

3 種類の面内・面垂直振動モードを利用した構成の 検討 サンドウィッチ型円環球面超音波モータ(第 1 報)

その他（別言語等） のタイトル	Examination of composition combining of three kinds of in-plane and vertical vibration modes - Sandwich-type annular spherical ultrasonic motor (1st Report) -
著者	盧 波, 青柳 学, 高野 剛浩, 田村 英樹
雑誌名	日本音響学会研究発表会講演論文集
巻	2009年秋季
ページ	1181-1182
発行年	2009-09
URL	http://hdl.handle.net/10258/1685

3 種類の面内・面垂直振動モードを利用した構成の 検討 サンドウィッチ型円環球面超音波モータ(第 1 報)

その他（別言語等） のタイトル	Examination of composition combining of three kinds of in-plane and vertical vibration modes - Sandwich-type annular spherical ultrasonic motor (1st Report) -
著者	盧 波, 青柳 学, 高野 剛浩, 田村 英樹
雑誌名	日本音響学会研究発表会講演論文集
巻	2009年秋季
ページ	1181-1182
発行年	2009-09
URL	http://hdl.handle.net/10258/1685

3 種類の面内・面垂直振動モードを利用した構成の検討
—サンドウィッチ型円環球面超音波モータ(第1報)—*

◎盧波 青柳学(室蘭工大) 高野剛浩(東北工大) 田村英樹(山形大)

1 はじめに

多自由度動作が可能なアクチュエータが望まれている。単一のアクチュエータで多自由度動作が実現できればシステムの小型化，設計の簡単化に非常に有効である。これまでも多自由度超音波モータは幾つか研究報告がなされている^[1-4]。

筆者らは多重モード円環振動子を用いて，球状ロータを任意軸に回転する超音波モータを開発している^[5]。本研究の目的は，円環状多自由度球面超音波モータの更なる小型化及び高トルク化である。3種類の異形振動モードが励振可能な2つの円環形振動子で球状ロータを挟み込み，3軸に回転できる球面超音波モータを新たに考案した。

2 モータの動作原理及び基本構成

2.1 ステータ振動子と電極配置

Fig.1(a)に本研究で提案するサンドウィッチ型円環状多自由度球面超音波モータのステータ振動子を示す。摩擦力増大のため，ロータとの接触面に球面加工を施している^[6]。Fig.1(b)にステータ振動子(SUS304)に貼り付けた圧電板(富士セラミックス，C213)の電極パターン図を示す。振動子外側の面に各振動モード駆動用に電極を5つに分割した厚さ0.5mmの圧電板が接着されている。円環振動子はこの電極パターンにより屈曲振動モード(B₂₁-mode)、径方向伸縮振動モード(R₁-mode)、非軸対称振動モード(((1,1))-mode)の3種類の振動モードが励振可能である。

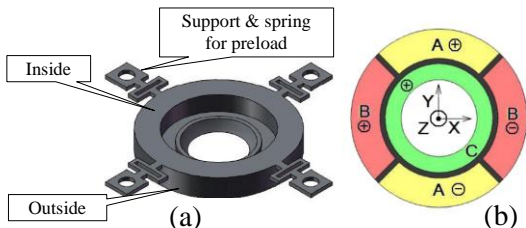


Fig.1(a) Construction of the stator, and (b) arrangement of electrodes of piezoelectric ceramic ring.

2.2 動作原理

Fig.2にモータの動作原理を示す。3種類の振動モードおよび直交する同形振動モードは独立に励起させることができ，これらの振動の組み合わせによって任意の回転方向を選択可能である。以下に駆動方法を述べる。

Table1 Combination of vibration modes.

Drive frequency	Frequency f ₁		Frequency f ₂
	X-axis	Y-axis	Z-axis
Electrode A	①	②	④+⑤
Electrode B	③	③	—
Vibration mode	①B ₂₁ -mode;②B ₂₁ '-mode;③R ₁ -mode;④((1,1))-mode;⑤((1,1))'-mode;		

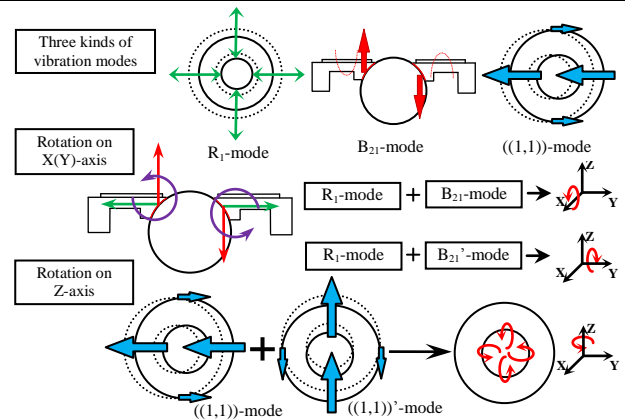


Fig.2 Operating principle of MDOF USM.

2.3 基本構成

モータの基本構成と固定装置の断面イラストを Fig.3 に示す。球状ロータを2つ円環振動子で挟み込んだ単純な構成である。支持部を単純化したことにより小型化が図られている。また，Z軸回転に面内振動を用いたため，従来型に用いられていた変位拡大機構が不要になり，小型化されている。

2つのステータ振動子は4本のボルトで組み合わされ，固定されている。また，これらのボルトと4つのバネによって，ロータの予圧力が均一になるように調整できる。

* Examination of composition combining of three kinds of in-plane and vertical vibration modes — Sandwich-type annular spherical ultrasonic motor (1st Report) — by LU, Bo, AOYAGI, Manabu (Muroran Institute of Technology), TAKANO, Takehiro (Tohoku Institute of Technology), TAMURA, Hideki (Yamagata University).

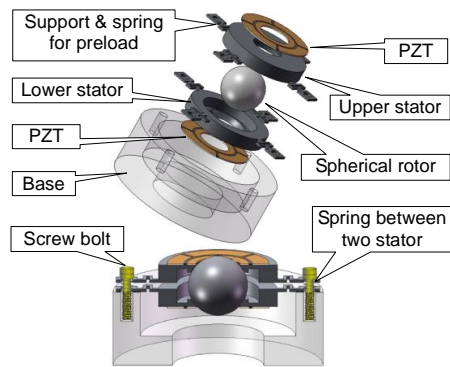


Fig.3 Component parts of sandwich structure.

3 測定結果

3.1 最大トルクの測定結果

試作したモータは駆動周波数 57.3kHz において、X,Y 軸回転では B_{21} , (B_{21})'-mode の入力電圧が $V_{B21} = 80[Vp-p]$ 以上、 R_1 -mode が $V_{R1} = 70[Vp-p]$ において、最大トルクは約 60[mNm]であった。駆動周波数 68.2kHz において、Z 軸回転では、最大トルクは印加電圧の増加に伴って増加した。印加電圧 130[Vp-p] の時、最大トルクは約 90[mNm]であった。

3.2 予圧方法の検討結果

3 種類の予圧方法を実験的に検討した。
 予圧方法①: 支持部のもつ弾性だけを利用;
 予圧方法②: Upper ステータ振動を押しよすようにバネを配置;
 予圧方法③: ステータ振動子間にバネを配置。

これら 3 つの予圧方法を用いて、印加電圧に対する X(Y)軸および Z 軸回転の最大トルクを測定した。Fig.4 には B_{21} , (B_{21})'-mode と R_1 -mode の両方に同じ電圧を印加した時の X(Y) 軸のトルク変化を示す。Fig.5 に ((1,1))-mode と ((1,1))'-mode の印加電圧に対する Z 軸のトルク変化の測定結果を示す。予圧方法③がもっとも安定であり、不要振動の影響が少なく良好な回転が得られた。

3.3 従来型との比較

Table2 に以前と今回の最大トルクの比較結果を示す。本提案のモータは小型でありながら、高トルクが発生できることが分かる。

Table2 Comparison of the torque and voltage.

MDOF-USM type	Present	Former
Diameter of stator [mm]	39.0	67.2
Diameter of rotor [mm]	20.0	25.4
Max torque: X(Y)-axis [mNm] (applied voltage[Vp-p])	58.04 (80)	93.30 (120)
Max torque: Z-axis[mNm] (applied voltage[Vp-p])	84.5 (140)	67.8 (220)

4 おわりに

サンドウィッチ型円環状多自由度球面超音波モータによるトルク合成によって高トルク化を試みた。3 軸方向のトルクの増加を確認した。また、モータの形状設計の自由度が向上した。今後、球面接触による高トルクかの効果を確認する。また更なる性能向上と位置決めへの応用を検討する。

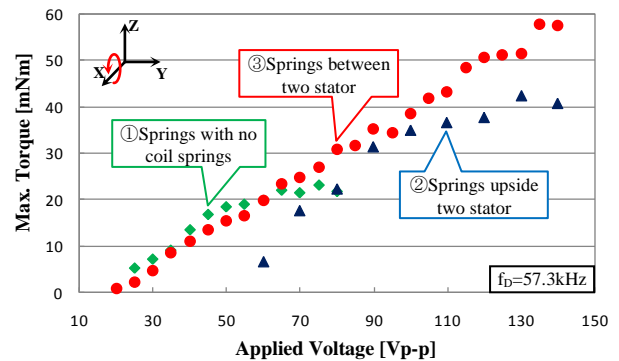


Fig.4 Max.torque & applied voltage on X(Y)-axis.

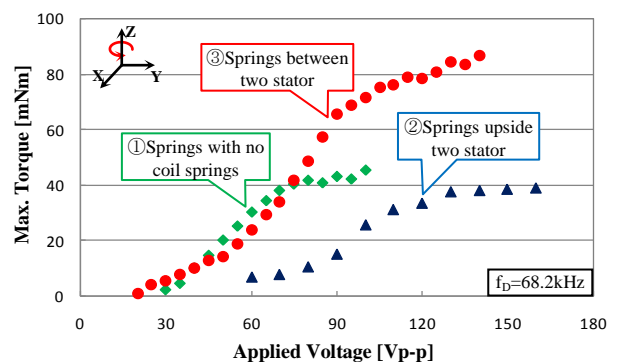


Fig.5 Max.torque & applied voltage on Z-axis.

参考文献

- [1] T.Amano, T.Ishii, K.Nakamura and S.Ueha: IEEE Ultrasonics Symp. PP.667-670, 1998.
- [2] C.-H.Yun, S.Niwano, J.R.Friend, K.Nakamura and S. Ueha: Jpn.J. Appl. Phys. 42, PP.3000-3001, 2003.
- [3] 高橋, 西村, 秋葉, 田村: 精密工学会講論(秋), PP.751-752, 2007.
- [4] M.Aoyagi, S.P.Beeby and N.M.White: IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq.Control 49, PP.151-158, 2002.
- [5] M.Aoyagi, T.Nakajima, Y.Tomikawa and T.Takano: Jpn, Jour. of Applied Physics, Vol.43, Part.1, No.513, PP.2884-2890, 2004.
- [6] 遠山, 深谷, 和田: 精密工学会誌, 66, PP.769-774, 2000.