

令和 4 年 6 月 27 日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04512

研究課題名(和文) 医用内視鏡に使用可能な高出力・高トルク超音波マイクロモータ

研究課題名(英文) High power and high torque ultrasonic micro-motor usable for medical endoscope.

研究代表者

石井 孝明 (Ishii, Takaaki)

山梨大学・大学院総合研究部・教授

研究者番号：40262323

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：超音波モータをマイクロ化しようとするとき、通常サイズの振動子にホーンと伝送線を取りつけて、細線である伝送線に振動を集中させるアイデアを提案した。

本研究では、伝送線の先端に設置する振動方向変換体として、スプリングを使用した場合、スプリングワッシャを使用した場合、それぞれについて回転機構の振動をレーザドップラで測定し、振動速度および位相が測定できた。それらにより先端の振動分布がわかるようになり、今後の設計に役立てることが可能になった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、国内学会や国際会議では類似研究はほとんど見ることができず、オリジナリティの高い研究であると考えている。医用内視鏡への応用も考えているが、工業用内視鏡など、派生の分野への応用ももちろん可能である。

従って、本研究で得られたデータに関しては、世界的にも独自で貴重なもので学術的意義があり、汎用性が見込めることから社会的意義があると考えている。

研究成果の概要(英文)：We have proposed that a normal sized transducer with horn and transmission line can be used for an ultrasonic micro-motor. In this research, vibration velocity and its phase on rotation mechanism using vibration converter such as coil spring or spring washer were measured using Laser-Doppler-Vibrometer. The vibration velocity distribution can be used for designing the ultrasonic micro-motor using transmission line.

研究分野：超音波工学

キーワード：レーザドップラー マイクロ超音波モータ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

超音波モータをマイクロ化しようとするとき、振動子部分も同時にマイクロ化してしまうと、どうしても駆動部分の PZT 素子が小さくなり、入力電力が小さくなってしまい、出力が制限されてしまう恐れがあった。もしも駆動部分の PZT 素子の大きさはそのままに、駆動部分だけマイクロ化することができれば、比較的高出力な超音波マイクロモータが実現できるのではないかと考えたのが出発点である。そこで、通常サイズの振動子にホーンと伝送線を取り付けて、細線である伝送線に振動を集中させるアイデアを提案した。伝送線の先端に回転機構を設けることで、超音波マイクロモータを実現することが可能になる。

図 1 に提案した超音波マイクロモータの案を示す。振動子には縦振動を励振するランジュバン振動子を使用し、伝送線の先端には回転機構を設けている。伝送線の長さは、共振周波数の条件を満たす範囲で変更が可能である。

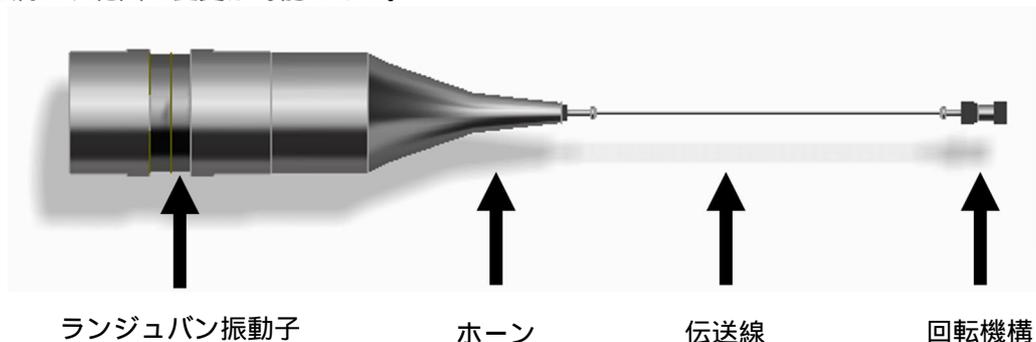


図 1 伝送線を利用した超音波マイクロモータの案

2. 研究の目的

本研究の目的は、医療用内視鏡の鉗子孔へ応用可能な、高出力、高効率の超音波マイクロモータの実現である。振動子からの縦振動成分を回転力に変換するメカニズムの設計が本研究の要になっている。変換機構の設計法を確立する。

本研究では、試作したマイクロ超音波モータの基礎特性を測定、回転機構の振動速度を測定し、振動分布を明らかにすることで、設計法に役立てる。

3. 研究の方法

図 1 の回転機構には、ランジュバン振動子から伝わってきた縦振動を回転振動（ねじり振動）に変換することにより、たて・ねじり振動の合成された楕円振動を励振し、先端の回転機構にあるロータを回転させる機能を持つ。

この振動方向変換体に、

- ・コイルスプリングを使用した場合
- ・スプリングワッシャを使用した場合

の二種類について測定を行った。

4. 研究成果

・研究の主な成果

図 2 に、コイルスプリングを利用した場合の回転機構の案を示す。先端部分のナットの振動速度をレーザドップラで測定した（図 3 の測定結果には、図 2 に示すように青で示す）。もう一か所は、ランジュバン振動子のホーン先端を測定した（図 3 の測定結果には橙で示す）。

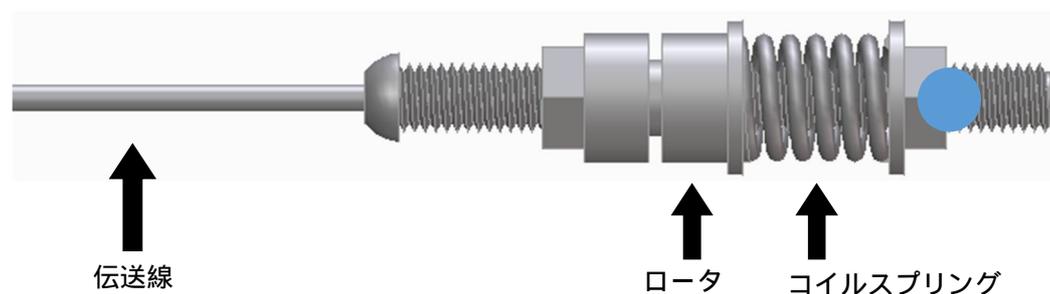


図 2 コイルスプリングを利用した回転機構の案

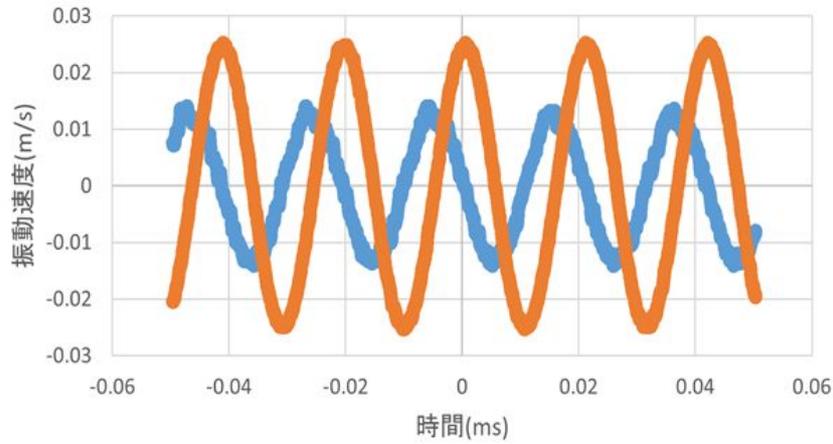


図3 コイルスプリングを利用した場合の振動速度およびその位相

残念ながら、ロータとの接触部分の振動速度の測定が困難であったため、図4に示せていない。今後の課題である。

図4に、スプリングワッシャを利用した場合の回転機構案を示す。先端部分のナットの振動速度およびロータと接触している部分をレーザドップラで測定した(図5の測定結果には、図4に示すように緑および赤で示す)。もう一か所は、ランジュバン振動子のホーン先端を測定した(図5の測定結果には青で示す)。

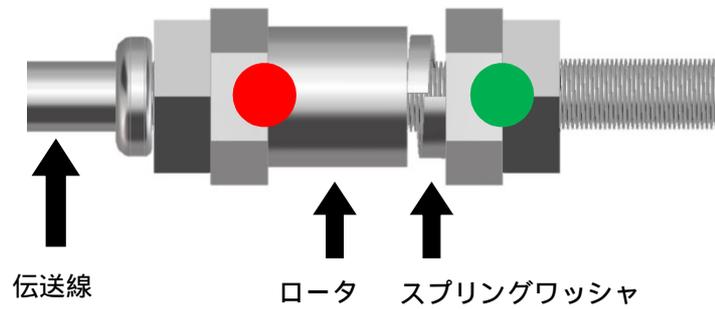


図4 スプリングワッシャを利用した回転機構の案

図5にスプリングワッシャを使用した場合の測定結果を示す。ホーン先端の振動(青)が約2倍に増幅して先端に伝わっていることがわかる。そして、ロータの駆動面(赤)とスプリングワッシャ側の面(緑)は、ほぼ逆位相であることがわかった。スプリングワッシャを縮めるような動きをしていることが、今回のレーザドップラでの測定で明らかになった。従来は測定ができず、どのように駆動されているか想像するしかなかった。本研究の大きな成果である。

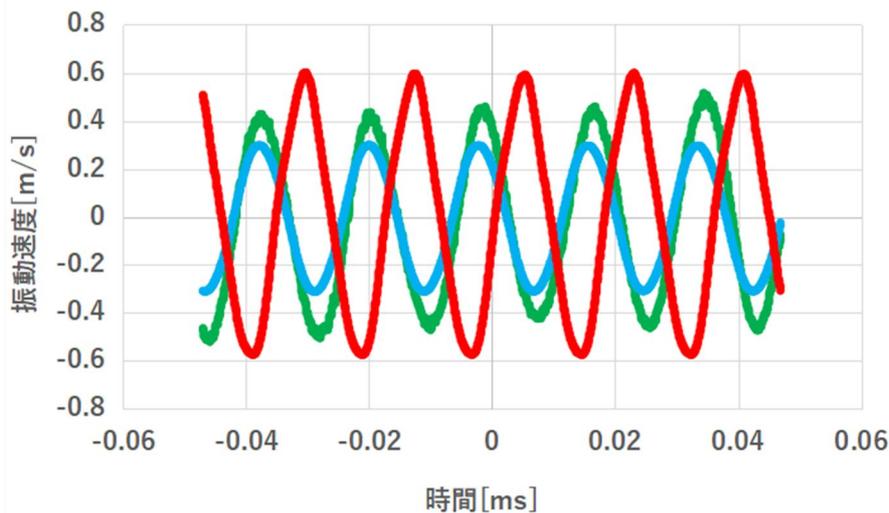


図5 スプリングワッシャを利用した場合の振動速度およびその位相

次に、スプリングワッシャをロータ両側に使用した場合の回転機構の設置位置を変化させ、振動速度がどのように変化するかを測定した。図6にレーザ光線を当てたところを赤星および緑

星で示す。設置位置は、赤丸を原点とし、0mm から 12mm まで変化させた。

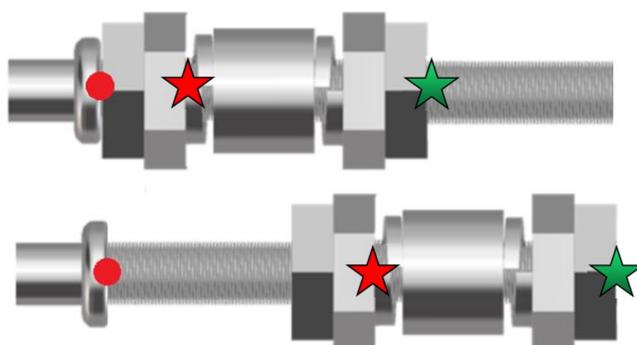


図6 スプリングワッシャを利用した場合の回転機構設置場所依存性
設置位置 上：0mm、下：12mm（赤点を原点として）

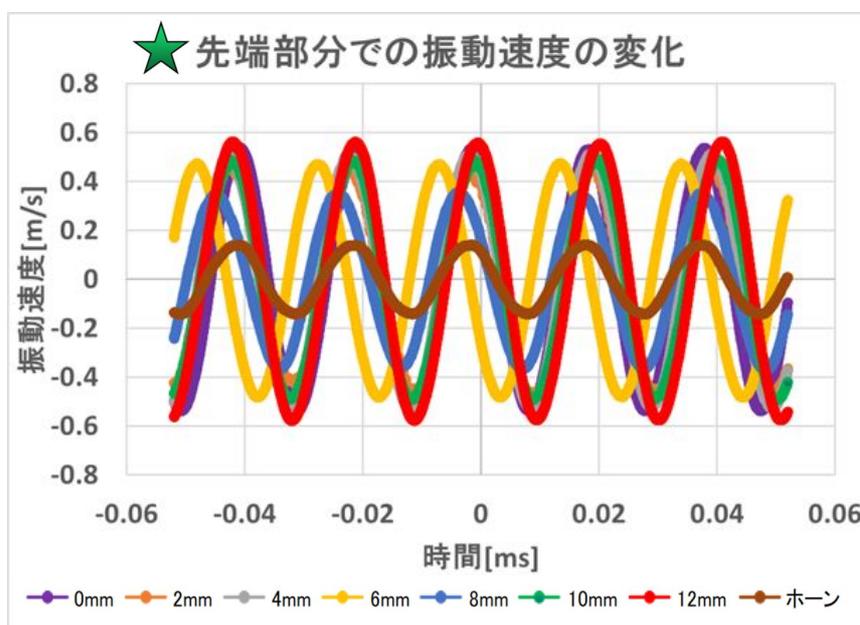


図7 スプリングワッシャを利用した場合の振動速度およびその位相

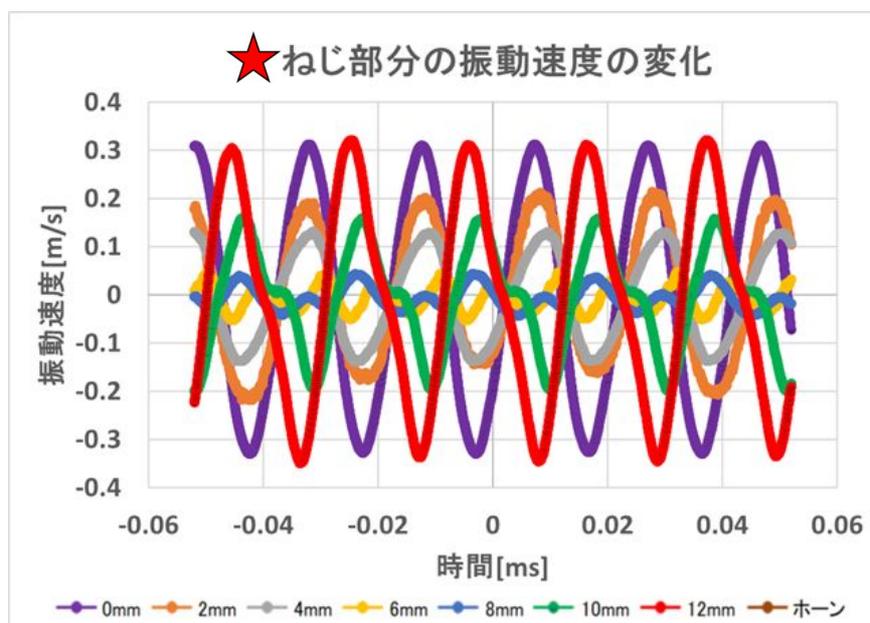


図8 スプリングワッシャを利用した場合の振動速度およびその位相

図7および図8に設置位置を色分けして振動速度およびその位相を示す。緑星の部分も赤星の部分も、0mm（紫）および12mm（赤）の時に振動速度が大きいことが明らかになった。

0mm の場合、緑星と赤星はおおむね逆位相であり、12mm の場合はおおむね同位相であることがわかった。

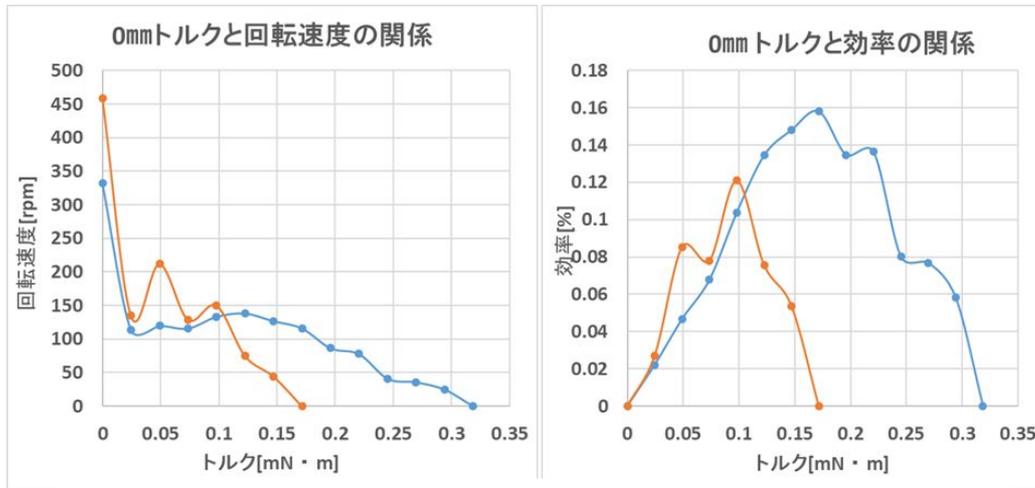


図9 超音波マイクロモータの負荷特性
スプリングワッシャ 青：両側使用、橙：片側使用

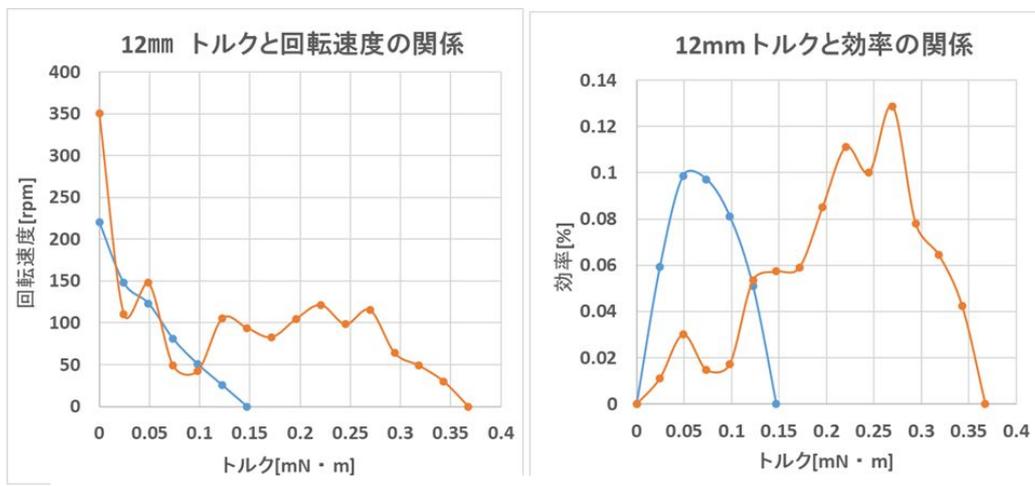


図10 超音波マイクロモータの負荷特性
スプリングワッシャ 青：両側使用、橙：片側使用

次に、図9および図10に、振動速度の大きかった0mmおよび12mmの場合の超音波マイクロモータの負荷特性を示す。比較の為に、スプリングワッシャを片側に使用した場合も併記した。

0mmのおおむね同位相の場合には、最大回転数はほぼ同等だが、最大トルク、最大効率は両側スプリングワッシャの時が高かった。

12mmのおおむね逆位相の場合には、最大回転数、最大トルク、最大効率ともに、片側スプリングワッシャの時が高かった。

・得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

本研究は国内外で類似の研究はほとんど見受けられないため、オリジナルの研究であり、その研究結果は貴重でインパクトがあると考えている。

・結論および今後の展望

本研究では、振動方向変換体として、スプリングワッシャを使用した場合について基礎特性を測定し、回転機構の振動をレーザドップラで測定し、振動速度および位相の測定ができた。

しかし、回転機構の小型化やモータ特性の高性能化にはまだ課題が残る。

今後は、振動方向変換体の改善を進めると共に(コイルスプリングを使用した場合の測定も試みる)、別方式の振動方向変換体を提案したり、有限要素法を有効に活用するなどしたりし、設計に役立てて、モータ特性の向上を目指したい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 石井 孝明、鈴木 涼太、清水 毅
2. 発表標題 伝送線型超音波モータの基礎的特性
3. 学会等名 日本機械学会 山梨講演会
4. 発表年 2021年

〔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
---------	---------