

接触感の提示と形状の再構成が可能なピンアレイ機構

大谷 孟宏^{†1,a)} 齊藤 典子^{†1} 木村 信人^{†1} 中田 駿^{†1} 高橋 太郎^{†1} 佐藤 俊樹^{†2}

概要：従来のディスプレイの表面は硬く平面であり、タッチ操作時に押ボタンスイッチを押した時に得られる「押し心地」を提示することは困難であった。また電気刺激や振動による触覚提示手法では表現できる触覚フィードバックの種類に限界があり、現実感のある触り心地を提示することも困難であった。一方で我々の身の回りに実際にある物体を利用することで、直接的に触覚特性をディスプレイに付与する手法もある。そこで本研究では、利用する物体の上部にピンを配置して物体の持つ実際の触覚特性を間接的に得られる、かつディスプレイを様々な形状に変化させることが可能な、ピンアレイ機構を提案する。

1. はじめに

従来、ディスプレイの表面は「硬く」、「平面的」であるため、タッチや押下操作時に、物理的な押ボタンスイッチを押下した時のような押下感を提示することは困難であった。

この問題を解決する手法として、ディスプレイ上に電気的な刺激 [1] や振動などを用いて触覚フィードバックを作り出す試みも行われてきた。しかし、疑似的な触覚提示手法では再現可能な触覚フィードバックの種類に限られ、実在の物体に触れた時のような現実感のある触り心地を提示することも困難であった。

一方で、様々な物や材質・物体・機構等が持つ触覚的な特性をディスプレイに付与することで様々な触覚フィードバックを生み出す直接的な手法もある。一つに、例えばディスプレイの表面を様々な硬度を持つ弾性体でコーティングしたり、ディスプレイ表面に布を被せたりすることで、タッチ操作時に「ただ硬い」だけでなく、それらの材質の持つ様々な触覚フィードバックを返す手法が挙げられる。また、例えば砂や水面、手の平・腕などの人体や、身の回りの道具等の表面に直接映像を投影し、ディスプレイとして用いる手法もある。この場合、深度カメラなどを用いることで、直接指で触れたことを検出することも可能であり、様々な形状・触り心地を有する物体の表面を、そのままタッチスクリーン化することが可能になる [2]。さらに、ディスプレイにバネや直動アクチュエータ等の機構を内蔵することで、ディスプレイ表面を機械的に動かし触覚・力覚フィードバックを返す手法もある。これらの手法は、様々な種類の触覚フィードバックを作り出せるという

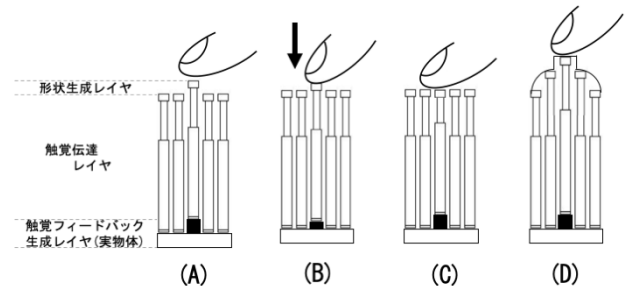


図 1 形状と触覚を分離するピンアレイ機構

利点があるが、あらかじめ素材をディスプレイ形状に合わせて加工したり、最適な形状の物体を探したり、機構の組み込みなどを事前に行ったりする必要があるなどの欠点がある。

そこで本研究では、我々の身の回りにあるものから「触覚特性のみ」を取り出し、これを用いてディスプレイ上に様々な形状の接触面 (サーフェス) やボタンを作ることを可能にする、新しいピンアレイ機構の提案を行う。

2. 提案

本研究が目指すのは、我々の身の回りにある様々な「実物体 (物・道具)」の持つ「触覚的な特性」のみを取り出し、それをディスプレイに付与することである。

これを実現するために、実物体の持つ様々な特徴のうち、手で触れたり押下したりした際の触覚フィードバックの源となる物理的性質と、その物体の持つ形状要素を「分離」させることに注目した。そしてディスプレイに触覚を付与する際に、この物理的性質のみを付与し、形状についてはディスプレイ側が自由に再構成できることを目指した。本研究では、この「形状と押下特性の分離」を図1のようなピンアレイ機構を用いて行う。

図1 (A) は、押しボタンスイッチ上に同じ長さの複数の

^{†1} 現在、電気通信大学

^{†2} 現在、北陸先端科学技術大学院大学

^{a)} iml@imedia-lab.net

ピンを並べて配置した様子であり、ピンの上面には下部に配置したボタンの形状に合わせて凹凸面が生じているのがわかる。ここでユーザがピン上面の凸部を指で押下した場合、その縦方向の押下力はピンによって下部のボタンに伝達され、(B)のようにピンによってボタンが押下されることになる。この時、ボタンを押下した際の押下感は、ピンを伝わってそのままユーザの指にも伝達される。

次に、図1(C)および(D)は、ピン下部に配置したボタンの形状に合わせた凹凸を作っているピンの長さを変え、ピン上面の接触面の形状を再構成した場合である。(C)において接触面は凹凸のないフラットな面になっており、このようなサーフェス上では平面に埋め込まれたボタンを押下する操作が可能になるが、タッチスクリーン上でドラッグ操作を行うように、ボタン上で指を滑らせるような操作が可能になる。(D)においては、ボタンの形状を別のボタンに変化させた場合である。この場合、ボタンの視覚的な特徴が変化し、アフォーダンスも変化する。

以上のように、ピンアレイを構成するピンの長さを部分的に変化させることが可能になれば、下部に配置した実物体が持つ接触感を上面に伝えつつ、サーフェスの形状用途に合わせて再構成することが可能になると考える。

3. プロトタイピング

本研究では、これを次の図2に示す長さの固定と伸縮が可能なピン機構を用いて実現する。提案するピン機構は、上下へのピンの長さの自由な伸縮が可能であり、また必要に応じてピンの長さの固定も可能である必要がある。

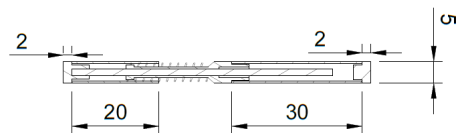


図2 伸縮と固定が可能なピン機構 (横方向で図示)

今回の実装では、長さが異なる2種類のパイプをバネと丸棒で連結して構成したピンの内部に融点47度のパラフィンを充填することで、外部から熱によるピンの伸縮・固定状態をコントロール可能にした。パラフィン常温(室温25度程度)では固体であるため、ピンを構成する2つのパイプはパラフィンにより固定され外力が加えられても動くことはない。一方で、外部から熱を加えてパラフィンを液体にすることで2つのパイプと丸棒との連結がなくなり、ピンは伸縮可能状態になる。なお、2つのパイプの間にはバネが入っているため、ピンは外力が加えられていない場合はピンの長さはばねの弾性力により伸びた状態に戻っている。ピンの長さを任意の長さに変化させたい場合は、伸縮可能状態のピンをピン上部から力をかけ任意の長さに縮め、その状態のまま冷却してピンを固定状態に変化させる。なお、今回設計したピンは伸縮可能状態で最

も伸びた状態は75mmで、最も縮んだ状態では64mmである。またピンを最密充填配置で19本並べたピンアレイ機構に対しヒートガンで加熱を行ったところ、全てのピンが伸縮可能状態になるのに約50秒、またピンにヒートガンの冷風を当て常温に戻すために約80秒要した。

4. アプリケーション

提案システムでは、ピンの下部に様々な実物体を配置することで、それらの物理的な性質を活かしつつ、形状用途に合わせて変化させることが可能である。これを応用し、ボタンやタッチスクリーン等の接触・押下操作を行うための様々な接触面をデザインすることができる。

4.1 様々な表面形状・押下感提示が可能なボタンの実現

まず、押下感の異なる複数の実物体を組み合わせてピン下部に配置することで、複雑な押下感を提示可能なボタン機構を作ることが可能になる。例えば、図3(左)のように、ピン下部に円形に配置したボタンの中心部分に軟らかい弾性体を設置し、弾性体上部のピンをスイッチ上部のピンより長くして配置する状態を考える。これにより、ボタンを押下した際に、最初に弾性体を押す感覚が伝わった後にボタンが押下される感覚が伝わるため、複雑な押下感を有するボタンを実現することが可能になる。

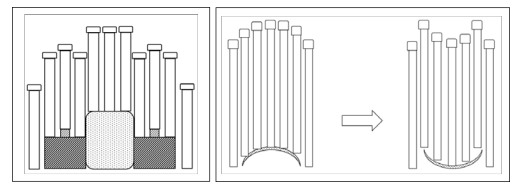


図3 二段階のフィードバックを有するボタン(左)と押下時に盛り上がるボタン(右)

ゴム等の柔軟な素材でできた半球を指で押すと、半球が反り返り、裏返る現象が起こる。このときのゴムの弾性と半球が反り返る形状の変化を利用すると、ボタンを押した際にその周囲のサーフェスが円形に盛り上がる特殊な視覚効果のあるボタンを実現することが可能になる(図3(右))。

4.2 タッチスクリーンサーフェスへの拡張

提案システムでは、ボタン型の接触面に加え、それらをより大型のタッチスクリーンサーフェスに拡張することが可能である。タッチスクリーンでは、表面で指を滑らせるドラッグ操作を行うため、ディスプレイ上に平らな面を構成する必要がある[3]。しかし、ピン下部に複数の軟らかな素材を埋め込むことでタッチ操作時の接触感をディスプレイの場所に応じて変化させたり、平面上に必要なに応じて押下可能なボタン機構を埋め込んだりすることが可能になる。

5. まとめと展望

本研究では、我々の身の回りにある様々な「実物体 (物・道具)」の持つ「触覚的な特性」のみを取り出し、それをディスプレイに付与することに着目し、伸縮と固定が可能な新しいピン機構を用いたピンアレイ機構を提案することでこれを実現する手法を提案した。今後は様々な形状・触覚フィードバックを持つボタン機構やタッチスクリーン機構の開発を行っていく。

参考文献

- [1] Daniel Spelmezan, Deepak Ranjan Sahoo, and Sriram Subramanian.:Sparkle: Hover Feedback with Touchable Electric Arcs, In Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '17). ACM, New York, NY, USA (2017).
- [2] C. Harrison, H. Benko, and A. D. Wilson.:Omni-Touch: Wearable Multitouch Interaction Every-where, In Proceedings of the 24th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '11, pp. 441-450, New York, NY, USA (2011).
- [3] 佐藤俊樹, 大谷孟宏, 齊藤典子.:凹凸面を平面化するピンアレイディスプレイ機構の提案, WISS 2019: 第 27 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ