

光センサモジュールを用いた 非侵襲での柔軟物インタフェースの構築手法

古居なおみ^{†1} 鈴木克洋^{†1} 杉浦裕太^{†1} 杉本麻樹^{†1}

概要: 柔軟物を介して日常生活におけるユーザの動作を計測し、生活環境に即したインタラクションの実現を目指す研究が盛んに行われている。本研究では、クッションやぬいぐるみなどの既存の柔軟物を侵襲することなく入力インタフェース化できるシステムの提案を行う。本システムでは、柔軟物の外側に光センサモジュールを装着させることで柔軟物の変形を計測し、柔軟物への接触を検知する。本稿では光センサモジュールを試作し、接触位置の推定を行った。

A Non Invasive Method to Make Soft Object Interfaces Using Photo Sensor Modules

Naomi FURUI^{†1} Katsuhiko SUZUKI^{†1} Yuta SUGIURA^{†1}
Maki SUGIMOTO^{†1}

Abstract: Soft objects can be found as a tangible item in many scenes of our daily life. We propose a system which turns existing soft objects such as cushions and plush toys into input interfaces without cutting them. Our system measures the shape deformations of a soft object and estimate touch position using photo sensor modules. We have implemented a prototype of the modules and estimated touch position on a soft object.

1. はじめに

クッションやぬいぐるみ、布などの柔らかい日用品（以下、柔軟物）は我々の居住空間に溢れており、生活者と触れ合う機会が多い。こうした柔軟物をコンピュータとのインタフェースとすることで、生活空間に溶け込んだインタフェースを実現することが可能である。

柔軟物を介して日常生活におけるユーザの行動や状態を理解し、また情報を提示することによって、生活環境に即したコミュニケーションの実現を目指す試みが行われている[1][6]。

1.1 既存の柔軟物のインタフェース化

柔軟物をインタフェースとして利用する研究として、富永らのふわもにゅインタフェース[7]や平松らの PUYO-CON[3]がある。これらはコンピュータを組み込むための柔軟物を新たに作成する必要があり、既存の柔軟物への適用は難しい。

既存の柔軟物のインタフェース化には次のような利点がある。まず、既に居住空間に溶け込んでいる柔軟物を利用できるため、ユーザの普段の動作を計測することが可能になる。また新たにセンサが組み込まれた柔軟物を購入する必要がないため、コストの削減に繋がる。更に、ユーザの嗜好に合った柔軟物のインタフェースを作成することができる。

窠らは綿が内包された柔軟物の内部に光センサで構成

されたセンサモジュールを複数組み込むことで、柔軟物とのインタラクションを実現した[5]。このモジュールは市販されている柔軟物にそのまま組み込むことができ、柔らかさを損なわないままインタフェース化することができる。しかし、センサモジュールを内部に組み込むため、インタフェース化したい柔軟物が開ける構造になっていない場合それを切り開く必要が生じるが、ユーザが大事にしている日用品に切り込みを入れることを要求するのは難しい。

また杉浦らは既存のぬいぐるみをインタラクティブなロボットに変換することが可能なリング型デバイス PINOKY を開発した[4]。デバイスにはセンサやモーターが内蔵されており、ぬいぐるみの手足や尻尾に装着するだけでそれらを駆動させることができる。ぬいぐるみを切り開く必要がないため、ぬいぐるみを傷つけることなくインタフェース化することが可能である。しかし、このデバイスはセンサでぬいぐるみの手足などの関節角を測定する手法を用いるため、関節が無いぬいぐるみには装着できない。同様にクッションや枕など折り曲げることが難しい柔軟物には応用が困難である。

本研究では、クッションやぬいぐるみなどの既存の柔軟物を侵襲することなく、ユーザとのインタラクションのための入力インタフェースとするシステムの開発を目的とする。

^{†1} 慶應義塾大学理工学部
Faculty of Science and Engineering, Keio University

1.2 光センサを用いた物体変形の計測

フォトリフレクタは赤外 LED とフォトトランジスタが一体になった光センサであり、照射した赤外光の反射強度をフォトトランジスタで計測することで物体との距離が測定できる。この特徴を利用し、物体の変形を計測する研究が行われている。尾形らは、腕に装着したバンドの内側に設置されたフォトリフレクタで皮膚とセンサの距離の変化を読み取ることで、皮膚の変形を計測し、皮膚をインタフェース化するシステムを開発した[2]。

本研究では、柔軟物の外側に取り付けられるベルト型の光センサモジュールを実装し、柔軟物の変形を計測することでこれらを入力インタフェース化する。

2. 実装

2.1 原理

提案手法では、フォトリフレクタを柔軟物の表面を向くように設置し、柔軟物とセンサの距離 d の変化を計測することで、柔軟物の変形を検知する(図 1)。柔軟物の表面を押すと、その周囲もつられて変形するため、センサからある程度離れた位置を押しても接触を検知することができる。

開発したモジュールの外観を図 2 に示す。モジュールはフォトリフレクタ(コーデンシ製 SG-105)とマイクロコントローラ(Arduino micro)で構成されている。ここではベルトに 3 個のフォトリフレクタを 70mm 置きに接着し、2 本のベルト型センサを構成して、マイクロコントローラに接続した。これを各センサが柔軟物の表面を向くように装着することで、柔軟物を押した時の距離の変化をセンサ値として読み込む。また各センサの周りには柔軟物が密着しないように、厚さ 3mm の円盤状の樹脂製シールを貼ってある。

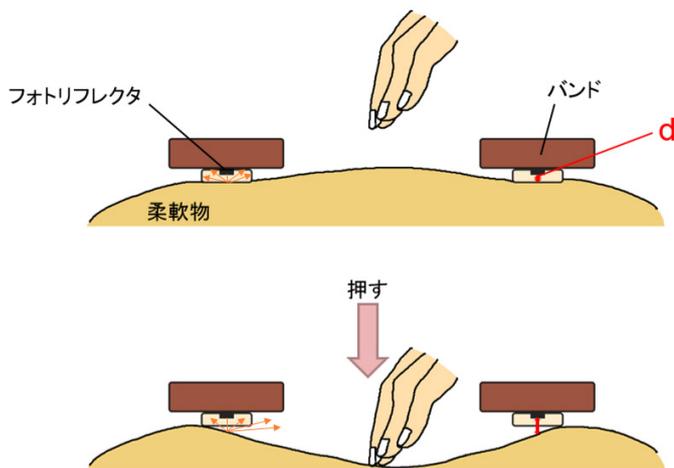


図 1 柔軟物の表面に装着した光センサモジュールによるタッチセンシングの原理

Figure 1 Measurement principal of touch sensing by photo sensor modules on a soft object

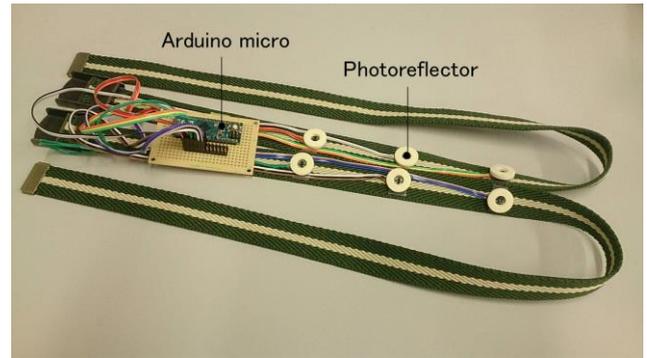


図 2 光センサモジュールの外観

Figure 2 The figure of a belt type module

2.2 センサ値の取得

モジュールをクッションに装着した時の様子を図 3 に示す。クッションの左側に取り付けられたベルトのセンサをマイコンに近い方から順に S1, S2, S3 とし、右側に取り付けられたベルトのセンサを同様の順に S4, S5, S6 とする。



図 3 光センサモジュールをクッションに装着した様子

Figure 3 A cushion equipped with optical sensing modules.

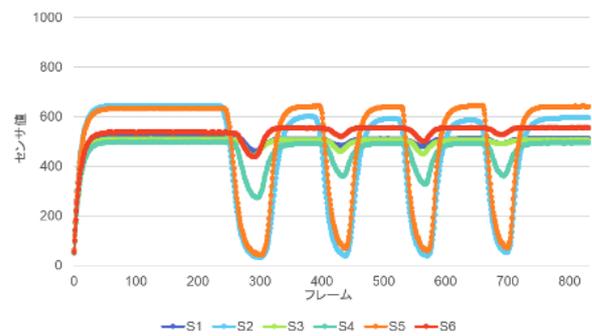


図 4 センサデータ

Figure 4 The visualized data from sensors

クッションの中央を 4 回押した時の各センサのデータを図 4 に示す。図 4 から、クッションを押した時にクッションと各センサの距離が変化していることが分かる。これによりクッションを押すという動作を検出できると考えられる。また押した場所に近いセンサほど強く反応するため、押した場所の識別が可能だと考えられる。

2.3 接触位置推定

ホスト PC 上のソフトウェアでは取得したセンサ値から接触位置の推定を行う。推定方法として教師あり機械学習

の一つである Support Vector Machine(SVM)を用いた。また実装には PSVM: Support Vector Machine for Processing (PSVM)¹ライブラリを使用した。2本のモジュールの間の領域を左上, 右上, 中央, 左下, 右下の5つに分割し, それぞれの箇所を指で押さえた時のセンサのデータを10回取得することで事前学習を行った。学習後は同様の場所を押すことで, 接触した場所を分類できるかどうかを確認した。図5にSVMを用いて接触位置推定を行っている様子を示す。

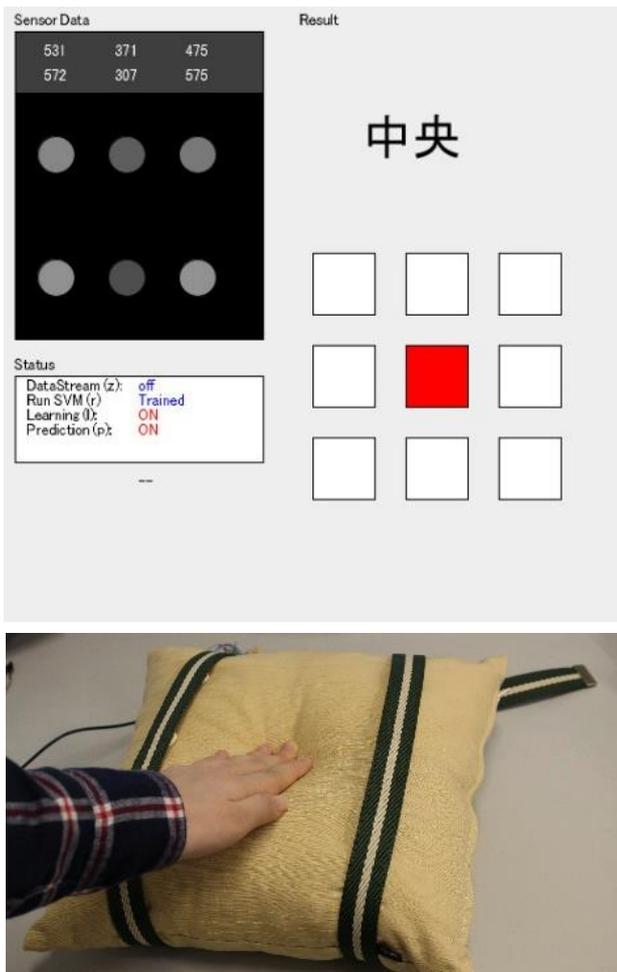


図5 SVMを用いた接触位置推定の様子:ソフトウェア上に表示された識別結果(上),クッションの中央を押している様子(下)

Figure 5 Detecting touch position using SVM

3. おわりに

本研究では, ベルト型の光センサモジュールを装着することで, 既存の柔軟物を入力インタフェース化するシステムを提案し, 試作した。モジュールは柔軟物の外側に取り付けるため, 柔軟物を加工することなく接触を検知できる。今後はより安定してセンサ値が取得できるようなモジュールの形状や装着方法を探り, ハードウェアの改善を図る。また接触位置推定の精度を評価する実験を実施する。更に, 本システムを用いたアプリケーションを制作し, 本システムの利点や課題を議論していく。

参考文献

- [1] Izumi Yagi, Shigeru Kobayashi, Ryo Kashiwagi, Daisuke Uriu, and Naohito Okude. 2011. Media cushion: soft interface to control living environment using human natural behavior. In Proceedings of ACM SIGGRAPH 2011 Posters, ACM, Article 46, 1 pages, 2011.
- [2] Masa Ogata, Yuta Sugiura, Yasutoshi Makino, Masahiko Inami, and Michita Imai. 2013. SenSkin: adapting skin as a soft interface. In Proceedings of the 26th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST 2013). pp. 539-544, ACM, 2013.
- [3] Ryousuke Hiramatsu. 2009. PUYO-CON. In Proceedings of ACM SIGGRAPH ASIA 2009 Art Gallery & Emerging Technologies, pp. 81-81, ACM, 2009, DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/1665137.1665200>
- [4] Yuta Sugiura, Calista Lee, Masayasu Ogata, Anusha Withana, Yasutoshi Makino, Daisuke Sakamoto, Masahiko Inami, and Takeo Igarashi. 2012. PINOKY: a ring that animates your plush toys. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '12). ACM, New York, NY, USA, 725-734.
- [5] 笥 豪太, 杉浦 裕太, 杉本 麻樹, 稲見 昌彦: 綿を内包した柔軟体を用いた日常生活に溶け込むインタフェース, WISS 2010, pp. 89-94. (2010)
- [6] 杉浦 裕太, 笥 豪太, ウィタナ アヌーシャ, 坂本 大介, 杉本 麻樹, 五十嵐 健夫, 稲見 昌彦 FuwaFuwa: 複数のフォトトリフレクタモジュールを用いた柔軟物への接触検知手法, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 1344011X, 日本バーチャルリアリティ学会, 2015-09-30, 20, 3
- [7] 富永祐衣, 塚田浩二, 椎尾一郎: ふわものにゆインタフェース, インタラクシオン 2011 3CR3-14, 2011.

¹ <http://makematics.com/code/psvm>