

形状変化デバイスを用いた垂直面インタラクション

穴久保 拓磨†

藤波 香織††

† 東京農工大学大学院 工学府 情報工学専攻

†† 東京農工大学 大学院 工学研究院 先端情報科学部門

1 はじめに

近年では形状変化型インタフェースが注目を集めており、変形をインタラクションに用いる研究も多い。形状変化型インタフェースでは従来は静的な物体に形状変化を取り入れることで、新しいインタラクションや応用可能性を開拓している。様々な物体を形状変化させる研究が行われているが、本研究では垂直面を用いたインタラクションに注目する。垂直面の1つとして壁面を用いたインタラクション例は存在するが、多くが視覚的なインタラクション [1] や形状変化を情報提示 [2] にのみ利用している。その理由として、壁面などの垂直面は本来は固定的なものであるためインタラクションの手法が制限されることが考えられる。

そこで本研究では変形制御可能な垂直面を用いた新しいインタラクションの提案を行うことを目的に、動的に形状変化可能な垂直面デバイス DeforVerface* の開発を行う。DeforVerface はデバイス自身でユーザの手や物体の接触検知や接近検知を行い、形状変化を視覚的なインタラクション以外にも利用できるように実装する。

2 提案インタラクション

Iwata らの研究 [3] ではダイナミックアフォーダンス、コンストレイント、アクチュエートというモードを水平面で定義していたが、本研究では新しくディスプレイとジェネレートという2つのモードを追加し、水平面ではなく垂直面においてそれらを定義した。

2.1 ダイナミックアフォーダンス

用途や状況に応じて形状や大きさを変化させることで動的にアフォーダンスの提示を切り替えるようなインタラクションはダイナミックアフォーダンスモードと呼ばれる。変形制御可能な部屋の照明用スイッチを例として説明する。形状変化可能な垂直面によって表現されたスイッチでは、スイッチの有無を切り替えることが可能であるため、状況に応じてアフォーダンスの提供を変化させることが可能である。位置を変化させることも可能なため、ユーザの手の位置を認識し手の位置にあわせてスイッチが移動することでスイッチへのアクセスの所要時間短縮にも繋がりユーザビリティの向上も図る。

2.2 コンストレイント

状況に応じて出現と非出現を切り替えることで、ユーザに直接的ではなく暗示的に制限を与えるようなインタラクションはコンストレイントモードと呼ばれる。変形制御可能なドアノブを例として説明すると、入室を制限したい場合はドアノブを非出現状態にすることで、

ユーザに暗示的な制限を与えることができる。さらにドアノブの出現位置の上下を変化させることが可能なため、ドアノブに手の届かない子供の入室制限といったことも可能となる。

2.3 アクチュエート

デバイスの変形により周辺にある物体を移動、操作するようなインタラクションをアクチュエートモードとする。インタフェースとして静的な物体を利用する従来の方法では困難な周辺物体に作用するような新しい通知方法の提案を行う。例えば、傘を本デバイスに引っ掛けておいて雨の予報であれば傘を揺らす、落とすといった動作をすることで情報伝達が可能であると考えられる。また、スマートフォンやモニター等による通知と異なり実物を実際に動作させることでユーザに強く印象を与えることが可能である。

2.4 ディスプレイ

変形制御可能な垂直面は周辺の環境に溶け込んで、アンビエントディスプレイとして動作させることも可能となる。このようなインタラクションをディスプレイモードとする。スマートフォンやパソコンと連携することで、それぞれの端末が受信したメールなどの通知を変形する壁面の変形状態でユーザに提示することができる。このモードは2.3節のアクチュエートモードとは異なり、デバイス形状そのもので情報の提示を行う。壁面によって通知することにより、広く視界に入りやすいという特性を活かして新しいディスプレイの場とすることができる。また、通知に対してユーザが確認や返信のアクションを起こした際に、形状変化を用いることで触覚のフィードバックを与えることが可能である。

2.5 ジェネレート

変形制御可能な垂直面を棚や台、手すりなどの任意の物体を模した形状に変形させて使用することができる。これをジェネレートモードとする。例えば、本を置く場所が欲しい場合に任意の壁面や机の仕切りなどを変形させることで棚を作成できる。また、大きさが変わった場合なども任意の場所や大きさに簡単に変更することが可能である。

3 DeforVerface の概要と実装

3.1 システム概要

DeforVerface は2章に前述した提案インタラクションを満たすように設計した。その結果、1) 変形、2) 変形部位への接触検知、3) デバイスへの接近検知、4) デバイス間の連携、の4つを機能要件として定義する。システム機能構成図を図1に示す。本システムは様々な垂直面で動作し、貼り付ける形で設置して変形する壁やドアを擬似的に表現する(図2)。デバイスは外部端末から振る舞いを設定することで様々なインタラクションを実現する。

Vertical plane interaction using shape change device

† Takuma ANAKUBO †† Kaori FUJINAMI

†, †† Department of Computer and Information Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

*Deform と vertical, surface の造語

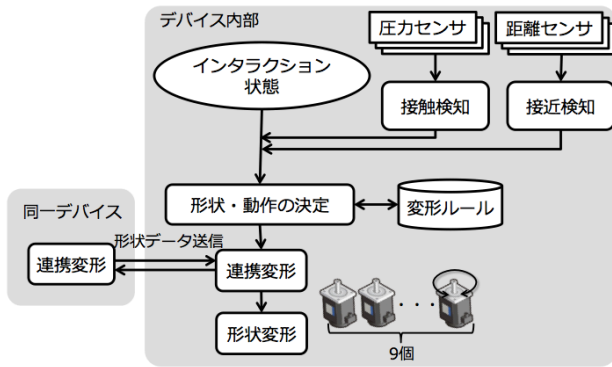


図 1: システム機能構成

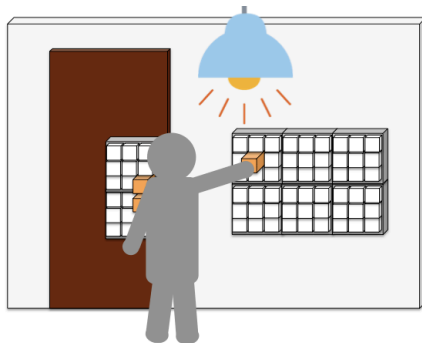


図 2: システム使用例 (照明用スイッチとして動作)

3.2 プロトタイプシステムの実装

デバイスを垂直面に貼り付けた場合に垂直面とは垂直の方向に上下運動可能なブロックを配置することで、垂直面があたかも凹凸を作るように変形する様子を実現する。図3に作成したプロトタイプを示す。左図が変形前で右図が変形後の様子である。

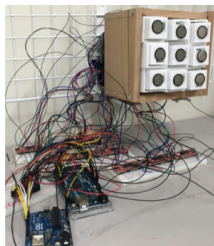


図 3: プロトタイプシステム

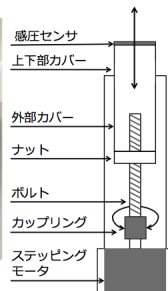


図 4: 変形機構

3.2.1 変形機構

デバイスに配置されたブロックを上下運動させることで擬似的に変形可能な垂直面を実現する。ブロックはIwataら[3]の研究を参考にモータでボルトを回しナットを上下運動させることでナットと結合されたブロック自体を上下運動させる(図4)。モータはArduinoによって制御される。Arduinoから複数モータの同時制御を行うと、モータの接続数の増加により回転速度が低下するため、Arduinoは2台使用してI2C通信を用いて親側が子に命令を送る形で使用する。親側は5個のモータを、子側は4個のモータを制御する。ブロックサイズはブロック中で使用するステッピングモータの大

きさにあわせて、1辺が28 mmの正方形とした。1つのデバイス自体の大きさはデバイスを固定するための木枠を含めて縦横が1辺が130 mm、高さが変形部位を一番低くした状態で163 mmとなった。またデバイス自体の重さは1718 gになった。変形機構のブロックの移動距離は70 mmとなった。同時に動作させるブロック数により処理が分散されるため変形速度は異なるが、最速となる1つのブロック動作の場合は30.2 mm/sであり、最遅となる9つのブロック同時動作では14.0 mm/sであった。

3.2.2 接触検知部

変形部位の先端部分への接触を検知するために、各ブロックの先端部に厚さ約0.8 mmの薄膜フィルム感圧センサを配置した。各ブロックに配置した感圧センサからの測定値はデバイス外にあるArduinoで集約してそれぞれのブロックへの接触検知を行っている。接触検知部はブロックが静止時と上下運動中で検出確認を行い、正しくユーザの接触を検知できていることを確認した。

4 今後の展望

本プロトタイプシステムは、2章にて述べたインタラクションを実現するためのデバイスであるが、接近検知機能やデバイス間の連携機能が未実装である。今後、実際にインタラクションを実現しユーザへの提案を行うために未実装機能の実装を行う。未実装機能は、接近検知機能とデバイス間の連携機能である。接近検知機能については、赤外線距離センサをデバイスのブロック周辺に配置することで実現することを考えている。また2章にて述べた各インタラクションモードを実現するためのデバイスの開発を行ったが、現状ではインタラクションモードの実装および、ユーザによる評価は実施していない。そのため今後は本章にて前述した未実装機能の実装を済ませてインタラクションの実装を行い、実際にユーザに使用してもらって使用感やインタラクションに対する評価を得るためにユーザ評価実験の実装を考えている。

5 おわりに

本論文では、垂直面におけるインタラクション提案のための形状変化可能な垂直面デバイスを開発した。開発したデバイスには変形機構を実装し、変形距離が70 mm、変形速度が最速で30.2 mm/s、最遅で14.0 mm/sで変形可能である。またユーザの接触検知可能である。今後は未実装である接近検知やデバイス間の連携機能を実装した上で、ユーザにインタラクションの体験をしてもらい変形可能な垂直面の優位性や応用可能性について考察する。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省特別経費「持続可能社会に向けた知的情報空間技術の創出」の支援を受けた。

参考文献

[1] Garth Shoemaker et al. Shadow reaching: a new perspective on interaction for large displays. In *Proc. of UIST'07*, pp. 53–56, 2007.
 [2] Bin Yu et al. Livingsurface: Biofeedback through shape-changing display. In *Proc. of TEI'16*, pp. 168–175, 2016.
 [3] Hiroo Iwata et al. Project feelex: adding haptic surface to graphics. In *Proc. of SIGGRAPH'01*, pp. 469–476, 2001.