

K-66

静電モータの繰り出し量及び押し出し力向上に対する検討 A Study on Extrusion Distance and Output Improvement of Electrostatic Motor

○山田哲之¹, 石川真聡¹, 伊藤穂高¹, 長田元気², 水本明日也², 平尾聡志², 武井裕樹³, 齊藤健⁴
*Noriyuki Yamada¹, Masato Ishikawa¹, Hotaka Ito¹, Genki Osada², Asuya Mizumoto², Satoshi Hirao², Yuki Takei³,
Ken Saito⁴

Abstract: In this paper, the authors examined the extrusion distance and the pushing force. The authors changed the distance between arm and the shuttle and the angle of arm for the purpose of improving the extrusion distance and the pushing force. Arms attached to the tip of the electrostatic actuator have roles that push and hold the shuttle. The displacement of the shuttle is 250 μ m. The distance between arm and the shuttle is 1.0 μ m and the angle of arm is 30 deg. As a result of examination, compared with the conventional design, the extrusion distance increased 1.67 times and the pushing force increased 1.47 times.

1. はじめに

力や動きの発生源であるアクチュエータは、ロボットのアームや移動機構、スマートフォンのカメラなどの様々な機器において不可欠な構成要素である。アクチュエータの性能は、機械の運動性能を決定する。アクチュエータの駆動方法は、「場」の力を用いるものと、材料の性質を用いるものに大別することができる。前者は静電気力や電磁気力、後者は圧電素子、磁性材料、形状記憶合金などが挙げられる^[1]。近年、アクチュエータの小型化、高出力化、低消費電力化などの研究がおこなわれている^[2]。特にアクチュエータの小型化に関しては、Micro Electro Mechanical Systems(MEMS)技術などが用いられる。

我々は、MEMS 技術を用いて小型の静電モータの研究、開発をおこなっている^[3]。静電モータは縦 2.5mm、横 2.2mm で開発した。静電モータの電極に電圧を印加し、静電アクチュエータを駆動させることで、消費電力約 1.0mW で 1.57mN の出力を得た。そして、シャトルを 250 μ m 変位させることができた。

本論文では、静電モータの斜め腕-シャトル間の距離及び、斜め腕の角度を変化させることで、繰り出し量と出力の向上を検討したので報告する。

2. 静電モータの基本動作

Figure1 に静電モータを示す。静電モータは、カップラ、シャトル、シャトルを押し出す 4 つの静電アクチュエータ、メインスプリング、サブスプリング、電極 V_{D1} 、 V_{D2} 、GND、静電アクチュエータを初期位置に戻すための板バネで構成した。また、斜め腕とシャトル側面に凹凸を作製し、互いに噛み合わせてシャトルを繰り出す構造にした。

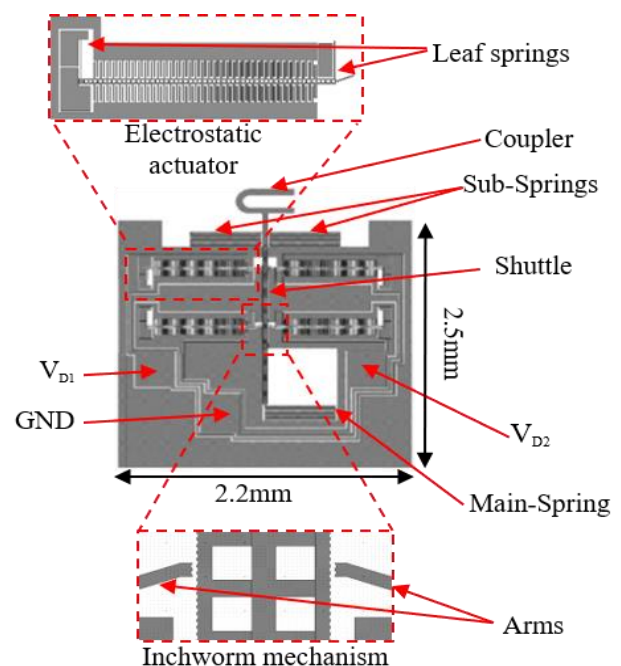


Figure1. Electrostatic motor

Figure2 に静電アクチュエータの 1 回の動作における繰り出し量の概略図を示す。斜め腕は静電アクチュエータに対して 20 度傾けて設計した。静電アクチュエータに電圧を印加し、歯間に電位差が生じることで、静電気力が発生する。静電気力により静電アクチュエータがシャトル方向に 1.6 μ m 移動し、斜め腕がシャトルに衝突する。そして、斜め腕の角度 θ が 20 度から 21 度に変形し、シャトルに力を伝える。シャトルに加わった力 F は、シャトルを保持する力 F_H とシャトルを繰り出す力 F_P に分かれる。斜め腕はシャトルを連続して繰り出し、滑らかに動作させる。シャトルはメインスプリング、サブスプリングによって初期位置に戻る。また、静電アクチュエータは板バネによって初期位置に戻る。

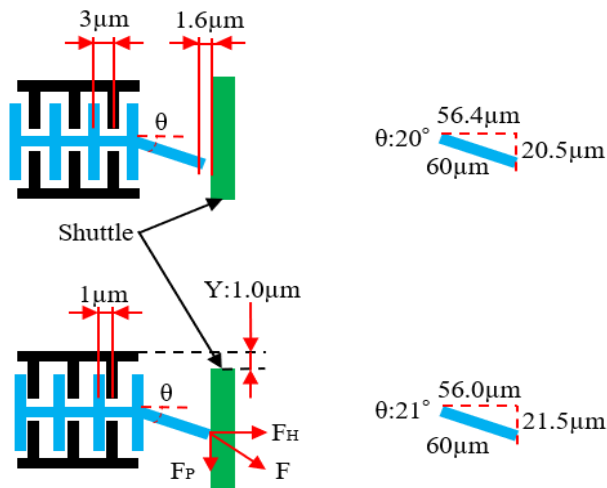


Figure2. Motion of the shuttle by using the electrostatic actuator

3. 繰り出し量及び出力の向上に向けた検討

Figure3 に斜め腕-シャトル間の距離と繰り出し量、押し出し力 F_p の関係をそれぞれ示す。従来より大きな繰り出し量 Y と押し出し力 F_p を得るために、斜め腕-シャトル間の距離を最大で 1.6 μm、作製精度を考慮して最小で 1.0 μm まで検討する。斜め腕-シャトル間の距離の縮小に比例して、斜め腕変形後の角度が大きくなる。繰り出し量 Y と押し出し力 F_p は、斜め腕-シャトル間の距離の縮小に比例して向上する。したがって、繰り出し量 Y と押し出し力 F_p の向上を図るため、斜め腕-シャトル間の距離 Y=1.0 μm で検討する。このとき、従来と比較して繰り出し量 Y は 2.5 倍、押し出し力 F_p は 1.07 倍向上する。

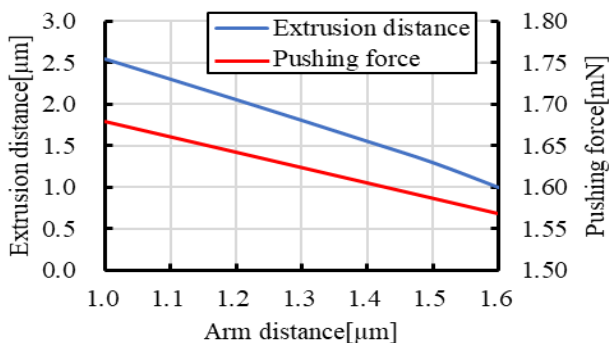


Figure3. Relation between the arm distance, the extrusion distance and the pushing force

次に、斜め腕の角度θを変えることで繰り出し量 Y と押し出し力 F_p の向上を検討する。Figure4 に斜め腕の角度と繰り出し量の関係を示す。従来の繰り出し量 Y=1.0 μm より大きくなるのは 0~40 度の範囲である。したがって、斜め腕の角度θを 0~40 度の範囲で検討する。Figure5 に、斜め腕の角度θを 0~40 度の範囲で検討したときの斜め腕の角度と出力の関係を示す。従来の押し出し力 F_p=1.57 mN よりも大きくするため、斜

め腕の角度θを 20~40 度の範囲で検討する。繰り出し量 Y と押し出し力 F_p の変化率を同率に近い値で設計する。したがって、斜め腕の角度θを 30 度とする。このとき、繰り出し量 Y は 1.67 倍、押し出し力 F_p は 1.47 倍向上する。

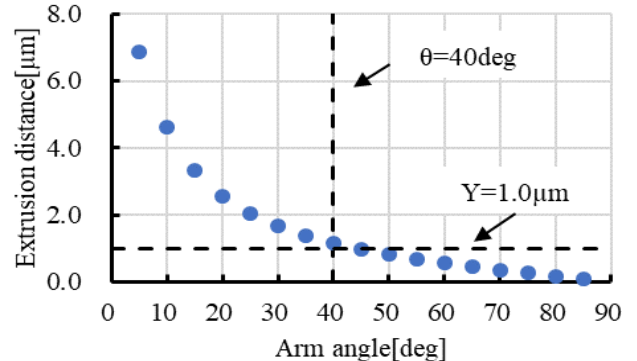


Figure4. Relation between the arm angle and the extrusion distance

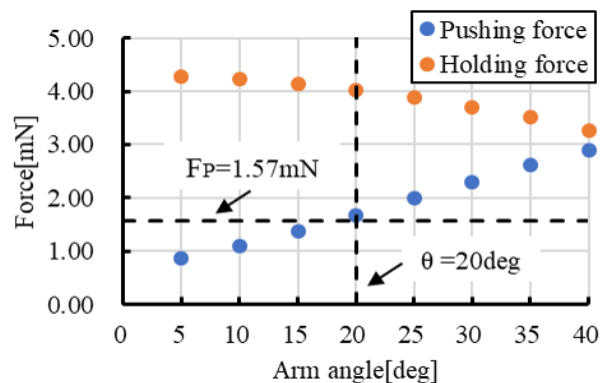


Figure5. Relation between the arm angle and the force

4. まとめ

本論文では、斜め腕-シャトル間の距離、斜め脚の角度θを変化させることで、繰り出し量 Y と押し出し力 F_p の向上を検討した。斜め腕-シャトル間の距離を 1.0 μm、斜め腕の角度θを 30 度で検討する。繰り出し量 Y は 1.67 倍、押し出し力 F_p は 1.47 倍向上することを示した。今後実際に設計した静電モータを作製し、動作確認をおこなう予定である。

5. 参考文献

[1]藤田博之:「マイクロアクチュエータと分布型機械」, 電学誌, 117 巻 12 号, 1997
 [2]樋口俊郎:「次世代ニューアクチュエータの展望」, 日本ロボット学会誌, Vol.21, No.7, pp.698-701, 2003
 [3]水本明日也, 長田元気, 平尾聡志, 武井裕樹, 金子美泉, 内木場文男, 齊藤健:「マイクロロボット用の静電モータの出力向上に対する検討」, MES2019, pp.43-46, 2019