

研究論文

圧力を検知できる織物を使ったウェアラブルシステムの開発

島上祐樹^{*1}、田中利幸^{*2}、松浦勇^{*2}、堀場隆広^{*3}、榎堀優^{*4}、
間瀬健二^{*4}、水野寛隆^{*5}、鈴木陽久^{*5}

Development of Wearable System Using Cloth which Can Detect Compression

Yuki SHIMAKAMI^{*1}, Toshiyuki TANAKA^{*2}, Isamu MATSUURA^{*2}, Takahiro
HORIBA^{*3}, Yu ENOKIBORI^{*4}, Kenji MASE^{*4}, Hirotaka MIZUNO^{*5} and
Akihisa SUZUKI^{*5}

Owari Textile Research Center^{*1~3} Graduate School of Information Science, Nagoya University^{*4}
Tsuchiya Co., Ltd.^{*5}

これまでに圧力分布や伸縮を検知できる織物を使ったウェアラブルシステムを開発してきた。これらのシステムから得られる人の体勢、動き、振動などの情報を日常的に管理することでスポーツトレーニングや健康管理への応用展開が期待される。そこで、日常的に着用できるような織物に必要な風合いへの改善を試み、圧力分布が計測できる衣服を試作した。この衣服を着用し、背面、及び臀部の圧力分布を計測することができた。

1. はじめに

導電糸を非導電糸で被覆した糸(以下、カバリング糸)で構成された織物の導電糸間のキャパシタンスは、織物の変形による繊維間距離の変化に伴って変化する。この原理を使って布の変形を電気信号の変化として捉えることができる織物(以下、センサ織物)が、報告されている¹⁾。

一方、圧力分布を計測できるシートがいくつか市販されている。圧電材料をプラスチックフィルムで挟んだもの、ゴムに導電体を混合させたものがその代表例として挙げられる。しかし、これらをウェアラブル素材として見た場合、曲げ硬い、通気性がない点で課題が残る。織物を使ったセンサはしなやかで曲げに強く、通気性も確保できることから、ウェアラブルデバイスの素材として有望な素材と思われる。

筆者らはこの織物を使った圧力分布を計測できるシステムを構築した。このシステムをベッドに敷いて、ヒトの寝姿を捉えることに成功した²⁾。このシステムで使用しているセンサは織物であるため、しなやかで通気性もあり、ヒトとの馴染みも良い。このセンサを着衣に組み込むことができれば、違和感なく計測装置を装着できる。これは、日常生活での健康管理への応用に繋がるものと考えられる。

しかし、従来のセンサ織物を衣服材料として見た場合、十分な特性をもっていない。衣服にした場合、厚く

て動きにくく、着心地の悪い衣服となってしまう。センサ織物を衣服材料へ展開するためには、より薄くて柔らかい生地改良することが解決すべき課題の一つである。

そこで、織物を構成しているカバリング糸を検討し、より薄くてしなやかな織物とすることで衣服型センサへの展開を試みた。導電糸、および非導電糸の織度や加工条件を検討してカバリング糸を試作した。この糸を使って作製した織物のセンサ特性の評価を行うとともに、柔軟性を評価した。評価結果から、適当と思われる織物を選定して衣服を作製した。この衣服から電極を取り出して検出回路を接続し、背中と臀部の圧力分布を計測できるシステムを構築した。実際に、このシステムを着用して、椅子やベッドに着席、もしくは寝た時に、背中や臀部にかかる圧力分布を計測できるかを確認した。

2. 実験方法

2.1 カバリング糸の作製

カバリング糸を構成する芯の導電糸及び鞘の非導電糸の見直しを行い、条件を検討し、細くて被覆性の高いカバリング糸の作製を試みた。

導電糸には日本蚕毛染色(株)のサンダロン®及びミツフジ(株)の AgPoss®を用いた。カバリング糸の作製はトライツイスター(オゼキテクノ(株)製)を用いた。作製したカバリング糸の構成を表 1 に示す。カバリング糸の直径は実体顕微鏡にて観察および計測した。

^{*3} 尾張繊維技術センター 素材開発室 (現名古屋学芸大学 メディア造形学部) ^{*2} 尾張繊維技術センター 素材開発室
^{*3} 尾張繊維技術センター 素材開発室 (現機能加工室) ^{*4} 名古屋大学大学院 情報科学研究科 ^{*5} 株式会社榎屋

表 1 カバリング糸の構成

	芯 (導電糸)	鞘 (絶縁糸)	カバリング数 (T/m)	織度 (dtex)	直径 (mm)
従来品	サンダロン® (アクリル 167dtex×2)	ポリエステル 167dtex	900	1000	0.47
No.1	サンダロン® (ナイロン 44dtex)	ウーリーナイロン 22dtex	8000	330	0.20
No.2	サンダロン® (ポリエステル 111dtex)	ウーリーナイロン 56dtex	2670	390	0.25
No.3	AgPoss® (ナイロン 111dtex)	ウーリーナイロン 56dtex	2670	390	0.25

2.2 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。これに伴うキャパシタンスの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 1 に圧力の検出原理、及び織物の外観を示す。

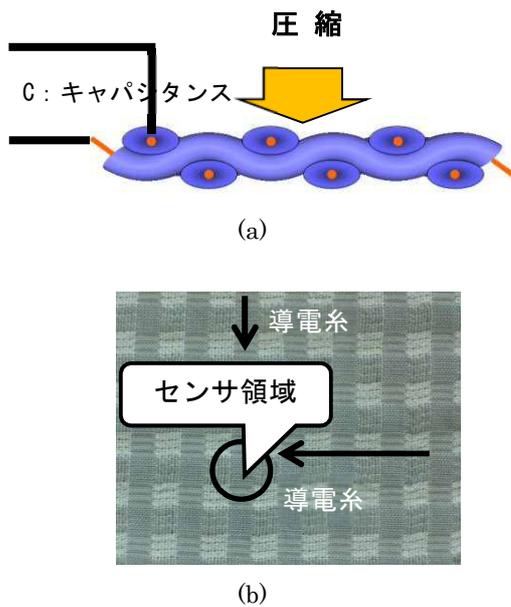


図 1 圧力の検出原理(a)、及び織物の外観(b)

表 2 織物規格

非感圧部の構成糸	ポリエステル紡績糸
糸の織度	60/2 ^S
たて糸密度(本/2.54cm)	120
よこ糸密度(本/2.54cm)	90
感圧部の組織	平二重織
セルピッチ(mm)	20

この原理を応用し、感圧部を平二重組織とした織物を設計した。感圧セルのピッチは 20mm とした。非

感圧部はポリエステル紡績糸 60/2^S を用いた。織物規格を表 2 に示す。この織物を試料とした。

圧力検知の確認のため、この織物端部から導電ペースト(藤倉化成(株)製 ドータイト)にて電極を取り出した。

3 軸荷重/変位測定装置(アイコーエンジニアリング(株)製 GT-FL500)により織物に垂直に、φ10mm の圧縮子にて 30N まで加圧、10sec 静止、除重した際のキャパシタンスの変化を追跡した。キャパシタンス測定は LCR メーター((株)NF 回路設計ブロック製 ZM2371)を用いた。

織物の柔軟性を評価するため、せん断剛性、及び曲げ剛性を測定した。せん断剛性は風合い試験機(カトーテック(株)製 風合い試験機 FB2)を、剛軟度はガーレ式剛軟度試験機((株)大栄科学精器製作所製 GAS-10)を用いた。織物の厚さは JIS L 1096 に準拠して測定した。

2.3 圧力分布計測ウェア

No.3 の糸を使った織物にてシャツ、及びパンツを製作した。背面 18×26 セル、臀部 11×23 セル(たて×よこ)を計測セルとして電極を取り出し、検出回路(榊屋が開発)を接続した。この衣服を着用し、椅子に座った際の圧力の検出挙動を観察した。

3. 実験結果および考察

3.1 カバリング糸

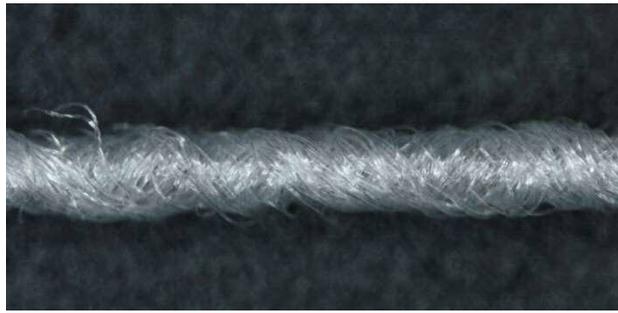
従来よりも細い織度の導電糸とその 1/2 の織度の非導電糸にてカバリング糸とすることにより、従来よりも 1/3 程度の細いセンサ用導電糸を作製することができた(表 1)。

糸側面の外観を図 2 に示す。

3.2 柔軟性評価

織物(図 3)の柔軟性評価の結果を表 3 に示す。

No.1~3 のせん断特性は従来品と大きな違いがなかった。No.1、No.2、No.3 の剛軟度は、従来品よりもいず



従来品(φ 0.47mm)



No.1 (φ 0.20mm)

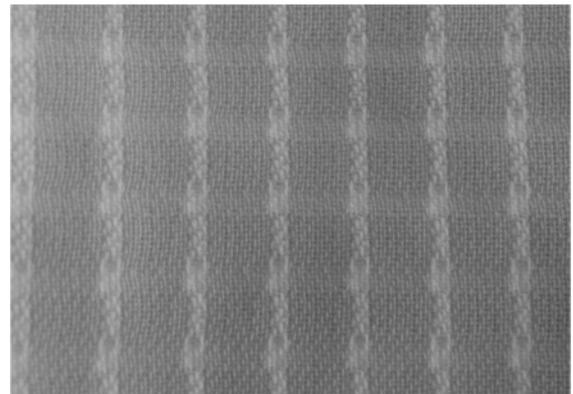


No.2 (φ 0.25mm)



No.3 (φ 0.25mm)

図2 カバリング糸側面の外観の比較



従来品



No.1



No.2



No.3

図3 圧力を検知できる織物の外観

表3 織物の柔軟性の比較

	厚さ (mm)	剛軟度(たて) (mN)	せん断剛性 (cN/cm・deg)
従来品	1.12	5.25	1.61
No.1	0.53	0.85	1.11
No.2	0.60	1.17	1.61
No.3	0.61	1.12	1.78

れも 70%以上向上した。糸を細くすることで織物のしなやかさを向上させることができた。同様に厚さも40%以上薄くすることができた。

実際、手で触ってみても、いずれの試料も従来品に比べて、しなやかさを感じた。

各試料のキャパシタンスの変化量を表4に示す。No.1、No.3は従来品に比べて2倍以上のキャパシタンス変化量が確認され、感度の向上が認められた。糸が細くなったことにより、導電糸間の距離が小さくなったためと考えられる。No.2も従来品と同等の感度を確認した。これらの結果から、圧力検知の感度が同等以上の薄くて柔軟な織物センサを得られることを確認した。

表4 キャパシタンス変化量

	変化量(pF)
従来品	1.77
No.1	4.17
No.2	1.71
No.3	4.30

3.3 圧力分布計測ウェア

作製した衣服を着用し、座位及び臥位での背面、及び臀部にかかる圧力が計測できるかを確認したところ、各部位での圧力分布を捉えることができた。製作した衣服を図4に、計測の様子を図5に示す。

ベッドシート型の圧力センサでは、ヒトとセンサの間に枕やクッションが使用される状況では圧力が計測できない問題があったが、衣服型センサはそのような状況においてもヒトにかかる圧力を捉えることができる。

4. 結び

従来よりもしなやかな織物を使って、衣服型の圧力

計測ウェアを作製した。この衣服を着用することにより身体にかかる圧力を計測することができた。



図4 製作した衣服型の圧力計測ウェア

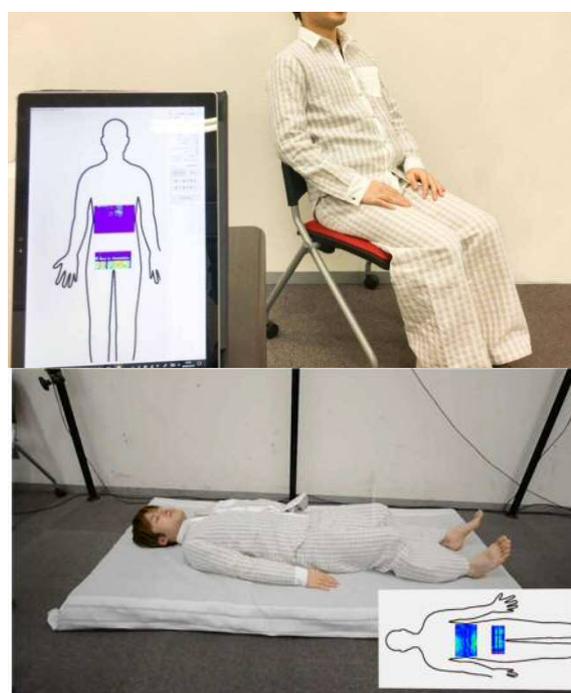


図5 計測の様子

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)