

研究論文

織物を用いた柔らかいタッチスイッチの開発

堀場隆広*¹、池上大輔*¹、島上祐樹*¹

Development of Soft Touch Switches Using Fabric

Takahiro HORIBA*¹, Daisuke IKEGAMI*¹ and Yuki SHIMAKAMI*¹Owari Textile Research Center*¹

本研究では、多数のタッチスイッチで構成されたデバイスを柔らかい織物で実現することを目的とした。織物に導電糸を織り込み、この導電糸を織物のタッチスイッチの電極とした。デバイスをパソコンの USB に接続し、タッチスイッチが USB デバイスとして動作することを確認した。

1. はじめに

Electronic Textiles または Smart Textiles とは、布にデジタル回路、小型コンピュータ、電子回路や通信機能を付与して、フレキシブルで、かつ機能的な布製品を実現するものである。

織物でできた柔らかい電子機器を開発する利点として、主に、次の7項目が挙げられる。

- (1) 折り曲げることが可能である
- (2) 加工することが容易である
- (3) 折り畳んで小さくして収納することができる
- (4) 薄いものができる
- (5) 軽いものができる
- (6) 身につけることや、敷くことができる
- (7) 柔らかいので安全である

我々は、これまでに織物に導電糸を織り込んだセンサ織物¹⁾の基礎技術²⁾や製造技術を中心に開発してきた。

センサ織物でできた応用製品を開発するために、電子部品の基本的な素子であるスイッチを布で作製したことについて述べる。

スイッチはこれまで金属、プラスチックなど、比較的硬い素材のものを対象にしていた。衣服や身の回りの布製品に柔らかいスイッチを組み込むことによって、布でできた新しいデバイスを開発することが可能となる。これによって、衣料や繊維製品をはじめとする医療、電子、情報など、幅広い分野にまたがる新製品の開発に、応用展開が可能となる。

本研究では、織物に1次元に配列した多数のタッチスイッチのセンシングを行い、動作を確かめる実験をした。これに併せて、パソコンのデバイスとして認識させるために、タッチスイッチ織物を USB で接続する実験をした。

2. 原理

2.1 タッチスイッチ織物の原理

織物から作られたタッチスイッチは様々な検出方法が用いられている。主に、抵抗を検出するもの、静電容量(キャパシタンス)を検出するもの、相互インダクタンスを検出するもの、織物の織構造の中に接点を設けたものがある。

本研究で作製したタッチスイッチ織物の原理を図1に示す。織物に配置した導電糸と人との間に発生する静電容量の変化を検出するものである。

電気的には、人は導体とみなされるため、人と導電糸間に絶縁物としての空気が存在する。したがって、人と導電糸の間に静電容量が生ずる。

表1に、人とタッチセンサ織物の距離と静電容量の関係を示す。人の手が織物に近づくと、静電容量が大きくなり、遠ざかると小さくなる。タッチスイッチ織物は人との間の静電容量の変化を電子回路とマイコンで検出して ON/ OFF を判定する。

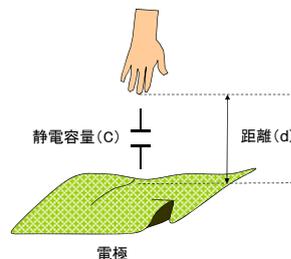


図1 タッチスイッチ織物の原理

*1 尾張繊維技術センター 素材開発室

表 1 人と織物の距離と静電容量の関係

人と織物の距離(d)	静電容量(C)
大きい	小さい
小さい	大きい

2.2 タッチスイッチの回路構成

ここでは静電容量型のタッチスイッチの回路構成について述べる。タッチスイッチの回路は人と電極の間の静電容量を計測する回路と、スイッチが押されたことを判定する ON/OFF の判定回路、あるいは判定プログラムから構成される。図 2 にタッチスイッチの回路構成を図示する。

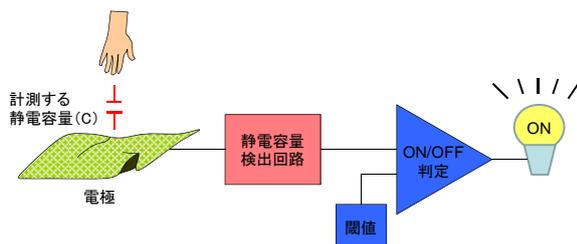


図 2 タッチスイッチの回路構成

静電容量の検出は電極に電荷を充電、あるいは放電することによって、蓄えられたその電荷量を計測する。静電容量の変化は充放電を繰り返し、電荷量を連続してサンプリングすることによって、計測することができる。

電気回路で静電容量を簡易に検出する二つの計測方法がある。前者は充電、あるいは放電時間を計測して、静電容量を計測する。後者は CR 発振回路の発振周波数を決めるコンデンサ(C)の代わりに、タッチスイッチ織物を接続して発振回路を構成する。発振回路から出力される周波数と抵抗値から静電容量を計算して求める。後者はタッチスイッチ織物(C)と抵抗 R の条件によって発振しないこともあるので、確実に測定できる前者を採用した。

静電容量の閾値を C_t 、計測された静電容量を C_m 、出力の ON/OFF の関係を $f_{out}(C_m)$ とすると、スイッチの ON/OFF 判定は(1)式で表される。

$$f_{out}(C_m) = \begin{cases} ON(C_m \geq C_t) \\ OFF(C_m \leq C_t) \end{cases} \quad (1)$$

計測された静電容量 C_m が、ある設定した静電容量の閾値 C_t より大きいとき、スイッチが ON になったと判定する。静電容量 C_m が閾値 C_t より小さいとき、スイッチが OFF になったと判定する。

3. 実験

3.1 タッチスイッチ織物の試作

導電糸と非導電糸を用いてタッチスイッチ織物を製織した。導電糸には、めっき糸を用いた。指の接触により、めっき糸の劣化を防ぐために、綿糸をカーバリングした。非導電糸は綿糸を用いた。織組織は平織を用いた。

図 3 に試作したタッチスイッチ織物の写真を示す。タッチスイッチ織物の電極の配置を図 4 に示す。



図 3 試作したタッチスイッチ織物

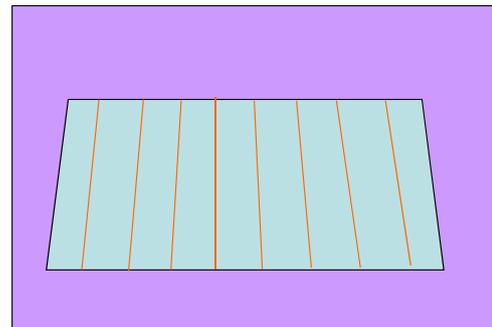


図 4 導電糸の配置

指で 2 ヶ所の導電糸を同時に押さえないようにするために、導電糸を指の間隔より広い約 3 (cm) 間隔に配置した。

3.2 USB タッチスイッチチップ

タッチスイッチとパソコンを接続するために、USB タッチスイッチチップを開発した。

チップの中に、タッチスイッチの回路と、USB を接続するプログラムを組み込み、織物への取り付けが容易になるように工夫した。

使用したチップはマイコンコアと USB インタフェースを内蔵したプログラマブルなチップである。作製したチップの内部構成を図 5 に示す。

作製したチップは大きく分けて静電容量を計測する回路と、パソコンの USB にタッチスイッチの ON/OFF のデータを転送するプログラムで構成した。

静電容量を計測する回路はセンシングするスイッチ毎にチップの入力端子を設定した。タッチセンサの静電容量のセンシングは、入力をマルチプレクサで切り替えることで実現した。

押されたスイッチの ON/OFF の判定と、その結果を USB のデータに変換し、パソコンに転送するプログラムを作成した。それをマイコンのフラッシュメモリに書き込んだ。

パソコンとタッチスイッチ織物を接続してタッチスイッチ織物に電源が供給されると、パソコン側にタッチスイッチ織物のデバイス情報が転送される仕組みになっている。デバイス情報をパソコン側で受信して、パソコンの基本プログラムがデバイスの種別を認識するようにした。

実験では USB の接続をできるだけ簡便に済ませることを考え、パソコン側の基本ソフトのデバイスドライバを記述する必要がないように、USB の HID(Human Interface Device)のインタフェース規格で、チップ側のプログラムを記述した。

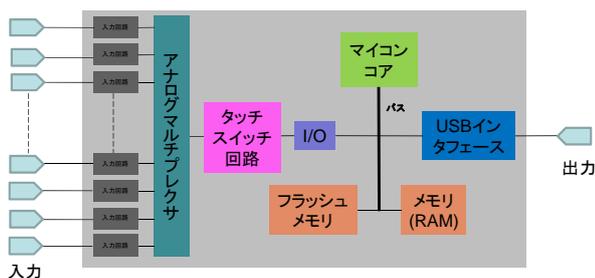


図5 USB タッチセンサチップの内部構成

3.3 織物へのチップの実装

実験に用いた電子回路基板はガラスエポキシできているものを用いた。将来、表面実装チップと柔らかいフレキシブルな基板で作製することを想定しているので、電子回路基板は表面実装チップが取り付けられているものを選択した（ツール工房(有)製）。

試作した USB 接続のタッチセンサチップをタッチスイッチ織物の中に実装した。実装は織物の織り目を広げ、プラスチックのネジを通して電子回路基板を固定した。実装した基板を図6に示す。基板は縦:33(mm)、横:43(mm)の大きさである。織物の折り曲げに影響しないように、電子回路基板はできるだけ面積が小さいものを使用した。



図6 センサ織物の中へ実装した電子回路基板

3.4 基板と電極の配線

基板と1次元に配列した電極の役割をする導電糸の接続はコネクタを使用しないで、基板のランド(端子)に直接被覆線をはんだで接続した。タッチスイッチの電極との接続は電極の導電糸と被覆線の芯線を結んだ。

この複数のタッチセンサを用いて、センサ織物のデバイスの動作と接続を確認した。動作を確認するプログラムは小型パソコンにフリーのプログラムを入れて実験した。

4. 実験結果

タッチスイッチ織物の電極を指で触れたとき、USB 接続したパソコン側のディスプレイに押した位置を判別してスイッチが ON になったことを示す表示ができることを確認した。実験時の写真を図7に示す。

この実験結果より、タッチスイッチ織物がデバイスとして正常に動作することを確認した。

併せて、織物のデバイスとパソコンを USB で接続できることも示した。

この実験において、タッチスイッチと基板を結ぶ配線に触れると、まれに、タッチスイッチが動作してしまうことも分かった。



図7 織物のデバイスと小型パソコンの接続実験

5. 結び

本研究で得られた結果を以下に示す。

導電糸を織物の内部に配列した1次元のタッチスイッチ織物を作製した。

タッチスイッチ織物とパソコンを接続するためのUSBの規格を調査した。その結果、HID(Human Interface Device)を用いた接続が簡便であることが分かった。

タッチスイッチ織物のセンシングとUSBインタフェースの機能をもつ1チップの回路を作製した。

チップと電極の配線は単線の被覆線を用いた。被覆線と導電糸の接続は被覆線の芯線と導電糸を結んで接続した。

パソコンとUSB接続して実験した結果、タッチスイッチ織物が、USBデバイスとして動作することが確認できた。

今後の課題として、次の項目について検討する。

タッチスイッチとしてより多くの種類のデータ入力

を可能とするため、二次元に配列したタッチセンサの電極を開発することが課題となる。これに伴い、二次元のタッチスイッチのセンシング技術を開発する。

タッチスイッチ織物の作製結果を踏まえ、二次元に配列したタッチスイッチ織物を接続するUSB接続のチップを開発する。

タッチスイッチ織物の電極と基板の配線を織物の上から触れると、まれにタッチスイッチが誤作動する。誤作動を防止するために、電極以外の配線をシールドする。

また、タッチスイッチ織物の感度を上げることや、信頼性を上げるために、人と織物間に発生するタッチセンサの静電容量の変化を定量的に解析するなどが必要になる。

文献

- 1) 池口，堀場：愛知県産業技術研究所研究報告，6，132(2007)
- 2) 堀場，池口：愛知県産業技術研究所研究報告，7，11(2008)