

液晶を駆動源とした超小型モータの開発 —印加パルス電圧の周波数が駆動特性に及ぼす影響—

知能流体力学研究室 林 郁昌

1. 緒言

近年、人の血管内で検査や治療を行うマイクロ医療ロボットの駆動源や、ハードディスクの高密度化のため、磁気ヘッドの位置決め制御装置等、多くの産業分野でマイクロアクチュエータのニーズが高まっている。しかし、従来のアクチュエータでは、構造が複雑で部品点数も多く、マイクロ化が困難である。また、新機構を有するマイクロアクチュエータの試みもあるが、直径数 mm 程度と、マイクロ化に至っていない。更に、駆動に数 100V の電圧を必要とするものが多く、医療分野等では利用が限られる。そこで、新たに液晶流動を利用したアクチュエータが提案された⁽¹⁾。液晶アクチュエータは構造が単純で部品点数も少ないため、マイクロ化が容易である。また、数 V の電圧で駆動が可能、低速かつ線形に駆動するという利点も有する。

本研究では、液晶アクチュエータの応用として、液晶マイクロモータを試作し、印加パルス電圧および周波数が、駆動特性に及ぼす影響を調べる。

2. 実験装置および方法

図 1 に実験装置の概略図を示す。液晶モータは、外筒(外径 0.8mm, 内径 0.5mm)と回転軸となる内筒(外径 0.48mm, 内径 0.3mm, 質量約 1mg)を組み合わせ、それらの隙間(円筒間隔 10 μ m)に液晶材料(4-Cyano-4'-n-pentylbiphenyl)を充填した単純な構造である。外筒と内筒の表面全体には透明電極膜が成膜されており、外筒と内筒を電源と接続すると、液晶に電場が印加される。外筒に関しては、外筒の外側表面に、電源と接続された金属線を接触させる。内筒に関しては、内筒の駆動に対する抵抗を極力抑えるため、内筒の内部に充填されたイオン液体(導電性、不揮発性)を介し、金属線を接触させる。また、液晶分子を配向させるため、外筒と内筒には配向処理が施されている。内筒の外側表面にはポリイミド膜を成膜後、ラビング処理を施すことで、液晶分子を水平配向させる。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。そのため、塗布のみで液晶分子を垂直に配向させる垂直配向剤を使用し、配向膜を成膜している。外筒と内筒の配向処理の組み合わせにより、液晶分子の配向状態はハイブリッド配向を呈する。液晶モータにパルス波電圧(電圧 $V=1\sim 12V$, 周波数 $f=1\sim 100Hz$, デューティ比 $D=5\%$)を入力し、顕微鏡に接続したカメラで、内筒の回転を撮影する。撮影した動画を解析し、回転数を測定する。

3. 実験結果および考察

図 2 は電圧 $V=3V$, 周波数 $f=100Hz$ の電圧を印加したときの、内筒の回転角の時間変化を示す。図より、内筒は一定の速度で回転している。このときの回転数は $n\approx 0.3rpm$ である。

図 3 は電圧 $V=1\sim 12V$, 周波数 $f=100Hz$ の電圧を印加したときの、電圧に対する内筒の回転数を表している。電圧 $V\geq 3V$

で内筒は駆動した。電圧 $3\leq V\leq 8$ では電圧の増加に従い回転数が増加し、電圧 $V\geq 8V$ では、回転数はほぼ一定となった。

図 4 は電圧 $V=10V$, 周波数 $f=1\sim 1000Hz$ の電圧を印加したときの、周波数に対する内筒の回転数を表している。周波数 $f\leq 400Hz$ では周波数の増加と共に回転数は増加し、ピークを示した後、周波数 $f\geq 400Hz$ では回転数は緩やかに減少した。周波数 $f=400Hz$ のとき最大回転数 $n\approx 2.3rpm$ を示した。周波数の増加に伴い、液晶分子の応答回数が増えるため、低周波領域では回転数が増加する。しかし、高周波領域になると、パルス電場の応答に、液晶分子が追従できなくなり、回転数のピークが現れたと考えられる。

以上の結果から、液晶モータは低速線形性に優れ、更に他のマイクロアクチュエータに比べ低電圧で駆動するため、液晶モータの応用の幅は広いと言える。

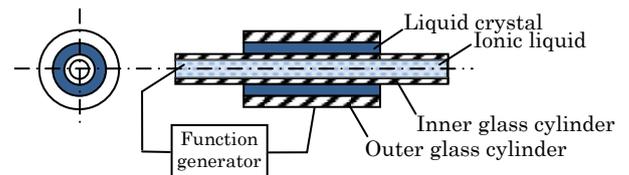


Fig.1 Structure of liquid crystalline

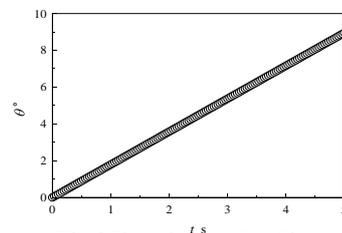


Fig.2 Rotation angle of inner

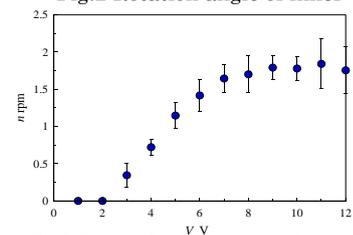


Fig.3 Effect of voltage on rotation speed

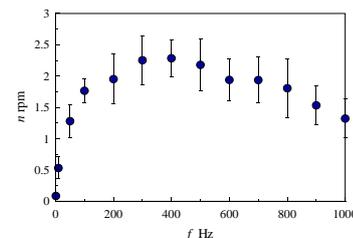


Fig.4 Effect of frequency on rotation speed

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.