

双方向静電モータの駆動波形の生成方法に対する検討

A Study on Generation Method of Driving Waveform for Bidirectional Electrostatic Motors

○木屋大地¹, 熊倉祐樹¹, 榎澤瑠奈², 古屋堇², 石川真聡², 伊藤穂高², 山田哲之²,
森下克幸³, 武井裕樹³, 齊藤健⁴

*Daichi Kiya¹, Yuki Kumakura¹, Runa Enosawa², Sumire Furuya², Masato Ishikawa², Hotaka Ito², Noriyuki Yamada²,
Katsuyuki Morishita³, Yuki Takei³, Ken Saito⁴

Abstract: We are studying the electrostatic motor as an actuator for an autonomous microrobot. The actuator for the microrobot needs to have low power consumption. Therefore, we developed an electrostatic motor. However, the previous electrostatic motor was insufficient to pull back the leg of the microrobot because of low spring force. Therefore, we developed a bidirectional electrostatic motor that uses an electrostatic actuator instead of a spring for pulling back. It is necessary to input signals to both electrostatic actuators simultaneously to drive the bidirectional electrostatic motor. This paper discusses the generation method of a driving waveform that can drive the bidirectional electrostatic motor.

1. はじめに

マイクロロボットは小型なことを利点とし、人間や従来のロボットが侵入困難な空間の調査、人体に入り込んでの手術や薬の投与など、産業や救助、医療への応用をはじめとして、様々な分野での活動が期待されている。

我々は Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) 技術を用いた、自律駆動が可能なミリメートルサイズの MEMS マイクロロボットの開発をおこなっている。自律駆動にはアクチュエータ、センサ、電源、コントローラのロボットへの搭載が必要となる。特にアクチュエータはロボットの主な駆動源として必要不可欠であり、ロボットの性能はアクチュエータの性能に大きく依存している。しかし、マイクロロボットに搭載可能な小型電源によって駆動する場合、アクチュエータには低消費電力であることが求められる。我々は、目的に合致する静電モータに着目し、研究をおこなっている^[1]。先に作製した静電モータではマイクロロボットの脚部の引き戻し動作が不十分であったため、我々は脚部の引き戻しをばねではなく、静電アクチュエータで双方向に駆動可能な静電モータを開発した^[2]。

本論文では双方向静電モータの駆動波形の生成方法について検討したので報告する。

2. 静電モータの概要

静電モータは、異なる電荷を帯びた物体間に働く静電気力を利用して動作するアクチュエータである。静電気力は電極の表面に発生する表面力であることから電極の体積には直接依存せず、物体は小さくなるほど

表面力の影響が体積力よりも大きくなるという特徴がある。よって、静電気力を利用する静電モータは小型化に適している。また、静電モータは比較的構造が単純で平面的な構造であることから小型化・多層化が容易であるため、MEMS の技術を用いて作製が可能である。以上のことから、静電モータは自律型マイクロロボットに搭載するアクチュエータとして適している。

静電アクチュエータは固定した歯の間に、可動する歯を挟むような形で構成した。固定部の歯に電圧を印加することで、可動部の歯との間に静電気力を発生させ、駆動するアクチュエータである。静電モータは、シャトルを挟み込む形で配置した 2 対、合計 4 個の静電アクチュエータに電圧を交互に印加することで駆動する。また、静電モータのばねは、シャトルを初期位置に引き戻す役割と共に、犠牲層エッチングによる可動部の脱落を防ぐ役割がある^[1]。

3. 双方向静電モータの構造と動作原理

先に開発した静電モータは、押し出し方向に静電アクチュエータによる静電気力、引き戻し方向にばねによる力を用いている^[1]。しかし、ばねの力と変位量は形状に依存しており、静電モータに実装しているばねではマイクロロボット脚部の引き戻し動作が不十分であった。そこで、シャトルを押し出す動作に加えて、引き戻し動作を静電アクチュエータを用いておこなう双方向静電モータを作製した^[2]。

双方向静電モータの構造及び動作原理は前述した静電モータと基本的には同じであり、従来の静電モータを 2 つ対となるように配置している。

1 : 日大理工・学部・精機 2 : 日大理工・院 (前)・精機 3 : 日大理工・院 (後)・精機 4 : 日大理工・教員・精機

Figure 1 に示すように、6つの電極 V_{D1} , V_{D2} , V_{D3} , V_{D4} , 2つの GND と静電アクチュエータを8つ用いている。双方向にすることで、引き戻しの力を大きくするだけでなく、電極に印加する電圧を制御できるため、ばねを用いた引き戻しよりも細かい制御が可能である。

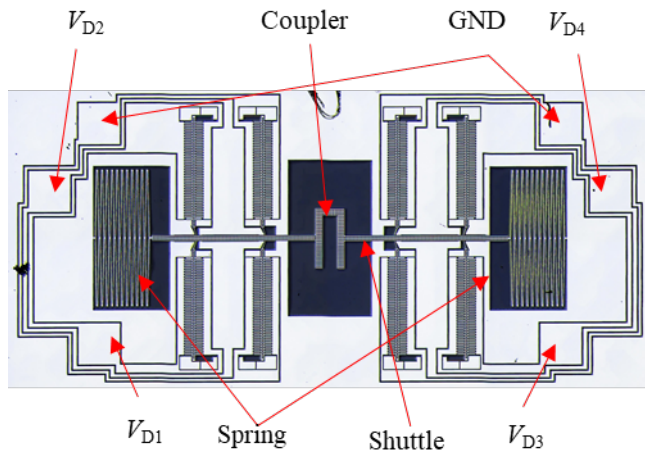


Figure 1. Bidirectional electrostatic motor

4. 双方向静電モータの駆動波形

双方向静電モータに入力する駆動波形は、従来の静電モータの駆動波形とは異なり、両側の静電アクチュエータへ同時に信号を入力しなければ動作を確認できない。したがって、我々はブレッドボードに抵抗やトランジスタを組み合わせて駆動回路を作製し、Arduinoによって双方向静電モータを駆動可能な波形を生成できるように電圧を印加するプログラムを作成した。

Figure 2 に作製した駆動回路の回路図を示す。回路定数は $R_A = 2\text{ M}\Omega$, $R_B = 10\text{ k}\Omega$, $V_{PV} = 60\text{ V}$, 使用したトランジスタ T は 2n5551 である。

Figure 3 に作製した駆動波形生成回路を示す。

Figure 4 にオシロスコープを用いて測定した駆動波形の一例を示す。パルス幅 7.5 ms, パルス周期 10 ms, 振幅 50 V の駆動波形を確認した。

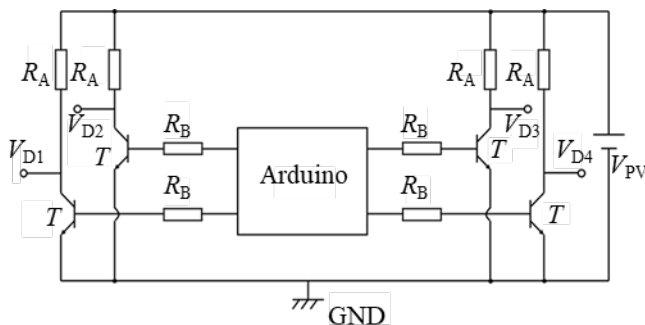


Figure 2. Circuit diagram

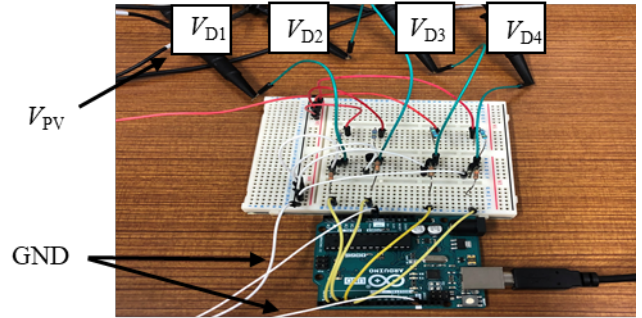


Figure 3. Drive waveform generation circuit

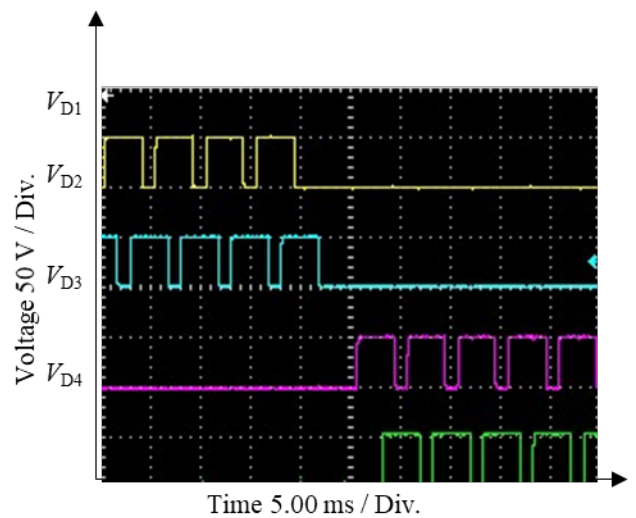


Figure 4. Output waveform

5. まとめ

双方向静電モータの駆動波形の生成方法について検討した。その結果、パルス幅 7.5 ms, パルス周期 10 ms, 振幅 50 V の駆動波形が得られた。今後は生成した波形を用いて双方向静電モータの駆動実験をおこなう予定である。

6. 参考文献

- [1] Ken Saito, Daniel S. Contreras, Yudai Takeshiro, Yuki Okamoto, Satoshi Hirao, Yuya Nakata, Taisuke Tanaka, Satoshi Kawamura, Minami Kaneko, Fumio Uchikoba, Yoshio Mita, Kristofer S. J. Pister: "Study on Electrostatic Inchworm Motor Device for a Heterogeneous Integrated Microrobot System" Transactions of The Japan Institute of Electronics Packaging, Vol.12 ,pp. E18-009-1-E18-009-7, 2019
- [2] 平尾聡志, 仲田友也, 長田元気, 水本明日也, 金子美泉, 内木場文男, 齊藤健: "マイクロロボット用の双方向に駆動力をもつ静電リニアモータの開発" 第33回エレクトロニクス実装学会春季講演大会, 2019