



センサ，照明機能を持つ 電子テキスタイルへの挑戦

高松 誠一

布にセンサやLEDなどを織り込み配線する電子テキスタイル技術の開発を行ってきた。センサとして、柔らかい導電性ポリマーを電極として用いた布状キーボードやタッチパネルを試作した。また、照明として、天井や壁に設置することができる軽量で柔らかいLEDを実装した布についても試作した。本稿ではこれらのデバイス特性と糸への連続加工とその製織から構成される製造技術について紹介を行う。

キーワード：電子テキスタイル，ウェアラブルセンサ，膜天井，タッチパネル，キーボード

1. はじめに

布は、衣服として身に着けたり、カーテンや壁紙として部屋を彩ったり、テントとして雨風をしのいだりと最も人に近いところでいつも人を支えている工業製品である。そのため、布にセンサ機能であったり、照明機能であったり様々な電子機能を持たせることができれば、人の生活をさらに便利にすることができると考えられる。この新しい技術研究分野を電子テキスタイルといい、従来のコンセプト研究の段階から発展し、現在では新エネルギー産業技術総合研究機構(NEDO)の支援などを受け実用化のための製造技術開発が進められている。本稿では電子テキスタイルの例として、ウェアラブルセンサと照明機能を持つ膜天井材を挙げ紹介する(図1参照)。ウェアラブルセンサは、温度センサや湿度センサ、加速度センサなどを衣服に実装することで、人の健康状態の管理や、スポーツの運

動効果のモニタリングを行うことができる。また、上着やズボンなどにキーボードやディスプレイなどを組み込むことで現在の携帯電話よりも自然な形の情報端末であるウェアラブルコンピュータなどを実現することもできる。また、建築の分野では地震時の天井崩落による人的被害を防ぐため軽量の天井材や照明が求められている。この時、軽くて照明機能をもつ布は膜天井の照明部分として用いることが可能である。しかしながら、現在のセンサや電子デバイスを製造するプロセスは固いシリコンウェハやガラス上に作る技術であり、布のような柔らかい材料上に作るには新しい製造技術の開発が必要である。布の上に電子デバイスを製造する電子テキスタイル技術開発の一つの取り組みとして、糸の上に電子デバイスを連続的に形成し、製織することで布を作る方法について紹介する。特に、布状タッチパネルの製造プロセスの開発とその特性を述べ、照明機能を持つ膜天井材についても述べる。

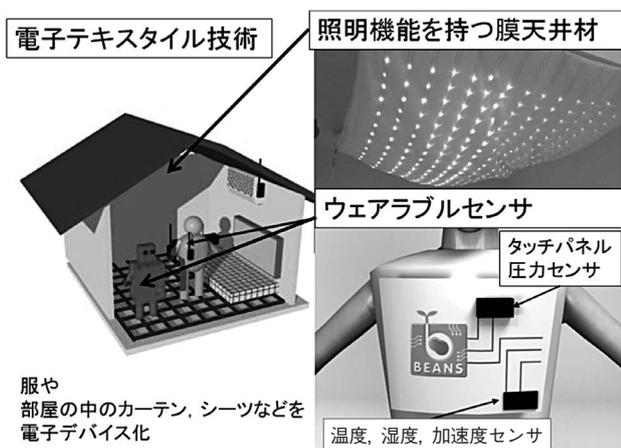


図1 電子テキスタイルのコンセプト

2. 布状タッチパネルの構造

図2(a)に布状タッチパネルの構造を示す。センサは、導電層、絶縁層を塗布した糸を縦糸、横糸に一定間隔おきに織りこんだものである。糸としては、やわらかく織り易い485 μm のナイロン糸を用いた。導電性材料としては、導電性ポリマーポリスチレンジオキシチオフェン(PEDOT:PSS)を用いた。絶縁層としては、フッ素樹脂であるCytopを用いた。加工された糸は、2cmおきに織りこまれており、糸同士が交差した部分がセンサとなっている。

図2(b)に示すように、押された力による糸同士

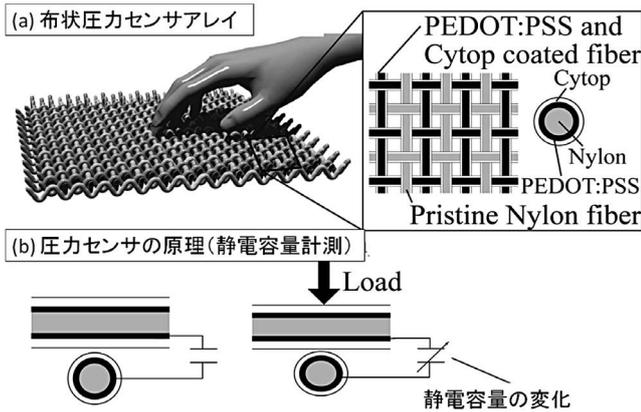


図-2 布状タッチセンサの構造と原理

の接触面積が増加し、キャパシタンス変化が増加する。タッチパネルの原理は、このキャパシタンスの変化である。

3. 製造プロセスの開発

提案する製造方法は、図-3に示すように、糸の上に電子機能を持つようにデバイスを形成し、製作した糸状デバイスを製織するというプロセスである。センサ、照明の場合も同様のプロセスである。初めに糸の上に電極を形成したり、LEDを実装したりという加工を連続的に行う。そのあとで、機能を持つ糸を自動織機で製織するという手法である。布状タッチパネルの場合には、ダイコーティングによる導電層PEDOT:PSSと絶縁膜の糸上への成膜と平織りによる製織からなる。ダイコーティングは、図-3のようにノズルの部分で、電子機能材料を溶かした溶液を連続的に糸上につける方法である。従来から、光ファイバーの保護層を連続的に成膜する方法として使われており、低コストで長尺のデバイス製作に適した方法である。実際のダイコーティングシステムは、図-3の写真に示すように、糸の巻き出し、巻き取り機とコーティングノズルであるダイスと乾燥用のヒーターからなる。膜厚は、ダイスのノズルと糸の間のギャップを変えることで調整することが可能である。導電性ポリ

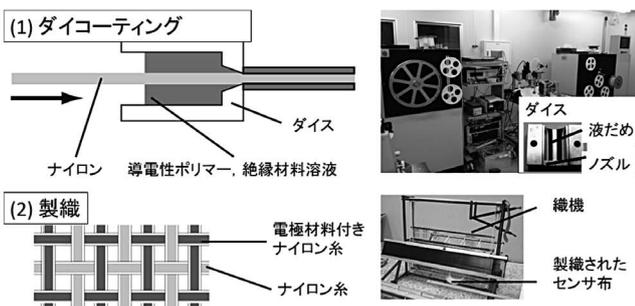


図-3 布状デバイスの製造プロセス 1. ダイコーティング 2. 製織

マーの膜厚を 100 ~ 1200 nm の間で調整する場合には、ノズルと糸の間を 20 ~ 100 μm 程度変化させることで可能であった。製作した糸は、図-3下に示すように、縦、横に等間隔で織りこむ平織りという織り方で製織し、シート化した。

4. 布状タッチパネルの動作

製作したセンサの特性評価セットアップを図-4(a)に示す。交叉する2本の電極付きの糸にインピーダンスアナライザをつなぎ、フォースゲージにより押す。図-4(b)に示すように、糸を押したときのキャパシタンスが増加することが分かる。図-5に12×12本の電極付きの糸を入れたセンサアレイとその押したときの出力を示す。センサは布であるため、従来の固いセンサでは難しかったヘルメットのような球面上にも配置が可能である(図-5(a))。このようにセンサが変形した状態でも、図-5(b)のように、圧力の計測が可能で、押した部分を検出できることが分かる。

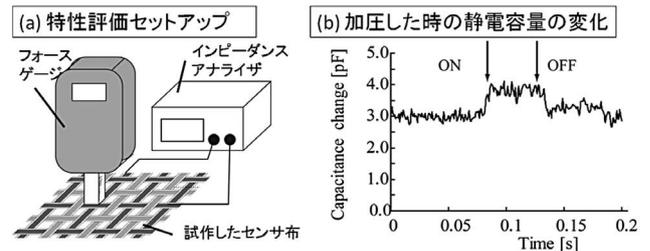


図-4 布状タッチセンサの特性評価セットアップと圧力を加えた時の静電容量の変化

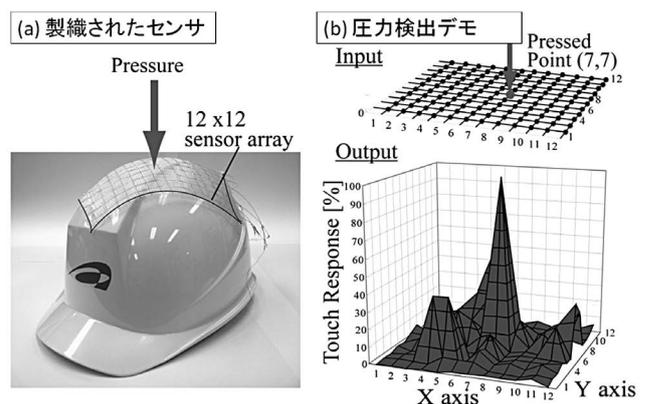


図-5 製織した布状タッチセンサをヘルメット上に配置した写真と圧力を加えた場合のセンサの出力

5. 照明機能を持つ膜天井材とさまざまなデバイスへの展開

前項までのように、糸の上に電子デバイスを形成し、織りこむことで布状デバイスを製造できることを紹介

した。LED をテープ状のフレキシブル基板上に連続的に実装し、自動織機で織り込むことで照明機能を持つ膜天井材を実現できる。図-6のようにLEDがアレイ上に並んでおり、オフィスなどで照明として用いることができる。特に、膜天井材などに貼りつけることで照明機能を持つ膜天井材として用いることも可能である。従来の蛍光灯と石膏ボードの天井が1m²あたり10kg前後であるのに対して、膜上の天井材とLED布であれば1m²あたり、1kg以下であり落下時の安全性が高い。さらに同様の製造技術を用いることで、図-6に示すように布状キーボードや大面積なタッチセンサなどさまざまな布状デバイスを実現することができる。布状のキーボードやタッチセンサは、糸上に電極を形成し製織し、電極を組み込みマイコンに付属した静電容量計に接続したものである。糸と人間の指の間の静電容量を計測し、人が押した場所を検出して、対応した文字を入力している。同様のセンサを自動織機で織ることにより、3×1.2mというメートル級の面積で製造することも可能である。

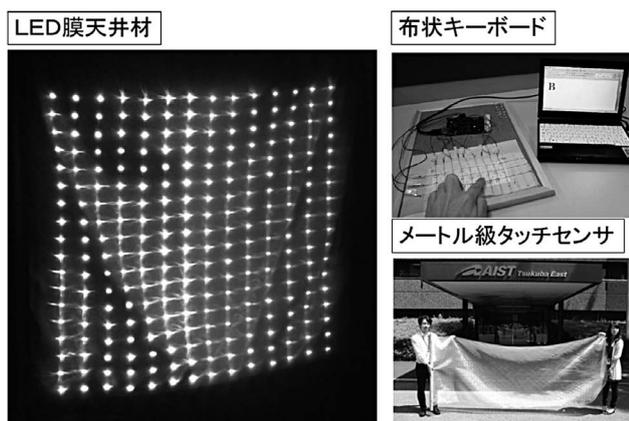


図-6 照明機能を持つLED膜天井材やその他の電子テキスタイルデバイスの試作例

6. おわりに

糸の上に電子デバイスを形成し、製織するという製造プロセスにより、布状タッチパネルや、照明機能を持つ膜天井材や布状キーボード、布状大面積タッチセンサなどを開発してきた。ここまで述べてきた電子テキスタイル技術は、衣服や天井材など現在布を使っている製品にセンサや照明などさまざまな電子デバイスを組み込むことができる技術である。将来は、センサ機能だけでなく体温を調節する冷房機能を持たせる衣服や、人の動きを検知するセンサを持つLED布により省エネな天井材なども実現できるようになる。また、本稿で紹介した製造プロセスは、現在の電子デバイスの製造プロセスと親和性が高いため、今後用途に応じて必要な機能を持つ電子テキスタイルが実現されていくと期待される。

謝辞

本製造プロセスは、新エネルギー産業技術総合開発機構（NEDO）BEANSプロジェクトの成果として得られたものである。ここに深く感謝の意を表したい。

J|C|M|A

【筆者紹介】

高松 誠一（たかまつ せいいち）
 (株)産業技術総合研究所
 集積マイクロシステム研究センター
 研究員

