

1. 緒言

近年、MEMS への応用を目指し、微小機械要素の開発に関する研究が盛んに行われており、マイクロ・ナノ領域で利用可能な機械要素の拡充が必要とされている。近年、液晶を駆動源に用いた微小駆動装置が提案および試作された。これらは、電場による分子配向状態の変化を介し電気エネルギーを運動エネルギーに変換し、アクチュエータとして機能する。一方、液晶の分子配向状態の変化は熱エネルギーによっても誘起可能であり、したがって熱エネルギーを運動エネルギーに変換する新たな液晶機械要素が期待できる。液晶性材料は、液体状態を示す2つの相(等方相および液晶相)を持ち、熱エネルギーによって相を制御可能である。

本研究では、液晶相と等方相との界面に着目し液晶の温度を制御することによって液晶相 - 等方相界面の発生及び位置の制御を行うことで、界面力を利用したマイクロマニピュレータの開発を目指す。その基礎研究として、液晶相界面の制御及び液晶中に混入された微粒子の駆動実験を行い、液晶 - 等方相界面力について調べる。

2. 実験装置および方法

実験に用いる液晶セルとして、間隔 $100\ \mu\text{m}$ で2枚のガラス平板を貼り合せたものを使用する。液晶セル内には、微粒子駆動実験に用いる微粒子(積水化学工業製マイクロパール SP - 250 ; 直径 $\phi = 50\ \mu\text{m}$, 比重 1.110)を混入した液晶 4-Cyano-4'-pentylbiphenyl(5CB ; $T_N = 35.2^\circ\text{C}$, 比重 1.008)を注入する。使用する液晶セルのガラス壁面に、垂直配向剤(JSR製 JALS-2021-R25)を用いて配向処理を行った。2つ1組のペルチェ素子を上下に設置し温度制御を行う。

実験方法としてセル内温度を T_M よりも高い温度に調節し、セル全体を等方相にする。その後、下側のペルチェ素子の温度を T_M よりも低い温度にすることで、液晶セルの下方領域を液晶相に転移させ、液晶セルの上下中央に液晶 - 等方相界面を発生させる。ペルチェ素子の温度を微調整することによって相界面の位置および移動速度を制御する。そのときの液晶 - 等方相界面の移動および混入した微粒子の挙動を偏光顕微鏡観察する。

3. 実験結果および考察

図1に上述した実験の結果を示す。図1において、相界面をはさんで下側が液晶相、上側が等方相である。図中に確認できる微粒子のうち、破線で囲まれた微粒子に注目する。相界面が微粒子に到達後、微粒子は相界面の上昇に完全に追従しており、相界面の制御による微粒子の駆動に成功した。図2に図1の条件とは逆の温度条件での実験結果を示す。すなわち、相界面をはさんで下側が等方相、上側が液晶相である。図中に確認できる微粒子のうち、破線で囲まれた微粒子に注目する。相界面が微粒子を横切っても、微粒子は相界面の上

昇の影響を受けずに、相界面に追い越された。その後、微粒子は液晶との比重差によって一定速度で沈降した。図1、2をそれぞれ実験①、②とする。図3は、実験①、②の場合の液晶相界面の移動速度 V の時間変化を示す。微粒子の駆動に成功した実験①での相界面の移動速度は、駆動が出来なかった実験②よりはるかに高いことがわかる。このことは、界面力の向きが、液晶相から等方相側を向いていることを意味する。

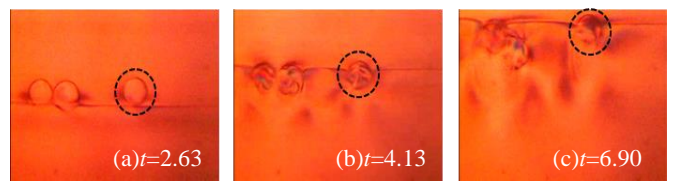


図1 液晶相領域拡大時の微粒子駆動実験の結果

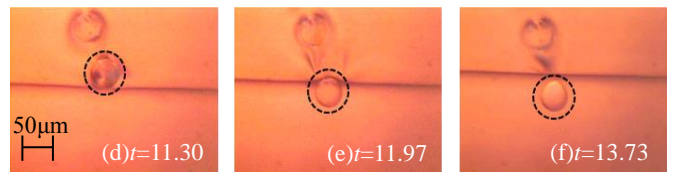


図2 等方相領域拡大時の微粒子駆動実験の結果

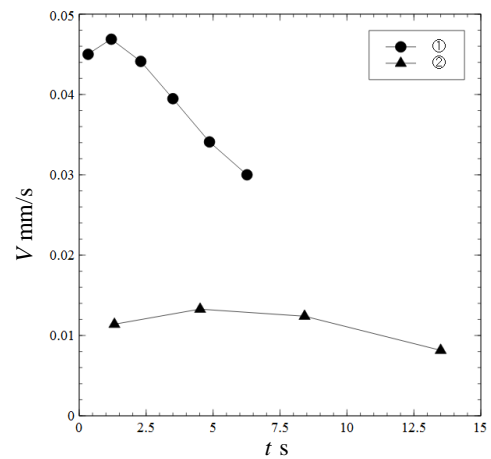


図3 液晶 - 等方相界面の加速度

4. 結言

本研究では、液晶 - 等方相界面力を液晶マニピュレータの開発のための基礎研究として、相界面を利用した微粒子の駆動実験を行った。その結果、界面力は相界面の相変化の方向に影響を受けることがわかった。

文献

- (1) 辻知宏, 蝶野茂臣, “液晶 - 等方相界面の挙動およびその制御”, 日本機械学会 2012 年度年次大会講演論文集, No, 12-1(2012)