

静電型柔軟触覚ディスプレイ

Elastic Electrostatic Tactile Display

中山央己 正 篠田裕之（東京大学）

Hiroki Nakayama and Hiroyuki Shinoda
The University of Tokyo

Conventional tactile displays are too heavy or hard to be used in various situations because they generally need motors or other driving structures. We propose a new tactile display that is flexible and light. It can be implemented on various curved surfaces like mouse devices or wearable computing systems. The display consists of only two flexible plates. So we can select various materials, for example conductive cloth or rubber. The display is driven by electrostatic force. It doesn't need complicated principle and structure. In this paper we describe our proposed principle and fundamental experiment.

Key Words: tactile display, electrostatic force

1. はじめに

人は外界からさまざまな情報を取得して生活している。それには五感(視覚, 聴覚, 触覚, 嗅覚, 味覚)などが挙げられる。その中で, 現在までに視覚と聴覚に関しては, 計測や提示に関する研究が数多く行われてきた。一方で, 触覚に焦点をあてた研究が近年盛んにされており[1], 我々の研究室においても触覚に関する研究が行われている[2]。

人に触覚情報を提示する触覚ディスプレイは, 肌表面を変化させたり振動刺激を与えるデバイスである。また, 人が指などを能動的に動かしたときに, 接触面の摩擦を変化させることでテクスチャを表現するものも研究されている。しかしながら, 今までどのような曲面にも実装が可能になるようなフレキシブルな触覚ディスプレイに関しては, 布の中に振動子を埋め込んだタイプの触覚ディスプレイの研究がなされてきた程度で, デバイス自体が振動する触覚ディスプレイは開発はなされてきていない。

そこで, 本研究ではさまざまな曲面にも実装可能でデバイス自体が振動する柔軟な触覚ディスプレイの開発を目指す。このディスプレイは柔軟な導電繊維内に電界分布を発生させて, その局在する電界によって生じる静電気力を利用して触覚を提示する。また, 触感を提示するために2種類の振動モードを発生させ, その2種類の振動を同相で駆動したときはパチニ小体を刺激し, 逆相で駆動したときはマイスナー小体を刺激するデバイスを目指す。

本稿では, 基礎実験として金属板によって製作した静電ディスプレイの振動計測を行った。第2章では, 提案する触覚ディスプレイの原理と概要を説明する。第3章において, 今回行った基礎実験の概要と結果を示す。第4章では, 現在作成中の触感を提示するためのデバイスを紹介する。

2. 柔軟な静電触覚ディスプレイ

以下の特徴を持つディスプレイを提案する。

- ・柔軟性を持つこと
- ・軽量であること

- ・簡単な構造であること

そこで我々は静電型の触覚ディスプレイを提案する。静電型ディスプレイの利点としては, コンデンサが2枚の極板と間にはさむ誘電層のみで構成される構造にある。2枚の極板の素材は多くの選択性があるので, 柔軟で軽量の素材を用いることで, フレキシブルなデバイスとしての要求を満たすことができる。例えば導電繊維や導電ゴムを素材として利用することが考えられる。このように柔軟な触覚ディスプレイが実現されれば, マウスや人の皮膚表面などさまざまな曲面に実装可能になり, 新たなヒューマンインターフェイスとしての可能性を示すことができる。

静電型アクチュエータの動作原理は簡易であり, 2枚の極板間にはたらく静電気力を利用している。2枚の極板間に働く静電気力から圧力を求めると,

$$p = \frac{1}{2} \varepsilon E^2 = \frac{1}{2} \varepsilon \left(\frac{V}{d} \right)^2 \quad (1)$$

となる。ただし ε は誘電率, V は極板にかかる電圧, E は極板間の電界, d は極板間距離を表す。例えば $V=100V$, $d=10\mu m$ としたとき, $p=4g/cm^2$ の圧力を出力でき, これは十分に人が触覚を得られる値となっている。



Fig.1 Diaphragm structure

静電型アクチュエータを触覚ディスプレイとして用いる際に注意しなければならない点は以下のことである。静電圧力が極板の内側向きにはたらくため, 間の誘電層が硬く変形できないと, 極板が振動できなくなってしまう。また式(1)に見られるように, 静電圧力は極板間の距離の2乗に反比例するので, 極板間の距離を小さく一定に保つ必要がある。そこ

で間に挟む誘電層を全体に敷き詰めるのではなく、図1のような μm オーダーのダイアフラム構造を提案する。こうすることによって誘電層のバネ性を小さくなり、極板が容易に変位することが可能になり、かつ極板間の距離を一定に保つことが出来るのである。

3. 実験

基礎実験として、厚さ 0.1mm、65mm 四方のリン青銅板を極板として用いて、そのときの変位と力を調べた。変位はレーザー変位計で計測した。

3.1 実験環境

図2に今回構成した静電アクチュエータの回路を示す。ファンクションジェネレータによって FET がスイッチングされるので、極板に 100V をファンクションジェネレータの出力周波数で供給することができる。

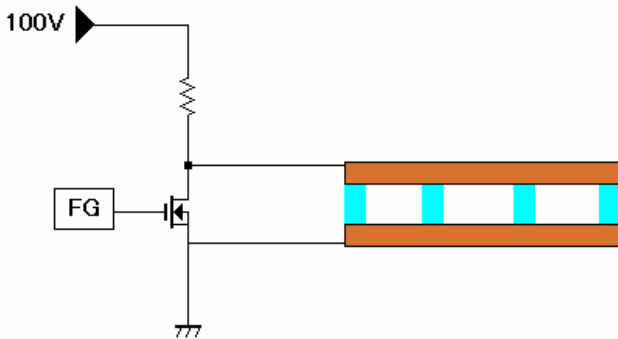


Fig.2 Circuit for experiment

今回の実験では、誘電層の部分に極板同士の絶縁を確保するために $9\ \mu\text{m}$ のポリイミドフィルムを挟み、その上に厚さ $20\ \mu\text{m}$ 、幅 1mm のストリップ構造を構築した。

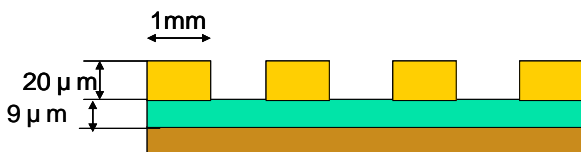


Fig3. Dielectric layer

3.2 実験結果

周波数 0.5Hz で振動させたときの極板の変位を計測した結果を図3に示す。図中の黄色の線はファンクションジェネレータからの入力信号、紫色の線は極板の変位を表している。図の結果より、金属板の変位は $5.0\ \mu\text{m}$ であった。

また、駆動周波数を 50Hz ~ 200Hz まで変化させたとき、振動が提示されていることが確認された。

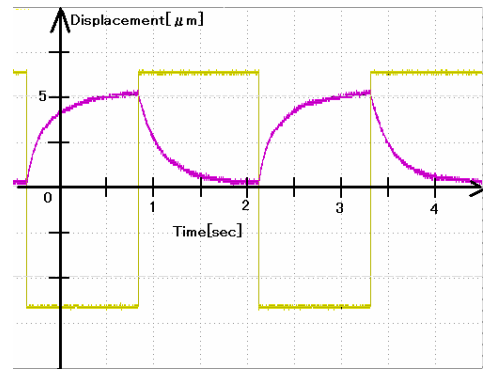


Fig.4 Displacement of plate

4. 触感提示

図5に現在作成中の触感を提示するためのデバイスを示す。これは、2枚の極板(A,B)を同相で駆動すると振動刺激を提示するが、逆相で駆動させることによって、人の皮膚に単なる振動を与えるのではなく触感を提示することができる。このデバイスによる性能評価を今後行っていく。

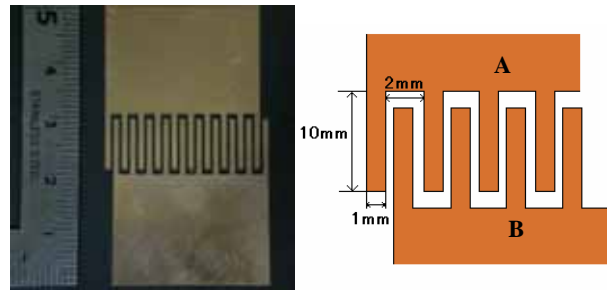


Fig5. Tactile presentation

5. まとめ

本稿では、静電力を利用した柔軟な触覚ディスプレイの提案を行った。現在、提案手法に基づいた実際のディスプレイを製作し、その性能評価を行っている。

文献

- [1] 山本, 石井, 飛弾, 樋口, "静電気力による摩擦力制御とフィルム移動子を用いた薄型皮膚感覚ディスプレイ", 日本バーチャルリアリティ学会第7回大会論文集, pp. 157-160, 2002
- [2] T. Iwamoto and H. Shinoda, "A Tactile Display using Ultrasound Linear Phased Array," in *The Fourteenth International Conference on Artificial reality and Telexistence (ICAT2004)*, 2004.