デザイン性を兼ね備えたヒューマンセンシング導電織物デバイス

松本　正義[†]　　柴田　和明[‡]　　田中　明人[*]

本研究は長年尾州地域で培われた毛織物の技術と、現在多くの研究機関にて研究が進められている導電性糸を繊維に織り込む技術を組み合わせることにより、新しい価値の創造を試みたものである。つまり「ヒューマンセンシング導電織物デバイス」に「デザイン性」兼ね備えることにより、新たなる素材の創造を追求したのである。本論文ではこの「デザイン性を兼ね備えたヒューマンセンシング導電織物デバイス」のプロトタイプを試作した。

A graceful and attractive electrically conductive human sensing textile.

MASAYOSHI MATSUMOTO[†]　　KAZUAKI SHIBATA[‡]　　AKIHITO TANAKA[*]

This research describes how, from the fusion of the beautiful time-honored craftsmanship of the BISYU region with ultra-modern research into interweaving electrically conductive fibers into fabrics and textiles, has come the creation of a valuable new material. To infuse electrically conductive human sensing textiles with principles of good design, we have pursued the creation of new materials. This paper describes the experimental manufacture of a prototype of the graceful and attractive electrically conductive human sensing textile.

1.　はじめに

我々は尾州織物の産業集積地として長年高級毛織物を生産してきた。この地域の特性は先染工程と呼ばれ、複雑な柄でかつ層状になったものを軽く織ることができる技術をもっていることである。つまり糸の種類を替えることに限りない多様性を秘めているのである。

これまで多くの研究機関において導電性糸を繊維に織り込む導電性繊維の開発がおこなわれてきた。つまり布が導電ケーブルやインターフェイスの代わりとなる研究である。そこで本研究ではこの導電性繊維に、デザインという概念を加えることにより、従来配線として使用する場合には殺風景な感じを受けるために隠すことが一般的であった導電ケーブルを隠さずに表面に出しインテリアの一部として利用する、またデバイスを操作していることを感じさせない温もりのあるインターフェイスを構築することにより、新たなる導電性繊維の可能性を追求したものである。

本論文は織物が従来持つデザインの必要性をコンセプトとして定義し、ヒューマンセンシング導電織物デバイスとして実装を試み、その結果を考察する形で展開されるものとする。

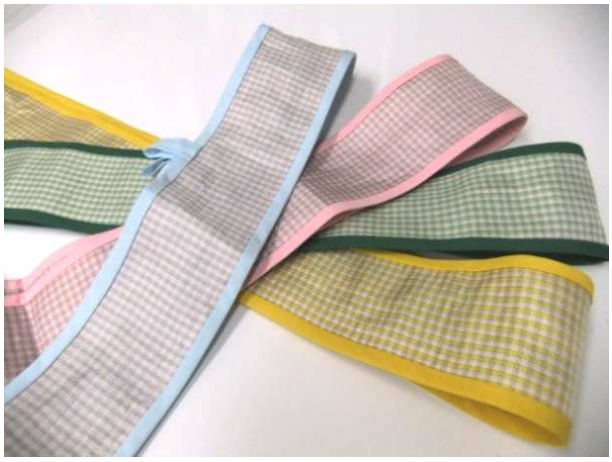

図1　デザイン性を付加した導電性織物ケーブル

2.　コンセプト

デザイン性を兼ね備えたヒューマンセンシング導電織物デバイスの主要なコンセプトは尾州織物の技術が従来もつ以下の三つの特性を活かした導電性繊維の構築である。

- デザイン性
- 物理的な優位性
- 加工の容易性

第一点はデザイン性である。高級毛織物として発展

† 名古屋市立大学経済学部
Department of Economics ,The University of Nagoya City
‡ シバタテクノテキス(株)
Shibatatecnotex,Co,LTD
* 木曽川商工会
Commerce and industry association of Kisogawa

してきたため、意匠性が高く、柔らかさや温かみがあり、複雑な柄が織れるという特性をもっている。また近年の転写の技術の発達により印刷が容易であるという特徴ももっている。

第二点は、物理的な優位性が挙げられる。つまり尾州織物では分厚いものを軽く織ることを実現するため、3 次元構造を構築する技術が培われた、この技術により一枚の布の中で薄さ・軽さ・しなやかさ・通気性を実現することが可能になったのである。

第三点は、加工の容易性が考えられる。つまり既存の布素材との親和性が高いのである。

このように尾州織物産地は歴史が深く先人の残した記録や技術、加工方法の豊富にあるため、任意の素材を任意の位置に正確に配置することが可能技術をもつのである。これらの技術を基に導電性織物を作製しすることにより、一般的な導線ケーブルやインターフェイスの概念から離れることができ、配線を隠さずに表面に出すことや、デバイスを操作していることを感じさせないインターフェイスの創作が可能なのである。

3. 実装

はじめにデザインケーブルやタッチセンサーの材料となる導電性織物の試作を行った。

今回試作をした織物は通常の導電性織物を絶縁性の織物で挟み込むことで外部から絶縁をした、3 層構造となっている。

導電体部分には銅線を撚ることで作製した導電糸を使用し、縦横にメッシュ状に織り込むことで平面全体に電流が通るような構造とした。銅線線径は 40μm と 100μmの物を使用し、通常の繊維に銅線を螺旋状に巻き付けている。絶縁体部分は一般的に流通しているポリエステル糸を用いている。ここで、布としてのデザインを施している。こうすることで、一見普通の布のようではあるが、しっかりと電流を通すことのである導電性織物を作製することができる。

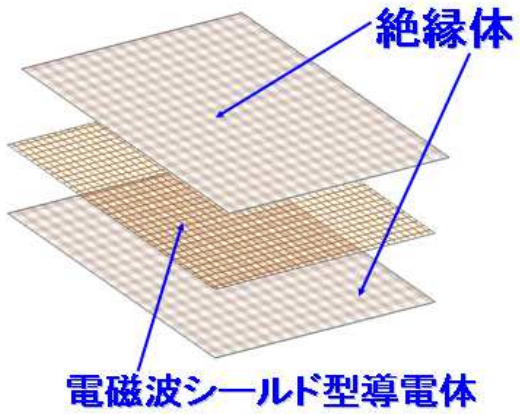

図2 導電繊維分解図

次に試作した導電性織物で電流を通してデバイスに送電することのできるデザインケーブルを作製した。ある程度の電流が流れても発熱することがないように、2m ㎡の電線に相当する銅の量がデザインケーブル内に含まれるように約 5cm の幅で布を切り出した。切端は糸がほつれてこないようにロックミシンをかけ、さらに、切端から露出した導電性糸によって短絡しないようにするために、バイアステープを貼りつけた。このように作製したデザインケーブルに、布としてのデザインだけではなく、プリントを施すことでデザイン性や視認性等を向上させることを試みた。

実際にデバイスに接続し送電することが可能か確認を行った。電源には乾電池を使用し、デバイスは携帯用のスピーカーを使用した。

デザインケーブルは完全に絶縁体で覆われており内部の導電体に直接触れることができない。そこで、電極に安全ピンを用い、これをデザインケーブルに突き刺すことで、電極と布内部の導電体を接続した。デザインケーブルは正極側と負極側の 2 本を用意した。このとき、接続に間違いが起こらないように正極と負極でケーブルの色を変えている。それぞれのケーブルの両端に電極を取り付け、バッテリーとスピーカーを接続した。これによって携帯音楽プレーヤーの音を出すことができ、デザインケーブルが送電ケーブルとして使用可能であることが確認できた。

また、この導電性織物を利用して、静電容量式のタッチセンサーを作製した。これは、金属と人間との間の静電容量の変化を感知し、ある一定のしきい値を設定してオン・オフのセンサーとしたものである。

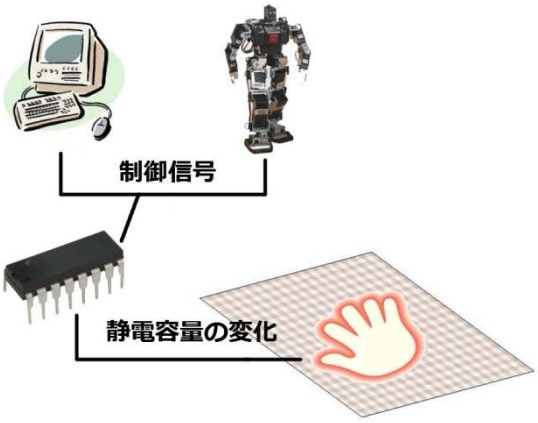

図3　概念図

コントロールパネル式のインターフェイスではあるが、布としての温かみある雰囲気を損なわないようにするために、パネル板にはコルクボードを採用した。コルクボードにセンサーとなる導電性繊物を配置し、ピンで固定した。センサーの数は 3 つである。コルクボードの裏側には、感知した情報を処理して信号として発信するための装置を取り付けている。

タッチセンサーパネルによってデバイスの操作が可能かを検証した。デバイスにはノートパソコンとリモコン操作が可能なロボットを用い、どちらも有線で接続した。パソコンではインベーダーゲームを操作し、ロボットはあらかじめプログラムされた動作をボタンのオン・オフで行動するようにした。どちらも、正常に操作することができたが、反応速度が十分ではないことと、電磁波が多い環境では誤動作を起こすことがあったため、今後の検討課題となっている。

今後の展望として、デザインケーブルについては必要とされる性能に応じて、含有される銅線の量をコントロールしていき、ケーブルと電源やデバイスを接続するための電極について検討を行っていく。タッチセンサーについては、インターフェイスの小型化と、無線通信を試みる。

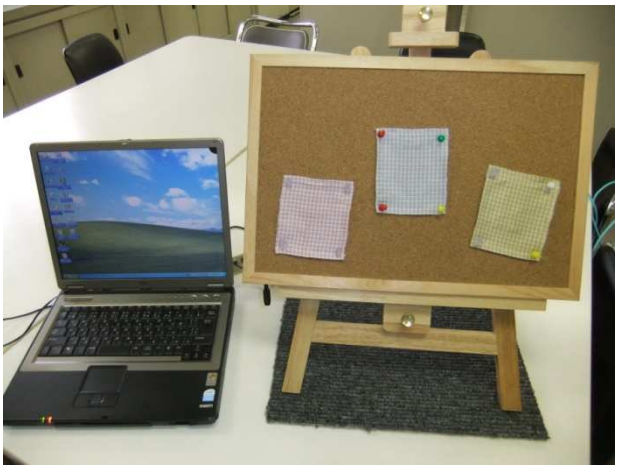

図4　タッチセンサーパネルと PC の接続例

4.　議論(考察)

ヒューマンセンシング導電織物デバイスが持つ導電特性は、ｅ－テキスタイル用導電糸を使用する織物の主構成繊維素材と同等の物性を有する繊維素材で芯部を構成し、その繊維素材のまわりを複数の導電性繊維素材で表面積の大部分を導電性繊維が被うように螺旋状に巻き付けることで布材を導電化することにある。

図5　導電糸構造図

導電織物は、フィルム素材にはない繊維の持つ「軽さ、薄さ、柔軟性、表面積が広い」といった特性と、金属が持つ「導電性、電磁波シールド性能、熱伝導性」などの特徴・機能を併せ持った素材であり、また、折り曲げ、ねじれる箇所では欠かせない「耐屈曲性、フィット性」に優位点がある。近年、織物構造とセンサー特性の関係がより明らかになり、導電性繊維が圧縮すると静電容量の変化を検知する方式により試作が行われその有効性が確認されていたが、本研究では表面に触れるだけで導電性繊維と人体の間に発生する微弱な電流（電荷）の変化を検知するセンシング方式の展開によって、より精度と汎用性が高い静電容量方式タッチセンサーの実用化に大きく貢献した。

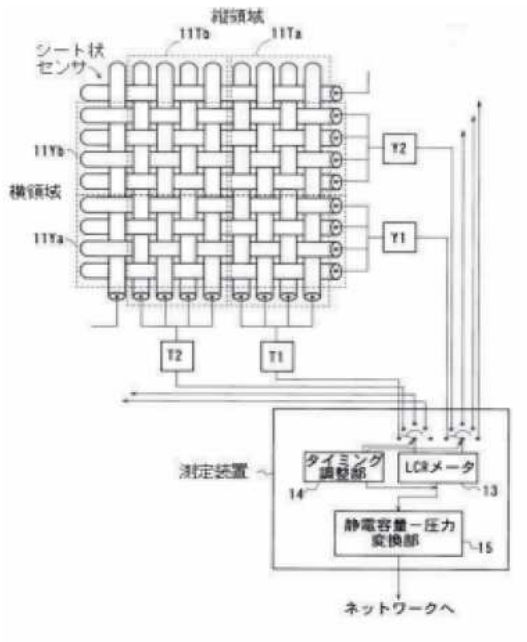

図6 センサー機能を有する織物構造及びシステム構成例

この成果から導電織物が医療や介護の現場、またデバイスとしてロボットや家電・製造装置など組込み技術の分野での応用への期待が高まってきている。

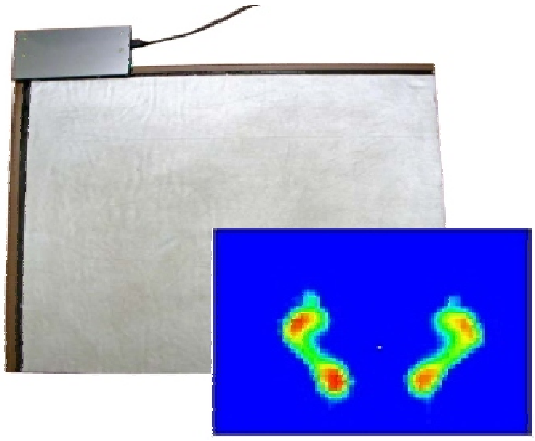

図7 圧力センサーに応用し、モニタリングする例

そこで、使用可能な特許や技術から派生した独自の概念を形成させ、３次元織物のコア材である導電体を、従来の導電糸を縫い込むタイプから導電糸をシールド化し、同一の構造体とすることで、電圧・電流・抵抗値の飛躍的な向上を実現した。同時に絶縁部にはデザイン性を取入れたことで、見た目も触れた感触も通常の織物と同じでありながら、静電容量を検知するタッチセンサーや、デザイン性の高い導電ケーブルとしてのユーザービリティを高めてきた。

今後は人に世話をされる介護福祉ロボットや、筋肉を動かそうとするときに発生する生体電位信号検出するためのセンサーの開発など、導電織物が人と機械との接点となり、人に合わせた技術が安全と効率を両立させる高機能なマンマシンインターフェースとなり得るよう具現化を提案していきたい。

図8 中京大学加納研究室が開発を進める「ベビロイド」

5. 関連研究

e-テキスタイルと称される導電性織物の研究は近年盛んにおこなわれている。例えば、高木[1]は繊維に無電解メッキを施した導電性織物を開発している。このような導電性織物を応用した例として、堀場ら[2]は導電性素材と非導電性素材からなる二層構造糸をたてよこに織り込んだ織物を作製しており、この織物は圧縮時に静電容量が変化するセンサー機能を有している。さらに、織物の構造とセンサー特性の解析[3]まで行っている。Schmeder ら[4]は、ピエゾ抵抗素子織物を利用したタッチセンサーについて研究している。導電性織物を電極としてだけではなく、電源にしようとする試みも研究がされている。Jost ら[5]は多孔質カーボンを繊維中に導入し、電気を蓄えることで電源としての機能を付加した布によるスマートガーメントを提唱している。2010 年には IMEC を中心として大面積のテキスタイルに半導体チップを埋め込む応用を狙った PASTA（Integrating Platform for Advanced Smart Textile Applications）計画が始まっている。

このように、導電性織物は基礎研究をはじめとして、その応用方法まで盛んな研究がおこなわれているが、その多くは機能面を重視している。我々は基本的な性能を備えた導電性織物にデザイン性や風合いなどといった点を付加することに着目している。

6. まとめ

本研究では、尾州織物の技術で培われた、本来の繊維の特性であるデザイン性に着目し、導電性糸を繊維

に織り込む導電性繊維に組み合わせることにより、無機質、殺風景であった従来の導電ケーブルやインターフェイスに見る喜び、触れる楽しさを与えることを提案し「デザイン性を兼ね備えたヒューマンセンシング導電織物デバイス」のプロトタイプを試作した。今後は議論で述べた課題に取り組み、実用化に向けブラッシュアップしていきたい。

謝辞　本論文作成のうえで多大な協力をいただいた中京大学情報理工学部加納政芳先生にお礼申し上げる。また、本研究のシステムを製作するうえで、愛知県尾張繊維技術センターには多くの示唆をいただいた、ここに感謝したい。

参　考　文　献

1) 1)高木　進: 電磁波シールド繊維の開発と応用展開, 繊維機械学会誌(繊維と工業), vol61, No.4, 94-98, (2005)
2) 2)池口　達治, 堀場　隆広: センサー機能を有する織物の開発, 尾張繊維技術センター　開発技術室
3) 3)堀場　隆広, 池口　達治: 織物構造とセンサー特性との関係解析, 尾張繊維技術センター　開発技術室
4) 4)Andrew Schmeder, Adrian Freed: Support Vector Machine Leaning for Gesture Signal Estimation with a Piezo-Resistive Fabric Touch Surface, Center for New Music and Audio Technologies University of California
5) 5)Kristy Jost, Carlos R. Peres, John K. McDonough, Volder Presser, Min Heon, Genevieve Dion and Yury Gogotsi: Carbon coated textiles for flexible enerby storage, The Royal Society of Chemistry 2011