

細径パイプ伝送路の両端に矩形振動子とロータを配置した超音波モータの試作

その他（別言語等）のタイトル	Prototype and estimation for an ultrasonic motor using a transmission thin pipe with a stator and a rotor at the both ends.
著者	平野 達也, 田村 英樹, 高野 剛浩, 青柳 学
雑誌名	日本音響学会研究発表会講演論文集
巻	2010年秋季
ページ	1235-1236
発行年	2010-09
URL	http://hdl.handle.net/10258/1697

細径パイプ伝送路の両端に矩形振動子とロータを配置した超音波モータの試作

その他（別言語等）のタイトル	Prototype and estimation for an ultrasonic motor using a transmission thin pipe with a stator and a rotor at the both ends.
著者	平野 達也, 田村 英樹, 高野 剛浩, 青柳 学
雑誌名	日本音響学会研究発表会講演論文集
巻	2010年秋季
ページ	1235-1236
発行年	2010-09
URL	http://hdl.handle.net/10258/1697

細径パイプ伝送路の両端に矩形振動子とロータを配置した超音波モータの試作*

☆平野 達也, 田村 英樹, 高野 剛浩, 青柳 学†
(東北工業大学, †室蘭工業大学)

1. まえがき

細線やパイプを屈曲振動の伝送路とし、その端部や内壁の振動を用いて超音波モータや粉体輸送デバイスとする提案が成されている^[1-2]。筆者らも直径1.2mmから5mm程度の金属パイプ伝送路の一端で屈曲波を励振し、他端でロータを回転させるモータについて報告してきた^[3-4]。これに対し本報告は直径0.5mm、長さ360mmとさらに細く長い伝送路とすることで、ある程度曲げた状態でも、すなわち狭い場所への動力導入をより容易にするための超音波モータの構成について試作評価を行った。構造と周波数特性、回転特性について示す。

2. 試作モータの構成

2.1. 伝送パイプおよび振動子

試作モータの構成概要をFig.1に示す。伝送路は直径 $\phi 0.5$ mm、内径 $\phi 0.3$ mm、長さ $L=360$ mmのステンレス製細径パイプであり、 $R=50$ mm程度の曲げであれば問題なく復元する。この細径パイプに直交する屈曲振動を与えて端点での回転変位が生じるならば、ロータの孔にパイプ先端を差し込み摩擦力を介してロータの回転が得られる。目的とする回転変位を与えるためにはここでは角柱振動子の一次屈曲 B_1 モードとその同形縮退 B_1' モードを用いた。

Fig.2に角柱振動子の構造と接着セラミックスの分極方向を示している。断面が 5.0×5.0 mm、長さ $L=20$ mmのアルミブロックに、 $L=20$ mm、幅 $W=5$ mm、厚さ $T=0.5$ mmの圧電セラミックスを4面に接着している。対向する圧電板をバイモルフ動作させて屈曲振動を得る。直交方向への駆動を与える電気端子AとBを共振周波数で駆動することでそれぞれ B_1 と B_1' モードを励振できる。従って端子A, Bを位相差 90° で駆動して目的の回転運動を得る。振動子のアルミブロックに細孔をあけ、そこにパイプを差し込み接着している。

この振動子はFig.3に示すアクリル製ホルダによって固定される。振動子はホルダの穴に挿入され、振動のノード点をネジにより4箇所固定されている。ケース底部にはスポンジを差し込み振動子を支えている。

2.2. ロータ構造

ロータは2種類のタイプを用意し実験を行った。Fig.1に示すタイプAロータは予備実験に用いた。

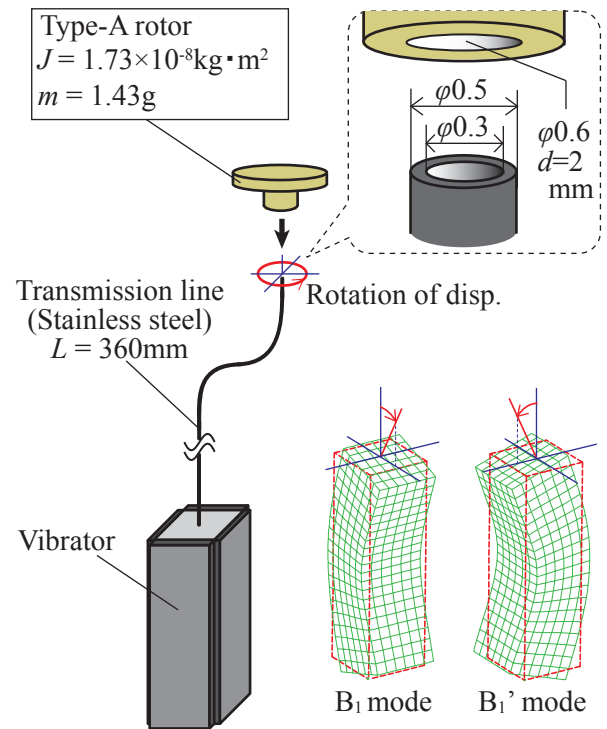


Fig.1 Component of trial motor and vibration modes of square rod.

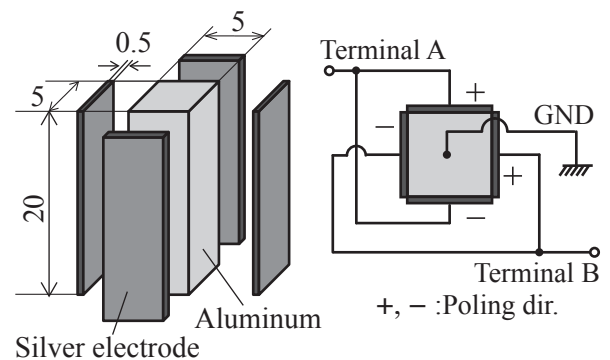


Fig.2 Construction and wiring of vibrator.

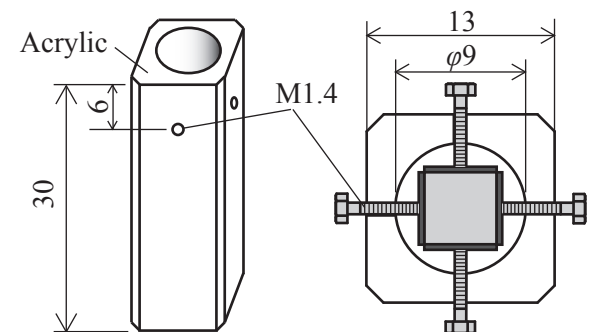


Fig.3 Vibrator holder.

*Prototype and estimation for an ultrasonic motor using a transmission thin pipe with a stator and a rotor at the both ends., By HIRANO Tatsuya, TAMURA Hideki, TAKANO Takehiro, AOYANAGI Manabu† (Tohoku Institute of Technology, †Muroran Institute of Technology)

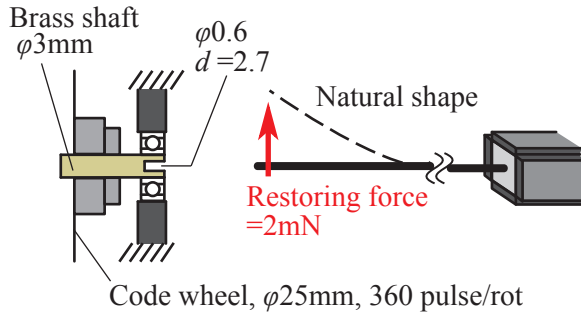


Fig.4 Structure of type-B rotor and experimental setup for preload by restoring force of the line.

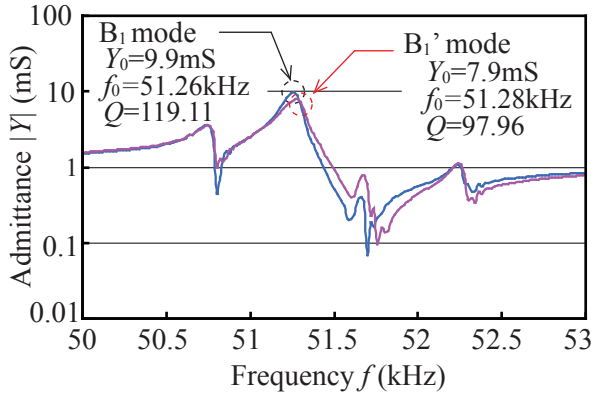


Fig.5 Input admittance characteristics.

このロータは直径 $\phi 10\text{mm}$ 、厚さ 2.4mm の円板と、直径 $\phi 2.65\text{mm}$ 、厚さ 2.1mm 、内径 $\phi 0.6\text{mm}$ の接続部からなる。真鍮製でありロータの自重 1.43g のみを予圧として用いた。このロータでは、位相切り替えによる左右両方向回転を確認できた。しかし加圧が自重だけなので回転数を上げていくとロータの挙動が不安定になり正確なデータを取るのが困難となった。

そこで回転特性を正確に測定するため、回転軸をベアリングにより固定し、また回転数の測定のためにコードホイール（外径 $\phi 25\text{mm}$ 、 360pulse/rot ）を使用したタイプBのロータを用意した。Fig.4に示すようにロータのシャフト部は真鍮製で直径 $\phi 3\text{mm}$ 、長さ $L=13.7\text{mm}$ であり、伝送パイプ差し込み部は内径 $\phi 0.6\text{mm}$ 、深さは約 2.7mm である。パイプ伝送路は自然状態でたわんでいて、これをロータシャフトに差し込む際に変形する復元力を与圧としている。この復元力はパイプ伝送路の先端で約 2mN である。

タイプBのロータを使用し、パイプ伝送路とロータの位置関係 x - y - z - θ - Φ を精密ステージで調整すると安定した回転特性が得られた。しかし現在まで回転方向は一方向のみで、位相切り替えによって左右方向の回転切り替えが得られるロータ設置条件は見つけることができなかった。

3. 計測方法と測定結果

試作振動子の共振特性をFig.5に示す。これは伝送路が取り付けられアクリルケースに挿入し、ネジで4箇所を支持した状態、ただしロータは無い条件である。A相、B相それぞれで駆動したモ

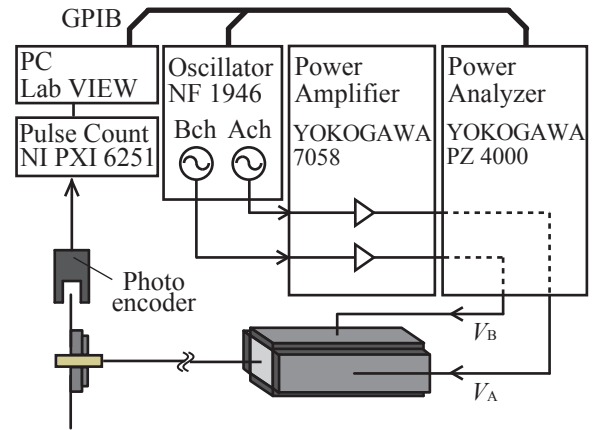


Fig.6 Measurement system.

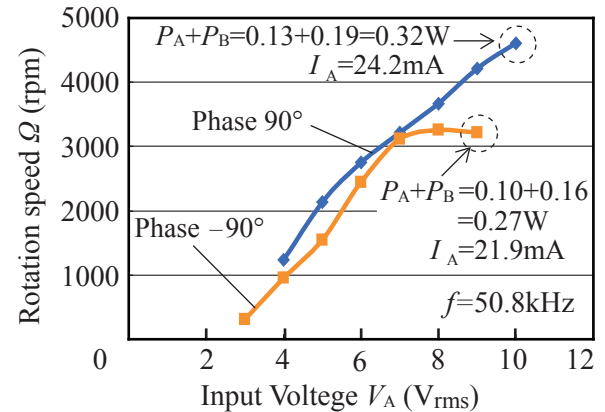


Fig.7 Rotation characteristics.

ードの共振周波数や Q 値はおおよそ一致した。

Fig.6に示す測定装置を用いて、無負荷回転時の回転速度特性を計測した。駆動周波数 $f=50.8\text{kHz}$ で入力電圧 3V から 10V まで変えて測定した結果をFig.7に示す。このときA,B相それぞれの入力電圧 V_A と V_B は最大でも 0.31V の差で一致させた。しかし電力 P_A と P_B には差が生じ、実験範囲で P_B が大きい傾向が見られた。入力電圧 $V_A=10\text{V}$ 、入力電流 $I_A=24.2\text{mA}$ 、電力 $P_{A+B}=0.32\text{W}$ のとき回転数は 4600rpm で最大となった。

4. まとめ

自重タイプロータにより左右回転動作も確認できたが、軸固定タイプロータでは一方向への回転しか得られなかった。これはパイプ端とロータが傾いて接触しているなどして突っつき駆動になっていると予想される。また伝送パイプと一体となった予圧構造も実用上重要となる。従って特にロータとの接続部に関して構造検討を進めると共に、実負荷特性についても明らかにしていきたい。

参考文献

- [1] R. Carotenuto *et al.*, APPLIED PHYSICS LETTERS, Vol.77, No.12, 2000-09.
- [2] T. Takano *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.30, Suppl. 30-1, pp. 200-202, 1991.
- [3]高野 他:音講論2008年秋, pp.1301-1302.
- [4]高野 他:音講論2008年秋, pp.1441-1442.