福井県におけるe-テキスタイルの取り組み事例紹介

佐治 栄治*, 増田 敦士*

Development of the e-Textile in FUKUI

Eiji SAJI* and Atsuji MASUDA*

* 福井県工業技術センター新産業創出研究部 (〒910-0102 福井県福井市川合鷺塚町 61)

* Industrial Technology Center of Fukui Prefecture (Kawaiwasizukachou61, Fukui, Fukui 910-0102)

1. e-テキスタイルの開発動向

コンピュータを着用することで人間生活の利便性が向上すると期待されて始まった「ウェアラブルコンピュータ」の研究は、単機能の電子部品だけでも十分な利便性が得られることから、衣服に電子機器を搭載した「ウェアラブルエレクトロニクス」や「エレクトロニクス」と薄層でフレキシブルな「テキスタイル」の特性を融合した「e-テキスタイル」^{1),2)}として欧州を中心に活発に開発が行われている。

この分野の具体的な研究開発例としては、テキスタイルにセンシング機能を付加したシステムがある。センシングする対象物としては、心電図や筋電位などの生理現象、テキスタイルに付加された圧力、温湿度、等様々である^{3)~5)}。他にも製品開発例としては、音楽を聴ける機能を付加したウィンタースポーツ衣料や、LEDが点灯するテキスタイル等が提案されており、最近では夜間の安全確認用の衣料や携帯電話が充電できる太陽電池付きのバックなど一部は商品化されているものもある⁶⁾。

当初は単に小型電子機器をフレキシブルな媒体のテキスタイルに搭載する形状であったが、現在では実用化に向けて、電子機器とテキスタイルとの接続方法や耐久性、電子機器を駆動させる電源等様々な技術開発が行われている。

福井県工業技術センターでも、テキスタイル技術を応用して導電糸や電子機器を織り込む方法でe-テキスタイルの研究開発に取り組んできた。今回はテキスタイルの構造と導電糸を織り込む技術で開発した「テキスタイルセンサ」と電子部品をテキスタイル生産工程で実装する技術で開発した「RFIDテキスタイル」を中心に、福井におけるe-テキスタイル研究開発の取り組み事例を紹介する。

2. 福井県工業技術センターでの研究開発の紹介

2.1 テキスタイルセンサ

2.1.1 テキスタイルセンサの原理⁷⁾

圧力を検知するシート状のセンサは様々な原理を使用した方法で製品化されており、テキスタイルをセンサ担持体

Fig. 1 Cross-section image of a textile sensor

として使用するものもある。これに対し福井県工業技術センターでは、繊維構造体の圧縮特性を利用して圧力を検知するテキスタイル（以後テキスタイルセンサと記載する）⁸⁾を開発した。

テキスタイルセンサの断面模式図をFig. 1に示す。多層構造織物（2層以上の繊維構造体であれば編物、不織布でも可能）の上部及び下部に導電性を有する繊維（導電糸）を交錯かつ接触しないように配置している。この織物を圧縮した時に多層構造織物内部の空間がつぶれ、上下の導電糸が接触し、上下に配置した導電糸間を含む電気回路では、接触により通電等の電気信号の変化が生じ、これをモニターすることで圧力が検知できる。

テキスタイルセンサはたて糸、よこ糸に導電糸を使用している。この導電糸としては、システムを構築する立場からは電気抵抗が低くはんだ等の接続処理ができる金属繊維が好ましい。しかし、金属繊維は伸縮性が低いためポリエステル等の一般的な合成繊維との交織・交編は非常に困難であり、安定した繊維構造が構成できない。そこで導電糸の構成として、Fig. 2のように芯に繊維構造体を構成する繊維を使用し、その周りに金属繊維をらせん状に巻きつけた構造のダブルカバード糸とすることで、テキスタイルセンサ製造工程に対応可能かつ金属繊維と同等の特性の導電糸を開発した⁹⁾。

2.1.2 テキスタイルセンサの特性評価¹⁰⁾

テキスタイルセンサに固定抵抗と安定化電源を接続して

直流回路を構成し、テキスタイルセンサの導電糸が交錯する点に圧力を付加したときの固定抵抗の電圧変化を測定して、テキスタイルセンサの圧力検知性能を評価した。

結果は Fig. 3 に示ように、電圧が上昇した点がテキスタイルセンサ内の各導電糸が接触して回路が導通した時であり、テキスタイルセンサの検知圧力が約 18 kPa であることがわかる。なお、検知する圧力はテキスタイルセンサを構成する繊維素材や繊維構造体の構造によって可変できる。

テキスタイルセンサの応答性は 100 μ s と非常に早い。実際テキスタイルセンサに一定周波数 (1~40 Hz) で圧力を付加した場合、30 Hz まで Fig. 4 に示すように検知圧力もほぼ同程度で、ON/OFF の明確な矩形波が観測できる。テキスタイルセンサの耐久性は約 100 万回であり、100 万回後も検知圧力や応答性は維持されている。

Fig. 2 Conductive yarn Photo

Fig. 3 Compression load and voltage of fixed resistance as a function of time

Fig. 4 Effect of compression frequency on the pressure detection of the textile sensor

2.1.3 用途展開事例

開発したテキスタイルセンサは織物の圧縮特性を利用して圧力を検知するユニークなセンサであり、織物とセンサが一体化していることにより薄くてフレキシブルなことが特徴である。この特徴を生かし、どこにでも簡単に設置ができる入退出検知システムとして県内企業で実用化されている。現在は、テキスタイルセンサを領域分けする方法¹¹⁾により、シート上を通過する人の方向性も検知できるようになっている。

薄くてフレキシブルなシート状センサとしては低コストであり、またスイッチ機能としては非常に高い性能を有しており、今回紹介した用途以外にもセキュリティ分野、エレクトロニクス分野、自動車分野、建築分野などでの実用化・製品化の可能性があるかと期待している。

2.2 RFID テキスタイル

2.2.1 はじめに

入退出カードや電子マネー、商品の管理用タグなど、非接触で個体認識 (情報通信) ができるアンテナ付 IC チップは RFID (Radio Frequency Identification) と呼ばれており、流通やセキュリティなどさまざまな分野で使用されている¹²⁾。この RFID を利用した用途の一つとして、屋内における位置認識があるが、RFID を大きな平面に配置しその情報を構築 (位置情報とのマッチング) する作業量が多いため実用化が進んでいない。

そこで、あらかじめ RFID を一定密度でテキスタイルに織り込み一体化する方法で、施工および撤去が容易なポータブル位置認識部材を考案した。これができれば、RFID テキスタイルを設置するだけで、その上を動く RFID リーダの位置が簡単に判別でき、逆にその動きを制御することも容易になる。よって、車いすや自動走行台車、ロボットなどさまざまな移動体への応用が期待できる。

2.2.2 RFID テキスタイルの製織と染色加工^{13),14)}

RFID テキスタイルを開発するために、まず RFID (2.45 GHz) を糸状に加工することから始めた。細幅のテープ状織物に RFID を貼り付けて、Fig. 5 に示すような RFID ヤーンを開発した。さらに、幅のあるテープ状の糸をよこ入れできる織機¹⁵⁾を開発することにより、RFID ヤーンをよこ糸として織り込むこともできるようにした。この方法により、2.45 GHz 帯だけでなく HF 帯 (13.56 MHz) や UHF 帯の幅のある RFID もテキスタイル加工ができる。またこの織機では、RFID ヤーン上の RFID 位置を認識してよこ糸を織り込むことができるので、Fig. 6 のように RFID を織物内の特定位置に配置することもできる。

これらの RFID テキスタイルは通常のテキスタイル加工工程でコーティング、ラミネート加工、さらには Fig. 7 に示すようにタイルカーペットにも加工できる。この場合一般的なタイルカーペットと同じ耐久性を有し、通常のカーペットと同様に床材として使用することができる。

Fig. 5 RFID Yarn Photo (2.45 GHz RFID)

Fig. 6 RFID Textile Photo (HF)

Fig. 7 RFID Carpet

2.2.3 RFID テキスタイルによる位置認識システムの実証化試験

RFID テキスタイルを利用した位置認識システムとして、RFID カーペット上を走行する車いすの軌跡をトラッキングできるシステムを開発した。これは、車いす下部に RFID リーダ、無線通信システム、バッテリーを装着し、RFID リーダの読み取り結果を送信して車いす軌跡を表示する (Fig. 8 参照)。

実際に県内の介護施設で実証試験した事例を紹介する。介護施設では、居室、トイレ、エレベータの出入り口や廊下など行動パターンが類推できる 5 か所に RFID テキスタイルを設置した。車いす移動状態を目視計測と比較した結果、本システムではほぼ 100% 方向性を含め車いすの通過が認識でき行動状態の把握ができることが分かった。そこで、2ヶ月試験を行った結果、車いすの移動状態が分かることにより、介護者の安全確認が容易になるだけでなく、介護者の行動パターンを把握することにより介護する側の業務の効率化がはかれると好評であった。

現在はこの RFID テキスタイルを利用し、任意の走行経路に対応できる自動走行システムを開発中である。

2.2.4 RFID を利用したその他の開発事例

RFID ヤーンを使わずに RFID をテキスタイル化する方法も県内企業と共同開発している。

一つは洗濯耐久性のあるリネンタグのように、厚みのある RFID をテキスタイルに織り込む方法で、既存の織機に設置できる自動挿入装置を開発した¹⁶⁾。これにより、織物製造工程でリネンタグを 1 個ずつ袋状の織物に挿入できるため洗濯時の脱落等も防止できる。

もう一つは、通常の繊維機械でも加工できるように RFID を糸に実装した直径 1.5 mm 以下の糸状の RFID ファイバ (Fig. 9)¹⁷⁾を開発している。

さらに RFID テキスタイルの用途展開としては、RFID を搭載した衣服を着た人の入退出管理ができるシステムとして、Fig. 10 の暖簾型リーダを使用した環境融合型の位置認

Fig. 8 System image verification test in a care house

Fig. 9 RFID Fiber weaving test
(The arrow is a RFID fiber)

Fig. 10 Image photo of the new Noren-type counting system

識システムの開発¹⁸⁾も行っている。

3. その他の研究開発紹介

テキスタイルの特徴である軽量かつ柔軟で平面化が容易という特性を生かし、異分野技術と融合することで新規の材料が提案できる。認識情報媒体である RFID の他にもさまざまな機能の電子部品を搭載することで多様な用途展開の可能性があり、現在研究開発に取り組んでいる。最近では上記で紹介した技術を応用して、「LED テキスタイルの開発¹⁹⁾」、「太陽光発電ブラインドの開発」、「太陽光発電テキスタイル」の研究開発を行っている。

県内企業も高機能繊維の製織技術や織編物のプリント・高機能加工技術をもとに様々な e-テキスタイル関連の研究開発に取り組んでおり、カーボンナノチューブを利用した導電糸による「面状発熱体²⁰⁾」、イベント用の「音の出るポスタ²¹⁾」などはすでに製品化されている。

福井県としても「e-テキスタイル分野」を県の新成長産業分野の一つとして積極的に支援しており、H23 年度には県内企業と大学・公的研究機関による e-テキスタイル製品化研究会を設立した。この研究会から今年度は 2 件の製品開発プロジェクトが立ち上がり、経済産業省の委託事業（戦略的基盤技術高度化支援事業）の採択を受けて研究が始まっている（※研究テーマ：「太陽光発電可能な次世代膜構造建築物を実現する発電テキスタイルの開発」、「病院・介護施設等における輸送作業省力化のための RFID 織物を利用した人と共生可能な自動搬送システムの開発」）。

(2012.11.20- 受理)

文 献

- 1) “Always the sun,” Future Material, No. 2, pp. 2–5, 2005

- 2) “Electronic decision,” Future Material, No. 1, pp. 8–9, 2005
 3) 米長 燦：“最近のスマートテキスタイルの開発動向,” 繊維機械学会誌, Vol. **58**, No. 6, pp. 201–208, 2005
 4) 羽場清人：“スマートテキスタイルの現状と今後,” 繊維機械学会誌, Vol. **58**, No. 9, pp. 309–321, 2005
 5) 羽場清人：“スマートテキスタイルの現状と今後（その 2）,” 繊維機械学会誌, Vol. **59**, No. 8, pp. 432–448, 2006
 6) 堀 照夫, 他：“欧州テクテキスタイル 2011 技術調査,” 繊維機械学会誌, Vol. **64**, No. 11, pp. 667–684, 2011
 7) 増田敦士, 村上哲彦, 近藤幸治：“テキスタイルセンサの開発,” 加工技術 10 月号, 2009
 8) 特許 4273233
 9) 特開 2011-074512
 10) 増田敦士, 村上哲彦, 近藤幸治：“テキスタイルセンサの圧力検知応答性の評価,” 繊維機械学会論文集, Vol. **56**, No. 6, pp. 3–5, 2010
 11) 特開 2010-071769
 12) 角田浩一：“RFID を活用したトレーサビリティが拓く経営イノベーション,” 日本繊維機械学会第 17 回秋季セミナー資料, p. 83, 2011
 13) 橋本和幸：“RFID テキスタイルの開発,” 繊維機械学会誌, Vol. **64**, No. 7, pp. 421–425, 2011
 14) A. Masuda, T. Murakami, H. Takeuchi, K. Hashimoto, H. Miyayama, R. Ueoka, and M. Hirose: Journal of Textile Engineering, 57(1), pp. 9–13, 2011
 15) 増田敦士, 他：“IC タグテキスタイル製織装置の開発,” 繊維機械学会誌, Vol. **64**, No. 7, pp. 426–430, 2011
 16) 飯島広和, 他：“IC タグ挿入装置の開発,” 第 65 回日本繊維機械学会年次大会論文集, pp. 222–223, 2012
 17) 針井知明, 他：“RFID ファイバの開発,” 第 65 回日本繊維機械学会年次大会論文集, pp. 210–211, 2012
 18) 上岡玲子, 他：“スマートのれん,” ヒューマンインターフェースシンポジウム論文集, 2011
 19) 増田敦士, 他：“LED テキスタイルの開発,” 繊維学会予稿集, Vol. **67**, No. 2（秋季研究発表会）, p. 4, 2012
 20) <http://www.matsubun.co.jp/product/cntec.html>
 21) <http://www.viscotecs.com/signmedia/soundsignage/index.html>

著者紹介

佐治栄治（さじ えいじ）

1978 年, 名古屋大学工学部卒業, 1988 年入庁し福井県工業技術センターに配属。専門は, 薄膜加工, 工学膜設計。

増田敦士（ますだ あつじ）

1992 年, 名古屋大学大学院理学研究科修士課程修了, 同年入庁し福井県工業技術センターに配属。専門はテキスタイル物性, 糸加工, 製織技術。最近, RFID テキスタイルの開発, LED テキスタイルの開発などの研究に従事。博士（工学）。