

導電性スパンコールを用いた 入出力ウェアラブルインターフェースの提案

馬 華^{1,a)} 山岡 潤一^{1,b)}

概要：本研究では、特徴的な触感と色の変化が多彩なフリップスパンコール刺繍と導電性樹脂を用いて入出力機能を持つウェアラブルインターフェースを提案する。ユーザが導電性スパンコールで作られた刺繍を触れて柄を変えることで、タッチ入力として検知できたり、スマートフォンなどへ変更した柄のパターンを送信する。さらにタッチ入力を元に、スパンコールの向きを変えるなどの出力によるインタラクションも想定している。今回は、入力にフォーカスして実験を行った。本稿では、導電性スパンコール刺繍の特性及びその実装と評価、今後の展望について述べる。

1. はじめに

近年のファッション業界では、実用性や芸術性だけでなく、布あるいは糸などに電子回路を内蔵し、多機能なウェアラブルデバイスの需要は高まっている。例えば Google の Jacquard プロジェクト [1] では、導電糸を用いて音楽プレーヤーを操作するインタラクションを実現している。しかし、今までの服につけるウェアラブル入出力デバイスは機能性に集中していて、スナップや紐などの目立たないアイテムに着眼し、服に内蔵されるのは大多数である。スパンコールのような機能性より視覚的美感に訴える装飾アイテムにスマート機能をつけるデバイスは少ない。さらに一般の服飾デザイナーを対象としたときに、これまで慣れ親しんだ技法で機能性を追加する需要もあると考えられる。

一方でスパンコールは、子供用の小物からオートクチュール服装まで幅広く応用されている服飾資材である。視覚上の派手な外観だけでなく、鱗や羽のような秩序のあるパターンと、触ったときの特徴的な触感を兼ね揃える。近年、両面の色違うスパンコールの向きを変えることによる色・柄の変わる「フリップスパンコール」という刺繍技法は様々なプロダクトに用いられている。(図 1[2]) フリップスパンコールの両面は違う色をつけて、また穴はスパンコールの中心部ではなく、縁側に近いところに置くのである。大きい面積に刺繍すると、手でなでるだけで、スパンコールが反転して全く違った色になって、自分好きな柄を描ける。T シャツ、カバン等好きなものにつけて、キラキラフレブ

ルを楽しめる。

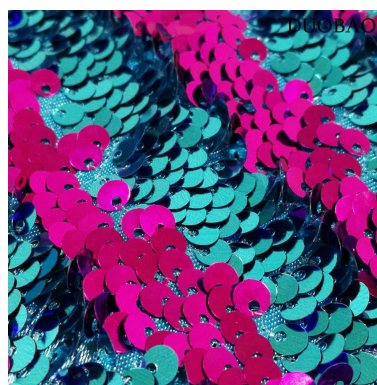


図 1 フリップスパンコール刺繍

フリップスパンコール刺繍は既に人間と服とのインタラクションの良い例だと考えつつ、これをベースとして、スマート機能を加えてウェアラブルデバイスへ新しい可能性を与えたいため、本研究では、導電性素材とフリップスパンコール刺繍の技法を組み合わせた入出力ウェアラブルインターフェースを提案する。

ユーザが導電性スパンコールで作られた刺繍を触れて柄を変えることで、タッチ入力として検知できたり、スマートフォンなどへ変更した柄のパターンを送信する。さらにタッチ入力を元に、スパンコールの向きを変えるなどの出力によるインタラクションも想定している。ユーザは自由に柄を変更して個性的なパターンを生成するだけでなく、データとして入力できたり、布の肌触りとは異なる触感を確かめながら入力インタラクションを行うことが出来る。

今回は、入力にフォーカスして実験を行った。本稿では、

¹ 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科

^{a)} maca0229@kmd.keio.ac.jp

^{b)} yamaoka@kmd.keio.ac.jp

導電性スパンコール刺繍の特性及びその実装と評価、今後の展望について述べる。

2. 関連研究

服を用いたインタラクション研究について、Media Interaction Lab が開発した RESi[3] は導電性の糸が圧力によって抵抗変動するという原理を使った簡単に縫い付けられるセンサーインターフェイスである。ModiFiber[4] は、シリコンコーティングを施したツイストコイル型のナイロンスレッドアクチュエータで、熱または電流によって双方向に可逆収縮またはねじれ動作によってファブリックスを変形させることができる。PneuSleeve[5] は Facebook Reality Lab の研究チームが開発した圧縮、皮膚の伸張、振動などの幅広い触覚刺激を与えることができる、ファブリックベースのコンパクトで表現力豊かな前腕スリーブである。Nojima Laboratory が開発した Bio-Collar[6] は色と動きによって着用者の生体状態を表示する新しい首輪型のウェアラブル生体状態ディスプレイである。

そして近年、服に付ける部品を用いて入出力デバイスにする研究も多く提案されている。SensorSnaps [7] は小型のワイヤレスセンサーノードを衣服に統合するシステムで、静電容量式タッチセンサで触れたことを検出し、ジャイロセンサで回転を検出する仕組みである。I/O Braid[8] は、光る編み紐を用いて、ユーザの触れている状態をセンシングする入出力デバイスである。両方とも服につけるファッションアイテムを元に開発された入出力インターフェースであるが、局所的の触感と入出力に着目している。本研究では、スパンコール刺繍の特徴を利用し、特徴的な触感と変化できる箇所を比較的大きな面積で表現することができる。

3. プロトタイプ

3.1 入出力インターフェース

本システムは二つの機能から構成される（図 2）：

入力部：ユーザが導電性スパンコールに触れることで、タッチ入力として検出したり、また柄の変化パターンを図形データとして入力し、スマートフォンなどの端末に保存する。

出力部：入力されたデータを元に、スパンコール刺繍を変形させ、芸術的な表現で出力する。出力に関しては現在検討中だが、磁力や小型の LED を埋め込む、変色するインクを用いることなどを想定している。

3.2 タッチセンサの試作

本稿では入力のインタラクションにフォーカスして、導電性スパンコール刺繍を試作した。3D プリンタ (Flashforge 社製、Adventurer3) を用いて、導電性フィラメント (Proto-pasta 社製 Conductive-PLA) で直径 10mm・厚さ 0.5mm のスパンコールを造形した（図 3）。一つのスパン

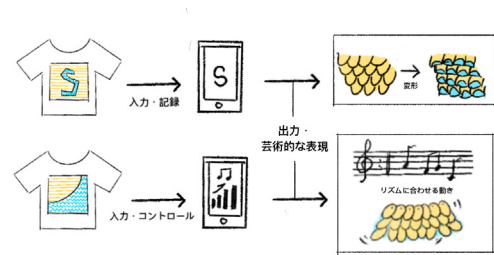


図 2 入出力インターフェース

コールの抵抗値は 750 Ω であった。

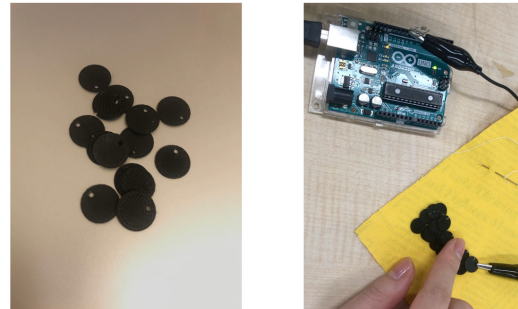


図 3 左: 導電性スパンコール 右: タッチセンサ

通常の縫い糸を用いて 7 個を 1 列として、横に 3 列刺繍した。1 列（長さ 4cm）あたりの抵抗値は 125k Ω であった。番端のスパンコールを、図 4 の回路を元に Arduino UNO に接続し、タッチセンサとして触れてみた。このときワニ口クリップに挟まれたスパンコールに接触してるスパンコールを任意にタッチすると LED が点灯した（図 5）。スパンコールの向きを変えると自然に通電と未通電の区域に分けられた。

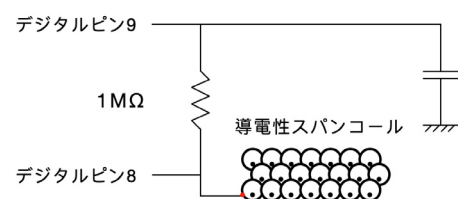


図 4 回路図：タッチセンサ

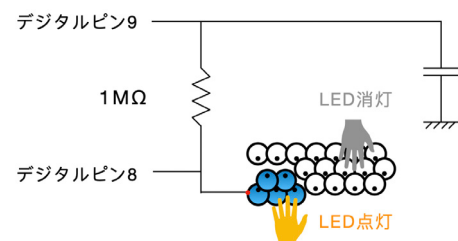


図 5 タッチセンサの動作するイメージ

刺繍された箇所に触れることで、Arduino ボード上の

LED が点滅するのが確認できた。ただ、3Dプリンターで作ったスパンコールは厚くて硬いので、接続が不安定の場合もあった。

3.3 LED 点滅回路の試作

導電性スパンコールを電子回路として用いて、LED を制御する試作を行った。導電性糸 (抵抗値:28 Ω /フィート) と三色 (赤・黄・青) の LED(LilyPad LED) を各一枚用意し、図 6 のように 3つのスイッチ機能を導電糸で作成した。それぞれの LED はマイクロコンピュータ (ESP32 VMW101) に接続して入力している。

図 7 に示されたように導電性スパンコールの向きを変えることによって図 7A と R, Y, B の接続状況が変わり、LED ライトも別々に発光した。ただし、先述したように導電性樹脂の抵抗は大きいため LED の光は弱かったためタッチインタラクションのほうが適している。またスパンコールの接触は不安定で、大きい力で押さないと発光しない場合もあった。

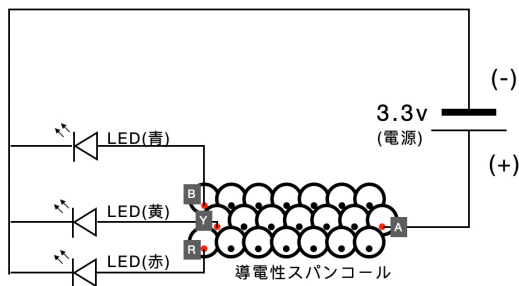


図 6 回路図: LED 点滅回路

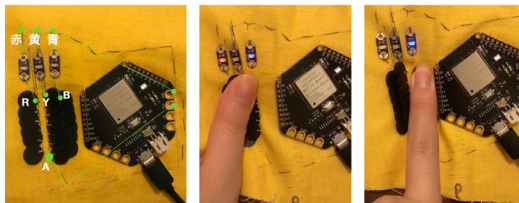


図 7 左: LED の接続中、右: LED の点滅結果

4. まとめと今後の展望

今までの研究に基づき、導電性スパンコールを用いてウェアラブルインタフェースを開発する可能性があることを確認した。ただし、導電性スパンコールの縫い方や構造などの原因による接続不安定の問題と抵抗値問題は解決しなければならない。今後はスパンコールの構造と材質に改良と多様な刺繍技法の試しに着手し研究し続けたいと考えている。

全体的な進行計画について、これからは導電性スパンコール本体のデザイン、ESP32 VMW101 に実装された入力インターフェースの無線制御と入力されたデジタル信号

の出力表現の設計を中心に展開すると考える。出力表現の部分では電磁石を用いてスパンコールを制御することを中心に展開していくと考えている。磁力でスパンコールを飛ばせることや回転されることなどを試作する予定である。また、ファッションデザイナーや電子手芸好きな人を対象にして、回路をコンピュータでデザインすると自動的にスパンコールのデータを出力し 3D プリンターでプリントアウトできるシステム、またスパンコール刺繍マシンと連動し、自動的に刺繍できる導電性スパンコールのためのデザインシステムの開発も期待する。

参考文献

- [1] Jacquard™ by Google, <https://atap.google.com/jacquard/> (2019)
- [2] 輝い DUOBABO B07MKMHSRS スパンコール背景布, <https://muzikasskola.saldus.lv/gooday/1527mbzktr4026543.htm>
- [3] Patrick Parzer, Florian Perteneder, Kathrin Probst, Christian Rendl, Joanne Leong, Sarah Schuetz, Anita Vogl, Reinhard Schwoedlauer, Martin Kaltenbrunner, Siegfried Bauer, Michael Haller: *The LaTeX Companion*, RESi: A Highly Flexible, Pressure-Sensitive, Imperceptible Textile Interface Based on Resistive Yarns (2018).
- [4] Jack Forman, Taylor Tabb, Youngwook Do, Meng-Han Yeh, Adrian Galvin, Lining Yao: *The LaTeX Companion*, ModiFiber: Two-Way Morphing Soft Thread Actuators for Tangible Interaction (2019).
- [5] Mengjia Zhu, Amirhossein H. Memar, Aakar Gupta, Majed Samad, Priyanshu Agarwal, Yon Visell, Sean J. Keller, Nicholas Colonnese: *The LaTeX Companion*, PneuSleeve: In-fabric Multimodal Actuation and Sensing in a Soft, Compact, and Expressive Haptic Sleeve (2020).
- [6] Takuya Nojima, Miki Yamamura, Junichi Kanabako, Lisako Ishigami, Mage Xue, Hiroko Uchiyama, Naoko Yamazaki: *The LaTeX Companion*, Bio-Collar: A wearable optic-kinetic display for awareness of bio-status (2015).
- [7] Artem Dementyev, Tomás Vega Gálvez, Alex Olwal: *The LaTeX Companion*, SensorSnaps: Integrating Wireless Sensor Nodes into Fabric Snap Fasteners for Textile Interfaces (2019).
- [8] Alex Olwal, Jon Moeller, Greg Priest-Dorman, Thad Starner, Ben Carroll: *The LaTeX Companion*, I/O Braid: Scalable Touch-Sensitive Lighted Cords Using Spiraling, Repeating Sensing Textiles and Fiber Optics (2018).