

液晶を駆動源とした超小型モータの開発 —円筒間隔が駆動特性に及ぼす影響—

知能流体力学研究室

植原慎一郎

1. 緒言

マイクロマシンの開発に伴い、駆動源となるマイクロアクチュエータの重要性が増している。しかし、実用的なマイクロアクチュエータの開発には未だに至っていないのが現状である。これは、マイクロ領域において、製作プロセス上の制約があることと、スケール効果の影響による固体摩擦などが支配的になるためである。マイクロアクチュエータの実現のためには、既存のアクチュエータの単なる改良ではなく、全く新しい駆動原理の考案が必要である。現在、静電アクチュエータや ECF アクチュエータなどが研究されているが、いずれもマイクロ化が困難であることや、駆動に高電圧(数 100V)を必要とするといった問題点がある。

近年、液晶に電場を印加したときに発生する流動を駆動源としたマイクロアクチュエータが提案された⁽¹⁾。液晶アクチュエータは固有形状を持たない液晶を駆動源とするため、シンプルな機構であり、微小化に適している。また、低速かつ線形に駆動するといった特徴を有するため、マイクロアクチュエータとして有望である。

本研究では、超小型モータの試作を行い、円筒間隔および周波数が駆動特性に及ぼす影響について調べる。

2. 実験装置および方法

図 1 に実験装置の概略図を示す。試作した液晶モータは、外筒(外径 0.8mm,内径約 0.5mm)および内筒(外径約 0.48mm,長さ 4mm,質量約 1mg)の二重円筒管と、円筒間に充填された液晶材料 4-Cyano-4'-n-pentylbiphenyl(5CB)から構成される。外筒および内筒には、液晶に電場を印加させる ITO 電極膜と、液晶分子を一様に配向させる配向処理が施されている。配向処理に関しては、内筒の外側表面および外筒の内側表面に施す。内筒の外側表面には、水平配向処理(ラビング処理)を施す。一方、外筒の内側表面には、ラビング処理を施すことが困難である。そこで、塗布のみで液晶分子に配向性を与えることができる垂直配向剤を用いる。これらの処理によって、液晶モータの分子配向は、水平配向と垂直配向を組み合わせた図 2(a)のようなハイブリッド配向を呈する。外筒の外側表面と内筒の内側表面に電源接続し、パルス波電圧を入力すると、図 2(b)のように液晶に電場が印加される。外筒を固定し、内筒を自由にした場合、図 2(c)のように発生した流動により内筒が回転する。なお、顕微鏡に取り付けた CCD カメラにより内筒の回転を動画撮影し、解析を行うことで内筒の回転数を算出する。

本実験では、液晶モータの円筒間隔を $H=5,10,15,20\mu\text{m}$ 、また、周波数を $f=1\sim 1000\text{Hz}$ と変化させ、電圧 $V=10\text{V}$ 、デューティ比 $D=5\%$ のパルス波電圧を入力し、円筒間隔に対する駆動特性を調べる。

3. 実験結果および考察

図 3 に円筒間隔 $H=5\mu\text{m}$ 、周波数 $f=400\text{Hz}$ に対する内筒の回転角 θ の時間変化を示す。時間とともに回転角は線形に増加しており、一定の回転速度で内筒が回転していることがわかる。

図 4 に円筒間隔 $H=5,10,15,20\mu\text{m}$ の場合の周波数に対する内筒の回転数を示す。いずれの周波数においても、円筒間隔の減少に伴い、回転数は増加する。ただし、回転数のピーク

値は高周波数側へ移行する。本実験では、 $H=5\mu\text{m}$ 、 $f=400\text{Hz}$ のときに最大回転数 $n \approx 2.6\text{rpm}$ である。円筒間隔の減少により回転数が増加した要因として、電場強度の増加が挙げられる。これにより、液晶分子の応答性が良好になるため、内筒の回転速度が向上したと考えられる。

以上の結果より、円筒間隔の減少は、速度向上かつ超小型化に寄与するため、液晶モータの実用化に対して、効果的である。

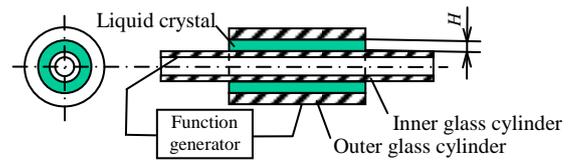


Fig. 1 Structure of liquid crystalline motor

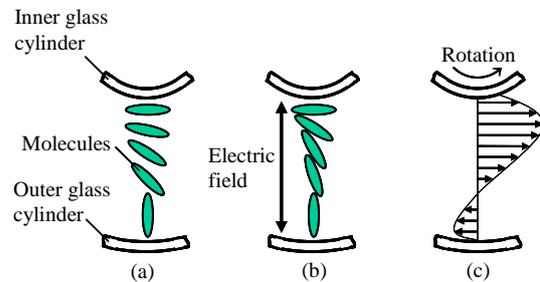


Fig. 2 Mechanism of liquid crystalline motor

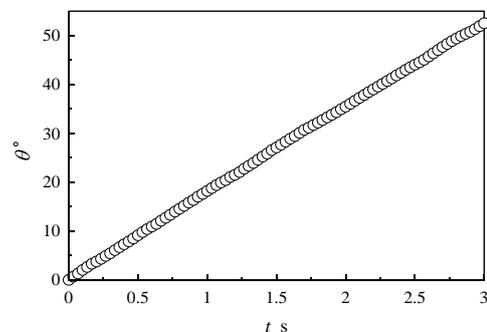


Fig. 3 Rotation angle of inner cylinder as a function of time

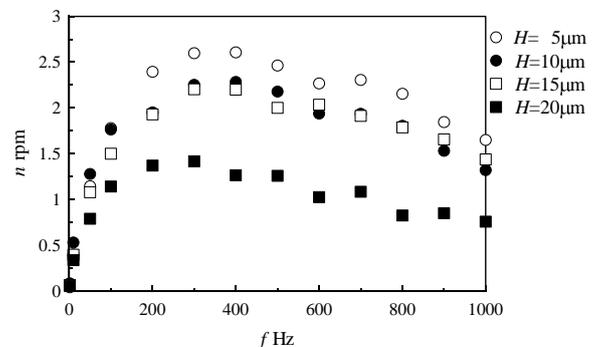


Fig. 4 Effect of gap on rotation speed

参考文献

- (1) 蝶野成臣・辻知宏, 日本機械学会論文集(B編), 72(2006), pp.656-661