

# Flocking I/O: サーモクロミック素材を塗布した静電植毛加工品の色彩制御による入出力インタフェースの提案

栗原 渉<sup>1,a)</sup> 串山 久美子<sup>1,b)</sup>

概要：近年、ウェアラブルコンピューティングの分野を中心に繊維素材を用いた研究が多くされている。その中で、クロミック素材を用いて繊維素材そのものの色彩を制御する研究が存在する。本研究では肌触りが良い特徴を持つ静電植毛加工品に着目し、サーモクロミック塗料を塗布した静電植毛加工品をペルチェ素子を用いて色や温度を制御し、静電容量センサによりセンサ機能を付与することでタッチ入力とフィードバックの両立が可能なタッチインタフェースを提案する。

## 1. はじめに

近年、ウェアラブルコンピューティングの分野を中心に布や導電糸を用いて布製品にセンサ機能を付与する研究やクロミック素材を用いて素材の色を変化させる研究が多く行われている。その中で、インタフェースとして検討されていない素材の1つに静電植毛加工品がある。

静電植毛技術は対象物に接着剤を塗布し、短繊維を静電気の力で飛ばすことで植毛を行う技術である。静電植毛をすることで様々な特性を付与することができ、手触りの良さや装飾のために電車の座席や学位記ホルダーなどにも用いられている。

本研究では静電植毛加工品の触感や装飾性に着目し、サーモクロミック塗料を塗布した静電植毛加工品と静電容量センサ、ペルチェ素子を用い、センサとしての入力機能と温度や色の変化によるフィードバックの両立が可能なインタフェースを提案する。

## 2. 関連研究

サーモクロミック素材を用いたファブリケーションの1つに Origamic I/O device[1] がある。これは折り紙にサーモクロミックインクや導電性インクを塗布することで色彩制御が可能な折り紙である。また、静電容量センサを用いることでユーザが触れた際に色を変えることも可能である。

metamoCrochet[2] は編み物に使用する毛糸にメタモインキを染め、先端が発熱する編み棒デバイスを用いて色を変化させることで色彩表現を広げることが可能な編み物

手法である。この研究では制作時の支援に焦点を当てており、完成後の制御については考慮されていない。

ChromicCanvas[3] は刺繍糸を用いたインタラクティブキャンバスである。紫外線で変色する糸と刺繍ミシンを用いて色や模様を変化させるキャンバスを布に縫い付け、様々な表現が可能である。しかし、制作物の制御は可能であるものの、外部デバイスを用いる必要がある。

Fabcell[4] は温度により変色する液晶インクを塗布した布を加熱することで情報提示をするディスプレイである。外部デバイスを使用せずに変化させることが可能なものの、タッチ入力については考慮されていない。

これらのように、クロミック素材を制御し、変色させることで様々な表現が可能であることは示されてきたが、Origamic I/O device 以外では素材に触れることについては検討されていない。肌触りの良さは紙にない繊維素材の特徴であるため、本研究では特に肌触りや外観が良いといわれる静電植毛加工品とサーモクロミック塗料を用い、静電容量センサの入力に応じてペルチェ素子を用いて温度制御することで視覚および触覚フィードバックを与える手法を提案する。

## 3. 実装

本研究ではサーモクロミック塗料を塗布した静電植毛加工品と静電容量センサ、ペルチェ素子を用いて温度制御することで視覚および触覚フィードバックを与えるシステムを提案する。以下にプロトタイプの実装について述べる。

本システムは静電植毛層と銅板、ペルチェ素子と冷却装置から構成されるディスプレイ部と制御用回路で構成される。システム図を図1に、ディスプレイ部の概要図を図2

<sup>1</sup> 東京都立大学システムデザイン研究科

<sup>a)</sup> m011316483@edu.teu.ac.jp

<sup>b)</sup> kushi@tmu.ac.jp

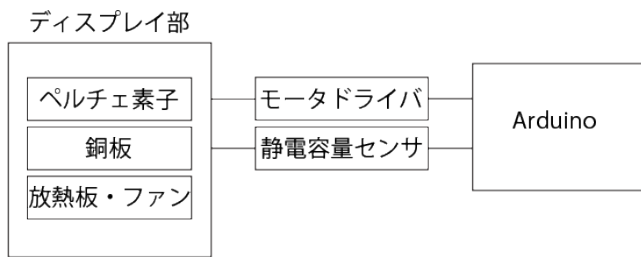


図 1 システム図

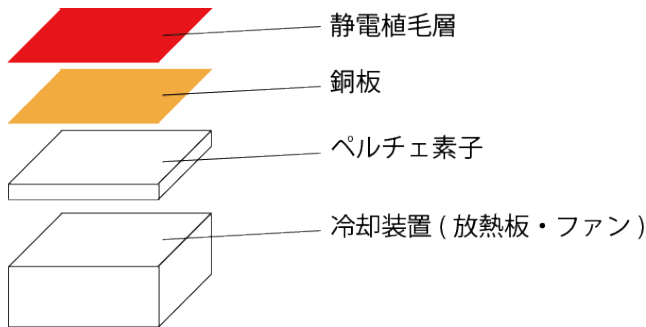


図 2 ディスプレイ部の概要

に示す。

本稿における試作では静電植毛層には裏面がシールになった日本特殊工業社の白色静電植毛フィルム (6 ナイロン, 太さ 3 デニール, 長さ 1mm) にサーモクロミック顔料を塗布し, 銅板に貼り付けた。サーモクロミック顔料は通常時が赤色, 高温時に黄色になるものを用いた。加えて銅板には電極を取り付け, 静電容量センサとして用いる。増井ら [5] により水冷方式によってサーモクロミズムにおける低温制御を高速化する手法が提案されているが, 本試作ではペルチェ素子には放熱板とファンを取り付け, 冷却を行う。ペルチェ素子の制御には Arduino およびモータドライバを用いた。

また, システムの動作確認として, 静電植毛層に触れた際にペルチェ素子の温度を上下で切り替えるスイッチを実装した。スイッチオフを示す赤色状態の静電植毛フィルムに触れることでペルチェ素子の上面が発熱し, スイッチオンを示す黄色へ変色する。その後再度触れることでペルチェ素子の上面が冷却され, スイッチオフを示す赤色へと戻る。その動作時の様子を図 3 に示す。

#### 4. 展望

本稿で行った試作では, 温度制御について考慮していないため, 冷却時の応答速度が遅い点, 電極を加熱し過ぎるといった問題がある。そのため, 温度センサの取り付けによる温度制御による安定化や水冷式の実装が必要である。

また, 一般的な布や紙といった素材と静電植毛加工品における手触りの違いやシステムの有用性について, ユーザ体験による評価を計画している。

加えて, 現在は銅板に静電植毛フィルムを貼り付けたも

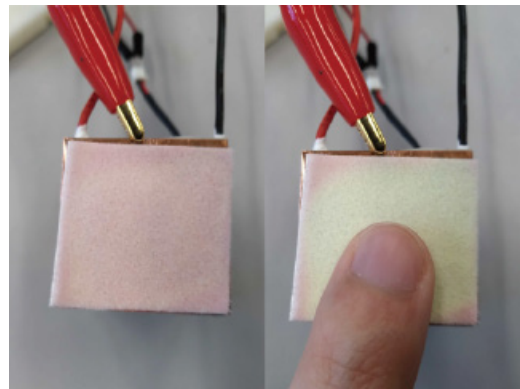


図 3 スイッチの変化前後の様子

のであるが, 導電性の繊維を用いることでセンサとして利用する際に下地の導電性に影響されなくなると考えられる。

さらに, 静電植毛加工は本来, 立体物を含め様々な素材に施せる点が特色であるため, 色彩制御手法の確立をすることであらゆる物質にこのシステムを適用することが可能になる。これらを踏まえたサンプルアプリケーションの制作も行う。

#### 5. おわりに

本研究ではサーモクロミック塗料を塗布した静電植毛加工品と静電容量センサ, ペルチェ素子を用いて繊維素材にセンサとしての機能と温度および色彩変化によるフィードバック機能を付与するシステムの提案を行った。また, 本システムを用いたスイッチのプロトタイプを制作し, 動作を確認できた。

今後, 入力手法および制御手法の改良, 触れることに親和性のない物質や立体物への本システムの適用とユーザ体験による検証を計画している。

#### 参考文献

- [1] 海宝竜也, 脇田 玲: Origamic I/O device: 機能性インクを用いた色彩制御可能な折り紙, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), No. 76, pp. 1-6 (2014).
- [2] 岡崎桃子, 中垣 拳, 箕 康明: metamoCrochet: 感温変色素材を用いた編み物の提案, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2014 論文集, Vol. 2014, pp. 1-6 (2014).
- [3] 沖 真帆, 若本麻央, 塚田浩二: ChromicCanvas: クロミック繊維を用いたインタラクティブキャンバスの試作と評価, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), No. 26, pp. 1-8 (2019).
- [4] 羽田久一, 渋谷みどり, 辻 航平, 脇田 玲: 非発光変色テキスタイルによるアンビエント型ディスプレイの提案, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 12, No. 1, pp. 23-33 (2010).
- [5] 増井元康, 竹川佳成, 徳田雄嵩, 杉浦裕太, 正井克俊, 平田圭二: 水冷回路と導電性銀ナノ粒子インク印刷による電熱回路を統合した高速サーモクロミズム制御手法の提案, 研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI), No. 3, pp. 1-7 (2020).