

平成 27 年度工学系共通経費による顕彰と研究助成 成果報告書

所 属	機械宇宙システム専攻
研究者 (ふりがな)	難波江 裕之 (なばえ ひろゆき)
タイトル	静電自励振動を用いた小型移動ロボットに関する基礎的検討
助 成 名	新任助教研究助成
採択金額	700,000 円

研究の背景

災害現場等、人や大型機器の進入が困難な狭隘空間の調査・探索に対して、小型の移動ロボットの有用性が注目されており、索状ロボットなど様々な種類のロボットの研究が進んでいる。中でも、昆虫程度の大きさの小型の飛行ロボットは、探索範囲の自由度の高さから、強く実現が望まれているが、十分に小型で飛行に成功しているものは少なく、単独で飛行して探査を行うロボットの実現には未だ多くの課題が残っている。小型の移動ロボットにおいて重要な点の一つが、アクチュエータであり、小型の移動ロボットの性質上、軽くて大きな出力を持つこと、すなわち出力密度が高いことが要求される。本研究ではこの要求に対して、小型移動ロボットのアクチュエータとして静電ベル（フランクリンベル、ゴードンベル）に着目する。静電ベルは、直流電圧が印加された二つの電極と導体の振動子により構成され、帯電した電荷同士の反発及び吸引力と電極と振動子間の電解銅により、自励振動が発生する。本原理は、電極と導体の振動子のみにより往復運動が実現できることや、スケール効果により静電気は小型化に有利となる性質を有しているため、本原理を用いることにより、小型の移動ロボット用の優れたアクチュエータの実現が期待できる。

結果と考察

小型の機構においては可動部に弾性ヒンジを用いることが有用となる。そこで、アクチュエータの可動子の弾性ヒンジによる支持の検討のため、ストローク 1 mm 以上、周波数数十 Hz 以上を目標として試作機を作製し、検討を行った。試作機を Fig. 1 に示す。本試作機は、銅電極と、軽量化のため CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics) を主な構造部材とした稼働子より成り、可動子と電極の接触部はアルミ箔により覆われている。また動力を取り出しやすくするため、可動子に対して、電極面積は小さく設計されている。システム図を Fig. 2 に示す。高圧電源から直流電圧が銅電極間に印加され、弾性ヒンジによって支持された可動子が静電ベルの原理に基づき往復運動を行う。電極間での動きは可動子の構造により拡大され、可動子の先端にてレーザ変位計により、可動子の変位を測定する。尚、電極間距離は 1 mm 程度とし、

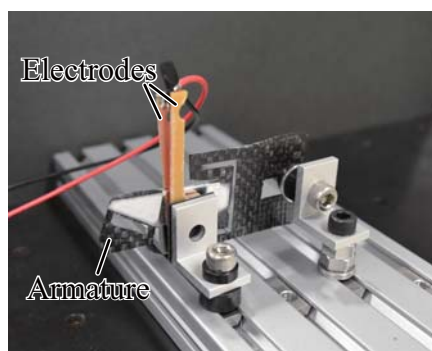


Fig. 1 Photo of prototype device.

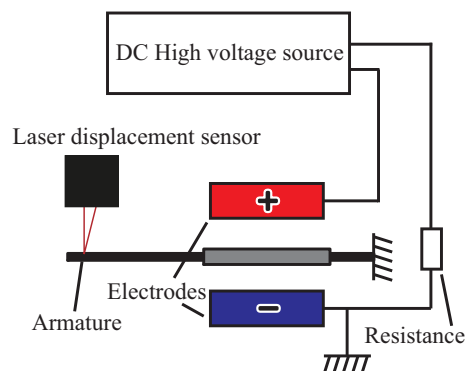


Fig. 2 System configuration.

印加電圧は 100 V 刻みで 0 V から 1.5 kV とした。Fig. 3 に 1 kV 印加時の変位波形を示す。ストロークはおよそ 1.5 mm 程度となっており、電極間距離よりも拡大されていることが分かる。また、この際の周波数はおよそ 48 Hz であった。印加電圧に対する駆動周波数の関係を Fig. 4 に示す。800 V 以上で可動子が電極に無接地の状態からの自励振動が確認された。それ以下の電圧においても、500 V 以上の電圧においては、正負いずれかの電極に対して可動子を一度接触させると、自励振動が発生することを確認した。それ以下の電圧では、可動子を正負どちらかの電極に接触させたとしても、自励振動が発生することはなかった。また、1.3 kV 以上の電圧では、可動子を通して電極間で放電が起こり、自励振動は観測できなかった。Fig. 4 では振動が観測されたものについてその周波数をプロットしている。周波数が高くなるにつれ、電圧の増加に対する周波数の増加量の低下が見られるが、空気抵抗によるものと考えられる。

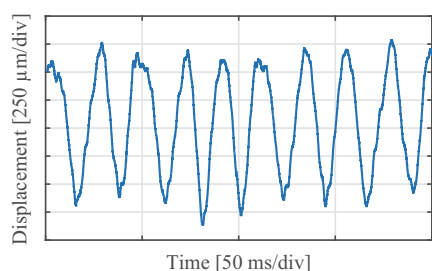


Fig. 3 Displacement waveform (1 kV).

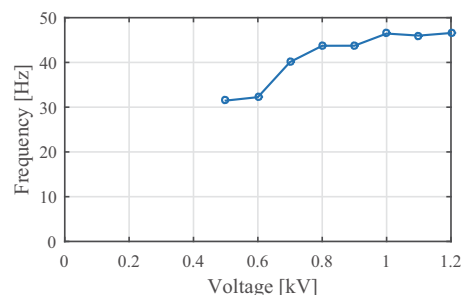


Fig. 4 Voltage-Frequency characteristic.

結論と今後の課題

今回の試作は、小型化にあたり、弾性ヒンジによる可動子の支持の検討を含むものであったが、周波数 50 Hz 弱、ストローク 1.5 mm を達成することができ、小型移動ロボットへの適用可能性が示唆された。また実験時においては、弾性ヒンジの弾性率が大きく周波数特性に影響することが示唆される状況が垣間見られた。

今後は、本試作機および本実験により得られた知見をもとに、理論モデルの作成および検討を行い、設計最適化の取り組みを行っていく。また、さらなる小型化にあたっては、材質や作製方法の検討も必要となる。

使用内訳書

費目	内訳	金額
備品 1	高速電圧アンプファイア Model2220-CE	342,468 円
備品 2		
消耗品	加工部材等	357,532 円
旅費		
その他		
合計		700,000 円

記入上の注意：

備品は、品名ごとに記入。

差額が生じた場合は、消耗品で調整。

消耗品を購入しなかった場合は、経費の差額と補填した予算科目名を合計額の内訳欄に記入。