

ディスプレイの表面形状と剛性の動的変化が可能な インタラクティブ視触覚デバイスの開発

池田 盛陽¹ 加藤 拓海² 佐藤 俊樹² 小池 英樹²

概要：本研究では、形と硬さを動的に変えることができるインタラクティブスクリーンのプロトタイプ開発を行った。プロトタイプでは柔軟なサーフェースを持つディスプレイ内部を粒子素材で満たし、その粒子素材の量と密度を制御することで、スクリーン表面の形と柔らかさの変更を目指した。また本システムにより、触覚に対して形と硬さの両方のパラメータを持つインタラクションが可能となるため、より多様な視触覚インタラクションが期待できる。

1. はじめに

従来のディスプレイは二次元の平面で構成されており、文字や画像など二次元情報を閲覧・編集する事には適していた。しかし、3 DCGのような立体的な形状を持つ情報を扱うには、立体感を得ることが困難なことや三次元なものにも関わらず実際に手で触れられないなど、様々な制限が発生する。このような問題を解決する新しいディスプレイとして表面形状を立体的に変形させることができる、立体形状ディスプレイが研究されてきた [1][2]。また、我々もこれまで表面形状に加えて表面剛性の自由に変更可能な立体形状ディスプレイ (ClaytricSurface) の研究を行ってきた [3]。ClaytricSurface とは粒子素材と負圧制御機構を用いてディスプレイの表面剛性を動的に変化させ、ディスプレイ面のユーザーの手による動的な変形および固定を可能にした。しかし、形状の変形はユーザー自らの手で行う必要があった。そこで本研究では、ClaytricSurface のように剛性可変要素を持ちつつ、自動的にディスプレイ平面の変形をするディスプレイシステムの開発を行った。

2. 提案手法

ClaytricSurface のディスプレイ面を自動的に変形させるためには、ディスプレイ内のパーティクルの量を動的に変える必要がある。そこで本研究では、ClaytricSurface の内部パーティクル量を調節可能なユニット機構を複数二次元的に連結することでディスプレイの高さを局所的に変更す

る手法に着目した。また、変形するディスプレイ上でタッチ検出を行うには、従来システムのように深度カメラを用いたタッチ検出では背景深度の取得が困難である。そこで本研究ではディスプレイ面に立体的な変形に対応可能な電極を埋め込むことで、静電容量式でのタッチ検出を試みた。これらのシステムを実現させることで、剛性の可変要素に形状の可変要素を組み合わせた新しい触覚提示が可能になり、剛性情報を持つ立体形状データを直接触りながら形状や触覚情報を手で感じる事が期待できる。

3. プロトタイプの実装

本研究では、これらの機能を実現する新しいディスプレイシステムのプロトタイプの開発を行った。

3.1 システム構成概要

本システムはディスプレイサーフェース部、パーティクル量制御部、パーティクル密度制御部、メイン制御部、映像投影部で構成しており、その概要図を 1 に示す。またプロトタイプの全体図を 2 に示す。本プロトタイプにおいて、メイン制御部には PC(i7-2640M メモリ 8GB) を用いており、各部への情報の入出力を行っている。また映像投影部にプロジェクタ (400PRJ018BK) を用いることでディスプレイ表面への情報提示を行っている。ディスプレイの表面剛性の変更は、メイン制御部からパーティクル量制御部へ制御信号を送り、制御部がその信号を元にディスプレイ内部のパーティクル量を変化させることで行っている。また、ディスプレイの表面剛性の変更は、メイン制御部からパーティクル密度制御部へ制御信号を送り、制御部がその信号を元にディスプレイ内部を減圧・解放によるパーティ

¹ 電気通信大学
University of Electronic Communication

² 東京工業大学
Tokyo Institute of Technology

クル密度の変化を利用している。ディスプレイサーフェース部にはタッチを検出する機能を搭載しており、それにより入力装置としての利用も可能としている。

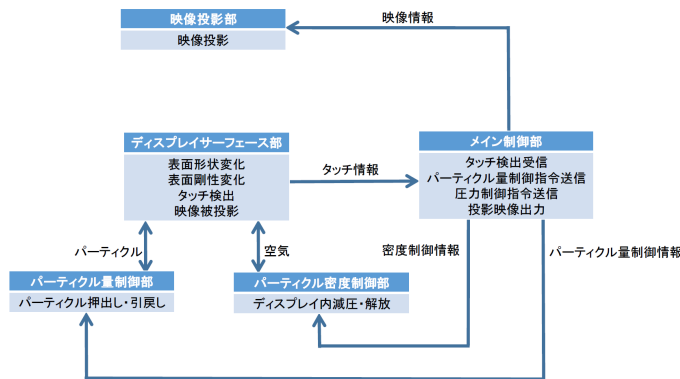


図 1 プロトタイプシステム構成概要図



図 2 プロトタイプ全体図

3.2 ディスプレイサーフェース部

ディスプレイサーフェース部は、表面の形状と剛性を変更可能とするために内部をパーティクルを充填したものを柔軟なゴム性の布で封じている。下部にシリンダが接続しており、内部空間がパーティクル量制御部のシリンダと繋がっている。これによりディスプレイ表面の形状の変更を可能としている。エアカプラも同様に接続しており、チューブを通じてパーティクル密度制御部の電動ポンプと繋がっている。これによりディスプレイ表面の剛性の変更を可能としている。また、立体的な変形が発生する面においてのタッチ検出を行うため、導電性と柔軟性がある導電性メッシュを電極とした静電容量式のタッチセンサを搭載した。センシングは静電容量の変化からタッチ面の状態を通知するモジュール (MPR121) を利用した。



図 3 ディスプレイサーフェース部構成概要図

3.3 パーティクル量制御部

パーティクル量制御部は、ピストン、ピストンの上下のための直動機構、モータ (PKP225U09A2), 制御用の Arduino (Pro Mini) で構成したパーティクル量制御装置 (図 5) を複数接続した構成 (図 4) となっている。また、本プロトタイプに置いての各装置の配置は図 6 のとおりである。ディスプレイ内部のパーティクル量の変更は、シリンダをパーティクルを満ちし、そのシリンダに挿入したピストンをモーターで上下させてシリンダの容積を変化させることを行っている。また各装置には 1 台 Arduino が搭載しており、それらと I2C で制御信号分配用の Arduino と接続している。制御信号分配用の Arduino は、メイン制御部の PC から送られてくる全装置分の制御情報を一時的に受け、各装置への送信を行っている。

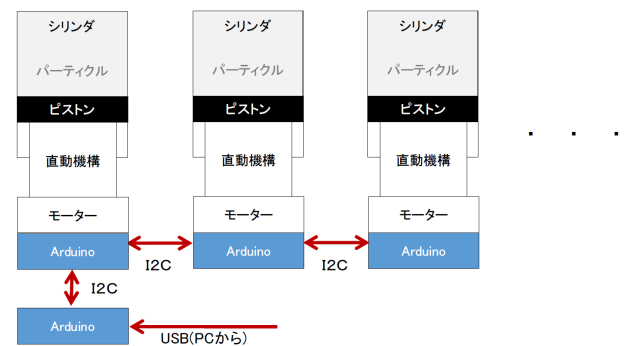


図 4 パーティクル量調整部の構成図

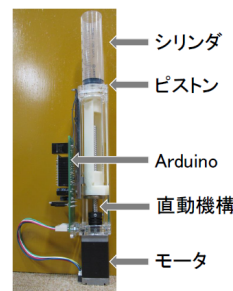


図 5 パーティクル量制御装置

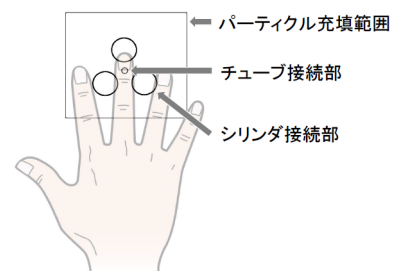


図 6 制御装置配置上面図

3.4 パーティクル密度制御部

パーティクル量制御部は、減圧用の電動ポンプ (AIR-PRO D2028B), 負圧センサ (XPFN-03PGVR), 制御用の Arduino (Uno), ディスプレイサーフェース部との接続用チューブで構成している (図 7)。ディスプレイ内部のパーティクル密度の変更は、チューブで接続した電動ポンプで空気を抜くことを行っている。また、ディスプレイ内部と負圧センサが繋がっており、そのセンサからの情報とともにメイン制御部の PC から送られてくる制御情報から内圧の制御を行っている。

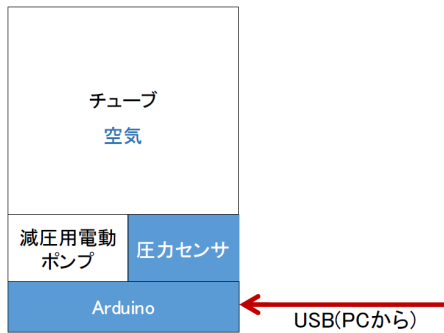


図7 パーティクル量調整装置の構成図

4. アプリケーション案

パーティクル量の調整の命令はPCのアプリケーションが発行し、コントローラーを介してパーティクル制御部の各装置へ位置指定の命令を送っている。またタッチ検出はタッチ面の状態が変化したときにタッチ面に触れているか、触れていないかをセンサからPCに送っている。これにより、形状変形ディスプレイや動的な触覚提示が可能な入力インターフェースとして利用可能なため、本システムのアプリケーションの案として、本研究では人物静止画の表情変化アプリケーションを実装した(図8)。このアプリケーションはプロジェクタから投影した人物静止画を本装置のディスプレイ表面の形状変化機能を用いて目、頬、鼻、顎の部分を上昇・沈降させると事で表情が変化したように見ることができるものとした。画は平面状態で元の静止画と同じものである(図8左上)。また頬の部分を上昇させることで元の画よりふっくらした印象を与える事ができる(図8左下)。鼻の部分を上昇させると元の画より面長に見えるようになり、目の部分を隆起させると眉が垂れ下がったように見える。

また、ボタン配置と表示を変えることで音楽再生と室温調整機能を本装置のみでコントロール可能とする疑似リモコンアプリケーションを実装した(図9及び図10)。このアプリケーションでは機能ごとに隆起させる場所を変えることでボタン配置を変え、プロジェクタから各ボタンに関する情報を投影するものとした。本装置ではボタンごとに隆起・沈降を変えることが可能ため、各機能によって触れることができるボタンの配置を変えることができる、そのため慣れが必要ではあるが、投影部分を見ることなくアプリケーションの利用が可能になることが期待できる。

5. 考察と今後の展望

本装置ではディスプレイ表面の形状と剛性を動的に変化させることができた。しかし形状変更のために配置した装置の数が少なく、何かを表現するには不十分であった。そのため多くの装置をディスプレイに接続可能にし、より広い面で形状・剛性の動的変化を可能とする改良を行っている。



図8 表情変化アプリケーション

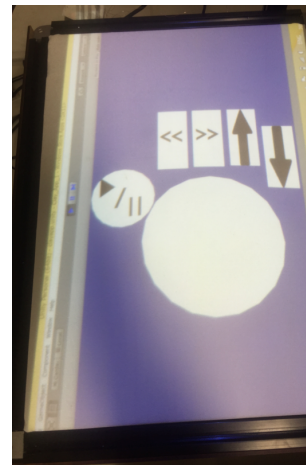


図9 音楽再生コントローラ

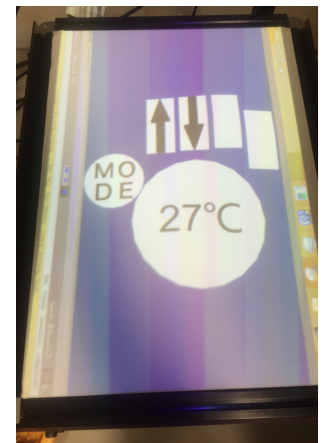


図10 室内温度コントローラ

きたい。また、今回の実装においてディスプレイの表面を立体的な隆起をさせると布が伸びるがそれには限界があり、隆起・沈降を繰り返すと布の強度の低下と高さのある立体形状の表現ができないことが考えられる。そのため布の表面積を可変とする機構も搭載したい。

参考文献

- [1] H. Iwata, H. Yano, F. Nakaizumi, and R. Kawamura: "Project FEELEX: Adding Haptic Surface to Graphics," SIGGRAPH 2001 Conference Proceedings, pp. 469-475, 2001.
- [2] H. Ishii, et al., "Sandscape: Bringing Clay and Sand into Digital Design — Continuous Tangible User Interfaces," BT Technology Journal, Vol. 22, No. 4, 287-299 (2004).
- [3] Toshiki Sato, Jefferson Pardomuan, Yasushi Matoba, Hideki Koike, "ClaytricSurface: An Interactive Deformable Display with Dynamic Stiffness Control," IEEE Computer Graphics and Applications, Vol.34, No.3, pp.59-67, May/June, 2014.