超音波伝送路を持つ超音波モータの特性
－円環振動子の非軸対称振動を利用する構成－

超音波伝送路を持つ超音波モータの特性　－円環振動子の非軸対称振動を利用する構成－

その他（別言語等）のタイトル	Characteristics of ultrasonic motors with an ultrasonic transmission line
著者	高野　剛浩，田村　英樹，富川　義朗，青柳　学
雑誌名	日本音響学会研究発表会講演論文集
巻	2010年春季
ページ	1391-1392
発行年	2010-03
URL	http://hdl.handle.net/10258/1692

超音波伝送路を持つ超音波モータの特性*

－円環振動子の非軸対称振動を利用する構成－

○高野　剛浩　　田村 英 樹　　富川　義朗　　青柳 学
（東北工大）　（山形大工）　（山形大工）　（室蘭工大）

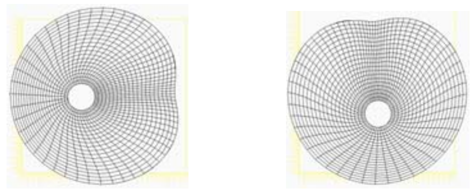
まえがき：　R. Carotenuto 等は駆動源に圧電セラミック円板振動子の厚み方向屈曲振動を用いて超音波伝送路（光ファイバ）に屈曲振動を励振し、その先端で駆動力が取り出せることを報告している[1]。

筆者らは、円環振動子の縮退する非軸対称振動((1,1)) - ((1,1))'モードを用いることにより、超音波伝送路に直交す屈曲振動を励振し、その直交する 2 つの振動に 90°の位相差を与えることにより、パイプ表面上に変位の楕円運動が形成できることを示した[2-3]。さらに、この構造を超音波伝送路を介して、ステータ振動子とロータを分離して配置する超音波モータとして構成することを試み、その特性を報告している[4-6]。

本報告では、超音波伝送路上の支持点の影響や負荷特性を実験的に検討し、このモータ構成が、安定で比較的トルクの大きい構成にも応用できることを報告している。

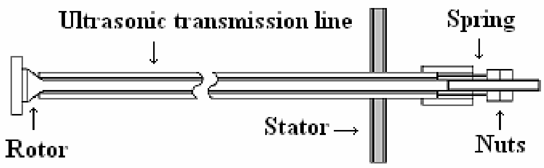
振動モードとモータ構造：　円環の非軸対称振動((n,m))モード（n：円周次数、m：高調波次数）には、それぞれのモードに直交する縮退モードが存在する。これらのモードの中で、n＝1 のモード((1, m))は一般的に円環の中心部で径方向の変位が大きく、今回の構成には都合が良い。例として Fig.1 に実験に用いた((1,1))モードを示している。このモードには同図(b)に示すように直交する縮退モードが存在する。すなわち、円環の内周面に円筒、円柱等の超音波伝送路を接着すれば、この伝送路には円環の直交モードに沿った直交する屈曲振動が励振される。これらのモードを 90°の位相差で駆動することにより、伝送路上に変位の楕円運動が形成される。

Fig.2 に((1,1))モードを利用した超音波モータの構造図を示している。超音波伝送路として直径 12.0mm、内径 8.0mm の真鍮製パイプを用いた。パイプの長さは 15cm でその先端に図に示すようなロータ（真鍮製）を、パイプの内周面に加圧するように取り付けている。ロータは、他端で加圧が調整できる構造となっている。接触部にはアルミナを用いている。駆動用振動子としては、Fig.2(b),(c)のように分割分極した直径 50mm、厚さ 2mm の圧電セラミックス円環 2 枚を、電極を挟み込んで接着している。

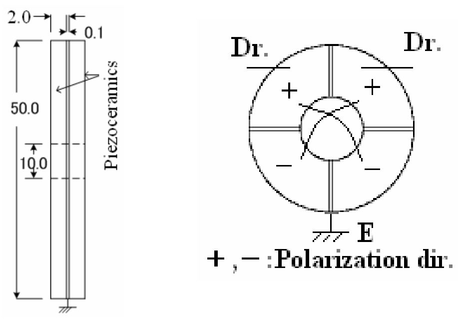


(a)　　　　(b)

Fig.1 Non-axisymmetric vibration modes of an annular plate
(a): (1,1)) mode, (b): (1,1))' mode.



(a)



(b)　　　　(c)

Fig.2 (a)Motor construction using an ultrasonic transmission line, (b),(c) Stator vibrator.

---

*Characteristics of ultrasonic motors with an ultrasonic transmission line. By T.Takano (Tohoku Inst. of Tech.), H.Tamura, Y.Tomikawa (Yamagata Univ.) and M.Aoyagi (Muroran Inst. of Tech.).

試作モータの特性：　Fig.3 に((1,1))モードで駆動したときのパイプ表面上の振動速度の測定値を示している。((1,1))モードの共振周波数は約 39kHz である。図の右側が振動子の部分で、パイプ上には定在波が立っていることが分かる。直交する((1,1)) - ((1,1))’ モードを 90° 位相差の入力で駆動すれば、パイプには直交する屈曲振動が励振され、その loop 上で変位の楕円運動が形成される。Fig.4 に、Fig.3 に示す P 点で測定した変位の楕円運動の様子を示している。すなわち、端部によらず、パイプ上のどのループ部からでも駆動力は取り出せる。

一方、node 点はこのモータの固定支持点として利用することになる。Fig.3 でセラミックス部分が屈曲振動の loop になっていないが、これは振動子の左側にもパイプが突き出ている影響と考えられる。

Fig.5 に試作モータの写真を示している。モータ全体の支持は、同図に示すように屈曲振動の node 点を、PEEK 材製の支持治具を介して 2 箇所締め付け支持している。この方法では、締め付け位置を調整することにより、回転特性にほとんど影響を与えない支持が可能であることを実験的に確かめた。

試作モータの負荷特性を Fig.6 に示している。入力は 2.2[W]程度である。より高トルクなモータを構成する場合は、外周面からの駆動力の取り出し方などを検討する必要がある。

あとがき：　このモータの特長は、ステータとロータが分離して構成できる点にあり、加えて超音波伝送路の節部（node 部）を固定支持できるので、ステータとロータを異なる環境に置いて使用できる。超音波波モータの応用分野の拡大につながるものと期待されるので、高出力モータ、リニアモータ構成など今後さらに検討を加えたい。

参考文献：

[1] R. Carotenuto et al., APPLIED PHYSICS LETTERS, Vol.77, No.12, 2000-9.

[2] T. Takano et al., Jpn. J. Appl. Phys., Vol.30, Suppl. 30-1, pp. 200-202, 1991.

[3] 高野,富川:VSTech’99 振動・音響新技術シンポジウム講演論文集, No.213, pp.134-137, 1999.

[4] 高野他:「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム予稿集, No.23A1-4, pp.575-578, 2008.

[5,6] 高野他:日本音響学会 2008 年秋季研究発表会講論集, pp.1301-02, pp.1441-42, 2008.

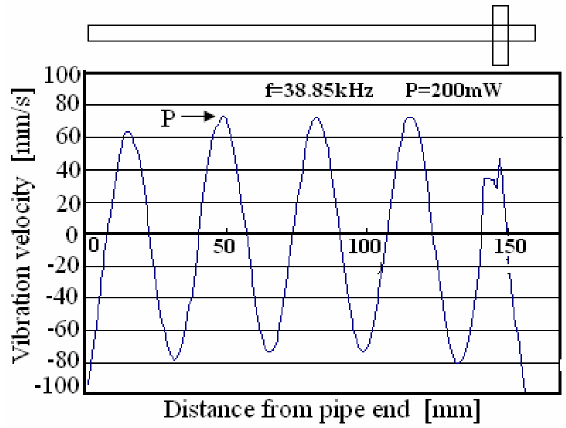


Fig.3 Vibration velocity along the pipe surface

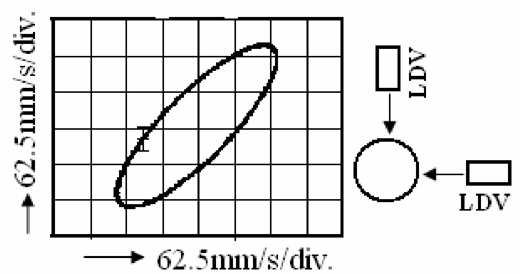


Fig.4 Elliptic motion of vibration velocity on the pipe surface.

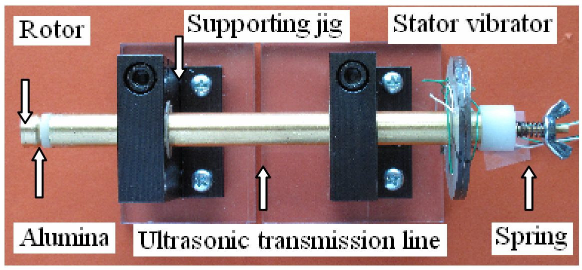


Fig.5 Trial motor with an ultrasonic transmission line

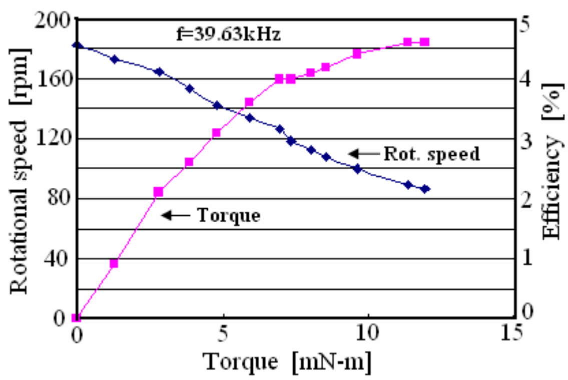


Fig.6 Characteristics of the trial motor.