方, 7CB と 8CB の場合には, $t = 1\text{s}$ において l が最大値を示した後, 電場解放直後に急激に約 1/2 の値まで減少する. 液晶性材料及び温度によって無定形アクチュエータの駆動特性に大きな違いが現れることが明らかになった.

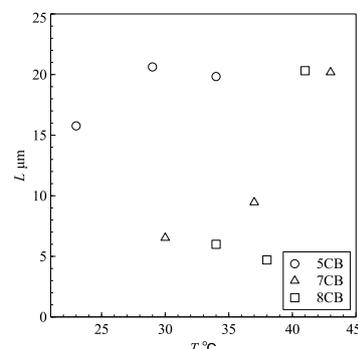


Fig. 2 Moved distance and relations of the temperature

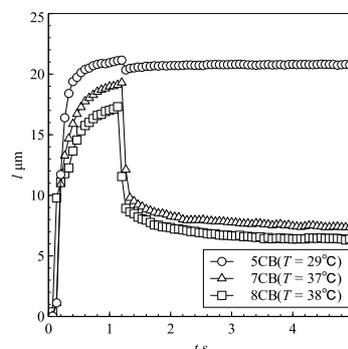


Fig. 3 Moved distance and relations of the time

文献

- (1) 横田真一. "要素技術からのブレークスルー—アクチュエータ研究の最前線—機能性流体 ECF を利用したマイクロ液圧システム." 精密工学会誌 77.9 (2011): 823-827.