



室蘭工業大学

学術資源アーカイブ

Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive



## 電磁-圧電ハイブリットアクチュエータシステムの研究 (2)

メタデータ	言語: jpn 出版者: 日本ロボット学会 公開日: 2012-09-13 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 桶谷, 涼太, 青柳, 学, 高野, 剛浩, 田村, 英樹 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/1648">http://hdl.handle.net/10258/1648</a>

## 電磁-圧電ハイブリットアクチュエータシステムの研究(2)

著者	桶谷 涼太, 青柳 学, 高野 剛浩, 田村 英樹
雑誌名	日本ロボット学会学術講演会予稿集
巻	29
ページ	RSJ2011AC3K1-3(1)-RSJ2011AC3K1-3(2)
発行年	2011-09
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/1648">http://hdl.handle.net/10258/1648</a>

# 電磁-圧電ハイブリットアクチュエータシステムの研究 (2)

○桶谷 涼太 (室工大)      青柳 学 (室工大)  
高野 剛浩 (東北工大)      田村 英樹 (東北工大)

## 1. はじめに

宇宙などの極限環境などで作業における遠隔操作ロボットの必要性が高まっている。ロボットを遠隔操作する上で視覚情報とともに力覚情報があることにより、操作性の向上が期待できる。

現在、開発されている力覚ディスプレイは主に、DCモータを使用しており、弾性的感触の再現には優れているが[1]、硬い感触の表現は十分ではない。一方、高速動作が可能な超音波/圧電アクチュエータを用いた超音波アクチュエータシステム (AS) は、硬い感触をリアルに表現可能だが、柔らかい感触の再現は容易ではなかった[2][3]。

本研究の目的は、力覚提示に理想的なAS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トASを開発した[4]。本報告では、試作したハイブリットASを用いて力覚提示実験を行い、再現度などを評価した結果について報告する。

## 2. 構成および動作原理

図1に試作したハイブリットASの構成を示す。この装置は電磁モータ (EMM) 部、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

図2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の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。高速応答性に優れ、自己保持力を有し、無給電で保持できる特徴を持つ。

### B 予圧制御用圧電クラッチ/ブレーキ

通常、USM部の先端はロータに予圧されている。MPAに直流電圧を印加することでMPAが伸び、変位拡大機構が両側に押し広げられる。その結果、拡大された変位により先端がロータから分離する。USM非駆動時にはブレーキとして動作する。MPAの高速応答により、接触・分離が高速に行われる。

### C 電磁モータ (EMM)

永久磁石型コアレスモータを用いる。無鉄心により慣性モーメントが小さい。

## 3. 力覚提示システム

力覚提示システムの概要を図4示す。本システムではユーザーがレバーを操作することで、一軸上で仮想物体からの感触を感じることができる。デバイスに取り付けたロータリエンコーダにより回転角度を測定し、ひずみゲージの出力から反力を測定する。これらの測定値をもとにPC上の制御プログラム (MATLAB/Simulink) により、圧電クラッチ等に印加する電圧を制御し、力覚を表現する。また、ディスプレイ上に、設定した仮想物体を表示し、レバー操作と連動させた。

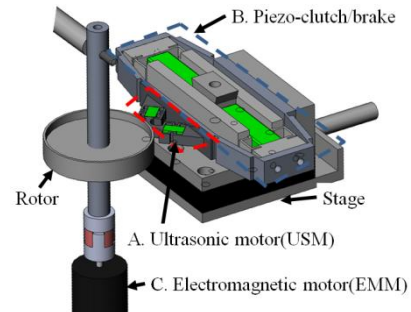


図1 ハイブリットアクチュエータシステム

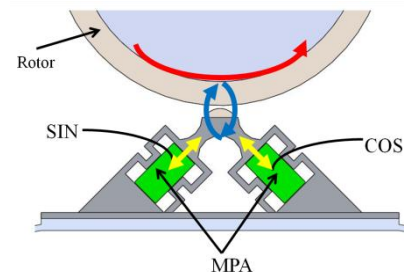


図2 USM動作原理

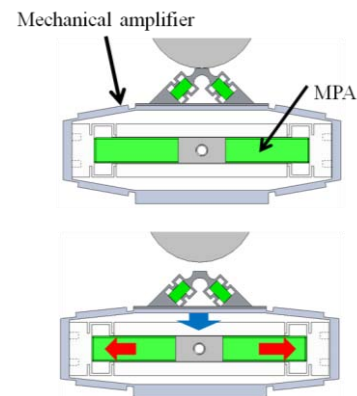


図3 圧電クラッチ/ブレーキ動作原理

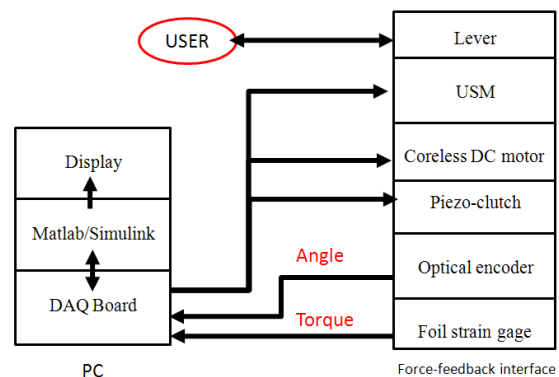


図4 力覚提示システム概要

4. 力覚提示実験

4-1.実験方法

試作した力覚提示システムを用いて力覚提示実験を行った。実験では、視覚情報がない状態での力覚の識別およびディスプレイ上に仮想物体を表示した状態で、力覚を提示し、再現度の評価を行った。被験者は、20歳代から30歳代までの男性11名で行った。本実験で提示した感触およびアクチュエータの組み合わせを表1に示す。

表1 力覚提示でのアクチュエータの組合せ

	Haptic	USM	EMM	Brake
A	Wall			○
B	Block + Friction			○
C	Asperities			○
D	Spring	○		(Clutch/Brake)
			○	○

4-2 感触のみによる力覚識別

被験者に、ランダムに図5に示すような力覚をランダムに提示し、提示された感触を識別する実験を行った。今回の実験で提示した力覚の順番はブロック移動→バネ→壁→突起である。またバネについては、USMを使用した場合のみとした。

実験の結果を図6に示す。全問正解は6人/11人中であった。項目別には突起が全員正解であり、ほか3つの正解率も70%以上であった。突起とその他で正解率に違いが出た原因として、操作量過剰または不足により感触の誤認があったものと考えられる。また突起の正解率が高い要因としては、突起に当たる→離れるという感触を繰り返すイメージが分かりやすいためだと考えられる。

4-3 視覚情報を含めての再現度の評価

4-2で提示した力覚に対応した画像をディスプレイに表示した状態で再度力覚提示し、被験者にその再現度を5段階(5:とてもよく再現できている~1:まったく再現されていない)で評価した。再現度評価の平均値を表2に示す。なお、バネについては、USMとともにEMMで提示した場合についても評価した。

評価の結果、いずれの感触についても4以上の高評価を得た。その中でも『壁』の感触が最も評価が高かった。

突起の評価が正答率に対してそれほど高くなかった原因として、ブレーキ力を低めに設定していたため、ディスプレイから得られる情報と感触との不一致があったためだと考えられる。また、バネの感触についてはUSMの評価が低かった。これは、ロータとUSM先端の摩擦による不均一な感触などが原因と考えられる。

5. まとめ

試作した力覚提示システムを用いて、力覚提示実験を行った。実験の結果、視覚情報の有無に関わらず力覚の識別が可能であることを確認した。

今後の課題として、装置の高トルク化、安定化、他自由度化や力覚のプロファイリングを行い、その結果との比較およびプロファイルデータに基づき力覚の制御法の検討を行う。

謝辞

本研究は日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(B)(21360106)によるものである。

参考文献

[1] <http://www.sensable.com/>  
 [2] 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  
 [3] T.Takemura, M.Aoyagi, T.Takano, H.Tamura, and Y.Tomikawa, "Hybrid Ultrasonic Actuator for Force-Feedback Interface," Japanese Journal of Applied Physics, Vol.47, No.5 2008, pp. 4265-4270.  
 [4] 桶谷涼太, 青柳学, 高野剛浩, 田村英樹: "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)", 第28回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, 3O1-1, 2010.

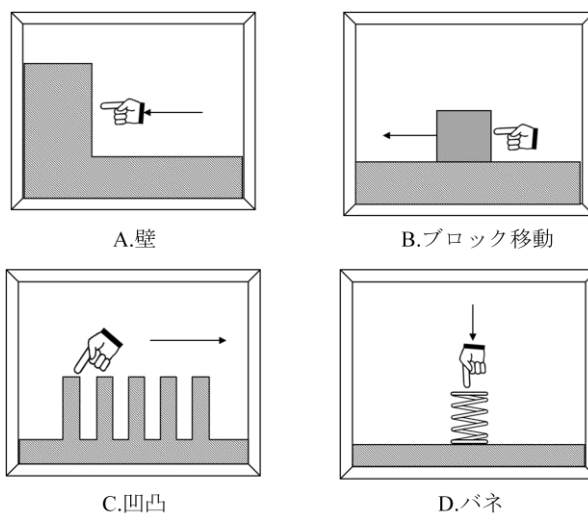


図5 力覚識別実験

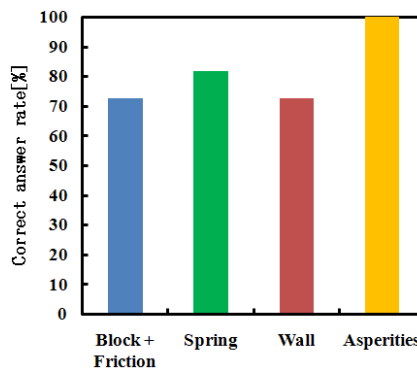


図6 力覚別の正答率

表2 力覚提示の再現度評価

Wall	Block + Friction	Asperities	Spring	
			USM	EMM
4.6	4.2	4.3	4.0	4.2