

# ウェアラブルデバイスのための新しい入力手法

大佐賀彩佳<sup>†</sup> 羽田久一<sup>†</sup>

本論文では衣服と一体化したウェアラブルデバイスを実現する際に新しい入力方法として利用できるアナログ入力機能をそなえた線ファスナーを提案する。線ファスナーの近傍に導電糸を用いた回路を生成し、スライダを介して電流を流すことにより、回路の抵抗値を読み取ることができる。

## A New Analog Input Method for Wearable Devices

AYAKA OSAGA<sup>†</sup> HISAKAZU HADA<sup>†</sup>

This paper describes a new input device for cloth-based wearable computing. We proposed to use a fastener as an analog input device like a potentiometer. We developed a input device with conductive thread and fasteners. We also investigate a reliability of this device.

### 1. はじめに

近年急激な普及を続けるスマートフォンやタブレットなどのスマートデバイスが、従来身近なコンピュータの主役であり続けた PC に取って代わろうとしている。そのスマートデバイスの次に来るものとして注目を集めているのが「ウェアラブルデバイス」である。

ウェアラブルデバイスとは、普段身につけているものコンピュータが組み込まれているデバイスである。コンピュータを意識することなく情報のやりとりが行われる。

ウェアラブルデバイスの形は様々であり、腕時計型からヘッドマウントディスプレイ (HMD)、衣服に至るまで幅広く研究されている。市場にも出ている腕時計型デバイスやメガネ型デバイス (HMD) など外付型ウェアラブルデバイスが現在研究の中心となっている。

最近では、「テクノ手芸[1]」や「e-テキスタイル[2]」が注目されている。テクノ手芸とは、電子工作と手芸を組み合わせた新しいクラフトであり、羊毛フェルトや編み物などに LED やセンサを埋め込むコンテンツである。モチーフにはデフォルメされた動物を多く使用していて、電子工作に関心がなさそうな女性などの幅広い層にも興味を持ってもらえるようなデザインとなっている。作成キットも本屋で買える手軽さがある。海外では服飾と電子工作を組み合わせた本[3]が出版されている。e-テキスタイルとは、布にセンサやマイクロチップを埋め込んだ繊維素材である。情報を集積伝搬する機能を持っていて、遠隔管理や制御が行える。導電性繊維を使用しているものもあり、集積回路を布自体に構築する研究が進んでいる。どちらも布や衣服に応用できるものだが、衣服とは別にセンサを埋め込む形でアナログ入力を行っている。

そこで我々は衣服を使用した内蔵型ウェアラブルデバイスの可能性を広げるため、従来の衣服に存在するアイテムを利用したアナログ入力デバイスが実現できないかと考えた。そこで様々な衣服に使用される線ファスナーに目をつけ、新しいアナログ入力デバイスの開発・提案を行う。

本論文の構成は以下のとおりである。次章で関連研究として布や衣服を中心としたウェアラブルデバイスについて述べ、三章では線ファスナーを利用したアナログ入力デバイスの提案を行う。四章では制作したデバイスに関する実験とその結果について述べる。最後に本研究のまとめと今後の課題について述べて本稿のまとめとする。

### 2. 関連研究

本章では関連研究として布や衣服を中心としたウェアラブルデバイスについて述べる。

#### 2.1 Fabcell[4,5,6]

非発光かつ可逆的な変色が可能なモジュール型テキスタイルである。このモジュールは液晶インクで染色した糸と導電性繊維から作られた一辺 7cm 四方の織物である。抵抗値の低い導電性繊維は電流を印加することで瞬時に発熱する。この熱は表面に塗布された液晶インクに伝わり布全体の色彩が変化する。マトリックス状に配置された Fabcell はフレキシブルな布型ディスプレイとして機能する。衣服だけでなく、タペストリーとして壁面にも応用されている。

#### 2.2 LilyPad Arduino

LilyPad Arduino[7]はフィジカルコンピューティングのためのツールキットである Arduino の一種で、布地に縫い付けて使うことを目的としている。配線にはハンダづけの代わりに導電糸を結ぶことで行い、手芸の手法を用いて電子回路を作成することが可能である。

### 3. 線ファスナーを利用したアナログ入力デバ

<sup>†</sup> 東京工科大学メディア学部

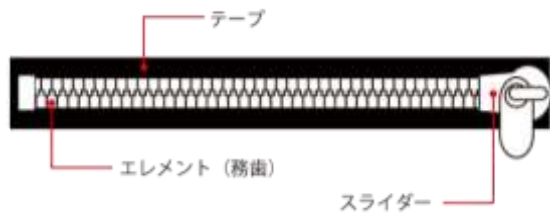


図 1 線ファスナーの構造

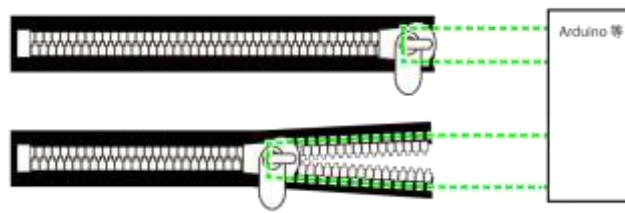


図 2 スライダー位置による抵抗値の変化



図 3 実験に使用したファスナー

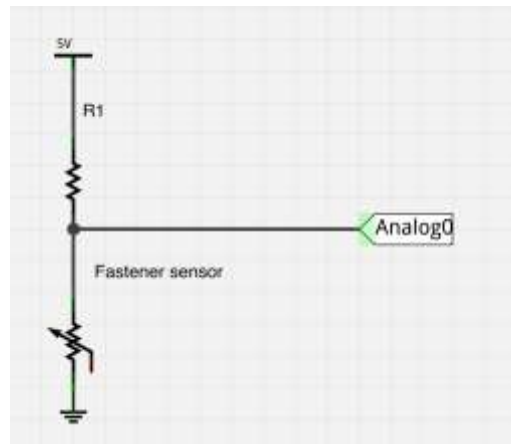


図 4 実験に使用した回路

## イスの提案

ここでは、線ファスナー[8]を利用したアナログ入力デバイスについての提案を行う。はじめにファスナーの種類と特徴についてまとめ、次に線ファスナーの構造について述べる。最後に制作したシステムの設計を述べる。

### 3.1 ファスナーの種類と特徴

ファスナーとは、衣服に用いる留め具である。ファスナーには点・線・面の三種類に大別される。点ファスナーは「スナップボタン」が主流である。ウェアラブルデバイスとして使用するには、デジタルな入力に近くスイッチとして利用しているものが既に存在する。面ファスナーは商標名である「マジックテープ」が有名である。接着面が広いが、単純化すると点ファスナーとあまり差はない。線ファスナーは日本では商標名である「ジッパー」や「チャック」と呼ばれることがある。点・面ファスナーと違い、付くか離れるか以外の状態が存在する。例えば半分だけ開いている状態や、三分の一だけ開いている状態である。これは線ファスナーならではの特徴といえる。この特徴を活かしてアナログ入力デバイスを実現できるのではないかと考えた。さらに線ファスナーは目で確認しやすい位置に縫い付けられていることが多く、状態の認識にも適している。

### 3.2 線ファスナーの構造

図 1 に線ファスナーの構造を示す。線ファスナーは大きく「テープ」「エレメント (務歯)」「スライダー」の三つで構成されている。ここで指す線ファスナーとはエレメントのある線ファスナーに限るものとする。エレメントをテープ状のものに並べて取り付けられており、スライダーを動かすことで、左右対になったエレメントが組み合わさって自在に開閉できる。一般的にスライダーには「引き手 (取

っ手)」が付けられている。

線ファスナーの素材には大きく「金属」「コイル (樹脂)」「プラスチック」の三種類に分けられる。金属ファスナーはアルミ・洋白・真鍮を主な原料として、プレスもしくは鋳造されエレメントとなっているものである。コイルファスナーは、ナイロンもしくはポリエステルモノフィラメント (単線) をコイル状に成形しエレメントとなっている。プラスチックファスナーは、ポリアセタールなどを射出成形したものをエレメントとしているものである。いずれの素材もエレメントを形成するものの違いであり、スライダー部分は金属が利用されている線ファスナーが多い。

### 3.3 システム設計

図 2 にスライダー位置による抵抗値の変化のイメージを示す。線ファスナーのエレメントに沿うようにテープに導電糸を縫い付ける。縫った導電糸の端を Arduino などの機器に接続する。電気を流した際に、糸とスライダーを通った時の抵抗値を電圧に変換し読み取ることで、開閉度を判断することができる。エレメントが金属である場合には、ファスナーを閉めた際にスライダーがある側から機器に接続することで、電気のショートカットが作られることを避ける事ができる。スライダーが金属であれば、エレメントの素材に左右されることなく制作が可能である。導電糸の縫い方については次章で実験結果を述べる。

## 4. 実験と評価

ここでは、線ファスナーに対する導電糸の縫い方による

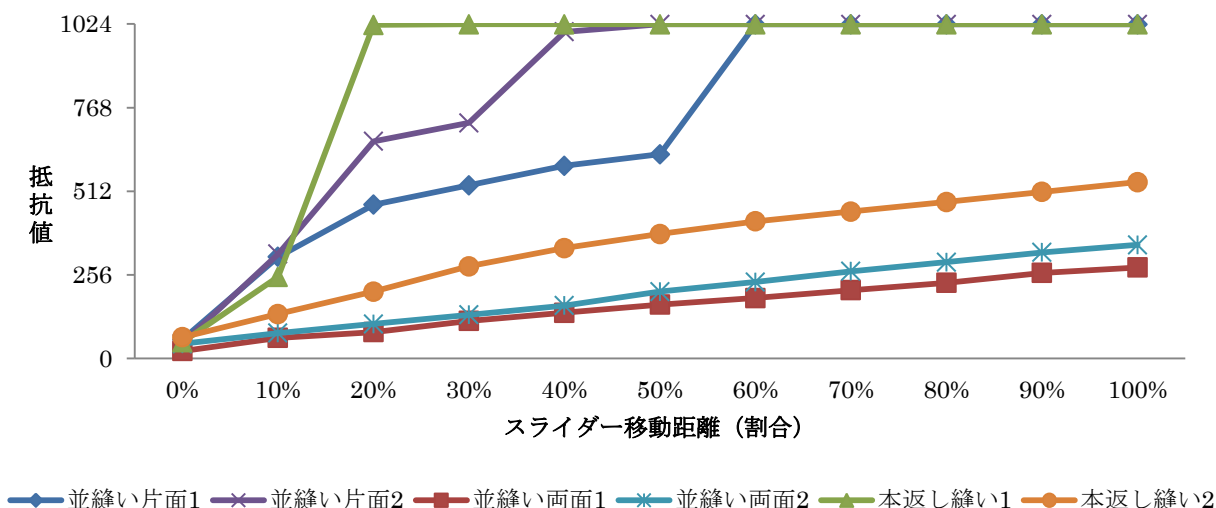


図 5 縫い方による違いの実験結果

値の違いと、使用回数による抵抗値の変化について実験とその評価を述べる。今回の実験では線ファスナーを完全に閉じた際にスライダのある側を2点、抵抗を介して電源に接続し電圧を計測する。そのためスライダの移動距離0%の場合にはファスナーが閉じている状態、100%の場合にはファスナーが全て開いている状態を示す。実験に使用したファスナーは図3、回路は図4に示す。図4において、Analog0となっている点が計測点でありArduinoのアナログ入力に接続されている。計測はArduinoのアナログ入力を用いて行った。

#### 4.1 縫い方による違いの比較

##### 4.1.1 実験方法

線ファスナーを六つ用意し実験を行う。エレメント部の長さを10に分け、各ポイントにスライダを移動させ抵抗値を計測する。この時可変抵抗を入れ、移動距離0%の抵抗値をおおまかに揃えて測定を行った。実験した導電糸の縫い方は次の三種類である。一つ目が並縫い片面、二つ目が並縫い両面、三つ目が本返し縫いである。各縫いを行った線ファスナーを二つずつ用意する。抵抗値が計測できなかった場合には1024を代入している。

並縫いを選択した理由は、エレメントの長さとはほぼ同じ長さの糸が利用できるためである。片面と両面の二パターンにした理由は、片面だけではスライダと導電糸が接触する面積が少なくなりうまく抵抗値を取得できないと考えたからである。二重に糸を縫い付けることにより、安定した接触面が生まれ、抵抗値の取得がうまくいくのではないかと考えた。丈夫に縫い付けるために使用される返し縫いは、糸の総長が長くなるが、接触面積が多くなり安定した抵抗値を取得できるのではないかと考えた。

##### 4.1.2 実験結果

実験結果のグラフを図5に示す。

並縫い片面は二つとも途中から抵抗値を計測することができなかった。計測できた部分も不安定で、少し接触するだけで違う値になってしまうことがあった。スライダの操作には特に抵抗は感じなかった。

並縫いを両面に行ったものは二つとも安定した抵抗値が取得できた。スライダの操作には特に抵抗は感じなかった。

本返し縫いは、一つは途中から計測できなくなりましたが、一つはうまく計測することができた。うまく行った側のファスナーでは並縫い両面よりも各ポイント間の差が開いている。スライダの操作は、加工前の状態に比べて少し力があるように感じた。

抵抗値が認識できない部分は、導電糸が切れていたり細くなっていたりという見た目の変化が見られなかった。そのため導電糸のどの部分で接続が切れているのか、目で見て確認できないことがわかった。

#### 4.2 使用回数による抵抗値の変化

先の実験結果を受け、一番安定的に値を取得できる並縫い両面を使用し使用回数による抵抗値の変化を検証する。

##### 4.2.1 実験方法

並縫い両面を施した線ファスナーの一つを使用し実験を行う。この線ファスナーを10回開閉し、エレメント部の長さを10に分けたポイントの抵抗値を各回計測する。このとき1kΩの抵抗を入れた。抵抗値が計測できなかった場合には0を代入している。

##### 4.2.2 実験結果

実験結果のグラフを図6に示す。

10回計測した内の前半は特に問題なく抵抗値を取得で

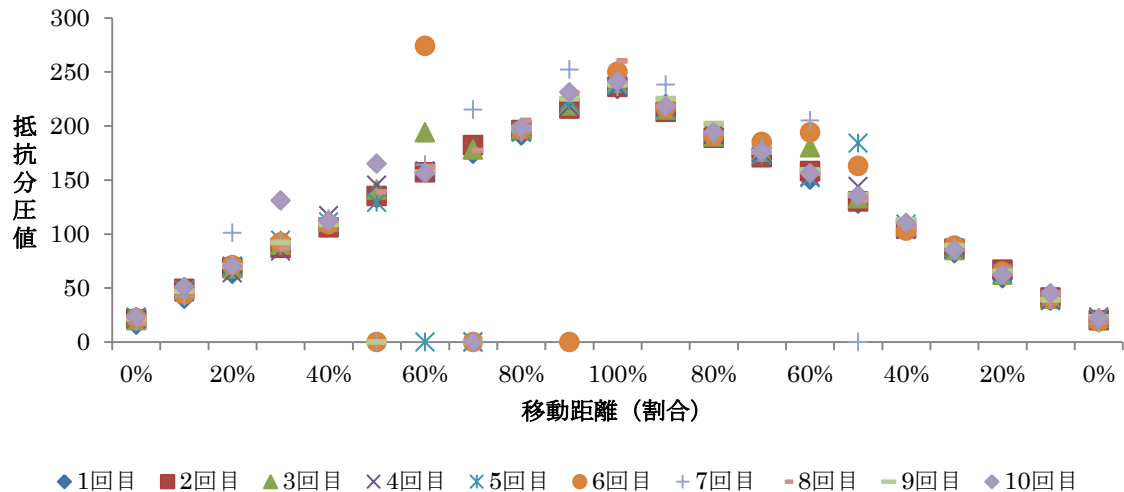


図 6 使用回数による抵抗値の変化の実験結果

きた。しかし六回目以降になると計測できなくなる回数が増え始めた。計測できなくなるポイントは線ファスナーの40%~80%の中間に集中していることが分かった。反対に末端部分の抵抗値は安定していた。何度も開閉することにより、中間部分の導電系内の接続が切れるのではないかと考えられる。

また開くときに計測不能になることが多く見られるが、閉めるときに計測できなかったのは一度しかなかった。開けるときのときと閉めるときでは、スライダーが導電系に触れる大きさや場所が変化するのでないかと考えられる。

今回の実験では 10 回程度の開閉しか行っていないが、認識精度が数回で劣化してしまうことがわかった。

## 5. おわりに

私達が普段身につける衣服にもともと存在する線ファスナーに、アナログ入力という機能をつけることに成功した。これを実現するために、線ファスナーの左右のエレメント部に沿う形で導電系を縫い付ける。導電系間にスライダーを通して電気が流れることにより、抵抗値が変化し開閉度を認識することができる。実験の結果から、導電系の縫い方は、並縫いを互い違いに行うことが適していることがわかった。耐久性については開閉の回数を重ねることで抵抗値は不安定になったり認識できなくなったりする部分が出る。抵抗値が認識できない部分に見た目の変化はなく、どの部分で導電系の接続が切れているかが確認できないことが問題である。

今後の課題としては、回数を重ねても抵抗値を安定させるための手法を考えること、制作する人の能力に左右されないように、ミシンを利用して安定した制作方法を提案すること、導電系内で接続が切れた場合の対処法を考えることが必要である。

## 参考文献

- 1) テクノ手芸部:テクノ手芸, 株式会社ワークスコーポレーション (2010): <http://techno-shugei.com/>
- 2) 池上 大輔, 尾張繊維技術センタ 素材開発室: スマートテキスタイルについて, [http://www.aichi-inst.jp/other/up\\_docs/no124\\_05.pdf](http://www.aichi-inst.jp/other/up_docs/no124_05.pdf)
- 3) Syuzi Parhchyan : FASHIONING TECHNOLOGY A DIY Intro to Smart Crafting, O'REILLY (2008)
- 4) 脇田 玲: Access to Materials - デザイン/アート/建築のためのマテリアルコンピューティング入門, 株式会社ビー・エヌ・エヌ新社
- 5) Akira Wakita and Midori Shibutani. 2006. Mosaic textile: wearable ambient display with non-emissive color-changing modules. In *Proceedings of the 2006 ACM SIGCHI international conference on Advances in computer entertainment technology* (ACE '06). ACM, New York, NY, USA, , Article 48 . DOI=10.1145/1178823.1178880 <http://doi.acm.org/10.1145/1178823.1178880>
- 6) 脇田玲: 変色性繊維"Fabcell"の開発とその応用(2006), [http://www.rcp.keio.ac.jp/sip/technic\\_patent/technic/doc/wakita2006092\\_7.pdf](http://www.rcp.keio.ac.jp/sip/technic_patent/technic/doc/wakita2006092_7.pdf)
- 7) Leah Buechley and Benjamin Mako Hill: LilyPad in the Wild: How Hardware's Long Tail is Supporting New Engineering and Design Communities (2010), [http://hlt.media.mit.edu/publications/buechley\\_DIS\\_10.pdf](http://hlt.media.mit.edu/publications/buechley_DIS_10.pdf)
- 8) YKK ファスニングサポート; 商品の豆知識, <http://www.ykkfastening.com/japan/support/tips/>