

群体運用可能な自己完結式ピン型デバイスの提案

杉本 隆平^{†1} 深谷 航平^{†1} 坂本 寛樹^{†1} 佐藤 俊樹^{†2}

概要：

本研究では、組み合わせることで様々な応用が可能になる伸び縮みするピン型構造に着目し、シンプルな自己完結型ピン型デバイスを提案する。伸び縮みするピンは複数組み合わせることでピンアレイ式のディスプレイを構成することが可能であるが、従来のピンアレイディスプレイではピンを自由に再配置することは困難であった。そこで本研究では、独立動作する自由に再配置可能なピンアレイ型ディスプレイを提案し、その実装案およびアプリケーション案について述べる。

1. はじめに

我々の身の回りには、ペンや爪楊枝のように「棒」状の形状をした様々な物・道具が存在する。例えば物干し竿のように、単体で便利に利用可能なものもあれば、箸や生け花の剣山のように複数本を組み合わせることで全く別の用途の道具として利用可能になるものもある。また、突っ張り棒のように必要に応じて長さを変化させられるものや、杖のように長さを固定することで活躍できるようなものもある。また、例えばピンアートのように、さらに多くの「ピン」と呼ばれる細い棒を縦横に並べたものもあり、立体的な形状を形取ったりすることもできるようになる。

このように、棒型形状は1本だけではただの棒であっても、それをどう使うか、それらをどう繋ぎ合わせたり束ねたりすることで様々な役割をこなすことができる興味深い構造であると言える。そこで本研究では、このようなシンプルな棒型形状に着目し、特にそれらを誰もが簡単に必要に応じて複数本組み合わせたり束ねたりすることで様々な用途を提案できる新しいピン型デバイスの実現を目指す。

ピン型構造体を用いた研究には、小型の直動アクチュエーターを縦横に多数並べた「ピンアレイ」ディスプレイが挙げられる [1]。複数並べられたピンの長さを個別かつ動的に変化させることで、ディスプレイ表面に立体的な形状を作り出し、その形状を動的に変化させたり、ユーザが手で触れた際に触覚情報を伝達したりすることが可能になる。しかし、従来のピンアレイディスプレイはピンが平面上に固定されており再配列ができない制限がある。そのためピンの配置を非平面上に配置するのが困難であるという

大きな制限があった。

そこで本研究ではシンプルな小型自立制御ピン型デバイスの可能性に着目し、従来の固定的であったピン構造デバイスの再構成を可能にする。これにより、従来平面上での配置に限られていたピン型デバイスを、立体的に組み変えることのできる形状変化可能なデバイスにすることができる。

2. 提案と目的

棒とは長方形と位相同型であり、積分の区分求積法のように様々な図形の最小単位となりうるものである。この棒、つまりピンが伸びるということは多種多様な図形を動的に再現することができるということを意味する。よってピンアレイの「長さ」が変化するということは一見単体では小さく見えるが、全体としては大きな意義があると言える。本研究での目的は、ピンアレイを構成する各ピンを独立したデバイスとして設計し [2][3][4]、ピンアレイの構造の再構成を容易にすることで、位置や形状にとらわれない多様なピンアレイの活用を可能にすることである。このようなピンを実現するためには、以下のような機能が必要だと考える。まず制御機構である。制御機構にはピンに対して外部からどれだけピンを長くするかを受け取り実行する役割、ピンがどれだけ伸びているのかを把握し長さを変える役割、外部からの刺激を受け取り次の長さを決定できる自律的なピンの長さの制御を担う役割がある。次に、動作部である。動作部はアクチュエーターを稼働させるのに必要である。またそれに対応した動力源も必要である。本研究では動力源をピンアレイ内部に内蔵することにより完全に自立したデバイスとして運用することができることも特徴である。我々は以上のようなピンの設計にもどづき、以

^{†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

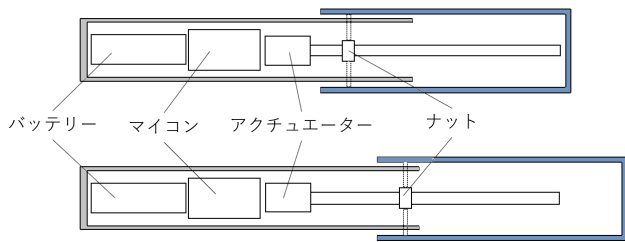


図 1 縮んだ状態 (上) と伸びた状態 (下) のピンの断面図

下のようなピン型デバイスの実現を試みた。このピン型デバイス全体をそれぞれが単純なデバイスから構成される命令・自立制御可能なデバイスの集合として捉え、司令部となるコンピューターから命令を下し、かつ全体に協調動作をさせることによって目的実現へのアプローチを考案した。

3. プロトタイピング

自立制御型ピンアレイを構成するピン型デバイスの実装として、図 1 のようなシンプルな送りねじ構造を搭載したピンが考えられる。ピン単体の大きさは、開発の容易さを考慮し、長さは約 15cm、直径 2cm、ピンの断面は六角形を想定している。ピン内部にはピンの伸び縮みを行う小型ステッピングモーターおよび小型の送りねじ機構を搭載する。ピンの長さの制御は、小型のマイクロコントローラとピン内部に内蔵されたセンサからの情報による自律的なピン長の変形に加え、無線での外部からの制御も可能にする。またピンに内蔵するセンサは、外部からの刺激を感知する加速度センサや、接近や接触を検知可能な静電容量センサ等が考えられる。

4. アプリケーション案

本研究では、自立制御ピン型デバイスのアプリケーション案として、単純なピンアレイによる 2.5 次元の立体ディスプレイとしての運用以外にも以下のものを提案する。

まず 1 つ目は、複数のピンを曲面上に二次元的に配置する試みである。ピンアレイを用いた帽子やヘルメット型の触覚提示デバイスが実現できると考えている (図 2)。このデバイスはユーザの頭部に触覚的な刺激を与え、「頭をなでてもらう感覚」などを提示することが可能であると考えられる。また、ピンを外部から直接撫でた際の刺激もピンを通して頭部に伝達するため、さらにピンを稼働させることでこの刺激をさらに拡張することも考えられる。

2 つ目は、2 次元的に配置したピンの下に実物体を乗せ、実物体の触覚をピンを通して上部に伝達させることのできるタッチスクリーンである。ユーザは身の回りにある様々な触感のある物体をピンの下部に配置することができる。このとき、ピンの上部を触ると、下部の触感がピンを通して上部に伝達されるため、ユーザはピン下部の物体を直接的に触ることなく、ピンを通して触覚的な刺激を感じるこ

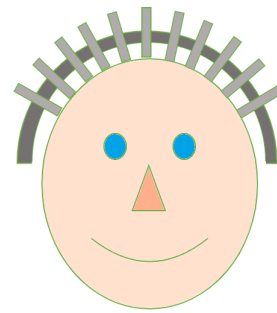


図 2 頭部への装着イメージ

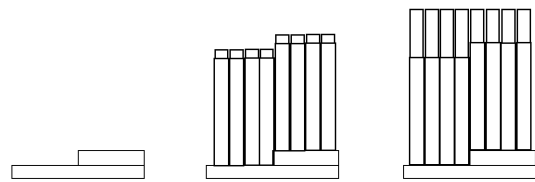


図 3 可変長ピンによる平面化のイメージ

とができる。さらに、ピンの長さを変化させることで下部の形状の凹凸をキャンセルし平面形状にしたり、ドーム状などの別の形状に変化させることができる (図 3)。これにより、物質の概形と物理的感触を切り離れた体験をすることが可能な触覚ディスプレイを実現することも可能であると考えられる。

5. 展望

本研究では、ピンアレイを実装する上で課題となる構造上の制限を改善するための自己完結式ピン型デバイスおよびそれを自立制御デバイスとして運用するためのシステムに関する提案を行った。今後は本稿で示したプロトタイプの開発を行うとともにピンの量産化を行い、提案アプリケーションの効果を検証行っていく。

参考文献

- [1] Follmer, S., Leithinger, D., Olwal, A., Hogge, A. and Ishii, H.: InFORM: Dynamic Physical Affordances and Constraints through Shape and Object Actuation, *Proceedings of the 26th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '13, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 417–426 (online), DOI: 10.1145/2501988.2502032 (2013).
- [2] Le Goc, M., Kim, L. H., Parsaei, A., Fekete, J.-D., Dragicevic, P. and Follmer, S.: Zooids: Building Blocks for Swarm User Interfaces, *Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '16, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 97–109 (online), DOI: 10.1145/2984511.2984547 (2016).
- [3] Kim, L. H. and Follmer, S.: SwarmHaptics: Hap-

tic Display with Swarm Robots, *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '19, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 1–13 (online), DOI: 10.1145/3290605.3300918 (2019).

- [4] Suzuki, R., Zheng, C., Kakehi, Y., Yeh, T., Do, E. Y.-L., Gross, M. D. and Leithinger, D.: ShapeBots: Shape-Changing Swarm Robots, *Proceedings of the 32nd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '19, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 493–505 (online), DOI: 10.1145/3332165.3347911 (2019).