

小論文

円筒状プラスチックローラをもつ静電形アクチュエータ

西島俊治*, 工藤勝利**

(1992年11月30日受理)

Electrostatic Actuator with a Cylindrical Plastic Roller

Toshiharu NISHIJIMA* and Katsutoshi KUDO**

(Received November 30, 1992)

This paper describes the fundamental characteristics of the electrostatic actuator with a charged FEP plastic cylindrical roller. This actuator drives according to a repulsive force between the shifting electrode and the charged roller. The displacement of the moving roller and the velocity of its roller are measured by using fiber sensors and a video tape recorder with a CCD camera. This actuator requires for its operation the minimum velocity of about 0.12 m/s at 700 V and the maximum velocity of about 0.15 m/s at 1,400 V.

1. はじめに

近年、マイクロマシン技術の目ざましい発達に伴い、マイクロアクチュエータ、マイクロモータなどのマイクロマシンが注目されており、そのシステムを駆動する方法としては、磁界を媒介とするものより電界を媒介とするものが有利とされている^{1,2)}。また、静電力による駆動方法としては、吸引力と反発力の利用が考えられるが、ころがりを利用するアクチュエータの場合²⁻⁶⁾、摩擦を低減するには反発力の利用が有利と考えられる。筆者らは、以前より静電力を利用したモータ及びアクチュエータについて検討を行ってきた^{3,7)}が、帯電(エレクトレット化)した誘電体ローラをもつ静電形アクチュエータの試作は、静電気応用の立場からも重要と考えられる。

本報告は、熱エレクトレット化により、円筒状プラスチックを帯電させ、これと同極の印加電圧による反発力で移動する静電形アクチュエータの試作を行い、その始動特性及び速度特性について得られた結果を報告する。

2. アクチュエータの構造と駆動回路

図1は、アクチュエータの基本構造を示している。固定電極及び駆動回路は、1枚のポジ感光基板上に製作した。銅の固定電極は、幅1mm、電極間隔0.8mmで8本1組のものが4組直列接続されており、32本で構成されている。電極の表面は、ポリエステルフィルムで覆われており、電極下部の材質は、ガラスエポキシである。ローラは、内径1.2mm、長さ5mm、重さ約12mgの熱エレクトレット化した円筒状のFEP製プラスチックチューブである。熱エレクトレットは、図2に示すような電極構成で、直径1.2mmの金属電極とアルミ箔電極間に直流電圧1,700Vを印加し、自然冷却して作成された。作成されたエレクトレット化ローラの表面には、負の電荷が現れている。センサは、内径0.5mmの透過形のファイバで、電極の両端にセットされている。図3は、駆動回路のブロック図である。固定電極は、高耐圧MOS FETにより、電源側及びグランド側にコンピュータの指令により任意にスイッチできるようにになっている。使用したMOS FETは、動作時間が0.5ms以下、耐圧1,500Vである。

3. 実験方法

円筒の駆動力は、主に、電圧が印加される固定電極とローラ上に実効的に現れる負の表面電荷との間で生じると考えられる。実験は、ローラを基板上の指定位置に置き、その後方電極3本に負の電圧を印加すると同時に、他のすべての電極をグランドにスイッチする。ローラ

キーワード：静電形アクチュエータ、静電気応用、エレクトレット、静電エネルギー変換

* 茨城職業訓練短期大学校 (310 茨城県水戸市水府町 864-4) Ibaraki Polytechnic College, 864-4, Suifucho, Mito, 310 Japan

** 明治大学理工学部電気工学科 (214 神奈川県川崎市多摩区東三田 1-1-1) Department of Electrical Engineering, School of Science & Technology, Meiji University, 1-1-1, Higashi-mita, Tama-ku, Kawasaki, 214 Japan

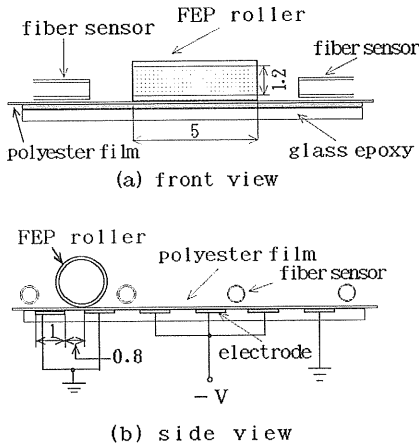


図1 静電形アクチュエータの基本構造
Fig. 1 Basic structure of an electrostatic actuator.

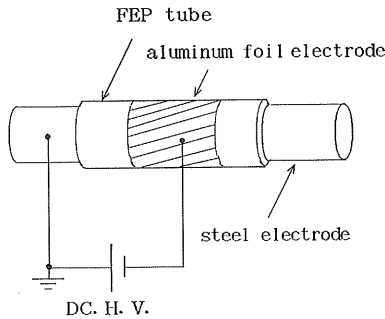


図2 エレクトレット化 FEP ローラ作成用の電極構成
Fig. 2 Electrode configuration for the preparation of electret FEP roller.

は、静電力により反発移動する。次に、前方のセンサでローラを確認後、進行方向の電極に電圧を切り換える。この操作（ローラをキャッチし、指定された電極に電圧を切り換える）をコンピュータの指令により順次繰り返す、ローラを往復運動させる。計測は、ビデオカメラ及びセンサにより行った。

4. 実験結果及び検討

4.1 始動特性

一般に、誘電体ローラに働く運動方程式は、次式となる。

$$F_x = m (dv/dt) \quad (1)$$

ただし、 m : ローラの質量

v : ローラ の速度

F_x : ローラに作用する力の x 成分

F_x は主に、帯電体ローラに作用する静電気力と加速を妨げる力の合成和である。静電力の種類については、種々あるが⁹⁾、今回の帯電体ローラの場合、以下の3つ

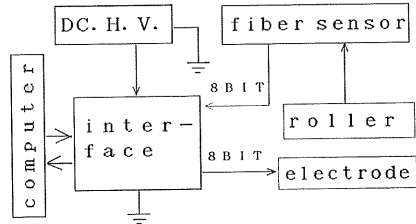


図3 駆動回路のブロック図
Fig. 3 Block diagram of drive circuit.

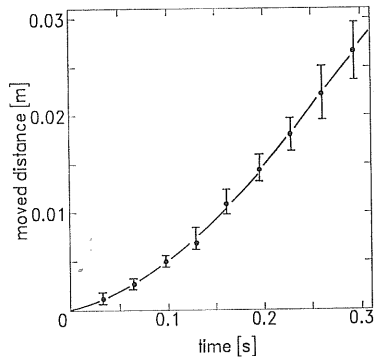


図4 時間と移動距離の関係
Fig. 4 Relationship between time and moved distance.

の力が主に作用するものとする。

- (1) 円筒表面の電荷と固定電極の電圧印加により生じる電界との間に働くクーロン力。
- (2) 分極電荷と外部電界との間に働くグレーディエント力。
- (3) ローラの実効的表面電荷とその電荷がつくる自己電界によって誘導される影像電荷との間に働く影像力。

図4は、固定電極に1,100 V印加した時の帯電体ローラの移動開始からの時間と移動距離との関係を示したものである（同一ローラに対して5回の測定値の平均値）。データのばらつきは、プラスチックの表面電荷のむらがローラの回転移動に影響していると思われる。図5は、図4の平均値のデータより算出した速度と移動開始からの時間との関係を示した図である。図より、速度は、0.3秒程度の時間で一定値約0.13 m/sに収束した。また、始動時の傾きより加速度を求めると約0.81 m/s²となり、この時の力 F_x は、(1)式より、約9.7 μ Nと計算できる。超小形で無帯電の誘電体の場合には、グレーディエント力や誘電泳動力で動作するとの報告がある^{5,9)}。本実験では、ローラの重量が比較的大きいため、エレクトレット化しない無帯電ローラの状態では、ローラの移動が起こらないことが確認できている。このことから推察

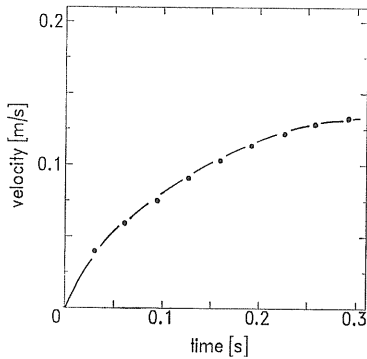


図5 時間と速度の関係

Fig. 5 Relationship between time and velocity.

して、今回の駆動力の原因は主に、電圧が印加される固定電極とローラ上に現れる有効的な表面電荷との間で生じるクーロン力と考えられる。

4.2 速度特性

図6は、実験より得られた印加電圧と速度との関係を示したものである。速度は、走行路の一定値となる速度の10往復分の平均値を示したものである。結果より、移動可能電圧は700V程度で、その時の速度は約0.12 m/s、また最大速度は約0.15 m/sで、その時の電圧は1,400Vである。結果より、印加電圧と速度とは、(2)式のように直線近似できる。

$$v = kU + d \quad (2)$$

ただし、 U ：固定電極の印加電圧

k, d ：定数

この時の定数 k, d を求めると、約 4.7×10^{-5} 及び 8.4×10^{-2} となった。

5. おわりに

帯電したプラスチックローラをもつ静電形アクチュエータの試作を行い、その始動特性と速度特性について調べた。得られた結果を要約すると、次のようになる。

- (1) 1,100V印加時の始動試験における加速度及び静電力は、約 0.81 m/s^2 及び $9.7 \mu\text{N}$ であった。ま

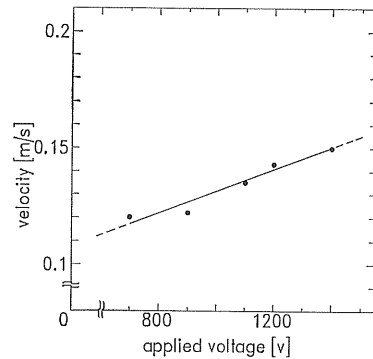


図6 印加電圧と速度の関係

Fig. 6 Relationship between applied voltage and velocity.

た、速度は、0.3秒程度で一定値0.13 m/s程度に収束した。

- (2) ローラの移動可能電圧は700V程度であり、その時の速度は約0.12 m/sであった。また、得られた最大速度は約0.15 m/sで、その時の電圧は1,400Vであった。

参考文献

- 1) W.S.N. Trimmer, K.J. Gabriel, M. Mehregany, J.A. Walker and R. Mahadevan: NIKKEI ELECTRONICS, 1987. 12. 14 (No. 436)
- 2) 藤田博之, 面高秋人: 電気学会論文誌 D, 109 (1989) 669
- 3) 西島俊治, 工藤勝利: 平成2年電気学会全国大会講演論文集, No. 784, 電気学会 (1990)
- 4) K. Nishimura: MICRO SYSTEM Technologies 90, p. 250 (1990)
- 5) G. Fuhr, R. Hagedorn and T. Müller: Proceedings of IEEE Micro Electro Mechanical Systems, p. 259 (1991)
- 6) H. Murakami: IEEE Trans. Electr. Insul., 26 (1991) 236
- 7) K. Kudo and T. Nishijima: IEE Conf. Pub., 289 (1988) 113
- 8) 増田閃一: 静電気ハンドブック, 静電気学会編, p. 252, オーム社 (1991)
- 9) 鷲津正夫, 中田康一: 静電気学会講演論文集 '91, p. 233, 静電気学会 (1991)