

研究論文

e-テキスタイルにおける新規接続部材の開発

島上祐樹*¹

Development of New Connection Component for e-Textile

Yuki SHIMAKAMI*¹Owari Textile Research Center*¹

e-テキスタイルにおける新しい接続手法を確立するため、接続部材の開発、およびその耐久性、センサデバイスとの接続評価をおこなった。導電性ファスナーに各種導電性繊維を繋ぎ、接続方法を工夫することによって左右の引っ張り等の変形、洗濯における接続特性の向上を確認した。また、使用する導電性繊維の電気特性を把握することで、導線として、もしくは信号線として機能することが分かった。

以上の結果を基に LED の光り方を制御できる e-テキスタイルを試作した。ファスナーの開閉や刺しゅうに触れることで袖についた LED の点灯、点滅方法を切り替えることができた。配線等が繊維部材であるため意匠性も優れ、軽量なのが特徴である。

1. はじめに

高齢者の「健康増進」、「介助者負担の低減」は少子高齢化社会の持続性を確保する上で、必要不可欠である。

上記を解決する手段の一つとして、e-テキスタイルと呼ばれる分野の研究が世界中で盛んに進められている。e-テキスタイルとは、身体計測などのセンシングデバイスや情報端末などをテキスタイルに組み込んだものをいう。これらの研究は高齢者の見守りシステム、健康管理、介助者の作業補助等への応用が期待されている。

例えば、衣服やインテリアファブリックに機能を組み込むことで見守られていることを感じさせない利用者に優しい見守りシステムが提供可能になると考えられる。また、下着など衣服に様々な生体センサを埋め込むことができれば、日常生活の中で健康管理することが可能となるため、病気等の早期発見につながる。

しかし、センサと回路を接続するための手法や部材の研究はほとんど進んでいないため、配線やコネクタなどはリード線等従来品に頼っているのが現状である。これは、衣服としては見苦しかったり、重くなってしまったり、または洗濯ができないなど実用としては程遠い状況といえる。更に、回路とデバイスを接続するにあたって、複雑な配線は高齢者や障害者にとっては困難であり、介助者にとっては負担が増す。

そこで、テキスタイル上に配置された様々なデバイスと回路や電源とを接続するための新しい部材を開発し、その評価を行った。

2. 実験方法

2.1 試料

導電性ファスナーはシーズ特許（特願 2012-249394）に基づいて作製した。

配線用の導電性部材として三ツ富士織機工業(株)製の銀メッキ糸（AGposs ナイロン 6 100d/34f、以下、銀メッキ糸）、及びダイワボウライフサポート(株)製の銅化合物加工糸（メタックス 2 空 アクリル 2/64s、以下、銅加工糸）を使用した。これらの糸を製紐機にて 16 本丸紐、及び 17 本平紐を作製した。更に、銀メッキ糸丸紐を芯、



図 1 二重構造 丸組紐の製造の様子

*1 尾張繊維技術センター 素材開発室

靴に綿 20/2 の 16 本丸紐を作製した (図 1)。導電性ファスナーと上述の部材との接続方法を検討するため、下記の手順にて、評価試料を作製した。

- ①巾 2cm の綿ブロードの中心に糸、丸紐、もしくは平紐を縫い合わせる。糸 (下 S1400/上 Z1000 T/m) についてはミシンで縫製した。
- ②①の端と導電性ファスナーの導電帯テープ部分とを合わせて、端から 5mm で縫いとめる。
- ③生地端から 1cm で折り返し、折り返し部分から 2mm で縫いとめる。
- ④反対側に巾 2cm のブロードを①と同様に縫いとめる。これを評価試料(以下、(O))とした。

上記試料を基本とし、最適な接続を検討するため、更に縫製試料 O に、(A)ロックミシン、(B)3本直線縫い、(C)金属製ホック、を施した試料を作製した (図 2)。



図 2 ファスナーと導線との縫製試料
(左から、縫製試料(O)、(A)、(B)、(C))

2.2 性能評価

ファスナーに対して左右方向に 500N/m まで引張り変形を加除重させた際の縫製試料の接続抵抗の変化を追跡した。更に、洗濯試験機にて洗濯をおこない (JIS L0844 (A-2) に準拠)、同様に追跡した。

引張り変形は IMADA 製引張り試験機 (mx2 DPU50N) を、抵抗測定は株式会社エヌエフ回路設計ブロック製 LCR メーター (ZM2371) を使用した。

2.3 e-テキスタイルの試作

上記で得られた結果を基に衣服へ適用し、e-テキスタイルの試作をおこなった。ファスナーの開閉により LED の点灯の仕方が変わる衣服を作製した。

3. 実験結果及び考察

3.1 基本特性

作製した試料について、単位長さあたりの電気抵抗値、および重量の比較を表 1 に示す。抵抗に関しては、従来の導線に比べると銀メッキ糸で $10^3 \Omega$ 、銅加工糸で $10^4 \Omega$ の差があった。一方で、重量は 10 分の 1 程度であった。

これら組紐 30cm を使って、LED を点灯できるか確認したところ、銅加工糸については点灯しなかった。銀メッキ糸については、点灯が確認され、導線として利用できることが分かった。

また、導線間の短絡を防止するための手法として、アイロン接着ラバーシートの活用を検討した。上述の LED 点灯テストで使用した導線上にラバーシートを接着し (図 3)、LED の点灯確認をおこなった。その結果、問題なく点灯させることを確認した。一方で上下方向の絶縁性も確保され、短絡防止に有効であることが分かった。

表 1 作製した導線の抵抗、および重量の比較

	抵抗 (Ω/m)	重量(g/m)
銅燃線 (AWG24 ϕ 1.5mm)	0.1	3.9
銀メッキ糸 丸紐	102	0.24
銅加工糸 丸紐	3930	0.53

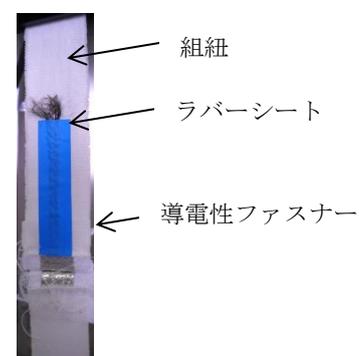


図 3 ラバーシート貼付け試料

3.2 性能評価

ファスナーに対して左右方向に 500N/m まで引張り変形を加除重させた際の縫製試料の接続抵抗の変化を追跡した。更に、洗濯試験機にて洗濯をおこない (JIS L0844 (A-2) に準拠)、同様に追跡した。その結果を、図 4 に示す。丸紐、糸いずれも洗濯前では変動 (数 Ω) も小さく比較的安定しており、いずれの試料も 100Ω 以下であった。洗濯を重ねるごとに、抵抗値は増加し、値も不安定になった。これは洗濯によって、縫製部分がゆるみファスナーと導線との接触が不安定になったためと考えられる。糸の場合、洗濯による抵抗の増加が丸紐に比べると大きかった。これは、糸は紐に比べて接触面積が小さいためと考えられる。

図 5 に丸紐を上述(A)、(B)、(C)の方法で縫製した場合の引張り加除重時における抵抗値の変動を示す。(A)に関しては、(O)と同様の傾向となった。(B)、(C)に関しては、(O)に比べて変動が小さくなった。しかし、5 回洗濯以上にて、抵抗値も 5Ω 増加した。(B)は、洗濯回数の増加に伴い、変動が若干大きくなった。(C)は、10 回までの洗濯後においても変動が少なかった。10 回洗濯を除けば、 5Ω 以内の増加にとどまった。

これらの結果から、導電性ファスナーとの接続におい

て、組紐は有効であること、3本直線縫い、ホックによるかきめにより比較的安定した接続ができることが分かった。

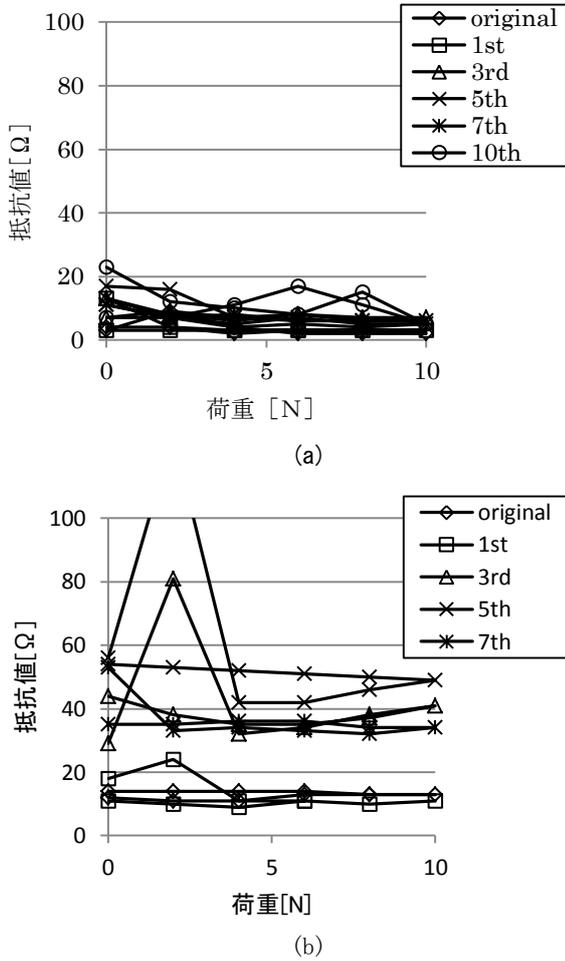


図4 縫製試料(O)に引張り変形を与えた際の抵抗値の変化(a)丸紐、(b)糸 (1st 1回洗濯、以下同様)

3.3 e-テキスタイルの試作

上述の結果を基にファスナーの開閉、もしくは導電性組紐の接触によりLEDの光り方を変えられるシャツを試作した。

回路とLEDを繋ぐための導線として、芯に銀メッキ糸の丸紐、鞘に綿の丸紐の二重構造丸紐を使用した。また、スイッチ用の線として、銅加工糸の丸紐を使用した。

LEDは袖口に9個取り付け、袖を通して胸元で回路と取り外しができるよう導電性ファスナーで接続した。

また、スイッチとして、導電性ファスナー、および銅加工糸の丸紐を使用した。

LED制御回路はSwitchScience製Arduinoを使用した。トランジスタを使い、3×3のダイナミック表示回路を作製した。図6に回路図を示す。テキスタイルに組み込む前に、ブレッドボードにて動作を確認した。(図7)

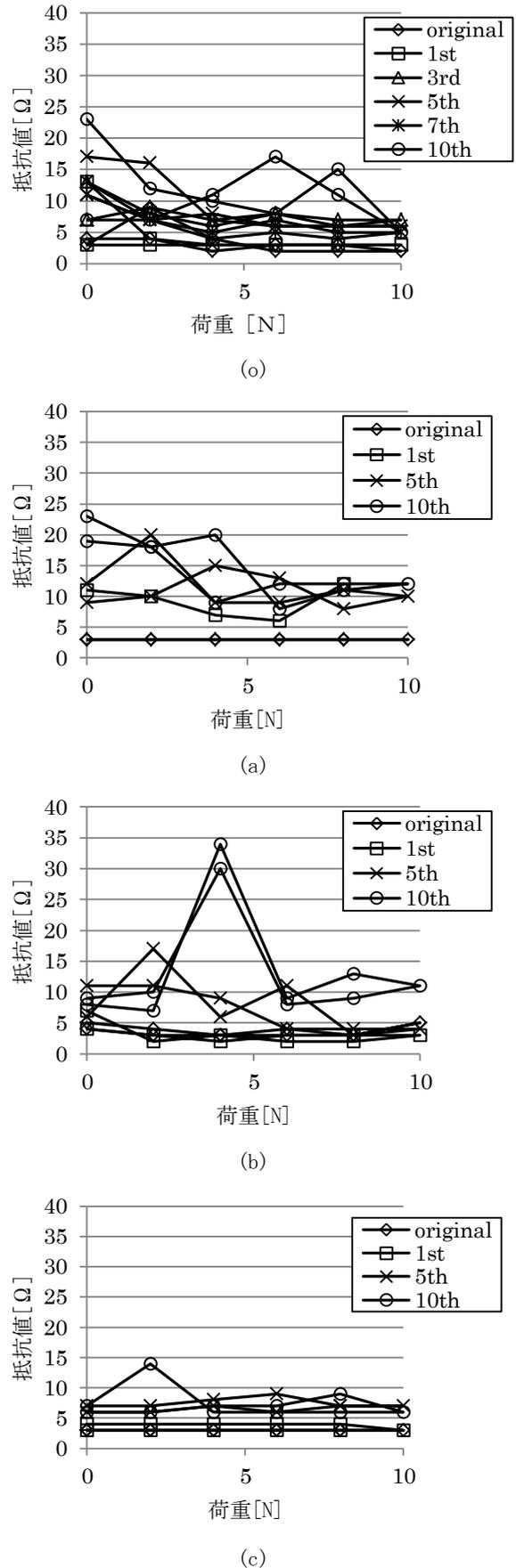


図5 各種縫製試料の引張り変形時の抵抗の変化 (a) 縫製試料(A), (b) 縫製試料(B), (c) 縫製試料(C)

図8に作製したシャツを示す。

配線は見えるデザインとした。靴の組紐は様々な色で作製できるため、意匠性に富んだ軽い配線が可能である。ファスナーの開き具合により、2種類の光らせ方を制御することができた。更に、前身と袖に銅加工糸の丸紐を刺しゅうし、それらを接触させることでLEDの光り方を変えることができた。

これらの試作から導電性ファスナーと導電性繊維にて作製した組紐を組み合わせることで、軽くて意匠性に富んだe-テキスタイルができることを確認した。

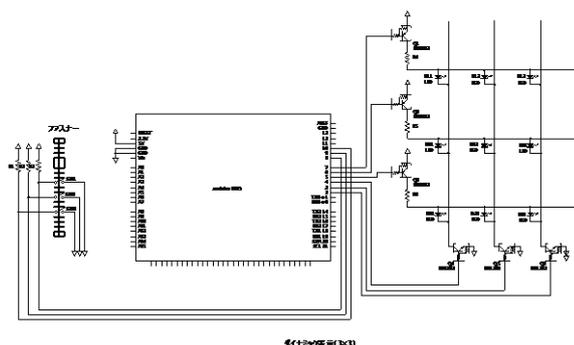


図6 回路図

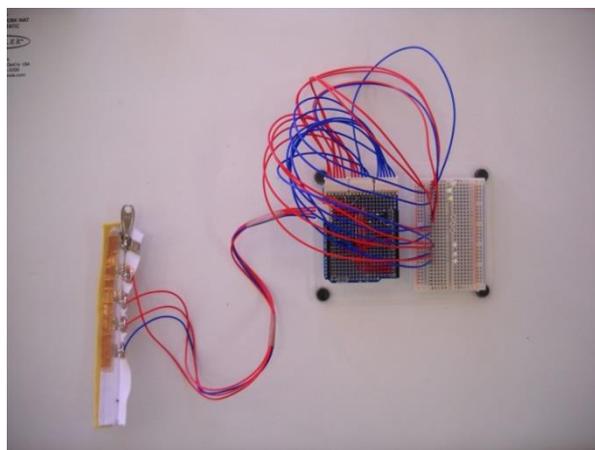


図7 回路の動作確認

4. 結び

e-テキスタイルにおける新しい接続手法を確立するため、接続部材の開発、およびその耐久性、センサデバイスとの接続評価をおこなった。

導電性ファスナーと組紐とをホックもしくは3本直線縫いで縫合することにより、引張り変形や洗濯に対して比較的安定した接続ができることを確認した。

これら導線は従来の金属導線と比較すると抵抗値は高いものの、軽くて意匠性に富んだ配線ができることが分かった。

これらの接続部材を使って、袖口のLEDの点灯を制御できるe-テキスタイルシャツを作製し、接続部材が動作することを確認した。

付記

本研究は、JST 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム フィージビリティスタディステージ 探索タイプにおいて実施されたものである。

謝辞

導電性ファスナーの試作において多大なるご協力をいただきました YKK 株式会社、YKK ファスニングプロダクツ販売株式会社、田宮服飾株式会社に深く御礼申し上げます。

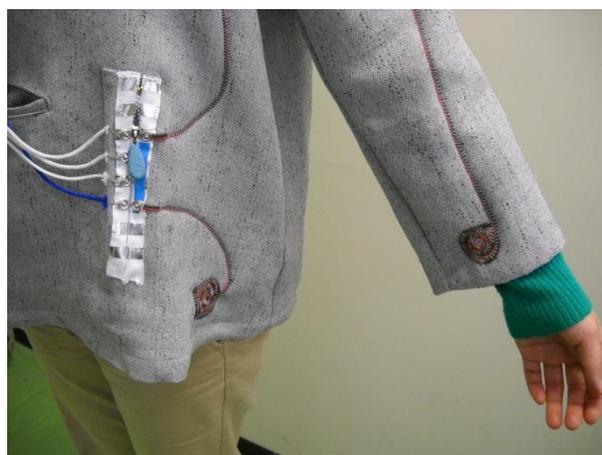


図8 試作したe-テキスタイル