



スマートテキスタイルを用いた SmartHair のアクセサリ開発

林卓人¹⁾, 大久保賢¹⁾, 櫻井翔¹⁾, 広田光一¹⁾, 野嶋琢也²⁾

電気通信大学 (〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1)

1) {hystkt0215, marchalloakbow, sho, hirota}@vogue.is.uec.ac.jp, 2) tnojima@nojilab.org

概要: 衣服と電子技術が融合し, 表現やデザインの拡張を目的としてアクチュエータを用いた動く衣服が生み出されている. しかしながら, 音や機構がむき出しになる外部機構に頼ったアクチュエータは衣服との親和性が低く, 電源や配線, 制御の複雑さによる美的表現を損なうという課題がある. 本研究では, 形状が屈曲する SmartHair をスマートテキスタイル上で用いることで, これらの課題の解決を図るとともに製作したプロトタイプを通じて提案の妥当性を示す.

キーワード: ウェアラブルアクセサリ, SmartHair, 形状記憶合金, スマートテキスタイル

1. はじめに

電子技術の急速な発展により衣服と電子技術の融合化が進み, 機能面と表現面での拡張を目的とした衣服が誕生している. 衣服の機能としては元来, 身体の保護や温湿度維持が求められてきた. これらの機能は主として布の素材により実現され, 機能向上が試みられてきた. 近年では電子技術との融合による機能向上も試みられており, センサが融合され, 身にまとうだけで身体情報を取得できる衣服などが, 開発されている[1].

衣服には身体保護・温湿度維持以上に, 装飾, 自己表現としての役割もある. 衣服による表現は, 素材やその色, 裁断・縫製後の形状が, その手段として主に用いられてきた. 近年では更に, 電子技術を用いた表現の拡張が試みられている. 例えば, 低電力で実現可能な LED やディスプレイを用いた光る衣服, 高電力を必要とするアクチュエータを用いた動く衣服などがある. 光る衣服の代表例として EL ワイヤを用いた光るダンス衣装[2], 動く衣服の代表例として Anouk Wipprecht が製作した Spider Dress がある[3]. 先行研究として野嶋らは, 軽量で実時間制御が容易な, 形状が屈曲するアクチュエータである SmartHair を衣服に適用し, 動く衣服 Bio-Collar を提案している[4]. しかしながら, 電子技術を用いたアクティブな衣服の製作は, 複雑な配線や制御システムでの開発を必要とし, その衣服自体は, 動きを実現するために高電力を必要とするという問題がある. 我々は複雑な配線や高電力を必要とする問題が, アクティブな衣服の製作の困難さを引き起こしていると考え, この問題を解消することを試みる.

そこで本研究では, 個別の電源や配線を用いずに, 電力

供給と個別制御を可能とする手法を用いることを提案する[5]. この手法は, デバイスをスマートテキスタイル上に固定するだけで電力供給を実現できるため, デバイスを自由に配置することが可能である. 電源配線の煩雑さが取り除かれる一方, この手法は動く衣服の製作に付随するすべての困難さを解消してはいない. 動く衣服を実現するためには, 高電力を必要とするアクチュエータを用いる必要がある. このアクチュエータの製作には, 機構の設計や製作に専門知識を必要とする. そこで本研究では, 複雑な機構設計を必要とせず動く生地を容易に製作できる SmartHair インタフェースをスマートテキスタイルと組み合わせ, 動く衣服の製作における困難さの解消を試みる. まず, スマートテキスタイルを用いて SmartHair が制御可能であるか検証した. さらに, スマートテキスタイル上に実装可能な SmartHair の本数や駆動時間を調査した.

2. 関連研究

多くの研究者達によって, 光る衣服や動く衣服が開発されてきた. Lina Wassong が開発した Monitor Dress[6]や Behnaz Farahi が製作した Bodyscape/Synapse[7]では, 着用の身体情報を光で可視化することができる. 衣服上で引き回す配線を隠す必要があるが, これらは衣服と電子装置をユニット化しシームレスなインタフェース形状をとることで対処している. ANREALAGE は, 光を当てると服の色や柄が変わる衣服を製作した[8]. これは, 再帰性反射材を応用した素材で作られており, 電子装置に頼らずアクティブな服を実現させている.

Thecla らが開発した Wo.defy は, サーボモータの力で装

飾花の開閉を調整するドレスである[9]. Hussein Chalayan らが製作した Transforming Dress は, サーボモータの力で丈を持ち上げるドレスを生み出している[10]. Laura らの Awakened Apparel は, 空気圧駆動アクチュエータを用いて, スカートの丈の長さを調節できるようになっている[11]. アクチュエータを用いれば様々なテキスタイルを変化させることができるが, 配線を考慮しなければならず製作する上で障害となる.

本稿で使用する手法では, 配線を考慮する必要がない点で, 上記の関連研究とは異なり製作上の困難さが低減すると考えられる. さらに, 動きを与える SmartHair 自体の構造がシンプルなため, 動く衣服の製作への制限にはならない. それ故, 本手法を使用することで SmartHair を自由に配置することができることは, 動く衣服を設計する際の困難さを解消することが期待できる.

3. 提案手法

本章では, 東京大学篠田研究室によって考案された, 新しい電力供給および通信の方法について説明する[5].

3.1 給電方法

篠田らは図1に示すように, 絶縁性の布に導電性の糸で網目状に刺繍を施したスマートテキスタイルを提案している. 今回我々が使用したスマートテキスタイルの大きさは幅 19cm, 長さ 30cm であった. スマートテキスタイルの導電糸部分において, 任意の2ヶ所で抵抗値を測ったところ, 両面それぞれ $2[\Omega]$ であった.

図2(a)に示すように, スマートテキスタイルの表面にデバイスを突き刺し, 突き刺した針を表面と裏面それぞれに接触させることで導通させる. スマートテキスタイルの2つの面の間に電圧を加え, デバイスとスマートテキスタイルの両面が接触導通し電流が流れることで, デバイスを駆動させることができる. この時, デバイスの裏面がスマートテキスタイルの導電糸部分と接触導通しないように絶縁した.

3.2 多重給電

篠田らの提案するシステムでは, スマートテキスタイル上に配置された複数のデバイスを個別に制御することが可能となる. スマートテキスタイル上に配置している複数のデバイスを制御するために, 高周波(RF)信号をスマートテキスタイルに伝送する. ユニットは特定の周波数帯域のみを通過させるバンドパスフィルタを搭載する. 給電回路から送信されてくる RF 信号に応じて, 個別のユニットへの給電を制御する. つまり, フィルタを通過する周波数帯域の数が個別にデバイスを制御できる給電チャンネルの上限の数となる.

この多重給電の回路図を図2(b)に示し, 2つのユニットがスマートテキスタイルと接触導通している状態となっている. 各ユニット1, 2において, デバイスへの給電をオンにするかオフにするかを個別に制御するために, 信号を送信する出力側はファンクションジェネレータを使用

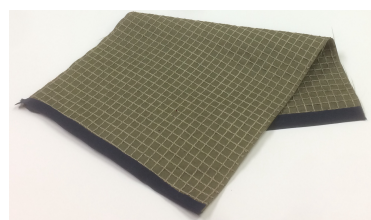


図 1: スマートテキスタイル

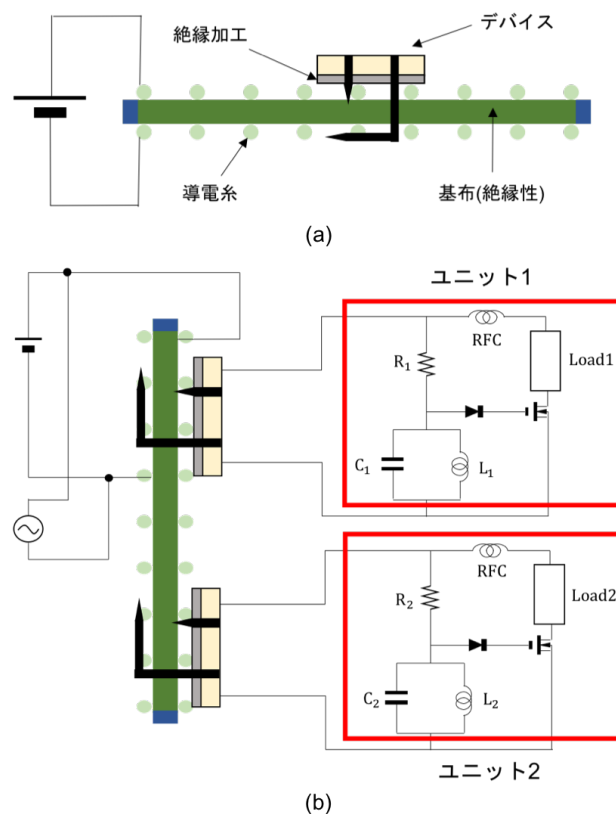


図 2: (a) 給電回路図 (b) 多重給電図

し, RF 信号を伝送する. RF 信号がフィルタを適切に通過するように, 負荷の前に RF チョーク(RFC)を挿入している.

4. SmartHair

本章では, 本手法で用いる SmartHair の説明を行う. SmartHair とは, 細線状のインターフェースで屈曲する性質を持っている. 図3は SmartHair の外観およびサイズを示している. この SmartHair には極性が無く, 内部には太さの異なる2種類の特殊な合金が埋め込まれている. 太い合金は超弾性合金と呼ばれ弾性がある. 細い合金は, 収縮性形状記憶合金と呼ばれ収縮性を持つ. 電流が流れると熱

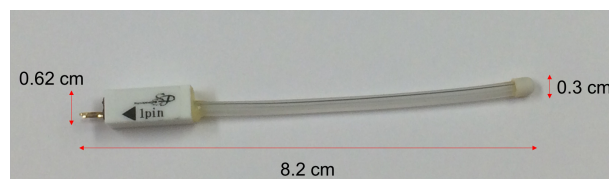


図 3: SmartHair

が発生し収縮性形状記憶合金が収縮することで、アクチュエータ自体が屈曲する仕組みとなっている。SmartHair は配線や制御が容易であるアクチュエータなため、衣服での使用に適している。また、SmartHair はコネクタで容易に接続できるため、提案手法と相性が良く自由に SmartHair を配置できるため、衣服の様々な場所を変化させることが可能である。

5. 検証実験

提案システムは、LED での低電力で実現可能なデバイスを多数配置した場合の検証であった。ここでは、高電力を要する SmartHair の駆動制御を確認したのち、SmartHair を多数配置する使用モデルについての検証を行う。

5.1 SmartHair の駆動制御

RF 信号で SmartHair の屈曲動作を制御できるかどうかの検証を行なった。図 4 に示すように、該当する RF 信号を伝送した場合のみに SmartHair が屈曲していることを確認できた。このとき、共振周波数をそれぞれ 6.2MHz、8.7MHz と設定したユニットを左から順に配置した。

今回用いたユニットは 50mm 四方のサイズであったが、プリント基板による製作で 200mm 四方以下のサイズが見込め、小型化は可能である。

5.2 SmartHair の使用モデル

SmartHair が提案システムで駆動制御できることがわかったが、今後の使用を検討するためのモデルが必要である。そこで、ファッションショー、ステージ衣装、そして日常生活の 3 つのシチュエーションにおいて、シミュレーションを行う。まず、シミュレーションで使用する数式について説明する。

バッテリーの放電容量を $C[\text{mAh}]$ 、放電時の電流を $I[\text{mA}]$ 、時間を $T[\text{min}]$ とすると、

$$I = C/T \quad (1)$$

が成り立つ。駆動本数の総数を N 、SmartHair1 本駆動するために必要な電流を $I_s[\text{mA}]$ とすると、以下の式が成り立つ。

$$\begin{aligned} N &= I/I_s \\ &= C/TI_s \end{aligned} \quad (2)$$

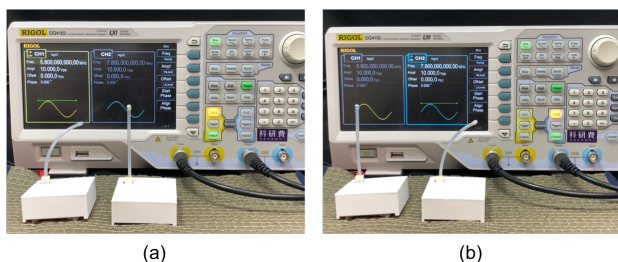


図 4: (a) 共振周波数が 6.2MHz の時の検証結果 (b) 共振周波数が 8.7MHz の時の検証結果

(2)式と表 1 に示す条件の下シミュレーションを行ったところ、表 2 のような結果となった。

次に、シミュレーション通り SmartHair が駆動するか検証を行った。日常生活でのシチュエーションにおいて、マイコンの制御で表 3 のような動きのパターンをした状態で検証を行ったところ、表 4 のような結果となった。

5.3 考察

動きのパターン①において、48 分経過後に 1 本の SmartHair が屈曲しなくなる現象が起きた。その要因は、SmartHair とスマートテキスタイルの接触状態が不安定であったことが考えられる。しかし、SmartHair を多数配置し消費電力が高い場合において、SmartHair を操作できることがわかったため提案手法が有用であることを示せた。SmartHair の駆動時間については、SmartHair がシミュレーション通り駆動したと言える。提案システムにおいて、SmartHair の駆動状況および使用モデルについて判明し、SmartHair を用いたアクセサリの開発へ期待できる結果となった。

6. まとめと展望

細線状のアクチュエータである SmartHair とスマートテキスタイルを用いてアクセサリの開発が可能か、提案システムで検証した。提案システムを用いて SmartHair の屈曲操作を実現でき、配線を必要とせず動く衣服を製作することができる可能性を示すことができた。現時点において、RF 信号で制御できるチャンネル数が 2 つであるが、チャンネル数を増やすことが可能で今後の発展の余地がある。

表 1: シミュレーション条件

	数値[単位]		
	ファッションショー	ステージ衣装	日常生活
C	2500 [mAh]	2500 [mAh]	2500 [mAh]
I_s	200 [mA]	200 [mA]	200 [mA]
T	1 [min]	15 [min]	60 [min]

表 2: シミュレーション結果

シチュエーション	駆動時間[分]	駆動本数[本]
ファッションショー	1	50
ステージ衣装	15	50
日常生活	60	12

表 3: 動きのパターン

	動きのパターン
①	5 秒毎電力供給の切替えを繰り返す
②	2 秒毎, 4 秒毎電力供給の切替えを繰り返す

表 4: 検証結果

動き	駆動時間 [分]	誤差[%]	備考
①	57	5.0	1 本屈曲しなくなる
②	56	6.7	なし

スマートテキスタイルへの固定方法については、衣服に使用しても実用性を損なわないような、ピンバッジやクリップでの固定方法を検討している。RF 信号を送信する送信側、SmartHair が接続されている受信側共に小型化を図り、実際に着用した状態での使用を検証することが今後の課題となる。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 16K00268 の助成を受けたものである。本研究で使用した基布の材料の一部は帝人株式会社の提供による。

参考文献

- [1] HEXOSKIN wearable body metrics
(<https://www.hexoskin.com/>) Visited 26. July. 2018
- [2] WEWCKING CREW ORCHESTRA/EL SQUAD
(<http://wreckingcreworchestra.com/>) Visited 26. July. 2018
- [3] Robotic Spider Dress
(<https://vimeo.com/114828162>) Visited 24.July.2018
- [4] Takuya Nojima, Miki Yamamura, et al, “Bio-Collar: a wearable optic-kinetic display for awareness of bio-status”, Proceedings of the 6 the Augmented Human International Conference, 2016, 187-188.
- [5] Akihito Noda and Hiroyuki Shinoda, “Frequency-Division-Multiplexed via conductive Embroideries on a Cloth,”2917 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Proceedings,pp.1-4,TUIF-21, Honolulu, HI, USA, June 2017.
- [6] Monitor Dress
(<http://www.linawassong.com/monitor-dress/>) Visited 24.July.2018
- [7] Bodyscape / Synapse
(<https://www.aec.at/ai/en/bodyscape-synapse/>) Visited 25.July.2018
- [8] ANREALAGE REFLECT
(<http://www.anrealage.com/collection/100001>) Visited 26. July. 2018
- [9] Thecla Schiphorst, Wynn timer Chung, and Emily Ip. 2013. Wo.Defy: wearable interaction design inspired by a Chinese 19th century suffragette movement. In Proceedings of 7th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction(TEI'13). ACM, New York, NY, USA, 319-322.
- [10] Transforming Dress
(<https://www.technologyreview.com/s/406705/transforming-clothes/>) Visited 24.July.2018
- [11] Laura Perovich, Philippa Mothersill, and Jennifer Broutin Farah. 2014. Awakened apparel: embedded soft actuators for expressive fashion and functional garments. In

Proceedings of the 8th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction(TEI'14). ACM, New York, NY, USA, 77-80