

研究論文

センサ機能を有するカーペットの開発

堀場隆広*¹ 池口達治*²

Development of Sensor Textiles for Carpets

Takahiro HORIBA*¹ and Tatsuharu IKEGUCHI*²Owari Textile Research Center, AITEC*^{1,2}

パイル糸に導電性糸を使用したカーペットは圧縮されたときにパイル糸間あるいはパイル糸内における静電容量が変化する。また導電性繊維を使用した織物とカーペットを組み合わせることにより圧縮されたときに両者間の静電容量が変化する。これらの現象を利用して、床に敷いて人の動きを検知することができるカーペットの可能性について検討した。パイル糸に含まれる導電性繊維の本数、静電容量の計測方法、織物とカーペットとの組み合わせ方を検討し、織物とカーペットを組み合わせるとそれぞれを単体で使用するよりも優れた検出性能が得られることなどを明らかにした。

1. はじめに

カーテン、寝具、敷物など生活空間では古くから繊維製品が活用され、人にとって馴染み深い素材のひとつとなっている。最近ではこれらカーペットにもE-テキスタイルの技術を導入して新たな機能性を付与する試みがなされるようになってきた。例えば部屋の温湿度や明るさを検知して快適な住環境にコントロールできる機能や、そこで暮らす人の動向や安否を確認することのできる機能が望まれている。このようなカーペットを実現するために、パイル糸に導電性繊維を用いたカーペットを考案した。このカーペットは圧縮したときにパイル糸の変形を静電容量の変化として捉えることができる。このほか導電性繊維を使用したカーペットや織物は様々な使い方により圧縮などの変化を電気的に捉えることができる。この原理を利用して敷物などの繊維製品にすることにより人の動きを検知できる可能性がある。しかしこういったセンサ機能を有する繊維材料に関する特性はまだよくわかっていない。

本研究では、パイル糸に含まれる導電性繊維の本数、静電容量の計測方法、織物とカーペットとの組み合わせ方について実験を行い、センサ性能との関係を明らかにした。

2. 実験方法

2.1 試料

2.1.1 センサ織物

直径 0.04mm ステンレス線にポリエステル糸

300D/72F をカバリングし、さらに綿糸 20/1 をカバリングした導電性二層構造糸（ダブルカバリング糸）をたてよこ糸とした平織物（密度：たて 155 本/10cm、よこ 144 本/10cm）を製織した。その織物をたて 31cm、よこ 34cm に切り出した。さらにその二辺に導電性接着剤を塗布し、たてとよこそれぞれの導電性繊維と導通する電極を形成したものを実験に供した。

また実験条件に応じて、たて糸とよこ糸を短絡したものを作製した。

2.1.1 センサカーペット

たてよこ綿ポリエステル混紡糸 10/1 をたてよこ糸とした斜子織物（密度：たて 80 本/10cm、よこ 90 本/10cm）をレピア織機にて製織した織物をカーペット基布とした。

直径 0.04mm ステンレス線にポリエステル糸 300D/72F をカバリングし、さらにポリエステル 2250D をカバリングした導電性二層構造糸（ダブルカバリング糸）2 または 3 本と 2/4 アクリル糸 5 本とを引き揃えたものをパイル糸とした。

このパイル糸を基布に打ち込みタフテッドカーペットを作製した³⁾。このカーペットを一辺 26cm の正方形に切り出したものを実験に供した。

2.2 実験方法

2.2.1 センサカーペットの測定

1 本のパイル内に導電性繊維を 2 本含めた試料を用いて荷重と静電容量との関係を求めた。このとき 2 本の導電性繊維の接続方法をふたとおりとした。ひとつはパイ

*1 尾張繊維技術センター 開発技術室 *2 尾張繊維技術センター 開発技術室(現産業労働部 地域産業課)

ル内の2本の導電性繊維を電氣的に短絡して隣接するパイル間の静電容量を測定した。もうひとつは1本のパイル内にある2本の導電性繊維間の静電容量を測定した。試料に錘を乗せていき0~10kgf間の加重時および除重時における静電容量を測定した。静電容量はLCRメータを用いて評価した。

2.2.2 評価方法の検討

試料を図1~12に示す状態に設置し、65kgの人が乗ったときの静電容量の変化を求めた。

・評価方法 P-1

センサ織物に人が直接乗る。たて糸とよこ糸間の静電容量を測定する(図1)。

・評価方法 P-2

センサ織物の上に市販のタイルカーペットを敷いてその上に人が乗る。たて糸とよこ糸間の静電容量を測定する(図2)。

・評価方法 P-3

ループ内に2本の同じ電極の入った導電性繊維を含むセンサカーペットに人が乗る。ループ間の静電容量を測定する(図3)。

・評価方法 P-4

ループ内に2本の異なる電極の入った導電性繊維を含むセンサカーペットに人が乗る。同じループ内の導電性繊維間の静電容量を測定する(図4)。

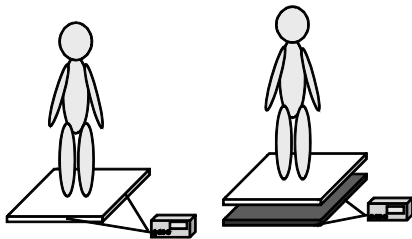


図1 評価方法 P-1

図2 評価方法 P-2

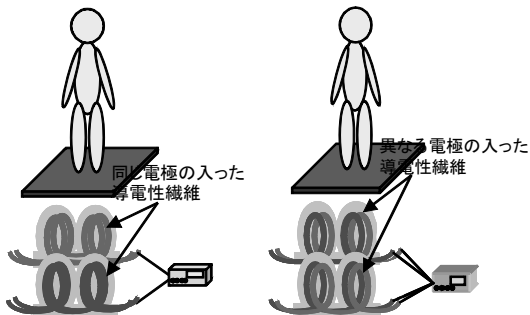


図3 評価方法 P-3

図4 評価方法 P-4

・評価方法 P-5

センサ織物の上にループ内に2本の導電性繊維を含むセンサカーペットを敷き、この上に人が乗る。センサ織物のたて糸とよこ糸はケーブルで短絡しておき、カーペットと織物との間の静電容量を測定する(図5)。

・評価方法 P-6

センサカーペットを敷き、センサ織物を壁に掲示する。センサ織物のたて糸とよこ糸はケーブルで短絡しておく。カーペットの上に人が乗り、センサ織物を手で触れたときのカーペットと織物との間の静電容量を測定する(図6)。

・評価方法 P-7

ループ内に1本の導電性繊維を含むセンサカーペットに人が乗る。ループ間の静電容量を測定する(図7)。

・評価方法 P-8

ループ内に2本の同一電極の導電性繊維を含むセンサカーペットに人が乗る。ループ間の導電性繊維間の静電容量を測定する(図8)。

・評価方法 P-9

ループ内に2本の異なる電極の導電性繊維を含むセンサカーペットに人が乗る。同じループ内の導電性繊維間の静電容量を測定する(図9)。

・評価方法 P-10

ループ内に3本の同一電極の導電性繊維を含むセンサカーペットに人が乗る。ループ間の静電容量を測定する(図10)。

・評価方法 P-11

ループ内に2本が同じ電極で、残りの1本が異なる3本の導電性繊維を含むセンサカーペットに人が乗る。同じループ内の導電性繊維間の静電容量を測定する(図11)。

・評価方法 P-12

センサ織物を2枚重ねその上に市販のタイルカーペットを敷き、この上に人が乗る。センサ織物のたて糸とよこ糸はケーブルで短絡しておき、2枚の織物間の静電容量を測定する(図12)。

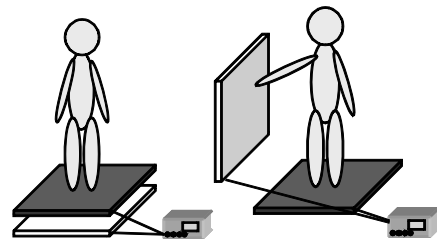


図5 評価方法 P-5

図6 評価方法 P-6

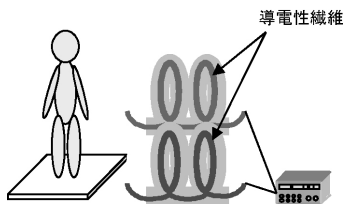


図7 評価方法 P-7

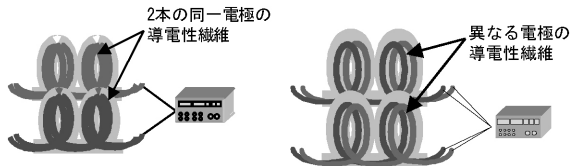


図8 評価方法 P-8

図9 評価方法 P-9

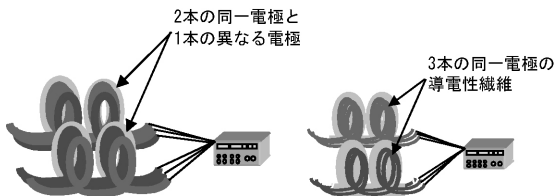


図10 評価方法 P-10

図11 評価方法 P-11

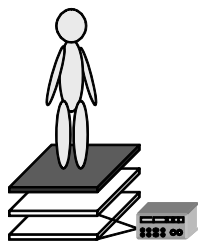


図12 評価方法 P-12

評価方法 P-1~P-6 の測定条件は次のとおり。

静電容量は LCR メータを用いて評価した。

電圧：AC 1.0V

周波数：100 kHz

温度：18.5℃

湿度：29%

評価方法 P-7~P-12 の測定条件は次のとおり。

静電容量はロックインアンプを用いて評価した。

電圧：AC0.5V

周波数：100kHz

温度：18.5℃

湿度：29%

3. 実験結果および考察

3.1 センサカーペットの作動確認

1本のループに導電性繊維を2本含めたカーペットを

用いて、荷重とループ間の静電容量、および荷重とループ内の静電容量との関係を比較した。この結果を図13および図14に示す。いずれの測定方法においても加重とともに静電容量が増加し除重とともに減少する傾向がみられセンサとしての機能を有することが確認できた。なお、この実験条件においてはループ間の静電容量とループ内の静電容量に大きな差異は見られなかった。

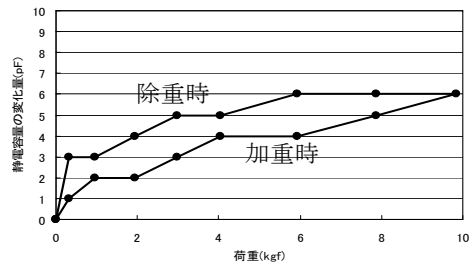


図13 ループ間の静電容量

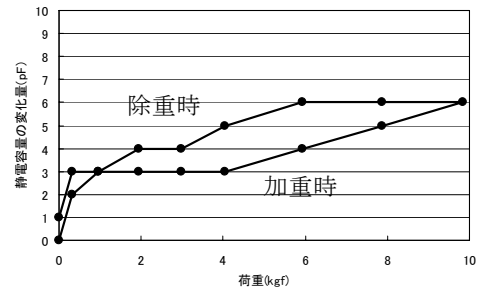


図14 ループ内の静電容量

3.2 評価方法の検討

各評価方法による静電容量の測定結果を図15に示す。評価方法 P-1,P-2 は両極の導電性繊維が近いいため他の試料と比べて静電容量が大きい。人が乗る前と乗った後の静電容量の変化率を図16に示す。変化率は評価方法 P-5 が最も大きい。ループが圧縮変形するとともにカーペット基布の変形によりループとセンサ織物との距離が近づき、導電性繊維間の静電容量が著しく増加したものと考えられる。次いで評価方法 P-5 の静電容量の変化率が高かった。この場合圧縮による静電容量の変化ではなく両

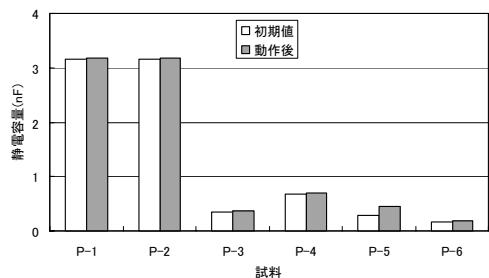


図15 P-1~6 の静電容量の評価結果

試料を手足で触れたために人の体を含めた新たなキャパシタンスが形成され静電容量が増加したものと考えられる。床に敷いたカーペットと壁紙材としての織物と考えると壁スイッチや人の位置検知などに利用できると思われる。

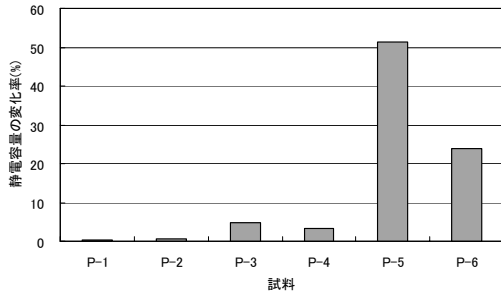


図 16 P-1～6 の静電容量の変化率

評価方法 P-7～P-12 によるロックインアンプの出力を図 17 に示す。導電性繊維 2 本と 3 本とでは 3 本の出力電圧が大きい。また導電性繊維 1 本と 2 本とでは今回の実験では 1 本の出力電圧が大きい結果となった。パイル内の導電性繊維および非導電性繊維の配置を固定しなかったため導電性繊維が表面に多く存在する試料と非導電性繊維に埋もれている試料ができた可能性がある。この場合、隣接する導電性繊維間の距離が異なるために出力ばらつきが生じることとなる。また、評価方法 P-12 はほかと比較して出力電圧が小さかった。これは 2 枚のセンサ織物間の距離が大きくなったと予想される。

初期状態と人が乗った状態との出力電圧の変化率を図 18 に示す。1 本のパイル内に導電性繊維が 2 本含まれている試料の静電容量の変化率を LCR メータとロックイ

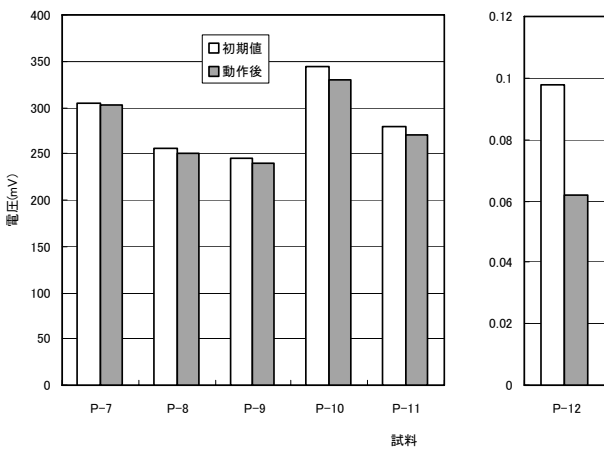


図 17 P-7～12 の静電容量の評価結果

ンアンプで求めた結果を図 19 に示す。この条件においてはロックインアンプよりも LCR メータの変化率が高い結果が得られた。ロックインアンプは耐ノイズ性能に優れているため用途に応じて選択することが望ましい。

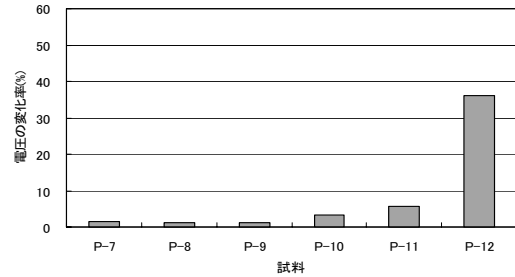


図 18 P-7～12 の静電容量の変化率

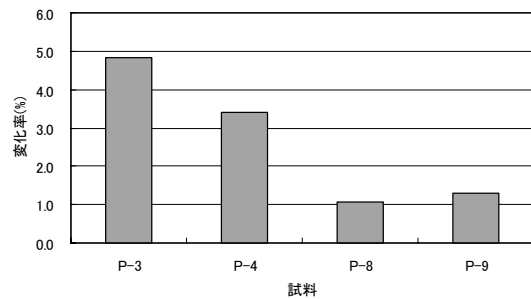


図 19 LCR メータとロックインアンプの結果比較

4. 結び

センサ織物とセンサカーペットの計測方法の違いによる検出性能について調べた結果、織物とカーペットを組み合わせるにより良好な結果が得られることなどが明らかになった。

付記

この研究は住江織物、鶺鴒燃織の共同研究の成果の一部である。

文献

- 1) 池口, 堀場: 愛知県産技研研究報告, 6, 132 (2007)
- 2) 特開 2006-234716
- 3) 特開 2009-244020