

視覚ディスプレイ上で利用する 光駆動型柔軟触覚インタフェースの提案

A proposal for a light driven HairlyTop Interface

大出慶晴, 川口紘樹, 野嶋琢也

Yoshiharu Ouide, Hiroki Kawaguchi and Takuya Nojima

電気通信大学 大学院情報システム学研究所

(〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, y.ohide@vogue.is.uec.ac.jp)

Abstract: Many research have been conducted on surface reappearance type haptic displays. Those displays are cable with showing roughness of the objects' surface often by controlling the height of many rods. However, actuation systems are complex then it is hard for them to expand the display area. In this research, we propose a new surface reappearance type haptic display named "HairlyTop Interface". That interface is consists of multiple SMA based flexible actuators. The actuators are easily append or remove from the main display device. In this report, we introduce the basic idea of the HairlyTop Interface. Then we also describe on preliminary evaluations and their results.

Key Words: Surface display, Haptic, Tabletop, flexible actuator

1. はじめに

人は手で物体に触り、その表面に存在する凹凸を感じ取ることによって、物体表面のテクスチャや形状に関する情報を知覚することができる。両者のうち比較的大きな凹凸により決定されるものが形状であり、特に形状の再現を目的とした触覚提示装置(環境再現型触覚提示装置)が多数開発されてきた[2][3]。その多くは垂直に運動可能なロッドを多数配置し、適切なアクチュエータでロッドの上下運動を制御することで、その表面形状の概略、あるいは物体表面の運動の再現が可能となっている。しかしながら従来の環境再現型触覚提示装置は、一般にアクチュエータの小型化・ロッドの高密度化が難しく、提示領域が拡大すると、システムの複雑さが急激に増大するという問題があった。例えば環境再現型提示装置を個人用として利用する場合、それ程広い提示面積は必要とされないと考えられる。しかし複数人で提示領域を共有するといった状況を考えた場合、より広い提示領域が求められることは想像に難くない。また、環境再現型触覚提示装置のユーザは、凹凸が再現された状態を見たり触ったりすることで、その状態を把握することとなる。この時、環境再現型触覚提示装置に対するユーザの接触が検出できることが望ましい。そこで本研究では、提示領域の拡大・縮小が容易に可能であり、かつその接触が検出可能な、拡張性の高い環境再現型触覚提示装置、HairlyTop Interface を提案する。HairlyTop Interface は SMA(Shape Memory Alloy)を用いた柔軟アクチュエータを

基本構成要素としており、この起伏の程度を制御することで、表面の凹凸の再現を目指すものである。本報告では提案する装置の動作原理について詳細を述べた後、実際に制作したプロトタイプについて紹介する。そして簡単な特性評価実験を通じて、妥当性を検証する。

2. 関連研究

環境再現型触覚提示装置としては、例えば Iwata らによる FEELEX があげられる[2]。FEELEX では多数のサーボモータを利用して、垂直方向に駆動するロッドの上下運動を制御することで、表面の凹凸やその変化を表現している。また、Nakatani らは SMA をアクチュエータとしてロッドの上下運動を制御する、PopUp を提案している[3]。同様に、Leithinger らは、ベルト駆動の直動アクチュエータを利用した 2.5 次元形状ディスプレイ Relief を提案している[4]。このように多くの環境再現型触覚提示装置が提案されており、その仕様も様々である。しかし共通の課題として、駆動部の機構上の制約により大面積化の難しさがあ、さらに一部のものについては、触覚提示装置に対する接触検出機能が実装されていないという問題がある。

物体表面の凹凸ではなく、動きの分布に特に着目したディスプレイも開発されている。例えば Super Cilia Skin[4] は風になびく草原に見立てたデザインとなっており、表面がアレイ状に並べられた柔軟素材で覆われている。それらは磁力アクチュエータにより動作し、それぞれの回転姿勢

が変化する。Sprout I/O[6]はフェルトのような柔軟素材に SMA を組み合わせて、2 方向の姿勢制御を行うものである。また、plant[7]は SMA を用いた物理的なディスプレイ装置 Shape Memory Alloy Motion Display(SMD)であり、手をかざした時に構成要素である SMA が曲がる動作によって装置全体で「ざわめく」表現を行うものである。これらは柔軟素材を用いたインタフェースである点や、手で触れる、または手をかざすといった動作に対して動的なインタラクションを返す点で本研究と共通する。しかし、これらは制御のための個々の配線が必要であるため、個々の提示要素の個数や配置を自由に変更することは困難である。

Fur-Fly[1]は多数の毛状デバイスにより構成されるものであり、個々の毛を複雑に動かす機構を有している。また、映像と組み合わせた触覚のインタラクションを実現している。しかしながら他の例と同様に、駆動部の機構が複雑であり、駆動要素の追加や配置変更の自由度はない。

そこで本研究では、駆動要素の追加や配置変更を自由に行う事ができ、かつ駆動要素に対する接触の検出が可能な環境再現型触覚提示装置の開発を目指す。

3. HairlyTop Interface の試作

駆動要素の追加や配置変更を自由に行う事ができ、かつ駆動要素に対する接触の検出が可能な環境再現型触覚提示装置として、本研究では HairlyTop Interface を提案する。ここではまず、HairlyTop Interface の基本構造および制御方法について紹介する。

3.1 光駆動方式による柔軟アクチュエータの屈曲制御

HairlyTop Interface は、図 1に示すような、多数の SMA(Shape Memory Alloy)からなる柔軟アクチュエータを利用した環境再現型触覚提示装置である。各柔軟アクチュエータは SMA と、その筐体部に駆動用の回路を有する構造となっている。SMA は駆動用回路からの信号に基づいて、自身の屈曲の程度が制御される。各柔軟アクチュエータは互いに独立であり、電源以外には接続要素を必要としないという特徴を有する。そのため、柔軟アクチュエータを必要に応じて追加する、あるいは取り除くといったことがきわめて容易に実現可能となっている。

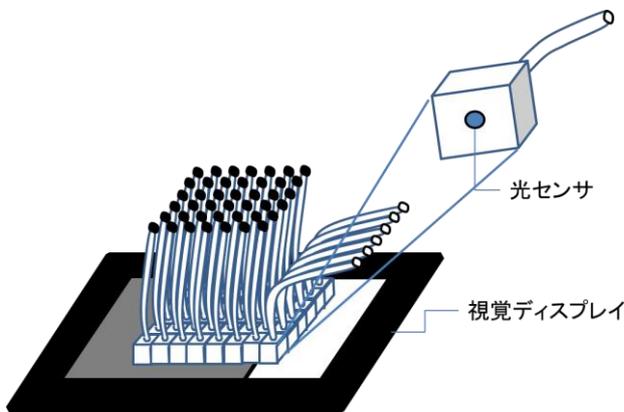


図 1 HairlyTop Interface の概念図

図 2は単一の柔軟アクチュエータ構造を示した模式図である。図上部の太い点線で示された部分が SMA であり、通電することによって発熱し、屈曲することとなる。通電の状態は、柔軟アクチュエータ筐体部にある駆動回路にて制御される。駆動回路の最下部には、下方を向いたフォトトランジスタが配置されている。このフォトトランジスタに対して入射される光の量によって、フォトトランジスタのベース電流が変化し、それをトランジスタの増幅回路で増幅して SMA に流している。そして柔軟アクチュエータは図 1に示すように、自発光式の映像表示装置の上に配置されている。つまり映像表示装置上の映像輝度を変化させる事によって、柔軟アクチュエータ筐体部の光センサに入射する光量を制御し、それによって SMA の屈曲の程度を制御する、という流れになっている。この駆動方式を本研究では光駆動方式と呼ぶものとする。柔軟アクチュエータ同士は独立性が高いことに加えて、その制御は各アクチュエータ下部からの光の量によって行われる。そのため柔軟アクチュエータに対して電源のみ供給することができれば、柔軟アクチュエータを追加、あるいは取り除くことはきわめて簡単に実行可能となっている。実際に試作した柔軟アクチュエータを図 3に示す。

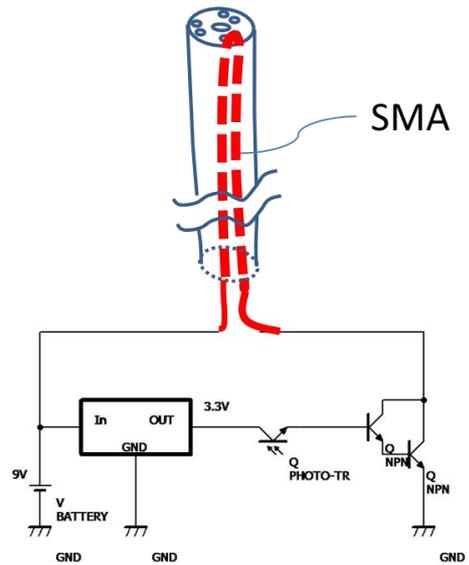


図 2 柔軟アクチュエータの構造模式図

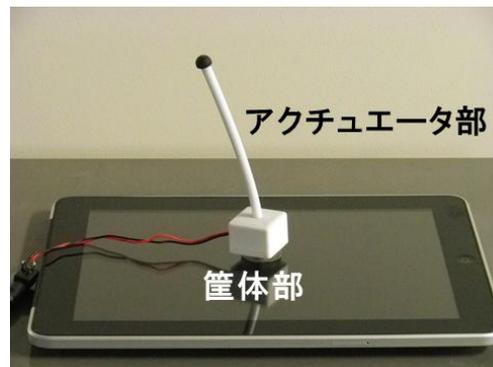


図 3 試作した柔軟アクチュエータ

3.2 柔軟アクチュエータの接触検出機能

本研究で開発する装置に対しては、は駆動要素に対する接触の検出が可能であることが求められる。この問題に対して我々は、静電容量型タッチパネルの接触検出機能を活用することとした。

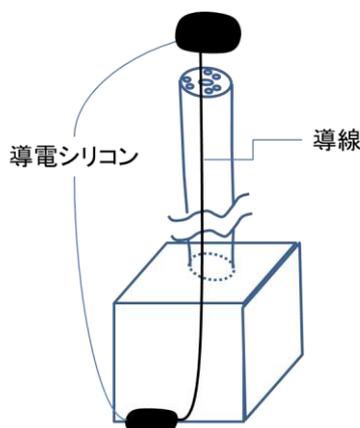


図 4 接触検出のための構造

具体的にはまず図 4に示すように、柔軟アクチュエータの上部に導電シリコンを配置する。そして上部の導電シリコンから導線を用いて、筐体下部に配置した別の導電シリコンと接続させる。これにより、人が上部の導電シリコンへ接触したときに、その接触が筐体下部の導電シリコンを通じて、静電容量タッチパネルの接触反応を引き起こすことが可能となる。これによって、どの部位で接触が起きたかを容易に判定することが可能となる。実際に接触判定を行っている様子を図 5に示す。



図 5 導電体を通じた接触判定の様子

接触判定の機能を確認するにあたり、静電容量液晶タッチパネルを利用し、タップされると画面が黒から白に変化するアプリケーションを用意した。そして図 5左は画面が黒い状態であり、柔軟アクチュエータ上部の導電シリコンに対して接触する直前の状態を示している。図 5右は接触した後の状態を示しており、柔軟アクチュエータ上部の導電体への接触が、静電容量液晶タッチパネル側に伝わり、タップとして認識され、画面が黒から白に変化した様子が示されている。また、画面が白くなったことで、柔軟アクチュエータ筐体部に入射される光量が増大し、SMA部分が屈曲している様子がうかがわれる。このことから、提案の機構によって、柔軟アクチュエータ上部への接触認識が可能であることが確認された。

4. 屈曲性能評価実験

本章では、今回提案した柔軟アクチュエータについて、その屈曲能力の評価を行う。まず静電容量液晶タッチパネルとして Apple 社の iPad を利用した。iPad 上で表示する映像を変えることで画面全体の輝度を変化させ、その輝度によって変化する柔軟アクチュエータの屈曲の程度を測定した。結果を図 6に示す。図 6の横軸は画面輝度 $[cd/m^2]$ であり、縦軸は屈曲量である。屈曲量は、直立している状態を 0 とし、その状態での先端の高さと、屈曲時の先端の高さの差分と定義した。数値が大きいほどにより大きく曲がっている状態を意味する。図 6より、輝度が増大するにつれて、屈曲量も増大していることがわかる。

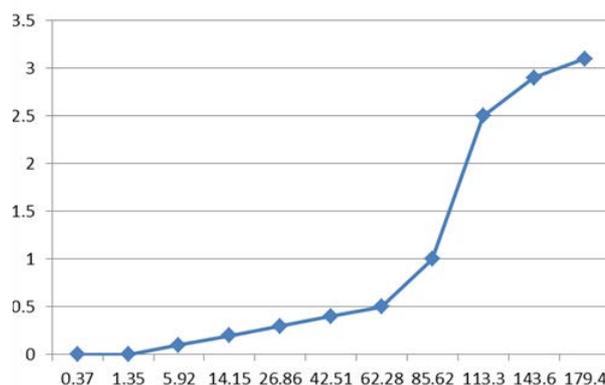


図 6 画面輝度に対する屈曲量変化

実際に画面輝度によって屈曲状態が変化している様子を図 7～図 9に示す。輝度が増加するにつれて屈曲の度合いが大きくなっている様子がわかる。

5. おわりに

本報告では、提示領域の拡大・縮小が容易に可能であり、かつその接触が検出可能な、拡張性の高い環境再現型触覚提示装置である HairlyTop Interface について、その提案を行った。そして提案に基づいて試作を行い、その動作の妥当性を検証した。今後は動原理に基づく柔軟アクチュエータを多数製作し、凹凸表現の性能などについて評価を行っていく。

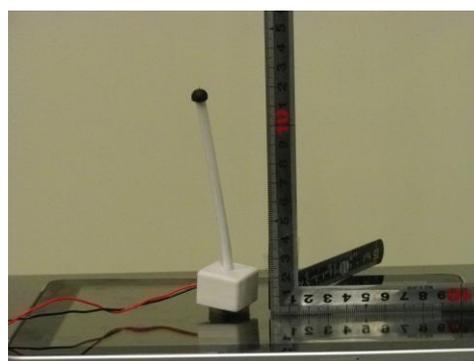


図 7 輝度 $0.37[cd/m^2]$ の状態での屈曲状況

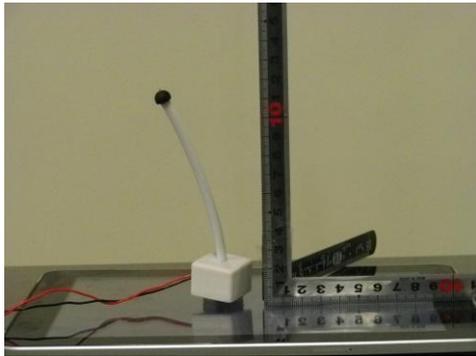


図 8 輝度 $62.28[\text{cd}/\text{m}^2]$ の状態での屈曲状況

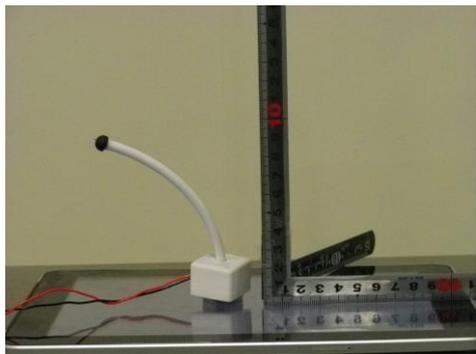


図 9 輝度 $179.4[\text{cd}/\text{m}^2]$ の状態での屈曲状況

参考文献

- [1] 串山 久美子, 笹田 晋司. Fur-Fly : 生物感覚を提示する毛状視触覚ディスプレイ, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, Vol.15, No.3, 2010.
- [2] H. Iwata, H. Yano, F. Nakaizumi, and R.Kawamura: "Project FEELEX: Adding Haptic Surface to Graphics," SIGGRAPH 2001 Conference Proceedings, pp. 469-475, 2001.
- [3] M. Nakatani, H. Kajimoto, D. Sekiguohi, N. Kawakami, S. Taohi, "3D Form Display with Shape Memory Alloy," in Proc. of 13th International Conference on Artificial reality and Telexistence (ICAT), Tokyo, pp. 179-184, 2003.
- [4] Daniel Leithinger, David Lakatos, Anthony DeVincenzi, Matthew Blackshaw, Hiroshi Ishii, "Direct and Gestural Interaction with Relief: A 2.5D Shape Display", Proceedings of the 24th annual ACM symposium on User interface software and technology(UIST),pp.541-548,2011
- [5] Raffle, H. et al. Super Cilia Skin: An Interactive Membrane. In the Extended Proceedings of CHI, 2003.
- [6] M. Coelho, P. Maes. Sprout I/O: A Texturally Rich Interface. Tangible and Embedded Interaction, pp. 221-222, 2008
- [7] 中安 翌, 富松 潔. plant : Shape Memory Alloy Motion Display による葉群のざわめきの表現, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, Vol.15, No.3, 2010.