

電磁-圧電ハイブリットアクチュエータシステムの研究(1)

その他(別言語等)のタイトル	Study on electromagnetic and piezoelectric hybrid actuator system
著者	桶谷 涼太, 秋庭 啓次郎, 青柳 学, 田村 英樹, 高野 剛浩
雑誌名	日本ロボット学会学術講演会予稿集
巻	28
ページ	RSJ2010AC301-1(1)-RSJ2010AC301-1(2)
発行年	2010-09
URL	http://hdl.handle.net/10258/1646

電磁-圧電ハイブリットアクチュエータシステムの研究(1)

その他(別言語等)のタイトル	Study on electromagnetic and piezoelectric hybrid actuator system
著者	桶谷 涼太, 秋庭 啓次郎, 青柳 学, 田村 英樹, 高野 剛浩
雑誌名	日本ロボット学会学術講演会予稿集
巻	28
ページ	RSJ2010AC301-1(1)-RSJ2010AC301-1(2)
発行年	2010-09
URL	http://hdl.handle.net/10258/1646

電磁-圧電ハイブリットアクチュエータシステムの研究 (1)

○桶谷涼太, 秋庭啓次郎, 青柳学(室蘭工業大学)

田村英樹 高野剛浩 (東北工業大学)

Study on electromagnetic and piezoelectric hybrid actuator system

*Ryota OKEYA, Keijiro AKIBA, Manabu AOYAGI, Muroran Institute of Technology,
Hideki TAMURA, Takehiro TAKANO, Tohoku institute of Technology

Abstract — An ordinal force-feedback device mainly employs an electromagnetic motor(EMM), and it is excellent in the expression of a soft feeling. However, it is not easy to express the sense of hardness and roughness. An actuator system(AS) using multilayered piezoelectric actuators has a characteristic contrary to AS using EMM. The objective of this study is the development of ideal actuator system for a hepatic display. In this paper, a hybrid actuator system combining an EMM with a piezoelectric motor was proposed and examined. As one of results, a rise-time of revolution can be shortened by assisting with the ultrasonic motor when an EMM drives in this system.

Key Words: haptics, hybrid, force-feedback, piezoelectric actuator, ultrasonic motor, piezo-clutch

1. はじめに

触覚・力覚ディスプレイは、工業デザイン、手術トレーニング、アミューズメントなどへの幅広い応用が期待されている^{[1][2]}。力覚デバイスには仮想物体に触れていない時は外部から自由に動かせ、触れた際には仮想物体の柔らかさ、硬さなどの弾性率の違いを表現するよう反力を制御できるアクチュエータが必要である。また、仮想物体を長時間に渡り把持または拘束する状況も考えられる。現在、市販されている主な力覚デバイスは制御性に優れるコアレスDCモータが用いられ、ほとんどの状態を表現できるが^[1]、「硬さ」や「粗さ」などの感触をリアルに表現するには応答性の向上や、保持力の増大が必要である。しかし、DCモータは電機子電流の高速な立ち上がり、拘束電流の大きさ、時間の制限により、更なる高速化や高トルク化は容易ではない。

筆者らは、積層圧電アクチュエータ(MPA)を用いた高速圧電クラッチ/ブレーキと超音波モータを用いたアクチュエータシステム(AS)を試作し、高速な反力発生、大きな保持力の発生を実現し、リアルな「硬さ」「粗さ」の表現を実現している^{[3][4]}。しかし、モータとは逆に柔らかい感触の再現は容易ではなかった。

本研究の目的は、力覚提示に理想的なASの実現である。つまり、(1) 即応性、(2) 高速な起動と停止、(3) 無給電で保持、(4) トルクフリー状態、を有することである。具体的な実現方法として、電磁モータ(EMM)と圧電/超音波モータ(USM)を組み合わせ、幅広い範囲の感触を表現可能とするハイブリッドASを開発することである。本報告ではハイブリッド構成と試作特性について述べる。

2. 構成及び動作原理

Fig.1 に試作したハイブリッド AS の構成を示す。この装置は電磁モータ部(コアレス DC モータ)、

超音波モータ(USM)部、変位拡大機構を用いた圧電クラッチ部で構成されている。

(a) 推力発生用超音波モータ(USM)

Fig.1 に示すように2つのMPAを変位拡大機構の上に直交するように配置する。それぞれのMPAに位相の異なる正弦波を印加することで、先端に楕円変位を発生させる。USM部の先端がロータに接触することで、摩擦によってロータを回転させる。

(b) 予圧制御用圧電クラッチ(Piezo-clutch)

通常、USM部の先端はロータに予圧されている。直線状に配置したMPAに直流電圧を印加して伸ばすことにより、変位拡大機構が両側に押し広げられる。USM先端部での静的変位は拡大され、先端がロータから離れ、クラッチ動作を行う。

(c) 電磁モータ(Coreless DC motor)

界磁に永久磁石を用いたコアレス DC モータを用いる。無鉄心より慣性モーメントが小さい。

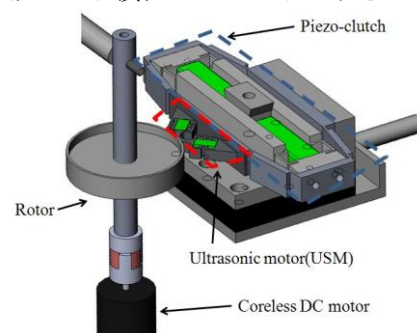


Fig.1 Construction of hybrid actuator system.

3. 回転速度特性

Fig.2 に示すようにロータと同軸上にロータリーエンコーダを取り付け、USM部の先端をロータに押し当て、予圧を加える。このとき、USM部のMPAに印加する電圧を変化させたときの回転速度特性例をFig.3 に示す。10V_{p-p}から印加電圧に対して回転速度が直線的に変化している。

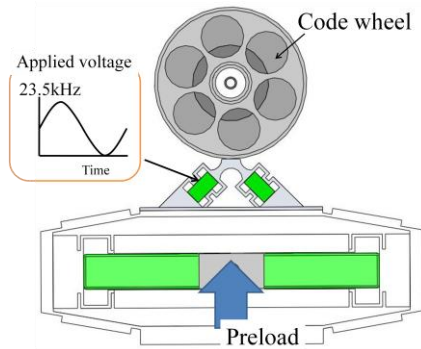


Fig.2 Measurement of revolution speed.

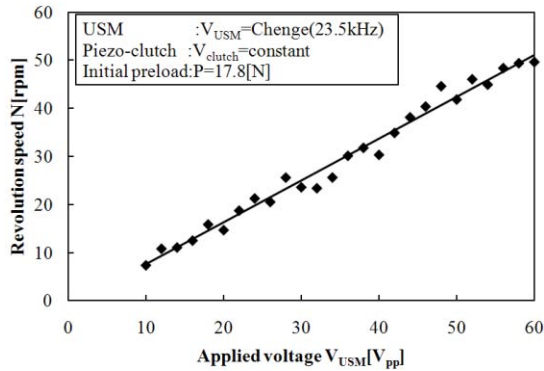


Fig.3 Revolution speed vs. voltage applied to MPAs of USM.

4. トルク特性

ひずみゲージを張り付けたシャフトを回転しないよう固定する。このとき、アクチュエータを駆動させ、ひずみゲージからの出力からトルク特性を求めた。測定の結果を Fig.4 に示す。ばらつきはあるものの印加電圧に対してトルクが増加している。

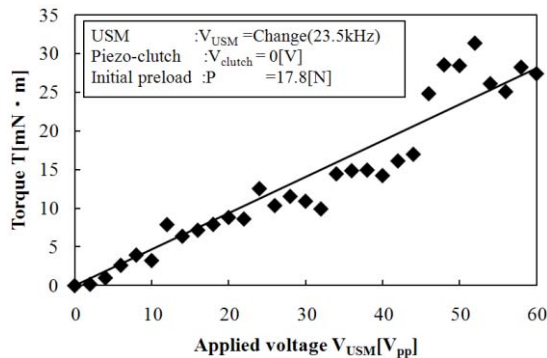


Fig.4 Torque vs. voltage applied to MPAs of USM.

5. ハイブリット駆動

5.1 実験方法

電磁モータと超音波モータのハイブリット駆動方法を Fig.5 に示す。まず、電磁モータ・超音波モータを同時に駆動する。回転速度が設定値に達したときクラッチにより超音波モータを切り離し、以降は電磁モータのみで駆動した。回転速度の測定およびクラッチオフのタイミングは、MATLAB/Simulink を用いて制御をおこなった。

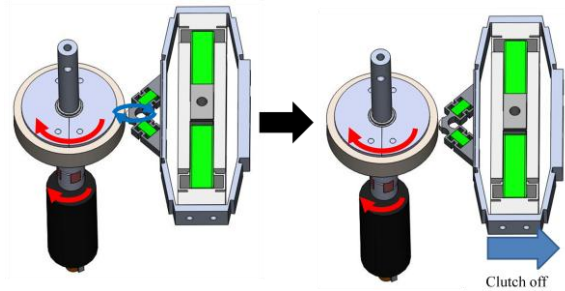


Fig.5 Method of operating hybrid drive.

5.2 実験結果

今回、超音波モータを切り離す回転速度を 25[rpm] と設定し実験を行った結果を Fig.6 に示す。電磁モータ単独で駆動するときと比較して、超音波モータと併用して駆動した場合には、立ち上がり時間がおおよそ 20%短縮した。モータは立ち上がり時に USM のアシストを受けて、ほぼ USM の特性で立ち上がった。

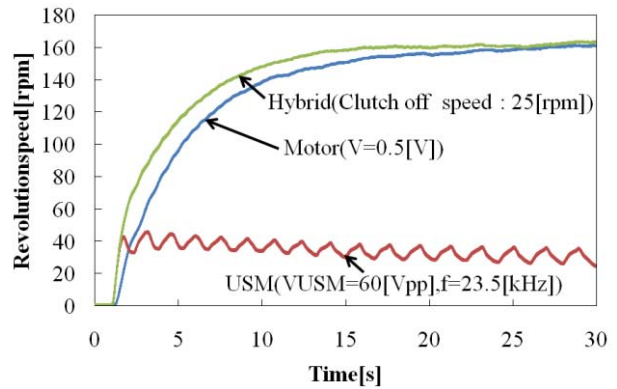


Fig.6 Transient responses of revolution speed.

6. まとめ

電磁モータと超音波モータを組み合わせたハイブリッド AS を考案・作製し、USM の回転特性および電磁モータ単体とハイブリット駆動との立ち上がり特性の比較を行った。ハイブリット駆動を行うことで立ち上がり時間を短縮することが可能であった。今後は力覚提示における電磁モータ、超音波モータ、圧電クラッチの適した制御方法を検討する。

参考文献

- [1] <http://www.sensable.com/>
- [2] S.Tachi, K.Komoriya, K.Sawada, T.Nishiyama, T.Itoko, M.Kobayashi, and K.Inoue, "Telexistence cockpit for humanoid robot control," Advanced Robotics, vol.17, pp.199-217, 2003.
- [3] M.Aoyagi, T.Tomikawa, T.Takano, "A Novel Ultrasonic Motor with a Built-in Clutch Mechanism for a Force-feed-back Actuator," 2004 IEEE Ultrasonics Symposium, p.2239, 2004
- [4] T.Takemura, M.Aoyagi, T.Takano, H.Tamura, and Y.Tomikawa, "Hybrid Ultrasonic Actuator for Force-Feed-back Interface," Japanese Journal of Applied Physics, Vol.47, No.5 2008, pp. 4265-4270.