

令和 3 年 5 月 31 日現在

機関番号：81406

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2020

課題番号：19K23526

研究課題名（和文）板状部材を利用した高汎用性ミニチュア超音波モータの開発

研究課題名（英文）Development of a versatile miniature ultrasonic motor using a metallic plate

研究代表者

小松 和三（Komatsu, Kazumi）

秋田県産業技術センター・先進プロセス開発部・主任研究員

研究者番号：00827719

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：超音波モータは、回転や直動駆動を行うことができ、高速応答や高推力といった特徴から、近年様々な用途に使用されている。そこで本研究では、一つの圧電素子と板状部材を使用した、同一のモータによる回転駆動と直動駆動が可能であり、さらに双方向駆動を実現するシンプルで非常に小型な超音波モータを提案し、本超音波モータの駆動性能を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発した超音波モータは、圧電素子を1つのみ使用し、同一のモータで物体の回転・直動駆動と双方向駆動を可能とし、構造がシンプルで部品点数が少なく、板状弾性材が与圧機構も兼ねる画期的なものである。本モータにより、装置の小型化が可能となり、限られた空間内での作業を効率的に行うことができるなど、本研究の工学的意義、社会的意義は非常に大きく、アクチュエータのイノベーションにつながると考えられる。

研究成果の概要（英文）：Ultrasonic motors can be driven in rotation and linear motion, and have been used in various applications in recent years due to their features such as high-speed response and high thrust. In this study, I have developed the ultrasonic motor that can be driven rotary and linearly by the same motor using one piezoelectric element and metallic plate. Furthermore, this ultrasonic motor can be driven in both directions, has a simple structure, and is extremely compact. In this study, I investigated the drive performance of this ultrasonic motor.

研究分野：機械工学

キーワード：超音波モータ

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、位置決め装置や小型モータなど、産業・医療分野において、様々なアクチュエータが開発されており、機器の小型化、高精度化の要求が高まっている。例えば、小型の電磁アクチュエータを用いた球面アクチュエータ等が開発されているが、電磁型アクチュエータは駆動電圧が比較的高く、部品点数が多くなるため、さらなる機器の小型化には向いていない。

一方、超音波モータは、圧電素子による超音波領域の機械的振動を駆動源とし、ステータをロータやスライダと接触させて物体を回転動作、または直動動作をさせる摩擦駆動型のアクチュエータであり、電磁型モータよりも少ない部品で構成される。この超音波モータは、電磁型モータと比較し、小型化が可能で、高速応答、高分解能、高トルク、電圧無印加時に自己保持トルクを有するなどの特徴があり、カメラのオートフォーカス機構や、医療現場におけるMRI下で使用される機器などに応用されている。これまでに、様々な駆動原理を使った、非常に小型な超音波モータが開発されている。しかし、多くの場合、複数の圧電素子を用いることで、物体を双方向に駆動させている。さらに、超音波モータは予圧調整機構を必要とするため、モータのサイズが大きくなり、限られた空間へのモータの設置が困難になることや、駆動電圧が比較的大きいなどの問題がある。そのため、汎用性が高く小型で低消費電力のアクチュエータの開発は、今後の様々な機器の開発、さらなる小型化には必要不可欠である。

2. 研究の目的

超音波モータには、進行波型モータや定在波型モータなど、様々な構造のものが存在するが、物体を多次元方向に動かす場合や狭小空間内の用途に対しては定在波型モータが適している。しかし、定在波型モータは物体を正・逆転方向に駆動するため、圧電素子を2つ以上配置しなければならないが、その結果、モータが大きくなり、限られた空間に配置できないなどの問題がある。なお、圧電素子1つのみで物体を正・逆転方向へ駆動できる超音波モータがないのが現状である。

そこで本研究では、圧電素子を1つのみを用いて、同一のモータによる回転・直動駆動を可能とし、さらに双方向駆動を実現する汎用性の高い小型の超音波モータを開発することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、実施計画で使用を想定していた断面 1.2×1.2 mm、長さ 2.47 mm の小型圧電素子の生産が中止されたことにより、入手することができなかったが、代替品となる断面 1.0×1.0 mm、長さ 2.0 mm の小型圧電素子を手に入れることができた。このことから、断面 1.0×1.0 mm、長さ 2.0 mm の小型圧電素子を用いた超音波モータを試作した。また、回転駆動検証装置、直動駆動検証装置を設計製作し、超音波モータの回転数、回転トルク、直動速度、推力を計測することで、駆動性能を検証しモータとしての適用可能範囲を調査した。

4. 研究成果

(1) 超音波モータの構成

試作した超音波モータを図1に示す。本モータは、切削加工による板厚 0.1 mm のりん青銅製の湾曲板状部材と、圧電素子を組み合わせた構成である。圧電素子の一端は湾曲板状部材と接着剤により固定し、他端は圧電素子固定部に接着固定されている。湾曲板状部材は移動体側に凸形状となっており、曲率半径は 5.0 mm、板幅は圧電素子と同じ寸法の 1.0 mm とした。

(2) 実験装置概要

超音波モータの動作確認と駆動性能を評価するための回転駆動検証装置、直動駆動検証装置を設計製作した。駆動検証装置を図2に示す。本装置は、ステージ部、ステージに取付けられた移動体を駆動するステータ部、回転駆動検証装置では移動体となるロータ部、直動駆動検証装置

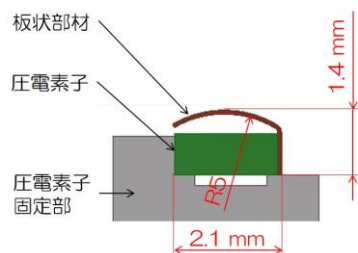
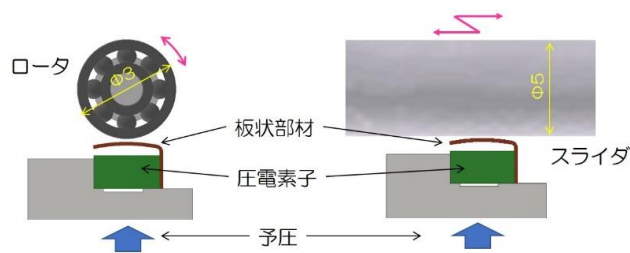


図1 超音波モータの構成



(a) 回転駆動

(b) 直動駆動

図2 超音波モータの構成

ではスライダ部から構成される。予圧は圧電素子固定部が取り付けられているステージを移動体側へ変位させることにより、板状部材で負荷する構造となっている。また、ロータとスライダはステンレス製 (SUS304) で、 $\phi 3 \text{ mm}$ のミニチュアベアリングと $\phi 5 \text{ mm}$ のシャフトを使用した。

(3) 実験方法・条件

駆動用の信号波形 (ノコギリ波) を関数発生器から出力し、アンプによって電圧を増幅させ、圧電素子へ印加し駆動実験を行う。回転駆動実験では印加電圧を 80~120 V の 10 V 間隔、直動駆動実験では印加電圧を 60~120 V の 10 V 間隔とし、駆動周波数は 11.5 kHz とした。なお、事前実験にて移動体が駆動することが可能な周波数であることを確認し、本周波数を使用した。また、回転数、直動速度はビデオカメラの撮影により算出した。さらに、回転トルク、推力はプッシュプルゲージを用いて計測した。

(4) 実験結果

図 3, 4 に回転駆動の実験結果を示す。印加電圧と回転数 (図 3)、回転トルク (図 4) の関係であり、回転数・トルクのプラス側は時計回転方向、マイナス側は反時計回転方向を表している。図 3 より、時計方向駆動信号 (CW)、反時計方向駆動信号 (CCW) とともに印加電圧の増加に伴い、回転数が高くなり、駆動電圧 120 V で、CW では 102 rpm、CCW では 120 rpm であった。また、図 4 より、最大トルクは印加電圧 120 V で、CW では 0.032 Nmm、CCW では 0.024 Nmm であった。

次に、図 5, 6 に直動駆動の実験結果を示す。印加電圧と速度 (図 5)、推力 (図 6) の関係であり、速度・推力のプラス側は右方向駆動、マイナス側は左方向駆動を表している。図 5 より、CW、CCW とともに印加電圧の増加に伴い、速度も高くなり、駆動電圧 120 V で、CW では 17.1 mm/s、CCW では 20 mm/s であった。また、図 6 より、CW、CCW とともに印加電圧の増加に伴い、推力も高くなり、駆動電圧 120 V で、CW では 54 mN、CCW では 46 mN であった。

以上より、同一の超音波モータによる回転駆動および直動駆動を実現し、さらに小型圧電素子と板状部材を用いることにより汎用性が高い小型超音波モータを開発することができた。

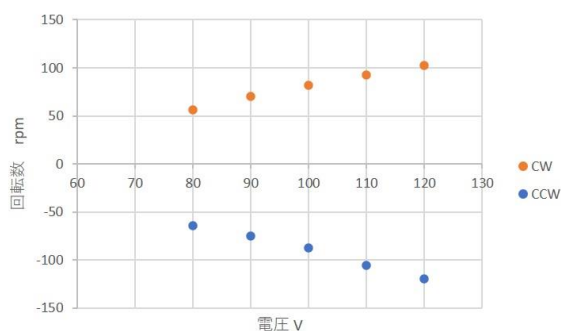


図 3 印加電圧と回転数の関係 (回転駆動)

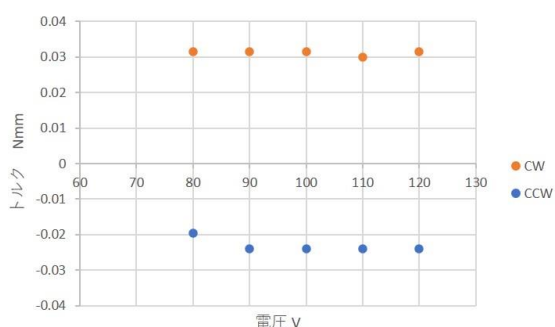


図 4 印加電圧と回転トルクの関係 (回転駆動)

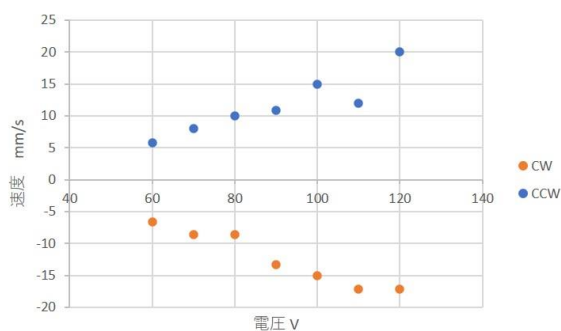


図 5 印加電圧と速度の関係 (直動駆動)

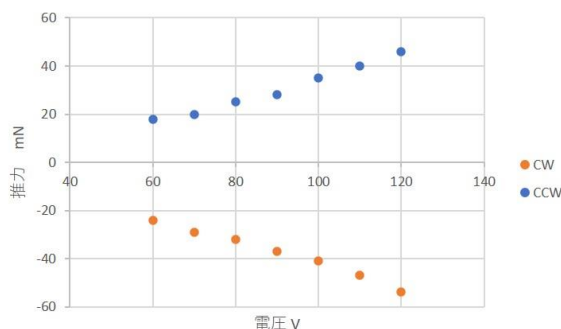


図 6 印加電圧と推力の関係 (直動駆動)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------