

コンピュータによる布製品の機能の拡張

上田 真子^{†1} 中野 亜希人^{†2} 羽田 久一^{†1}

概要: 近年ウェアラブルコンピュータの開発が進み、布製品を用いたソフトなイメージのウェアラブルコンピュータも開発が進んでいる。これまで行われてきたソフトなウェアラブルコンピュータに関する研究はコンピュータによって布製品に新しい機能を付加することに注力したものが多く、コンピュータによって布製品が元から持っている機能を拡張するというものはなかった。本研究ではコンピュータによる布製品自体の機能を拡張させるための手法を提案し、形状変化によって掛け外しの動作の制御を行うボタンとワンタッチバックル型コネクタの実装を行った。

Augmented Garment: Enhancement of Garment Function by Embedded Computer

MAKO UEDA^{†1} AKITO NAKANO^{†2}
HISAKAZU HADA^{†1}

Abstract: Researches on wearable computing have proposed many applications, adding new functions to garments for healthcare, and specific tasks by HMD (Head Mounted Display) and other devices. In this paper, we propose two applications to reveal enhanced intrinsic functions of the garment itself by augmenting its parts; a button whose opening-closing status is controlled by operations from the computer; a buckle which connects not only garments physically but also transmits an electric signal as well as power source to the garment. The implementation and the evaluation of these computer-controlled garment parts will be described.

1. はじめに

近年ウェアラブルコンピュータが続々と開発されている。ウェアラブルコンピュータの特徴はスマートフォンやタブレットのように携帯し持ち歩くのではなく、眼鏡や腕時計などのように身に付けて持ち歩く点である。最近では腕時計型や眼鏡型などの硬いイメージのあるハードなウェアラブルコンピュータだけではなく、衣服など布製品を用いた柔らかいイメージのあるソフトなウェアラブルコンピュータの開発も進んでいる。ソフトなウェアラブルコンピュータの例として、センサを縫い付け心拍数などの生体情報をセンシングするシャツや生地を指でなぞることでスマートフォンなどの端末を操作するズボンなどが挙げられる。導電性布を用いて衣服自体を作ったり、衣服に導電糸を編み込んだりなどの手法を用いて衣服上の電気的な通信路を構成することが多い。センサを直接縫い付けるだけではなく導電糸を用いて静電容量によって布に触れているかどうかをセンシングするなど、布に直接機能を持たせるという方法もある。

これまで行われてきたソフトなウェアラブルコンピュータに関する研究では衣服などに直接センサをつけて入力装置とするなど、衣服をデバイスとして扱っていることが多い。入力方法には衣服をつまんだりタッチするなど従来の

布製品を使用する際には行わない動作が操作方法になっていることが多い。出力に関しては衣服にLEDを接続することや衣服自体を変形させるなどの見た目を変化させることを目的にしたものが多く、ボタンの掛け外しなど布製品そのものに対して出来ることを増減させるなどの試みはされてこなかった。

本研究では布製品が本来持っている機能をコンピュータによって拡張する一例として形状変化によって掛け外しの動作の制御を行うボタンと、布製品の使用感を損ねずに回路とパーツの保持を行うワンタッチバックル型コネクタを実装した。またその活用例として鞆への適用を挙げる。

2. 関連研究

これまでも布製品を用いたウェアラブルコンピュータのための入出力方法に関する研究がされてきた。大佐賀ら[1]は布製品と一体化したウェアラブルコンピュータの入力方法としてアナログ入力機能を備えた線ファスナーの開発を行っている。線ファスナーのエレメントに沿うようにテープ部分に導電糸を縫い付け、電気を流した際に導電糸とスライダを通ったときの抵抗値を測定することでファスナーがどの程度開いているかを識別するという手法を用いている。この線ファスナーを用いることで0か1かの値だけではなくアナログの値を入力することが可能になる。線ファスナーを取り付けられる場所が限られるが、入力している状態が保持できるという特徴がある。

その他の入力方法の研究として Karrer らの Pinstripe[2]が

^{†1} 東京工科大学メディア学部メディア学科
School of Media Science, Tokyo University of Technology
^{†2} 慶應義塾大学大学院政策メディア研究科
Graduate School of Media and Governance, Keio University

ある。Pinstripe は衣服をつまんで指ですべらせることで連続入力ができるインターフェイスである。衣服に導電糸を縫い付けて通電させ、導電糸同士がどの位置で触れ合っているかを識別することでつまんだ幅を測っている。入力方法は手軽だが入力している状態を保持させる場合には向いていない。

線ファスナーのスライダーをロボット化した Zipperbot[3]がある。スライダーをプログラムで制御し自動で線ファスナーの開閉を行う。スライダーに手を触れず開閉が行えるため手で触れてはいけないうえにバイオスーツなどへの採用が期待されている。

衣服に LED を埋め込みディスプレイにする Lumalive[4]がある。LED の光り方を制御することによって様々な絵や文字を表示でき、服の柄を変えることが出来る。Lumalive を用いた研究に Cheng らの TagURI[5]がある。この研究ではタッチセンサと Bluetooth Arduino を搭載した Lumalive シャツを着用して行う鬼ごっこのようなゲームを提案している。衣服のディスプレイにキャラクターが表示されているプレイヤーのタッチセンサを触ると、他のプレイヤーの服にキャラクターが移動する。キャラクターが表示されている間プレイヤーのポイントが増加し、最終的なポイント数で勝敗が決まるゲームである。

David らは衣服に張り巡らされたケーブルとセンサやデバイスとの接続を可能とする e-Tags[6]というモジュールを開発している。布製品を用いたウェアラブルコンピュータの機能を 1 つの基盤にすべて搭載させるのは手間やコストがかかることに加え、センサや機能の付け替えができないという課題がある。その課題を解決するために付け替えが可能な接続方法を考案している。ケーブルとの接続方法にはスナップボタンとリボンケーブル・コネクタを採用している。また通信方法には電源・接地・信号線 2 本の計 4 本で通信可能でデータ転送速度も十分であるという理由から I²C を採用している。しかしスナップボタンを用いた接続方法では着用者の動作による衣服の伸び縮みによってスナップボタンが外れてしまう恐れがあると述べている。

3. コンピュータによる布製品の機能の拡張

これまでもソフトなウェアラブルコンピュータのための入出力方法や通信経路などの構成要素に関する研究が行われてきたが課題点もいくつかある。入力方法としては導電糸を縫い付けた衣服をつまんだりタッチしたりなど普段布製品には行わないような動作のものが多く、従来の布製品の使用法に則ったものが少ない。また出力方法は LED を用いて衣服に絵を表示させたり衣服自体を変形させたり[7]などの見た目を変えるものが多く、布製品に対して行う動作の増減や、ボタンやファスナーなどの布製品が元から持っている機能を拡張させることは考えられてこなかった。ソフトなウェアラブルコンピュータのためのセンサやデ

バイスとの通信経路や接続方法として無線通信や導電糸、スナップボタンなどが用いられてきた。しかし無線通信では本当にユーザが望んでいるセンサやデバイス同士が接続されているかどうかを視覚的に確認が出来ない。また無線通信の場合はセンサやデバイスごとに電源が必要となってしまう。導電糸の場合は接続しているかどうかを視覚的に確認は出来るが、布製品に直接縫い込まれてしまい、通信経路を組み替えられないという課題がある。通信路や接続するセンサの組み換えを可能にするためにスナップボタン[8]が用いられることが多いが、スナップボタンは物理的な接合の強度が低く、重さのあるセンサやデバイスを物理的に保持しながら通信を行うことには向いていない。

これまでのソフトなウェアラブルコンピュータに関する研究はセンサやデバイスの小型化や接続方法の考案など、どのようにコンピュータを身につけるかということだけに注目をしており、衣服の着用の動作やボタンの掛け外しなどの布製品自体の機能をどのように拡張するかについては考えられていない。本研究では布製品を用いたウェアラブルコンピュータにおいてコンピュータにより新しい機能を付加するのではなく布製品が本来持っている機能を拡張するのを目的としている。一般的な布製品の機能を拡張する一例として、一般的に利用されているボタンの機能を拡張し、掛け外しの動作を制御するボタンの実装を行った。また、布製品の使用感を損ねずに回路とパーツの保持を行うためにワンタッチバックルを用いたコネクタを実装した。

4. 布製品の機能の拡張の実装

布製品は布だけでなくボタンやファスナーなどの服飾資材と組み合わせることで製品として機能している。本研究では服飾資材の機能を拡張することによって布製品が持つ機能を拡張する。

4.1 ボタンの形状変化による掛け外しの制御

形状の変化により掛け外しの動作を制御するボタンを実装した。Zipperbot[3]のように自動で掛け外しの動作を行うのではなく、ボタンが掛け外し出来ないのを気付かせることで着用者による掛け外しの動作を制御し、着用者が衣服に対して行える動作を減らすことを目的としている。

通常ボタンはボタンホールよりも小さいため掛け外しが出来る。長円形を 2 つ重ねたボタンの片方を回転させてボタンホールよりも大きい形状に変えることで、着用者のボタンの掛け外しの動作を制御するという手法を用いた。ボタンのパーツは図 1 のように上と下の 2 つに分かれており、上下 2 つを軸と組み合わせて 1 つのボタンとして使う。軸を回転させ上のボタンだけを 90 度回転させると図 2 の右のように上下のボタンが交差する。こうすることでボタンホールよりも大きい形状になり、掛け外しを行おうとするとボタンホールに引っかかり掛け外しが不可能になる。ボタン部分は Sketch Up で 3D モデリングを行い 3D プリンター

で印刷したものを使用した。上下のボタンとも 15mm×10mm×2mm の大きさである。下ボタンの小さな 4 つの穴は服に糸で縫い付けるための穴である。軸を回転させる際に下ボタンの中央の穴に干渉しないよう上ボタンの穴よりも直径を 0.5mm 大きくしている。軸の片方を上ボタンの中央の穴に固定し、もう片方をサーボモーターに固定して取り付けている。

本実装を用いてボタンの掛け外し動作の制御の実験を行った。ブレッドボード上にスイッチを設置し、Arduinoに接続してボタンの制御を行う。スイッチを1回押すことで軸が90度回転し図2の右の状態になり、もう1回押すことで左の状態に戻り外れる状態となる。ボタンは既製の衣服に取り付けた。学生5人にボタンを取り付けた衣服を着用してもらい、掛け外しができない状態でボタンの掛け外しができるかどうかを試した。その結果4人は掛け外しを行うことが出来なかった。4人は掛け外しを試みてすぐに「出来ない」という旨の発言をしたため、ボタンの掛け外しをしようとした瞬間に掛け外しが不可能であることを気付かせる程度の強度があると考えられる。

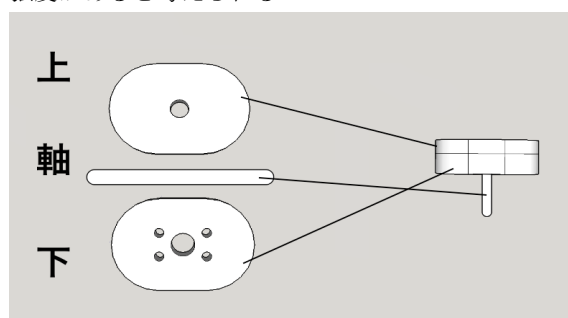


図 1 ボタンのパーツ
Figure 1 Parts of the button.



図 2 左:掛け外し可能 右:掛け外し不可
Figure 2 Users can fasten or release the button (left) and can't (right).

4.2 ワンタッチバックル型コネクタ

衣服間での自然な接合と通信を目的とし、ワンタッチバックル型コネクタを実装した。ワンタッチバックルとは衣服や鞆のベルトなどによく用いられている、オスとメスに分かれたパーツを着脱して使用するものである。ワンタッチバックルを用いた理由は既に衣服や鞆などで多く用いら

れており、見ただけで使用方法がわかりやすいからである。布製品に使用されていないパーツや、従来の布製品の使用方法と違う操作方法の追加を避けることで、従来の布製品の見た目や使用感に近づけることが出来る。またワンタッチバックルはベルトなど物体と物体を繋ぎ合わせる働きをしている。そこからデバイスとデバイスを繋げることも連想しやすい。スナップボタンなどと比べて物理的な接合の強度も高いのでデバイスを保持することにも向いている。

ワンタッチバックルは配布されている 3D モデルデータ [9]を印刷して使用した。ワンタッチバックルのオス側とメス側両方に銅板を貼り付けて電極とし、物理的な接合と同時に電力の供給と通信を可能にした。電極は電源・接地と信号線 2 本の計 4 種類である。ワンタッチバックルは片方のバックルを 180 度回転させても使用できるという特徴を持っており、その使用感を保持するため図 3 のようにオス側の接地と電源線 2 の電極を 2 組用意して点対称になるように配置し、図 4 のようにメス側の電源と信号線 1 の電極を 2 組用意して点対称に配置している。こうすることで片方のバックルを 180 度回転させて差し込んでも通信を行うことが可能になる。ワンタッチバックル型コネクタによる回路の分離と接合の実験を行った。通信方法には電源と接地、2 本の信号線の計 4 本で通信が可能であり、マイコンとセンサの通信によく用いられる I²C を採用した。Arduino と I²C 対応センサ搭載のモジュールとの通信を行い、ワンタッチバックル型コネクタによる回路の接合が可能であることが確認できた。

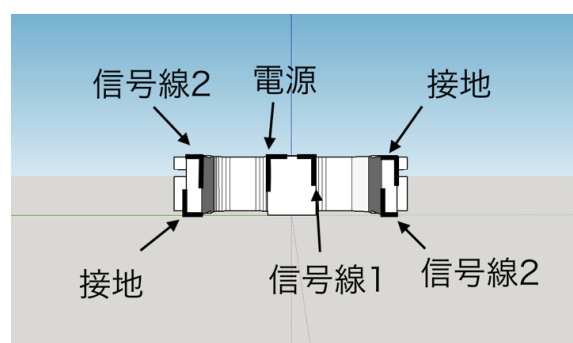


図 3 オス側バックルの電極の配置
Figure 3 Layout of electrodes in the male side buckle.

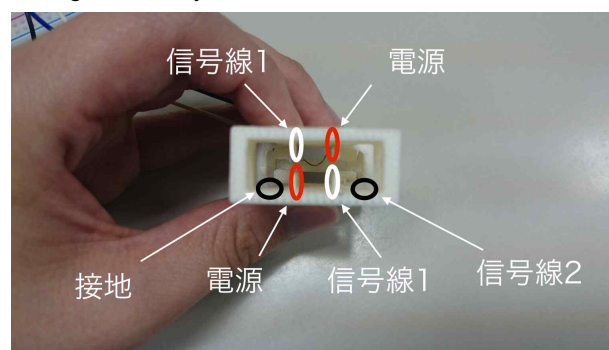


図 4 メス側バックルの電極の配置
Figure 4 Layout of electrodes in the female side buckle.

4.3 靴への適用

実装を行ったボタンとワンタッチバックル型コネクタの適用例として靴を挙げる。図5のように靴に形状変化によって掛け外しの動作を制御するボタンを取り付け、ファスナーの中央部分を覆うように縫い付けられたフラップをボタンで固定する。ファスナーの2つのスライダーを中央に移動させてからフラップを被せてボタンで固定することで、スライダーに触れることが出来なくなり靴を開けることが出来なくなるのでスリの防止などの防犯目的に使うことが出来る。

ワンタッチバックル型コネクタのメス側を靴に取り付け、オス側にセンサを取り付けることで様々なセンサを付け替えて使うことが可能になる。ほとんどの靴は衣服よりも外側で持ち歩くことが多く外気に晒される。そのため紫外線センサや湿度センサなどの環境をセンシングするものと相性が良い。日差しが強いことや空気が乾燥していることをスマホなどに通知をすることで日焼けや美容対策に用いることが出来る。またセンサ自体にマスコットのような飾り付けをすることでバッグチャームのような飾りとしても用いることが出来る。

このように形状変化によって掛け外しの動作を制御するボタンを取り付けることで、靴が元から持つファスナーで開け閉めするという機能を制御することが出来る。またワンタッチバックル型コネクタを用いることで物を入れて運ぶという機能に加えて、靴を飾りながら環境をセンシングするという機能を拡張出来る。



図5 ボタンを取り付けた靴

Figure 5 The bag whose opening-closing status is controlled by the computer.

5. まとめ

これまでのソフトなウェアラブルコンピュータに関する研究は衣服に情報を表示させるなど、どのようにコンピュータを用いて布製品に新しい機能を付加するかを考えたものが多く、ウェアラブルコンピュータのコンピュータの部分しか強化されてこなかった。本研究ではウェアラブルの部分である布製品自体の機能の拡張を目的とし、一般的な布製品の機能を拡張する一例として形状変化によって掛け外しの動作の制御を行うボタンと、布製品の使用感を損ね

ず回路とパーツの保持を行うワンタッチバックル型コネクタを実装した。

形状変化によって掛け外しの動作の制御を行うボタンは3Dプリントした長円形のボタンのパーツをサーボモーターで回転させることによってボタンホールより大きい形状に変化させ、掛け外しの動作の制御を行う手法を用いた。実際に掛け外しが不可能か実験を行い、5人中4人が掛け外しができなかったという結果を得た。このことから掛け外しの動作を行おうとした瞬間に掛け外しが出来ないことを気付かせる程度の強度があることがわかった。

ワンタッチバックル型コネクタは1度の物理的な接合と同時に電力の供給と通信を可能とするために、ワンタッチバックルのオス側メス側共に銅板を貼り付けて電極とした。ワンタッチバックルは片側のバックルを180度回転させても使用出来るという特徴がある。両側のバックルの電極を点対称に配置することでその特徴を保持させた。

実装したボタンとワンタッチバックル型コネクタの適用例として靴を挙げた。フラップでファスナーのスライドを覆い、そのフラップをボタンで固定することでスリの防止など防犯の用途に使うことが出来る。また靴にワンタッチバックル型コネクタのメス側を取り付けオス側に飾りをつけたセンサを取り付けることで、センサの機能が付いた付け替え可能なバッグチャームとして使うことが出来る。

今後の課題としてファスナーのスライドの制御など、ボタン以外の布製品のパーツの機能の拡張方法を考案し、衣服にも適用したい。

参考文献

- 1) 大佐賀彩佳, 羽田久一: ウェアラブルデバイスのための新しい入力手法, 情報処理学会 インタラクシオン, C0-2, pp.545-548(2014)
- 2) Thorsten Karrer, Moritz Wittenhagen, Leonhard Lichtschlag, Florian Heller, Jan Borchers: Pinstripe: Eyes-free Continuous Input on Interactive Clothing, CHI2011, pp.1313-1322(2011)
- 3) Sartorial Robots - Personal Robots Group, <http://robotic.media.mit.edu/portfolio/sartorial-robots/>
- 4) Luminous textile with Kvadrat Soft Cells - Philips, <http://www.lighting.philips.com/main/products/luminous-textile>
- 5) Sylvia Cheng, Kibum Kim, Roel Vertegaal: TagURIt: A Proximity-based Game of Tag Using Lumalive e-Textile Displays, CHI2011, pp.1147-1152(2011)
- 6) David I. Lehn, Craig W. Neely, Kevin Schoonover, Thomas L. Martin, Mark T. Jones: e-TAGs: e-Textile Attached Gadgets, Proceedings of Communication Networks and Distributed Systems: Modeling and Simulation
- 7) Seçil Uğur, Monica Bordegoni, S.A.G. Wensveen, Raffaella Mangiarotti, Marina Carulli, I. Laura Duncker: An Experimental Research Project - Wearable Technology for Embodiment of Emotions, DPPI '11, (2011)
- 8) 阿部 誠, 阪口紗季, 堤修平, 松下光範: 機能の付与・変更が可能な衣服型入力装置と布製タッチスイッチの提案, 情報処理学会インタラクシオン, pp703~706 (2015)
- 9) Prep'd Buckle by jesse - Thingiverse, <http://www.thingiverse.com/thing:312961>