

研究論文

圧縮または伸縮を検知できる布製のセンサを用いた 生体計測システムの開発

島上祐樹*¹、堀場隆広*¹、田中利幸*¹、宮本晃吉*¹、榎堀 優*²、間瀬健二*²、
川部 勤*³、清水卓也*⁴、柳澤理子*⁵、水野寛隆*⁶、鈴木陽久*⁶

Development of Biometric System Using Cloth which can Detect Compression or Stretching

Yuki SHIMAKAMI*¹, Takahiro HORIBA*¹, Toshiyuki TANAKA*¹,
Koukichi MIYAMOTO*¹, Yu ENOKIBORI*², Kenji MASE*², Tsutomu KAWABE*³,
Takuya SHIMIZU*⁴, Satoko YANAGISAWA*⁵,
Hirotaka MIZUNO*⁶ and Akihisa SUZUKI*⁶

Owari Textile Research Center*¹ Graduate School of Information Science Nagoya University*²
Nagoya University Graduate School of Medicine*³ Chukyo University of Health and Sport Science*⁴
Aichi Prefectural University of Nursing & Health*⁵ Tsuchiya Co., Ltd.*⁶

衣類や寝装品など日常生活に使われている布素材にセンシング機能、データ信号伝達機能などを付与したウェアラブルシステムを開発した。このシステムから得られる人の体勢、動き、振動などの情報をサーバに蓄積して、日常的にそれらを監視できるシステムを開発することを目標とした。これらシステムを構築するに当たり必要なセンサとなる織物、検出回路、データ表示装置を開発した。更に仕様が想定される現場にて動作の検証を行った。

1. はじめに

生活習慣病では疾患リスクを予知し、さらにそれを疾患の予防につなげることが重要である。従来の病院における検査入院、あるいは、定期集団検診などは特定日時のポイントデータにすぎない。ヒトの疾患リスクを予知するには、日常生活での健康モニタリングを実現することが必要である。

このためには、日常的にデータ取得ができる検査項目を抽出し、これを日常生活の中で検査できる新しいデバイスを開発することが必要である。

一方、衣類や寝装品など繊維製品は、私たちの生活の中で、普段使っており、馴染み深い。日々の健康管理において、これら繊維製品をうまく取り入れることができれば、上記の課題に役立つものと考えられる。

当センターは、芯に導電糸、鞘に非導電糸とした2層構造糸（カバリング糸）で構成された織物の導電糸間の静電容量値と織物の変形（圧縮や伸張変形）との関連に着目し、それがセンシング機能を有することを見出した。そして、この織物の糸構成や組織を検討し、圧力もしくは伸縮量を検知できる布（以下センサ織物）を開発した¹⁾。

この布は、しなやかで曲げに強い、縫製ができる等の特徴がある。見た目も感触も従来の織物と同じであるため、この特徴を活かした新しいセンサが期待できる。

そこで、このセンサ織物を衣服やベットシーツに組み込み、呼吸量や体圧分布を計測できるシステムの開発を進めてきた²⁾³⁾。

本研究では、実用化に向けての織物、回路、データ表示装置の開発、及び想定される使用現場にて動作の検証を行い、システム全体の構築を試みた。

2. 実験方法

2.1 カバリング糸

この織物を構成している糸は、芯に導電糸、鞘にポリエステルフィラメントの2層構造糸である。図1にこの糸の断面を示す。この糸は芯の導電糸が糸表面に露出しないようにカバリングされているため、汎用の繊維に比べると硬くなる。

そこで、糸の構成を検討し、その糸で織られた織物の曲げ硬さについて、風合い試験機（KES 曲げ試験機）を使用して比較した。

*1 尾張繊維技術センター 素材開発室 *2 名古屋大学大学院 情報科学研究科 *3 名古屋大学大学院 医学系研究科
*4 中京大学 スポーツ科学部 *5 愛知県立大学 看護学部 *6 株式会社榎屋

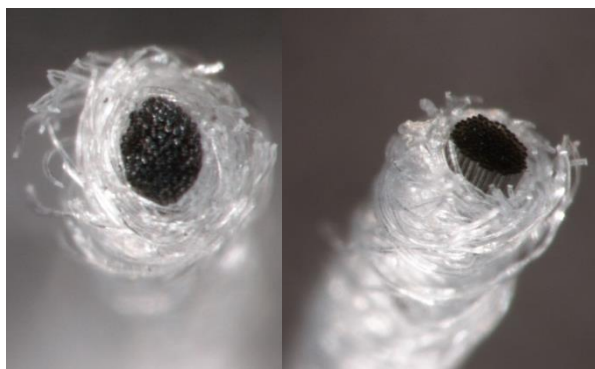


図1 カバリング糸の断面
(芯：導電糸 鞘：非導電糸)

2.2 伸縮量を検知する織物

たて糸にカバリング糸、よこ糸にストレッチ糸を使ったよこストレッチ織物において、カバリング糸を1本おきに短絡させて電極を取り出した。この隣り合うたて糸の間隔は伸縮により変化する。つまり、これに伴う静電容量変化を計測することで伸縮量を検知できる。図2に伸縮の検出原理、及び織物の外観を示す。

このシステムを用いて医療や健康管理への応用を検討した。

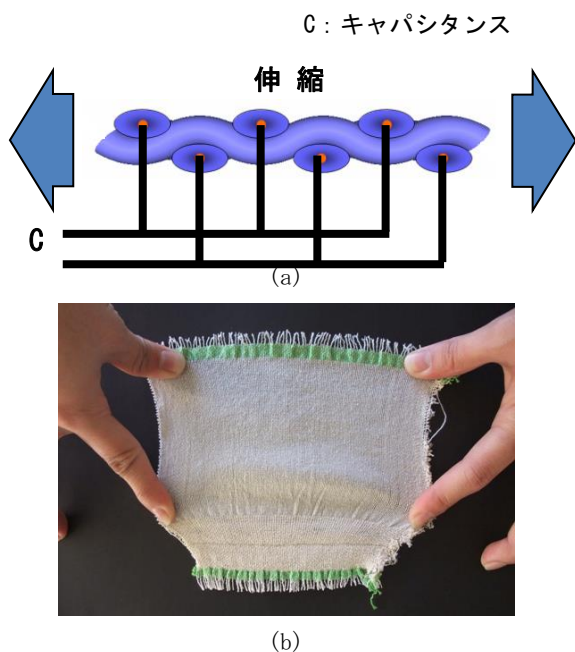


図2 伸縮の検出原理(a)、及び織物の外観(b)

2.3 圧力を検知する織物

カバリング糸をたてよこに使った織物において、面方向の圧縮により、たてよこ糸の導電糸間の距離が変化する。これに伴う静電容量変化を捉えることにより圧力を検知することができる。図3に圧力の検出原理、及び織物の外観を示す。このシステムを用いて医療や健康管理

への応用を検討した。

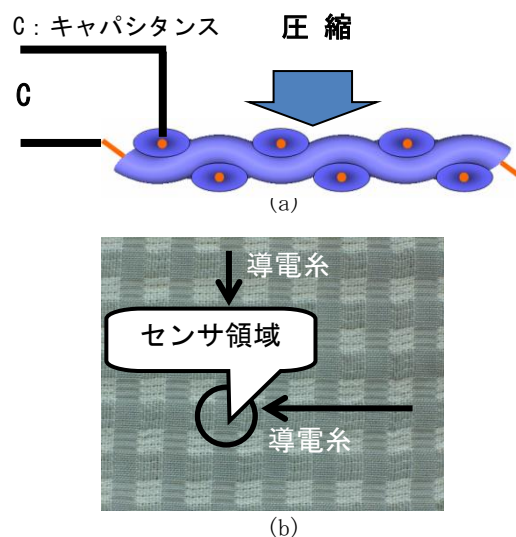


図3 圧力の検出原理(a)、及び織物の外観(b)

3. 実験結果及び考察

3.1 センサ織物

図4にカバリング糸の曲げ剛性の結果を示す。ポリエステル紡績糸 20/2 の曲げ剛性 $0.20 \text{ gf} \cdot \text{cm}^2/\text{cm}$ と比べてカバリング糸はいずれも曲げ剛い結果となった。しかし、糸の織度やカバリング条件を検討することで、従来のカバリング糸よりも $1/4$ 程度に曲げ柔らかくなった。

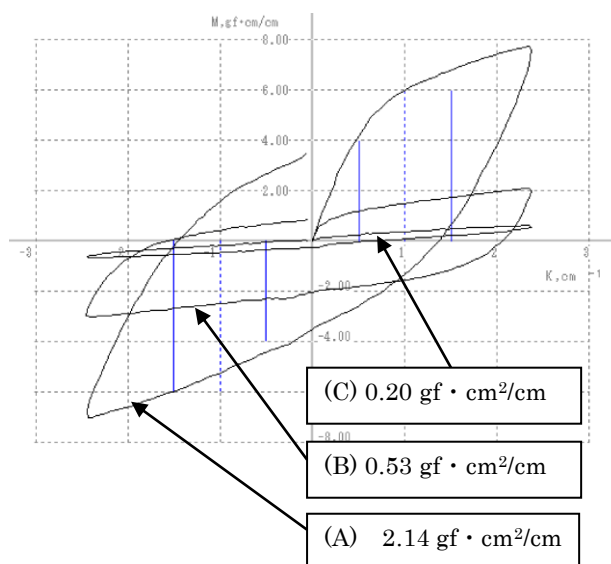


図4 カバリング糸の曲げ剛性

(A 改良前、B 改良後、C エステル紡績糸 20/2)

3.2 伸縮量評価システム

検出回路は伸縮量を検知する織物の静電容量の変化を同時に2チャンネル計測できる。検出された信号は無線によりパソコンへ送信される。図5に伸縮量評価システ

ムの外観を示す。

このシステムを用いて医療や健康管理への応用を検討した結果、呼吸による胸囲や腹囲の変化を解析することにより呼吸を計測できることを確認した。

従来、呼吸量の計測はスパイロメータを用いて行われている。これは呼吸により口鼻から出入りする空気量を計測する仕組みとなっている。このため、日常生活の中で負担をかけず、また動作中の計測は難しい。

本システムは織物でできたセンサを胸腹部に装着して計測する方式のため、日常生活の中での計測にも向いているものと思われる。

また、センサ部分は織物であるため、衣服やサポーターへの縫製も可能である。関節部にこのセンサを取り付けることで、関節の曲げ伸ばしを計測することも可能である。

仕様は下記のとおりである。

[センサ織物]

約 130×70mm、一方向計測

[回路]

(外寸・重量) 40×50×14mm 26g

(同時計測数) 2 センサ同時計測

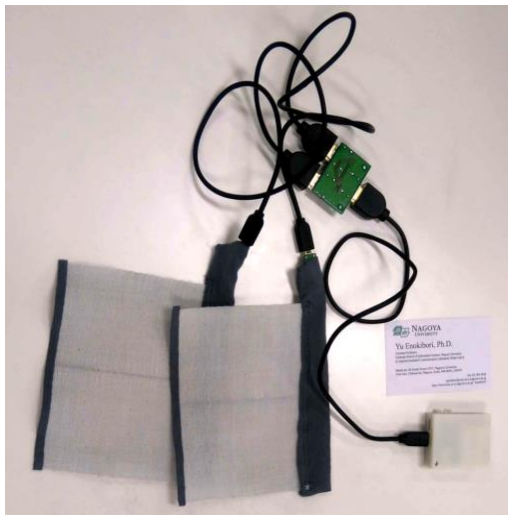
(レート) 100Hz

(通信方式) 無線 (Bluetooth)

(電源) 充電式電池内臓

3.3 シーツ状センサシステム

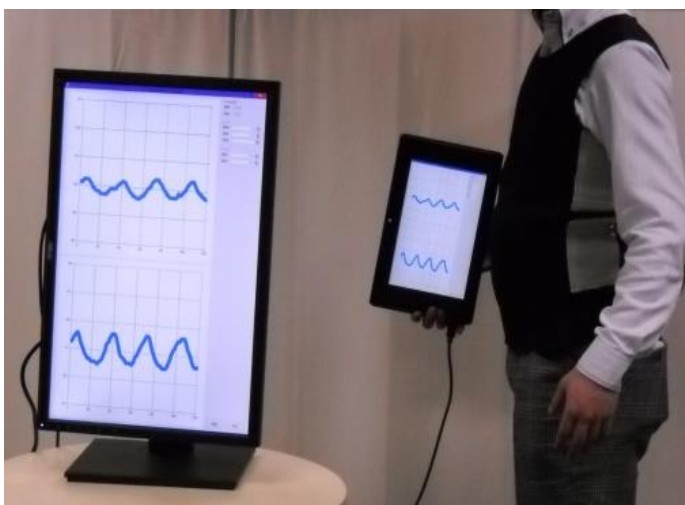
圧力を検知する織物はカバリング糸のたて糸とよこ糸が交差する位置が感圧部となっている。マトリクス状に配された感圧部の静電容量の変化を回路が計測し、得られた信号は無線通信でパソコンへ送信される。



(a)



(b)



(c)



(d)

図5 伸縮量評価システム

(a) システムの外観、(b) 胸部への装着例、(c) 呼吸計測の様子、(d) 膝サポーターへの組み込み例

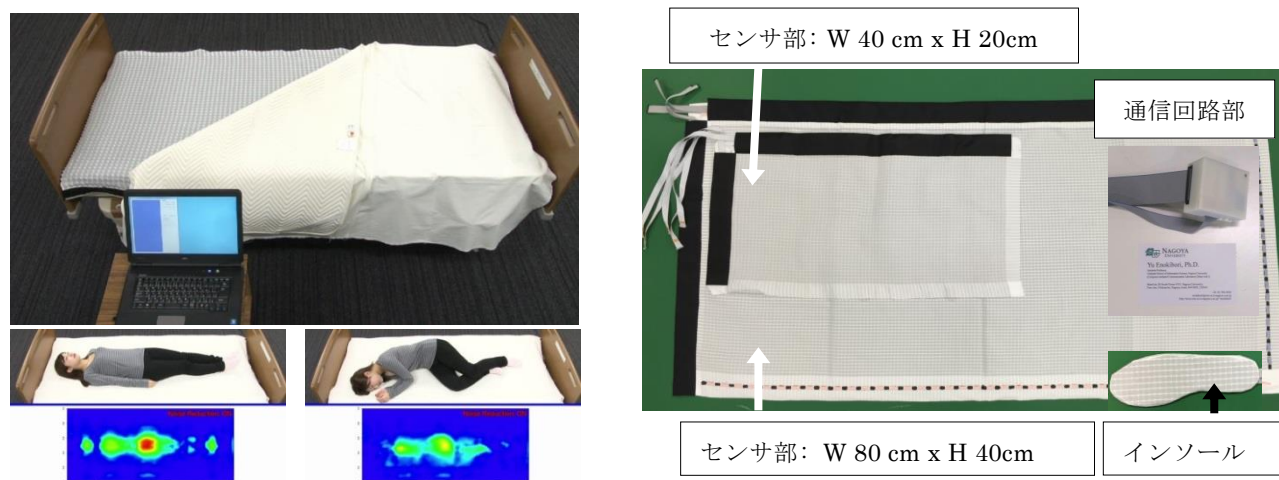


図6 シーツ状センサシステム

(左)システムの外観、及び体圧分布の表示の様子、(右)各部の外観

80×40 ラインのセンサ織物を使ったシステムの外観、及びそれをベッドの下に敷いて人が寝た時の体圧分布の様子を図6に示す。各写真下の色分布において赤みが強いほど高い圧力がかかっていることを表している。体位によって体圧分布が変化していることがわかる。(左図矢印位置)

肢体不自由者や病気などで身動きが取れない方は同じ体位を一定時間とり続けていると体の一部に圧力が集中し、褥瘡(床ずれ)が発症する。早期に対処しないと重篤化し、ひどい場合は圧迫部位が壊死に繋がる。それを防止するために、定期的に体位変換をすることが必要である。

開発したシート状圧力センサシステムをベッドに敷くことで、体圧分布を可視化することができる。

特別養護老人ホームにおいて、本システムを使った就寝時の体圧分布のモニタリングを行った。

センサ織物のサイズはベッドサイズから靴のインソール型まで各種対応できる。

これら各種サイズのセンサ織物を用いることで、歩行時の足圧分布の変化から歩行力を観察したり、椅子の背面や座面の圧力分布から座り心地を検討したりすることに有効活用できることが考えられる。

仕様は以下のとおりである。

[センサ織物]

インソール型からベッドシート型
(外寸 インソール型 270×90mm
ベッドシート型 1800×800mm)

[回路]

(外寸・重量)40×100×35mm 80g
(同時計測数・レート)センサ織物のサイズによる

80×40 マトリックスで 10Hz

(通信方式)無線(Wi-Fi、または Bluetooth)

(電源)交流 100V、または充電式電池内臓

4. 結び

センサ織物を使った生体計測システムの構築を行った。センサ織物の規格、接続、検出回路、データ処理について改良を行い、システムとして構築した。

試用試験において、活用が見込まれることが分かった。

今後、医療やスポーツトレーニング、介護、リハビリテーション等の実証試験を更に進めると共に、新たな用途展開を模索していく。

付記

本研究は公益財団法人科学技術交流財団が進める「知の拠点あいち 重点研究プロジェクト」における、「超早期診断技術開発プロジェクト」により行った研究の成果である。

文献

- 1) 池口達治, 堀場隆広: 愛知県産業技術研究所研究報告, **6**, 132(2007)
- 2) 島上祐樹, 堀場隆広, 田中利幸, 池上大輔, 榎堀 優, 間瀬健二, 川部 勤, 水野寛隆, 鈴木陽久: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **2**, 94(2013)
- 3) 堀場隆広, 池口達治, 島上祐樹, 青井昌子, 三浦健史, 川部 勤, 加藤稲子, 榎堀 優, 間瀬健二, 水野寛隆, 鈴木陽久: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **2**, 116(2013)