

## 高速回転・高速応答特性の実験的試み = 超音波アクチュエータの予圧制御 (第2報) =

その他 (別言語等) のタイトル	Experimental trial of high-speed revolution and high-speed response characteristics.=Preload control of ultrasonic motor(The second report)=
著者	関 舞子, 青柳 学, 高野 剛浩, 富川 義朗, 田村 英樹
雑誌名	日本音響学会研究発表会講演論文集
巻	2008年春季
ページ	1351-1352
発行年	2008-03
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/1676">http://hdl.handle.net/10258/1676</a>

## 高速回転・高速応答特性の実験的試み = 超音波アクチュエータの予圧制御 (第2報) =

その他 (別言語等) のタイトル	Experimental trial of high-speed revolution and high-speed response characteristics.=Preload control of ultrasonic motor(The second report)=
著者	関 舞子, 青柳 学, 高野 剛浩, 富川 義朗, 田村 英樹
雑誌名	日本音響学会研究発表会講演論文集
巻	2008年春季
ページ	1351-1352
発行年	2008-03
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/1676">http://hdl.handle.net/10258/1676</a>

# 高速回転・高速応答特性の実験的試み ＝超音波アクチュエータの予圧制御（第2報）＝\*

○関 舞子, 青柳 学 (室蘭工大), 高野剛浩 (東北工大),  
富川義朗, 田村英樹 (山形大・工)

## 1 はじめに

超音波アクチュエータは予圧により、ロータの回転速度やトルクを変えることができる。予圧が大きい場合、高トルク、低速回転の特性が得られ、立ち上がり時間は短くなる。一方、予圧が小さい場合、低トルク、高速回転特性が得られ、立ち上がり時間は長くなる傾向がある。この特性から回転の立ち上がり時に予圧を大きくし、徐々に弱めると短い立ち上がり時間で高速回転できると考えられる。前報ではL字形小型超音波アクチュエータを用い、予圧制御方法として振動子の板バネをバイモルフ構造にすることで、予圧を変化させることを提案した<sup>[1]</sup>。しかし、明確な効果は得られなかった。本報告では積層圧電アクチュエータを用いた予圧制御を提案し、ロータの回転の立ち上がり時間を短縮させることを実験的に検討した結果を報告する。

## 2 MPA を用いた予圧制御の動作原理

積層圧電アクチュエータ(MPA)は、圧電縦効果を利用して電気エネルギーを変位や力などの機械的エネルギーに変換するセラミック素子である<sup>[2]</sup>。その発生力を利用してロータへの予圧を制御する。Fig.1 に試作した超音波アクチュエータの構成を示す。振動子の支持部に穴を設け、治具にネジ留めすることで安定な支持が得られている。挟み込みと比べると支持が安定している。

治具にはめ込まれている MPA の発生力を一点に集中させるために金属細棒を先端に取り付けている。治具を屈曲させやすいように一部にスリットを入れてヒンジを設けている。MPA に直流電圧を印加すると Fig.2 に示すように MPA が積層方向に伸び、治具のヒンジ

部を支点にして治具を屈曲させる。その結果、治具に取り付けられた振動子がロータ側に押し出され、この変位と力を利用してロータの予圧の制御を行う。

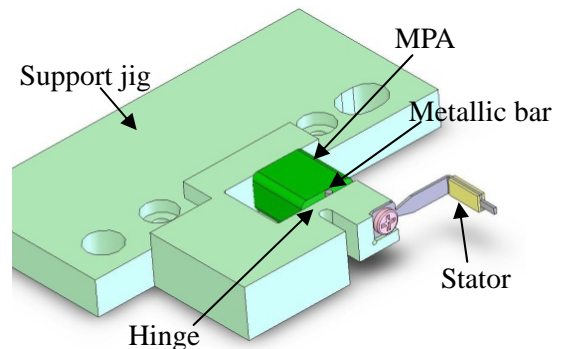


Fig.1 Construction of an L-shaped ultrasonic actuator with preload control MPA.

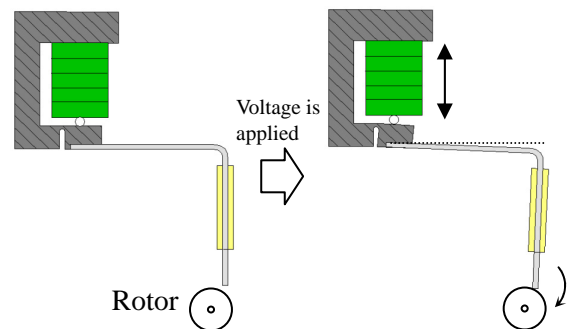


Fig.2 Operating principle of electrical preload control.

## 3 振動子先端に発生する力

MPA に直流電圧を印加し、電圧値を変えながら振動子先端に発生する力を電子天秤 (AND 製 GF-200) を用いて測定した結果を Fig.3 に示す電圧に比例した発生力が得られた。バイモルフ構造では印加電圧 70 V で 1.96 mN の発生力しか得られなかったので MPA を用いた予圧制御はより大きく予圧を変えることができた。

\* Experimental trial of high-speed revolution and high-speed response characteristics.=Preload control of ultrasonic motor(The second report)=, by SEKI, Maiko and AOYAGI, Manabu (Muroran Institute of Technology) and TAKANO, Takehiro(Touhoku Institute of Technology) and TOMIKAWA, Yoshiro and TAMURA, Hideki(Yamagata University)

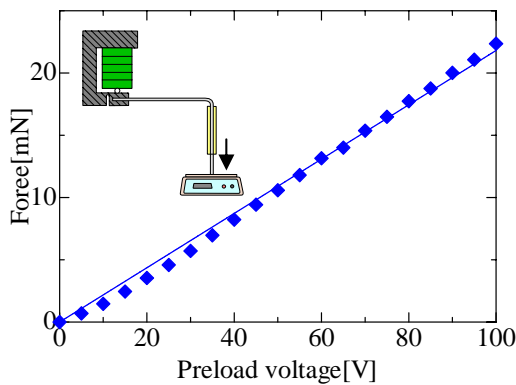


Fig.3 Force generated at the tip of stator vibrator as a function of MPA input voltage.

#### 4 立ち上がり特性

Fig.4 ロータ回転の立ち上がり特性を測定した結果を示す。最も回転速度の速い位置を予圧最小位置とし、MPAの印加電圧(予圧電圧  $V_f$ )を変えながら立ち上がり特性を測定した。 $V_f$ が小さい時は高速回転で立ち上がりが遅く、 $V_f$ が大きい時は低速回転で立ち上がりが早いことが確認できた。各  $V_f$  値の回転速度と立ち上がり時間を Fig.5 に示す。 $V_f$ を増す(予圧増)ごとに回転速度は減少し、立ち上がり時間は短くなった。しかし、約 80 V を超えると立ち上がり時間が長くなった。これは過度の予圧により接触時間が長くなり、発生トルクが低下したためと考えられる。したがって、予圧制御は 0~80 V (0~18 mN) の範囲が適切であると判断した。次に最高速度を維持したまま立ち上がり時間を短くできる  $V_f$  の加え方を検討した。様々な条件でシミュレーションした結果、Fig.6 に示すように駆動開始から 92 ms 後に  $V_f$  を 80 V から 0 V に急激に下げることが最も効果的であることがわかった。予圧制御を行わずに測定した回転立ち上がり特性と予圧制御を行った立ち上がり特性を比較した結果を Fig.7 に示す。高速回転を維持したまま 37.6% 早い立ち上がりを得られた。

#### 5 おわりに

予圧制御システムとして MPA を用いることにより、大きな発生力によりロータの予圧を十分に变化させることができた。アクチュエータを駆動して 92 ms 後に  $V_f$  を下げた時、立ち上がり時間が最も短く 110 ms であった。予圧制御なしの時に比べて 37.6% 早くなった。今後、モデル化し、理論的な検討が必要である。

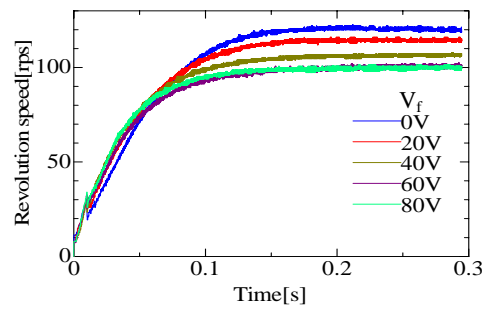


Fig.4 Rise time characteristics as a function of preload voltage  $V_f$ .

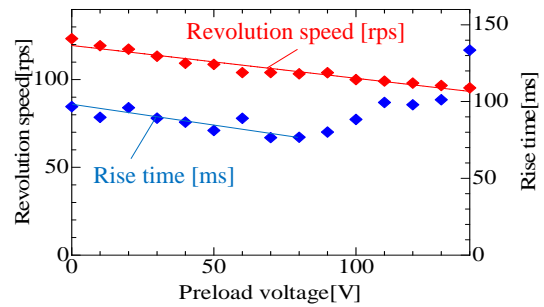


Fig.5 Revolution speed and rise time as a function of preload voltage  $V_f$ .

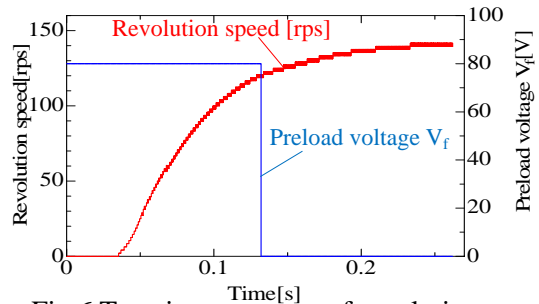


Fig.6 Transient response of revolution speed and preload voltage  $V_f$  for preload control.

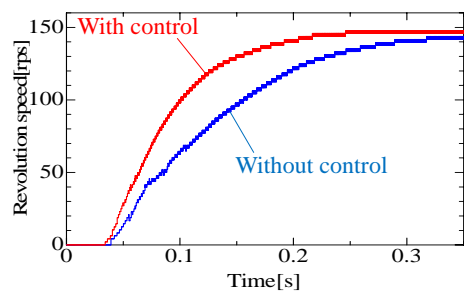


Fig.7 Comparison of transient response of revolution speed by presence of preload control.

#### 謝辞

本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金特定領域研究(438)による補助のもとで行われた。

#### 参考文献

- [1] 関, 川嶋, 青柳, 石黒, 音講論(春), 1-6-16, pp.1031-1032, 2007.
- [2] “AE シリーズ”, NEC/TOKIN, [https://www.elisasp.net/nec-tokin/webshop/pdf/seki\\_K.pdf](https://www.elisasp.net/nec-tokin/webshop/pdf/seki_K.pdf)