

# 形状と剛性の動的変化が可能な 2. 5次元ディスプレイの開発

池田 盛陽<sup>1</sup> 加藤 拓海<sup>2</sup> 佐藤 俊樹<sup>2</sup> 小池 英樹<sup>2</sup>

**概要:** 本研究では、ディスプレイのサーフェスの形状と剛性を動的に変化させることを目指した 2.5 次元ディスプレイのプロトタイプ開発を行った。本システムはタッチスクリーンにおける形状と剛性のパラメータの両方を動的に変化させる事で、目視で確認できない環境を触覚として感じ取れるインタラクションの新しい実現方法として期待できる。プロトタイプでは、シリンジを接続したディスプレイ内部を細かいパーティクルで満たし、シリンジの容積を制御することでディスプレイ内の粒子素材の量を変化させ、サーフェスの高さ形状の変化を可能とした。

## Dynamic Shape and Stiffness Changeable Display

SEIYO IKEDA<sup>1</sup> TAKUMI KATO<sup>2</sup> TOSHIKI SATO<sup>2</sup> HIKDEKI KOIKE<sup>2</sup>

**Abstract:** In this study, we prepared the prototype model of 2.5-dimensional display that aims to dynamically change the shape and stiffness of display surface. This system dynamically varying both the parameters of the shape and rigidity of the touch screen. Thus, we can be expected, the interaction of such feel the environment that can not be visually confirmed as tactile. This prototype is connected with a syringe to the display, it is filled inside with fine particles. And, by controlling the volume of the syringe, to vary the amount of the interior of the particle material in the display. This method has made it possible to change the height and shape of the surface.

### 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

<sup>1</sup> 電気通信大学  
University of Electronic Communication

<sup>2</sup> 東京工業大学  
Tokyo Institute of Technology

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を開発を行った。

#### 3.1 システム構成

本システムの構成を図1に示す。本システムはパーティクル量制御部、コントローラ、タッチ機能つきディスプレイサーフェスユニット、プロジェクタ(400PRJ018BK)、計算機(i7-2640M メモリ 8GB)から成る。パーティクル量制御部はコントローラを介してPCと接続しており、パーティクル量制御部とコントローラ間はI2Cでの通信を行い、コントローラとPC間はUSBで通信を行っている。またタッチ機能つきディスプレイサーフェスユニットでのタッチの状態の通信はI2Cで行っている。また、作製したプロトタイプは出力だけでなく入力インタフェースとしての利用も考え、図2のように手のひらの部分に細密構造でパーティクル量調整装置を並べている。パーティクル量調整装置については次節で述べる。前節で作製した装置を複数配置している。さらに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)を使用したタップ・プッシュ検出も行うことで入力インタフェースとしての機能も実現している。またタッチ面には導電性と柔軟性の観点から導電性メッシュを使用した。

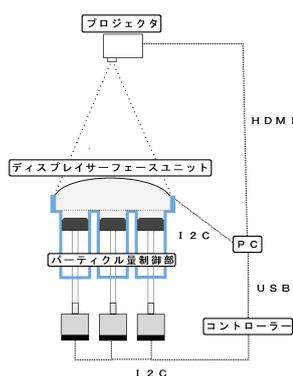


図1 プロトタイプのシステム構成概要図

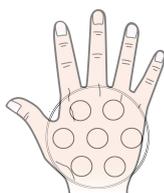


図2 装置配置図

#### 3.2 パーティクル量調整装置

本研究では、ディスプレイ内のパーティクル量の変更のためにシリンダ、ピストン、ピストンの上下機構で構成されるパーティクル量変更機構を開発した(図3)。またパーティクル量の変更はシリンダにパーティクルを満たし、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。

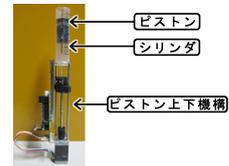


図3 パーティクル量調整装置の構成図

### 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。

### 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を動的に変化させることができた。しかし今回実装した機構だけでは剛性の変更は十分に行うことができなかった。そのため、今回開発した機構にディスプレイユニット内の減圧加圧機能の搭載を考えている。またパーティクル量調整装置の動作はピストン位置の変更のみだったため、その変更時の変移する時間を変えられるような改良をしていきたい。今回のプロトタイプは装置を7ユニットを1セットとしたが、さらに多くの装置をディスプレイに接続可能にし、もっと広い面で形状・剛性の動的変化を可能になるような改良も行っていきたい。

#### 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, 287299 (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.