

形状・軟らかさが可変なディスプレイシステム

Dynamic Deformable Vacuum Display

佐藤 俊樹 的場 やすし 高橋 宣裕 小池 英樹*

Summary. 従来のタッチスクリーンは、形状・触った際の触感(軟らかさ)が接触面の材質に依存しており、これをダイナミックに変化させることは困難であった。本研究では、透明な粒子と、粒子を密閉し減圧する機構を用いて、軟らかさがダイナミックに制御可能なディスプレイを開発した。このディスプレイでは、細かな粒子素材で満たされたディスプレイ内部の気圧を制御することで、ディスプレイの表面を「布のような軟らかい状態」、また「粘土のような状態」、さらに「硬化した状態」にダイナミックに変化させることが可能である。また、ディスプレイが軟らかい状態では、ユーザは手等で容易にディスプレイの形状を成形することが可能であり、逆に硬化させることで形状をそのままの状態に保つことも可能である。さらに本研究では、このディスプレイに対するタッチ検出システム、表面形状の計測システムの開発を開発し、これらを基にインタラクティブなアプリケーションを作成した。

1 はじめに

近年、ディスプレイ・タッチスクリーンを非平面的に盛り上がらせたり、軟らかくしたりする試みが積極的に行われている。布、砂、粘土、弾性体といった様々な素材がディスプレイとして用いられ、従来では平面に限られていたディスプレイでは困難な、立体的な映像表現が可能でディスプレイもある [2]。また手で触れた際に、ただ硬いだけでなく軟らかい触感を有するものもある。しかし、従来のディスプレイではディスプレイの形状・軟らかさはディスプレイに用いられる素材に依存していた。そのため、ユーザやシステムが任意のタイミングでディスプレイ表面の形状・軟らかさをダイナミックに変えることは困難であった。そこで我々は、軟らかさが可変なディスプレイの実現を目指す。このようなディスプレイが実現することで、様々なコンテンツに対する最適な表示が可能になることに加え、人と情報コンテンツとの新しいインタラクションも実現可能になる。

2 軟らかさが可変なディスプレイ

我々が目指すのは、ユーザやシステムが任意のタイミングで表面の軟らかさを変えることができるシステムである。これまで、形状を動的に変化させることができるディスプレイとして、直動機構等で制御されたピンを多数並べたピンレイ式のディスプレイ [1] 等があったが、多数のピンを制御する必要がありハードウェアが複雑・高価になりがちで、現実的に解像度を高めることが困難である。そこで我々

は密閉された細かいビーズと減圧機構でビーズの硬さを変える技術に着目した。ビーズを気密性のある布で密閉し、内部の空気を抜いていくことでビーズは徐々に硬くなって行く。また内部の空気を完全に抜き、真空に近い状態にすることでビーズは完全に硬化した状態になる。これは「床ずれ防止マット」等で利用されている手法であるが、この手法の場合、圧力制御のみで容易に軟らかさを制御可能であり、また非常に安価に実現可能である。

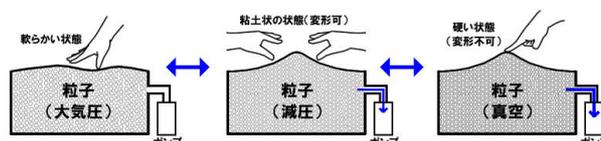


図 1. 減圧による軟らかさの変化

そして本手法を用いたディスプレイは、ダイナミックな性質を持つ(図 1)。まず減圧されていない状態では、ディスプレイは「布のような軟らかい状態」になる。このときの状態ではディスプレイ形状は砂のように軟らかで弾力を有し、ユーザは手等で自由に形を変えることが可能である。次に徐々に内部を減圧していくと、ディスプレイは「粘土」のような状態になる(図 2(左))。このときの状態ではディスプレイは弾力は無くなっているが、力を入れれば手で変形が可能である。さらに内部を真空に近い状態にするとディスプレイは完全に硬化し、この状態ではディスプレイの形状はそのときの形状のまま保たれる(図 2(右))。

以上の性質は従来のディスプレイには無いものであり、この性質を利用することで新しいインタラクションが提案できると考える。そこで我々は、この原理を用いたテーブルトップシステムのプロトタイプ

Copyright is held by the author(s).

* 佐藤俊樹, 的場やすし, 高橋宣裕, 小池英樹, 電気通信大学大学院情報システム学研究所



図 2. 粘土状の状態 (左) と硬い状態 (右)

ブシステムを開発し、さらにインタラクティブなコンテンツへ応用するためのタッチ検出技術と、形状計測技術の開発を行った。

3 ハードウェア構成

製作したプロトタイプハードウェア構成は次のようになる (図 3)。底面が透明な高さ 5cm の箱を透明ビーズで満たし、上面を布で密閉した。使用するビーズは後述するテーブル下部からのタッチ検出のため透明であることが望ましいため、今回は大きさ 1mm から 2mm の透明ガラスビーズを用いた。布は伸縮性の高いスパンデックスを用い、裏地として気密性のある薄い透明弾性体シートを用いた。ポンプは小型の掃除機を改造して用い、Arduino 経由で PC から制御する。映像はテーブルの上部からプロジェクタで投影を行う。

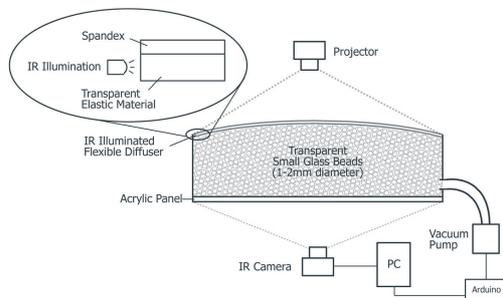


図 3. ハードウェア構成

4 タッチ検出及び形状の計測

次に、本ディスプレイ上でタッチ検出を行うシステムを開発した。タッチ検出は FTIR や Diffused Illumination 等のテーブル下部からの検出手法が代表的であるが、今回のシステムはテーブル面が平面ではなく、またテーブル内部が不透明な粒子素材で満たされているためこれらの使用は困難である。一方、テーブル上部からの検出では、厳密にタッチを検出することは困難である。そこで、透明弾性体に横から赤外線を入射させ、テーブル下のカメラで検出を行う手法を試みた。テーブル下部からのカメラによる検出であるため、タッチ動作により生じた赤外線はテーブル中で大部分が拡散されてしまうが、

接触位置の周囲は赤外線が高輝度で撮影されるため、高輝度領域の重心位置を求めることで接触位置を推定することは可能である。

次に、ディスプレイの表面形状を計測するシステムを開発した。表面形状の計測には、テーブル下部から照射した赤外線をテーブル上部のカメラで捉える手法を用いた。テーブル下部から照射した赤外線は、テーブル内部で拡散して一様に広がり、テーブル面を通して上部に漏れてくるが、これをテーブル上部のカメラで撮影すると、テーブル内部の粒子の厚みが薄い部分ほど赤外線が多く漏れるため、この輝度差を利用して形状の推定が可能である。

4.1 アプリケーション

本システムを利用したインタラクティブなデモアプリケーションとして、テーブル上で立体的な顔を形作ることができ、同時に作成した顔との接触によるインタラクションが可能な「顔アプリケーション」を作成した。まず、ユーザが軟らかなテーブル上に顔の輪郭となる形状を形作ると、システムがそれを検出し、形状には目や鼻等の顔のパーツ映像が投影される。次に、テーブルが粘土状の硬さに変化し、ユーザは指で押し込んだり摘んだりすることで目や鼻等の凹凸を作ることが可能になる。最終的に顔が完成するとテーブルは硬化し、完成した顔はユーザの接触動作に対してインタラクティブに振舞う。

5 今後の展望

今回のプロトタイプシステムでは、テーブル内部の粒子が完全に透明ではないため、接触検出にはいくつかの制限が生じてしまった。例えば、今回の手法では指で軽く触っただけでは接触位置を検出することは困難であり、ある程度の押し込み量が必要である。そのためテーブル内を硬化させすぎると押し込みが困難になり、接触検出が困難になる問題も発生した。今回のシステムではテーブル下部からの Diffused Illumination 方式による接触検出は不可能であったが、将来的に透明度が上がるとこれは可能になると考えている。例えば、テーブル内を粒子と屈折率の近い液体で満たすことで、完全に透明な状態に近づける等することで、より適した接触検出や、テーブル下部からの形状計測が可能になると考えている。

参考文献

- [1] D. Leithinger and H. Ishii. Relief: a scalable actuated shape display. In *Proc. of TEI'10*, pp. 221–222, 2010.
- [2] B. Piper, C. Ratti, and H. Ishii. Illuminating clay: a 3-D tangible interface for landscape analysis. In *Proc. of the CHI'02*, pp. 355–362. ACM, 2002.