

究極のウェアラブルシステムの開発

堀場隆広*¹、島上祐樹*¹

Development of Ultimate Wearable Systems

Takahiro HORIBA*¹ and Yuki SHIMAKAMI*¹

Owari Textile Research Center, AITEC*¹

衣服そのものにセンシング機能を付与し、日常生活の中で衣服から生体情報を取得して健康管理に役立てることを目的として、布のセンサや布に取り付けたセンサを用いて生体を計測する技術を開発する。ここでは、人の動きを検出できる伸縮性布センサの伸長度-静電容量特性を計測した。また、衣服に取り付けて、心拍を計測できる赤外線心拍センサの回路について設計と評価を行った。布を使って寝姿を計測することの有効性を確認するために、シート状センサを用いて寝姿を計測した。

1. はじめに

高齢化社会において、高齢者が発症しやすくなる病気を予防し、社会が負担する医療費や介護費を減らし、老後の生活の質を高く保つことは、人々や社会の希望である。これらを実現するためには、病気を早期に発見して、早期に治療することは重要なことである。そのためには、定期的に医療機関に通って、健康診断を受ける必要がある。しかし、高齢化社会や忙しい現代社会において、定期的に医療機関に通うことは、医療費や時間の面からも実現することは難しい。

そこで、衣服やベッドシートに生体を計測するさまざまなセンサを取り付け、日常的に手軽に生体をモニタリングするウェアラブルなシステムを作製する。このようなシステムを用いて長期間時系列的な生体データを蓄積することは、過去のデータを見直し、生活習慣病などの病気の発生要因を発見することなどに用いることができる。また、医師が病気を研究する上で貴重なデータとなり、今後の医療の発展に寄与するものと考えている。

従来、医療機器において、人に装着してモニタリングする装置や、ベッドに組み込んだ装置で生体をモニタリングする装置がある。これらの装置は病院の中で使用することを念頭において開発されているため、規模が大きく、高価である。また、生体を計測するセンサに配線があり、身体を拘束するという問題があった。このようなことから手軽に屋外や自宅での生活環境における生体をモニタリングする装置としての利用には向いていない。また、医療機関においてのモニタ

リングは、環境などの変化によって、日常生活における生体のモニタリングデータとは結果の異なるデータが得られるなどの問題がある。

本研究では、日常生活に用いる衣服やベッドシートにさまざまなセンサを組み込み、日常的に生体をセンシングする装置を開発する。

これらを実現するために、布状センサ^{1,2)}や布に取り付ける MEMS 型センサなどを開発する。開発したセンサを衣服やベッドシートに取り付け、センサから得られた生体データを電子データとしてネットワークを通して病院に蓄積する。蓄積された膨大な生体データを自動でスクリーニングして病気の疑いのある人を早期発見して医師が診察する。このような医療システムを構築することを目指している。

本研究では、衣服やベッドシートに組み込む布センサを試作した。また、衣服に組み込む反射型の赤外線センサによる心拍センサを試作した。さらに、人の寝姿を解析するためにシート状センサによる人の圧力分布データを得たので報告する。

2. 伸縮性布センサ

2.1 伸縮性布センサ

伸縮性布センサを図 1 に示す。このセンサは伸縮性のある織物からできており、左右に電極を備えている。このセンサを上下に伸長することによって、左側と右側の電極間の静電容量が減少する。この静電容量の変化を静電容量計で計測することによって、縦に伸長した長さの変位を計測するセンサである。

*¹尾張繊維技術センター 開発技術室（現素材開発室）

センサは伸縮性のある経糸(たて糸)の非導電性繊維にポリウレタン糸と綿糸を用いた。縦方向に伸縮性のある糸を用いることによって、織物の縦の両端を引っ張ると伸長して、離すと収縮する。

織物の緯糸(よこ糸)は織物が静電容量型のセンサになるように導電糸を用いた。導電糸は糸の芯に導電性の銀めっき糸を用いて、その上にポリウレタン糸と綿糸をカバリングして作製した。これによって導電糸間が絶縁されるようにした。この奇数と偶数の緯糸間の静電容量を計測することによって、導電糸間の距離の変化を計測できるようにした。



図1 伸縮性布センサ

左右の電極は次のように作製した。左側の電極は奇数番の導電糸を左側に出した。この左側の導電糸に導電性塗料を塗布して奇数電極を形成した。右側の電極は偶数番の導電糸を右側に出し、導電性塗料を塗布して偶数電極を形成した。これによって電気的には全ての偶数番の導電糸と全ての奇数番の導電糸がそれぞれ左と右の電極に接続される。表1に試作した伸縮性布センサの仕様を示す。

表1 伸縮性布センサの仕様

項目	値
織物の長さ(l)	12(cm)
織物の幅(W)	5(cm)
経糸密度(D_v)	12(本/cm)
緯糸密度(D_h)	29(本/cm)
織組織	平織

2.2 伸縮性布センサの原理

伸縮性布センサは奇数と偶数の線間の静電容量を計測し、縦方向の長さの変位を計測するセンサである。

伸縮性布センサの電極の構造を図2に示す。センサ

の静電容量の変化量を大きくするために、全ての奇数番の導電糸は左側でまとめられ接続されている。また、全ての偶数番の導電糸は右側でまとめられ接続されている。長さの変化は偶数電極と奇数電極間の静電容量の変化を静電容量計で計測する。

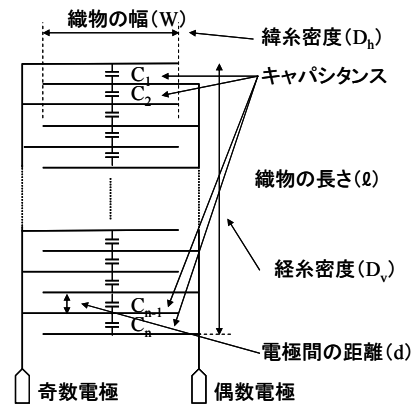


図2 伸縮性布センサの電極構造

2.3 伸縮性布センサの実験

伸縮性布センサを縦の両端を把持して、伸長度と静電容量の大きさを計測した。計測した結果を図3に示す。

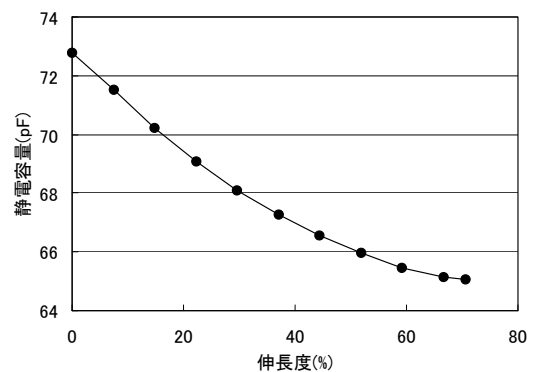


図3 伸長度－静電容量特性

2.4 伸縮性布センサの実験結果

この試作したセンサにおいて、伸長度を0%から70%まで変化させたとき、静電容量の変化は73(pF)から65(pF)まで変化した。

3. 赤外線心拍センサ

3.1 赤外線心拍センサの原理

本研究では衣服に心拍センサを取り付けることを考えている。血中の動脈で酸素を細胞に運ぶオキシヘモ

グロビンと静脈を流れるデオキシヘモグロビンは吸光度が異なる。オキシヘモグロビンは波長 800～940(nm)の赤外光を良く吸収する。デオキシヘモグロビンは波長 600～700(nm)の可視光を良く吸収する。動脈においては心臓の心拍により、血管が押し広げられ、オキシヘモグロビンの量が増える。これによって人体の内部で反射する赤外線量が変化する。この赤外線の反射光から心拍を捉えた。

3.2 心拍センサの実験

赤外線を用いた反射光で心拍を計測することを試みた。図4に試作した心拍センサの回路図を示す。また、図5に試作した心拍センサの写真を示す。この回路は発光部に赤外線LED、受光部に赤外線の反射型センサを用いた。そして、受光した赤外線の変化の信号を捉えるためにバンドパスフィルタ(BPF)によりフォトトランジスタの直流成分と高周波成分の信号を取り除いた。

心拍の測定は指先を反射型赤外線フォトセンサの上に、指を載せて測定した。

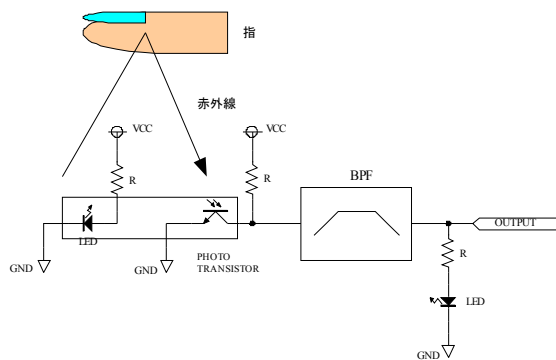


図4 心拍センサ回路

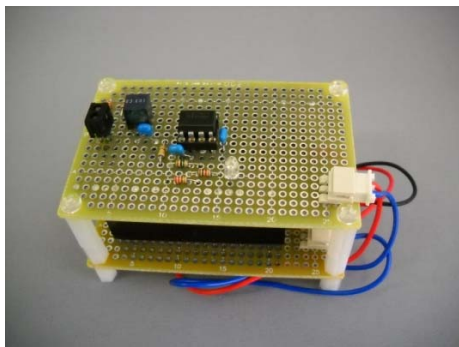


図5 試作した心拍センサ

3.3 心拍センサの実験結果

この心拍センサを用いて心拍を捉えた。実験の結果、人の心拍に従ってLEDが点滅することが確認できた。この実験において反射型の赤外線センサで、人の指先で心拍が捉えられることを確認した。

4. シート状センサ

4.1 シート状センサの原理

ベットシートで人の寝姿の計測と解析をするために、市販のシート状センサを用いて人の寝姿のデータを得た。シート状のセンサはシートの内部にピエゾ抵抗型センサが入っているものを用いた。ピエゾ抵抗型センサは圧力を加えるとセンサの抵抗値が変化するセンサである。シートの上に人が寝ることによって、ピエゾ抵抗型のセンサの抵抗値が変化する。シートの内部にピエゾ抵抗型センサが2次元アレイ状に配列してある。これを計測回路でセンサを走査することによって、人の寝姿の2次元の圧力パターンをパソコン上の画面に表示することができる。この機器を用いて人の寝姿の圧力分布を計測した。

4.2 シート状センサによる寝姿の計測実験

シート状センサによる実験時の写真を図6に示す。測定は床の上にシートを置いて行った。シートの上に人が寝て、そのときの圧力分布を測定器の画面上に表示した。シート状センサのシートに載せている透明のシートはシート状センサを保護するために付けてある。



図6 シート状センサによる圧力分布測定

4.3 シート状センサの計測結果

人がシートに寝たときの圧力分布を表示した。これによって時系列の寝姿の2次元データを得ることができた。また、圧力分布のデータを取り込んだとき、人の寝姿をカメラによって撮影することができた。図7に示すように、シート状のセンサの測定結果から、表示画面に人の寝姿の圧力分布を得ることができた。

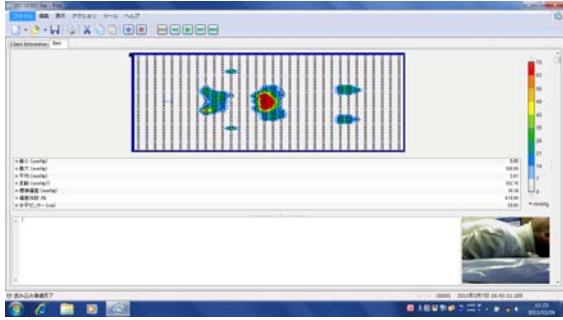


図7 圧力分布計測結果

5. 結び

本研究では、衣服にセンサを組み込んで、生体情報を得るために、伸縮する布センサと布に組み込むために心拍センサを開発した。また、シート状のセンサで人の寝姿の時系列の2次元データを取り込んだ。

伸縮センサの実験では、伸縮性布センサを試作した。試作した伸縮性布センサにおいて、布を伸張して静電容量の変化を求めた。布を0%から70%まで伸張したときに、静電容量が73(pF)から65(pF)に減少することが分かった。

今後の課題として、伸縮性布センサにおいては湿度による静電容量変化の影響について調べる必要がある。湿度の影響を極力少なくするために、織物が湿度の影響による変化より、伸長による静電容量が変化する割合の方が大きくなるように織物を設計する必要がある。

また、伸縮性布センサを衣服に付けたとき、人体と伸縮性布センサとの間に発生する静電容量の影響について測定する必要がある。

赤外線による心拍センサについては反射型の赤外線

センサを用いて指先において心拍の信号を得ることができた。しかし、他の体の部位については、この回路では、心拍を得ることができていない。これは赤外線LEDと赤外線フォトトランジスタの波長が一致していないことや赤外線LEDの赤外線の出力が弱いため、反射した赤外線をフォトトランジスタで検出することができないことが原因であると考えられる。

今後の課題として、高輝度の赤外線LEDと高感度のフォトトランジスタを用いて回路を再構成してセンサの感度を上げる必要がある。

シート状センサで時系列のデータとして寝姿を捉える実験では、人の寝姿を2次元の圧力分布パターンとして得ることができた。

シート状センサが置かれた場所の影響にもよるが、この計測結果から人が上向きに寝ているとき、肩と臀部と足の三ヶ所に圧力が集中していることが分かった。

この実験を通じて、人の寝姿を解析する準備が整った。

今後の課題として、時系列のセンサデータから病気の兆候を検出することなどが挙げられる。

本研究は公益財団法人科学技術交流財団「知の拠点」重点研究プロジェクト平成22年度「超早期診断技術開発プロジェクト」予備研究により行った研究である。

文献

- 1) 池口、堀場：愛知県産業技術研究所研究報告，6，132(2007)
- 2) 堀場、池口：愛知県産業技術研究所研究報告，7，114(2008)