

## 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

佐藤 俊樹\* 大谷 孟宏† 齊藤 典子‡

**概要.** 我々の身の回りには様々な物のサーフェイス(表面)に映像を投影し、また深度カメラ等で接触検出を行うことで、物体表面をそのままタッチスクリーン化する研究が行われてきた。しかし、凹凸計上を有する物体の表面は、タッチ操作、特にその表面上で「指を滑らかに滑らせる」必要のあるドラッグ操作やピンチ操作等の動作を妨げる場合がある。そこで本研究では、凹凸形状を有する面を「ピンの長さを調整可能なピンアレイ機構」を用いてフラットな面に変換することで、フラットかつ滑らかなタッチスクリーンとして用いることを可能にする、新しいピンアレイ機構を提案する。

### 1 はじめに

我々の身の回りには様々な物のサーフェイス(表面)をそのままタッチスクリーン化する研究が行われている[1]。手の平・腕などの人体や、机や壁などの構造物、また身の回りの道具等にボタン等の映像を投影し、深度カメラ等のセンサを用いてユーザの接触を検出することで、様々な物体のサーフェイスをタッチ入力可能なディスプレイ化することが可能になる。このようなディスプレイの利点として、その物体が持つ「形状(凹凸)」や「軟らかさ」などの物理的な特性(質感)が、タッチスクリーン化されたディスプレイにそのまま引き継がれる点が挙げられる。従来のディスプレイは「平面的」で「硬い」ものが一般的であるため、様々な実物体を用いた様々な形状・触覚フィードバックを有するタッチスクリーンが実現できる。

一方、我々が普段スマートフォン等への入力に用いているタッチ操作は、ただボタンやメニュー等のウィジェットに指先で触れるだけではない。アイコンをドラッグしたり、フリックしたり、複数の指でピンチイン・ピンチアウトするなど、我々は様々な指先の動作を組み合わせ、限られたボタン・メニューから多彩な機能を呼び出している。しかし、実物体のサーフェイスをタッチスクリーン化した場合、壁や机の上などの平らな物体であれば問題ないが、物によってはサーフェイス上に指が引っかかるような凹凸形状が存在する場合がある。このようなサーフェイス上では、従来の平面的なディスプレイ上でやってきた、「指を滑らせる」動作が困難になる場合がある。例えば、どこにでもあるリモコンは、表面に様々な機能のボタンが多数配置されている。物理的なボタンであるため、ボタン部分は凸状に盛り上がっている場合が多い。加えて、ボタンの表面はゴムで

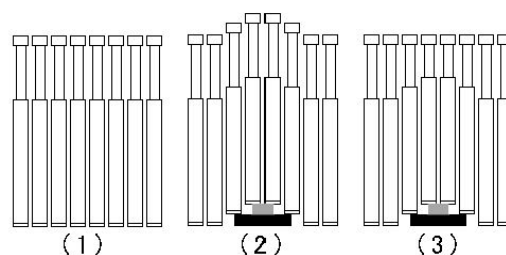


図 1. 平面化の手順

きた滑りにくい素材である場合が多い。このような物体の上では、ボタンを指で押下することはできても、表面で指を滑らせるドラッグ操作などを行うことは困難であろう。

そこで本研究では、日常の様々な物体の表面をそのまま利用したタッチスクリーンを実現するための一つのアプローチとして、身の回りの様々な形状を持つ実物体を「平面ディスプレイ化」する手法を提案する。

### 2 提案

本研究が目指すのは、我々の身の回りの実物体の持つ「触覚的な特性は維持」しつつも、物体表面の「凹凸」を完全に取り除き、物体上でも従来のフラットなディスプレイと同等のタッチ操作を可能にすることである。

これを実現するために、本研究では複数の「ピン」を用いた「ピンアレイ機構」と、それぞれのピンの長さを調整可能な機構を組み合わせた新しいピンアレイディスプレイ機構を提案する。ピンアレイ(図1(1))を用いることで、ピンアレイ下部に置かれた物体の接触感をそのままピンの上部に伝達することが可能になる(図1(2))。しかし通常のピンでは、下部の「凹凸形状」も上部に伝達してしまうため、このままではディスプレイ表面に凹凸が生じてしまい、タッチ操作の妨げとなる。そこで本研究では、「伸

Copyright is held by the author(s).

\* 北陸先端科学技術大学院大学

† 電気通信大学

‡ 電気通信大学

縮と固定が可能なピン」によりピンアレイ表面をフラット (図 1(3)) にすることが可能な新しいピンアレイ機構を提案し、上部の形状をフラットに保ったまま、下部の触覚情報のみをそのまま伝達することができる、実物体を用いた新しいタッチスクリーンディスプレイを実現する。

この論文では、以下に実際に制作したピンアレイ機構のプロトタイプおよびアプリケーション案と今後の展望について述べる。

### 3 プロトタイプング

本システムは「伸縮可能状態」および「固定状態」の異なる2つの状態を切り替え可能なピン (図 2(右)) を複数本束ねたピンアレイ機構 (図 2(左)) から成る。ピンアレイを構成するピンは、長さ 65mm のアルミ

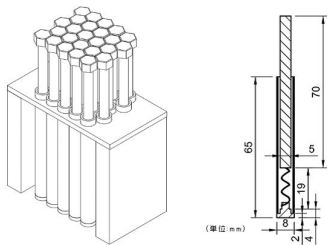


図 2. ピンアレイ (左) とそれを構成するピン機構 (右)

パイプで作った外径 8mm、内径 6mm のシリンダの中に、長さ 70mm、直径 5mm のアクリル製ピストンと、長さ 19mm のばねを内蔵し、シリンダとピストン間に融点 47 度のパラフィンを充填することで制作した。これにより、常温 (室温 25 度程度) では内部のパラフィンが硬化するため、ピンの長さが増えることはない (固定状態)。一方、ピン内部がパラフィンの融点まで加熱されると、パラフィンが溶け、ばねの力でピストンが押し上げられる。これによりピンは元の長さまで滑らかに戻るようになっている (伸縮可能状態)。なお伸縮可能状態で最も伸びた際のピンの長さは 97mm であり、最も縮んだ状態での長さは 79mm である。今回の実装では、ピンアレイ部はこのピンを最密充填配置で 25 本並べ、ピストン先端にピンとピン間のギャップを埋めるための六角形のキャップを被せた後、それぞれのピンがなめらかに上下するように束ねることで制作した。

次に、ピンアレイの伸縮動作および動作検証実験について述べる。物体の上にピンアレイ部を乗せた場合、ピンアレイの上部には下に置いた物体の表面形状に合わせた凹凸が生じる (図 1(左))。本システムではこの凹凸を、個別のピンの長さを調節することで無効化し、フラットなディスプレイ表面を作り出す。今回の実装では、ヒートガン (PJ-M10) を用いてピンアレイ部全体に熱風を送ることでピンを加熱し、ピンを上下に伸縮可能な状態にした。この状

態で、ピンアレイ上部から平な板を押し当てることで、全てのピンの頭を均一に揃えることができる。最後に、ピンアレイ部に加熱時と同様にヒートガンで冷風を送り冷却すると、ピンの長さが固定され表面の形状が平らに保たれた (図 1(右))。なお、今回の実装では 25 本のピンを束ねたピンアレイをヒートガンで加熱し、全て伸縮可能状態にするために 20 秒の加熱時間を要した。また常温に戻すために要した時間は約 50 秒であった。今後は加熱機構を有するピン制御部の実装を行い、またピンの状態変化がより短い時間で可能になるように構成要素の改良を行っていく。

### 4 応用案

本システムでは、ピンアレイ下部に配置した実物体の持つ「凹凸形状」、「押下感」、「模様 (表面テクスチャ)」および「機能」をどのように上部に伝達するかで様々なアプリケーションが考えられる。例えば、柔らかい弾性体でできた物体をピンアレイ下部に配置し、上部にボタンの映像を投影することで、押下した際に柔らかい触覚フィードバックを提示可能なタッチスクリーンが実現できる。

また、テレビのリモコンのような物理ボタンが配置されたデバイスを配置し、その上にリモコンの映像を投影することでリモコンをタッチスクリーン化することが可能になる。その際、リモコンのボタン映像をタッチ・ドラッグするなどのジェスチャ操作に応じて映像を切り替えれば、リモコンの機能を拡張することも可能になる。

### 5 まとめと展望

本研究では、伸縮と固定が可能なピンを用いたピンアレイにより、ディスプレイ下部に設置した触覚サンプルの触感をそのままディスプレイ上部に伝えつつディスプレイ表面をフラットに保つことで、タッチスクリーンのようなタッチ・ドラッグ・ピンチ操作を可能にする新しいディスプレイ機構を提案した。今後はピンの小型化と量産を行い、ディスプレイ部の面積を広げるとともに、加熱機構を有するピン制御部および映像投影・タッチ検出機能を実装し具体的なアプリケーションの実装も行っていく。また将来的に、ピンを大型化することでこの機構を床に適用することなども検討していきたい。

### 参考文献

- [1] C. Harrison, H. Benko, and A. D. Wilson. Omni-Touch: Wearable Multitouch Interaction Everywhere. In *Proceedings of the 24th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '11, pp. 441–450, New York, NY, USA, 2011. ACM.