

1. 緒言

液晶性材料に等方-ネマティック(I-N)相転移温度 T_N を含む温度分布を与えると等方(液体)相と液晶(ネマティック)相を共存させることができる。等方相と液晶相の境界面はI-N相界面と呼ばれ、I-N相界面で発生する界面力を用いて微小物体を動かすことができる⁽¹⁾。この原理を利用して、液晶性材料を用いたマイクロマニピュレータの開発が可能であり、MEMSの新たなデバイスとして期待できる。液晶マイクロマニピュレータは主に熱源と液晶性材料のみで構成され、部品点数が少なく構造が単純である。また、等方相および液晶相は流動性があり、自由な形状をとるためデバイスとして使用する際には小型化が容易である。

これまでの研究において、液晶性材料中に混入させた微粒子をI-N相界面により駆動させることに成功している⁽²⁾。しかし、マイクロマニピュレータの駆動力である界面力に関しては十分に解析されておらず、特に駆動対象物のサイズと駆動力の関係について調べる必要がある。そこで、本研究では液晶性材料中に混入する微粒子の直径を変化させ微粒子の駆動実験を行い、界面力の微粒子径への依存性を調べる。

2. 実験装置および方法

図1に実験装置の概略図を示す。液晶セルは間隔 $100\mu\text{m}$ の2枚のガラス平板および、そこに封入された液晶性材料(5CB: $T_N=35.2^\circ\text{C}$:比重 1.008)からなる。ガラス表面には垂直配向剤(JSR(株)JASL-2021-R25)で表面処理が施されている。液晶性材料には表面に垂直配向処理が施された微粒子(積水化学工業(株)マイクロパール:比重 1.19)を混入させ、駆動対象物である微粒子の直径を9, 12, 15, $30\mu\text{m}$ と変えて実験を行う。

次に実験方法について説明する。上下のペルチエ素子により液晶セルに相転移温度 T_N を含む温度分布を与えることで、液晶セル内で相界面を制御し、この時の挙動を CCD カメラと単色光源を用いて透過光観察する。

実験により得た動画データを2次元動画解析ソフトを用いて動画解析し、微粒子と相界面のデータを得る。得られた微粒子の速度と加速度のデータから、以下の式を用いて微粒子に働く界面力 F を解析する。

$$F = V\rho_P \frac{dv_P}{dt} + V(\rho_P - \rho_N)g + 3\pi d v_P \mu \quad (1)$$

ここで V は微粒子体積、 ρ_P は微粒子密度、 v_P :微粒子速度、 ρ_N は液晶の密度、 d は微粒子直径、 μ は液晶の粘性係数、 g は重力加速度である。

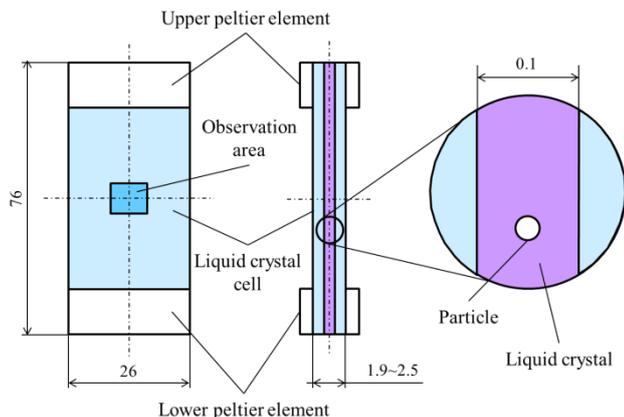


Fig1. Experimental equipment

3. 実験結果および考察

図2に微粒子径と微粒子に働く界面力の最大値の関係を示す。この図より、微粒子径に対して界面力のわずかな変動はみられるものの顕著な傾向は無い。次に、界面力の最大値を微粒子の相界面に対する投影面積で除し、単位面積当たりに働く界面力と微粒子径の関係を示したものが図3である。図3より、微粒子に働く単位面積当たりの界面力は微粒子径が小さくなるほど増加する傾向がみられる。これは、微粒子径が小さくなるほど微粒子表面の曲率が大きくなり、液晶分子の配向場の歪みが大きくなったためであると考えられる。

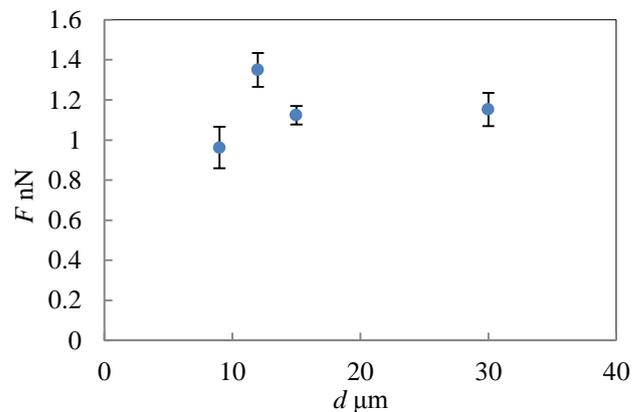


Fig2. Maximum interfacial force

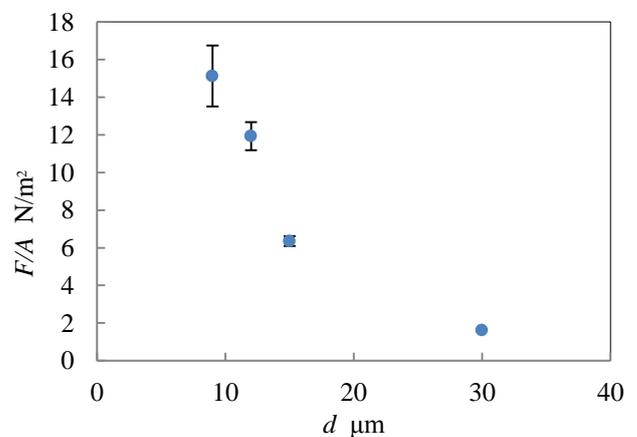


Fig3. Interfacial force per unit area

4. 結言

本研究では、界面力が微粒子径の変化により受ける影響を調べるためI-N相界面による微粒子の駆動実験を行い、液晶材料中に混入させる微粒子の直径を変化させて界面力の計測を行った。その結果、微粒子径が小さくなるほど微粒子に働く単位面積当たりの界面力は増加することがわかった。

5. 参考文献

(1) J.L.West, A.Glushchenko, and G.Liao, Phys.Rev.E66,012702(2002)
 (2) 亀井和正, 辻知宏, 蝶野成臣, 2013年日本液晶学会討論会講演予稿集, 3b01