

専門分野	機械工学	氏名	山村 雄一	指導 教員	川本 広行 印
研究指導	精密工学				
研究 題目	静電力を利用するマイクロ駆動機構				

1. まえがき

近年マイクロマシン技術が大きな注目を浴びており、なかでも機構そのものが駆動力を持つマイクロアクチュエータが多く報告されている。バイオテクノロジーやマルチメディアなどへの適用から、これらのマイクロアクチュエータに対する期待は非常に大きく、今後新しいニーズが出てくるのが十分に予想され、これらのニーズに答えるには、従来とは異なる全く新しいマイクロ機構の提案が不可欠である。そこで、本研究では従来とは異なる方式のマイクロ駆動機構と、これまでの針対平板電極系放電場に関する研究で得られた知見から、イオン風を駆動力としてだけでなく送風機構として応用したマイクロ送風機構を提案する。

2. 静電斜板駆動機構

静電斜板駆動機構とは、図1に示すような、振動と摩擦を駆動源とした駆動機構である。可動子金属平板の下部にポリエステルフィルムを斜めに取り付け、可動子に垂直方向の交番的な静電力を作用させると摩擦係数の異方性によって並進駆動する。本研究では特に、可動子に静電力を作用させる方法として、可動子の下方に固定子平板電極を2枚設置し、一方に方形波電圧を印加、もう一方を接地することにより、可動子電極と下方の2枚の固定子電極間がコンデンサとなるため、可動子電極に給電ケーブルを接続することなしに静電力が作用する方式について検討した。この機構の駆動特性実験をおこなったところ、駆動速度は電圧の周波数に依存し、最大速度となる周波数は約180 Hzで、駆動速度は約5 mm/sであることがわかった。単位パルスあたりの変位は数10 μm以下であり、位置決めなどの微小駆動に利用可能であることが確認できた。また、回転ばねとダンパで模擬した力学モデルを構築し、以下の2式をルンゲクッタ法により解き挙動解析をおこなった。結果を図2に示す。実験結果と計算結果はよく一致し、印加電圧に同期して振動しながら進行していく様子が再現できた。

$$m \sin(\phi + \theta) \ddot{X} - ml\dot{\theta}^2 = -F_e \cos(\phi + \theta) + \left(\frac{c_\theta}{l} \dot{\theta} + \frac{k_\theta}{l} \theta \right) \left\{ \frac{\cos(\phi + \theta) - \mu \sin(\phi + \theta)}{\sin(\phi + \theta) + \mu \cos(\phi + \theta)} \right\} \quad (1)$$

$$ml\ddot{\theta} + m\ddot{X} \cos(\phi + \theta) + \frac{c_\theta}{l} \dot{\theta} + \frac{k_\theta}{l} \theta = F_e \sin(\phi + \theta) \quad (2)$$

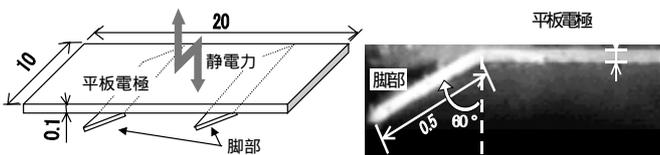


図1 静電斜板駆動機構

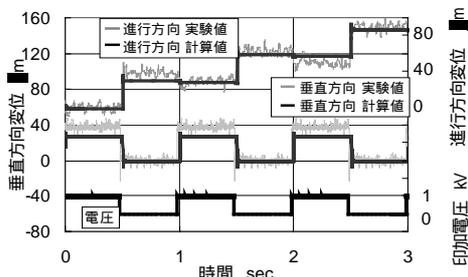


図2 斜板駆動機構の時間応答 (印加電圧周波数: 1 Hz)

3. イオン風を利用するマイクロ送風機構

これまでイオン風を駆動力として利用した機構に関する研究を行ってきたが、本研究では送風機として応用したマイクロ送風機構を提案する。針電極と平板電極間に電圧を印加し、コロナ放電を生じさせると、針電極先端から平板電極に向けてイオン風と呼ばれる空気流が発生する。本電極系におけるイオン風は集約性に優れているため、平板電極に小孔を設け、そこから噴射させることで局所的に送風することが可能であり、微細な管路への送風や微小物の冷却に適していると考えられる。本電極系におけるイオン風の風量・静圧特性を把握するために図3に示すようなJIS B 8330に準じた実験装置を構成し、測定した。図4には実験装置内における電極系から管路までの詳細を示す。実験結果と算出した効率を図5に示す。印加電圧が大きいくほど、最大静圧・最大流量・効率が高くなることがわかった。この結果は、印加電圧が高いほどイオン風の流速が大きくなることによるものと考えられる。また、イオン風を吹き付けた部分の温度を測定し、外気温度自然対流熱伝達係数と強制対流熱伝達係数の比を算出することによって、実際にどの程度冷却効果があるのか確認した。パラメータに電極間ギャップをとった結果を図6に示す。印加電圧が大きいくほど熱伝達係数比は大きくなり、6kVで最大値1.8となった。イオン風が実際に冷却効果を持つことが確認できた。なお、本実験では平板電極の小孔の直径を一定にしており、電極間ギャップによる明確な差はみられなかったが、小孔の大きさによって最適な電極間ギャップが存在すると考えられる。

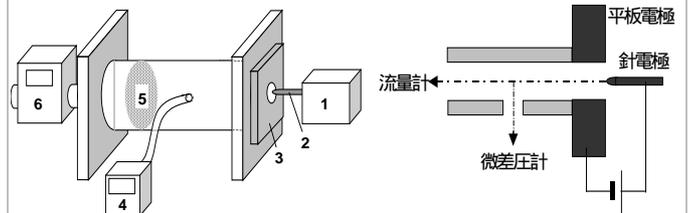


図3 マイクロ送風機構実験装置 図4 電極系 - 管路図
(1:メカニカルステージ, 2:針電極, 3:平板電極, 4:微差圧計, 5:整流格子, 6:流量計)

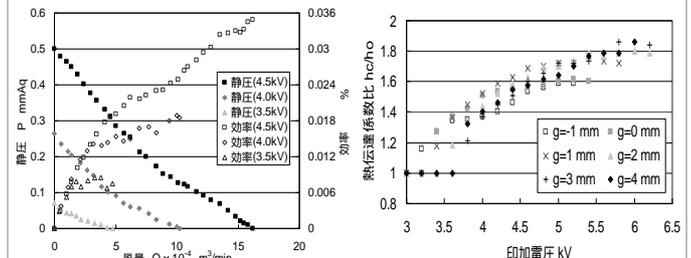


図5 風量 - 静圧特性 図6 冷却性能実験結果

発表論文

1. 山村, 梅津, 川本, 村田, 池尻, 吉沢, 針対平板電極系放電場におけるイオン風について, 機械学会 機械力学・計測制御部門講演会 (2003).
2. 鳥飼, 梅津, 山村, 福山, 川本, コロナ放電場を利用したマイクロ送風機構, 機械学会 情報・知能・精密機器部門講演会, (2005).
3. 梅津, 山村, 安藤, 増成, 佐藤, 川本, 静電力を利用したリードレス斜柱駆動機構, 機械学会 情報・知能・精密機器部門講演会, (2005).