

介護福祉施設における見守りセンサシートシステムの開発

機械電子科

株式会社メディカルプロジェクト

株式会社富士セラミックス

中山 洋 鈴木悠介* 杉本芳邦

小林信明 一言貴則

岩崎君男 福島利博 鈴木嘉幸

Development of Sensor-Sheet Device for Detecting a Slight Movement of Human Body on Bed for Intensive Care Home

Hiroshi Nakayama, Yusuke Suzuki, Yoshikuni Sugimoto,

Nobuaki Kobayashi, Takanori Hitokoto, Kimio Iwazaki,

Toshihiro Fukushima and Yoshiyuki Suzuki

Sensor-sheets that would be able to detect a slight movement of a human body were investigated for intensive care home. The results are summarized as follows;

- 1) We developed the improved sheet with air pressure sensor which is possible to detect a slight movement of the body. The sensor-sheet placed under various mattresses was able to detect breathing and heart beat without physical restraint.
- 2) Improved sensor-sheet device equipped with the above sheet and a nurse call system was fabricated.
- 3) The sensor-sheet device was tested in intensive care homes. The device was able to detect breathing and heart beat of elderly persons without physical restraint for five months.

1. はじめに

日本は世界一の少子高齢化社会であり、介護福祉施設では、要介護度の高い高齢入所者の増加、慢性的な介護士の不足などでさまざまな課題があり、今後ますます介護士の助けとなるセンサ機器が必要となると考えられる。我々は平成22年度、介護福祉施設の現場調査から得られたニーズを基にして、ベッド上での人の体の動きを検知できる見守りセンサシートシステムの試作を行った^{1), 2)}。そこで平成23年度は、見守りセンサシートシステムの改良・評価及び介護福祉施設における試験利用を行ったので報告する。

2. 方法

2.1 センサシートの改良と評価

改良した焦電型空圧センサモジュールを用いて、エアセル構造を持ったシート（センサシート）を試作した。試作したセンサシートをマットレスの下に設置して、マットレス上の人の体の動きに起因するセンサ出力をオシロスコープ（DPO2012、

Tektronix製）を用いて測定した。シートの位置、各種マットレス（エアーマットレス：グランデ（株）モルテン製、体圧分散マットレス：エバーフィット（材質；ウレタンフォーム・ポリエステル）パラマウントベッド（株）製、普通マットレス：プレグラーマットレス（材質；ポリエステル）パラマウントベッド（株）製）および主な体位について評価した。また試作したセンサシートに608Nの荷重応力を負荷して耐荷重試験を行い、試験前後のセンサ出力を測定して耐久性を評価した。

2.2 見守りセンサシートシステムの改良

改良したセンサシートを用いて、コントロールボックス、ナースコール端子からなる見守りセンサシートシステムを試作した。

2.3 試作センサシートシステムの試験利用

特別養護老人ホーム「みぎわ園」（ユニットケア型、富士市）において、試作した見守りセンサシステムの試験利用を行った。介護現場の使用状況や意見を取り入れて、試作改良を繰り返し行った。

*) 現 製紙料

3. 結果と考察

3.1 センサシートの改良と評価

(1) センサシートの改良

改良した焦電型空圧センサモジュール（センサ出力範囲の拡大（0～5 V）、小型（16mm×40mm））を用いて、一体化したエアースェル構造を有したシート（750mm×600mm）を試作した。

(2) シート位置の違いによるセンサ出力

試作したセンサシートをエアーマットレスの下に設置し、シート位置（センサ部）を頭部から10 cmずつ足方向に移動した時の人の体の動きから得られるセンサ出力を測定した。得られたセンサ出力を図1に示す。人が不在状態ではセンサ出力のVp-p（peak to peak）は0.3V以下であった。一方、マットレス上で呼吸をしている状態もしくは呼吸を止めた状態（無呼吸状態）において、センサシートをいずれの位置に設置しても、呼吸や心拍に起因した出力が得られ、センサ出力のVp-pは1 V以上を示した。さらに、腹部から腰部に設置した時に最も大きなセンサ出力が得られ、呼吸ありではVp-pが4 Vに達し、呼吸なしでも2 V以上を示した。これは腹部から腰部の体の動きの変位が大きいためと考えられる。

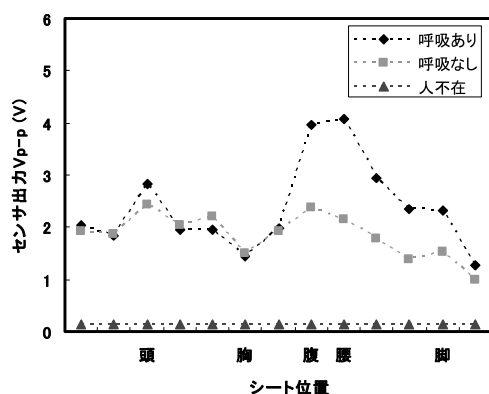


図1 シート位置の違いによるセンサ出力

(3) 各種マットレスにおけるセンサ出力

センサシートの位置を、大きなセンサ出力が得られた腹部に設置して、エアーマットレス、体圧分散マットレス、普通マットレスにおいて、人の体の動きから得られるセンサ出力を測定した（図2）。エアーマットレスにおいて主な体位におけるセンサ出力を図3に示す。人が不在状態では、

【報告】

センサ出力のVp-pは0.3V以下であった。一方、仰向け状態で呼吸している時には、大きな呼吸に起因した約4 VのVp-p出力が得られた（図3（a）左）。また無呼吸状態では心拍の動きに起因した2 V以上のVp-p出力が得られた（図3（a）右）。



図2 試作センサシートの設置

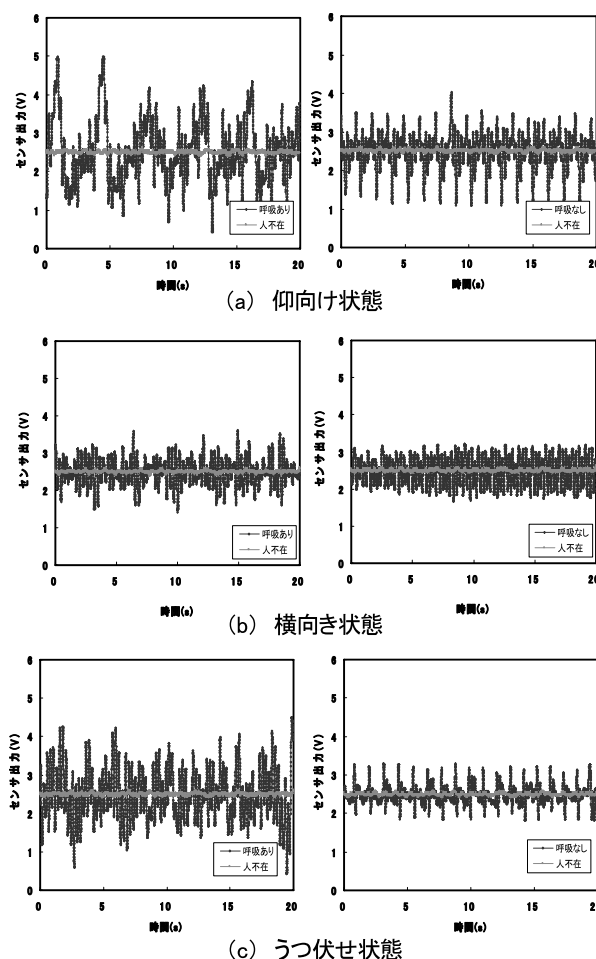


図3 エアーマットレスにおけるセンサ出力

横向きの状態では、呼吸している時には仰向け状態よりもVp-p出力が小さかったが、呼吸に起因したセンサ出力が、無呼吸時でも心拍の動きに起因したセンサ出力が得られた（図3（b））。うつ

【報告】

伏せ状態では、呼吸している時には呼吸に起因した約3VのVp-p出力が、無呼吸時には、心拍の動きに起因した1V以上のVp-p出力が得られた(図3(c))。

次に体圧分散マットレスでの主な体位におけるセンサ出力を図4に示す。不在状態ではセンサ出力のVp-pは0.3V以下であったが、仰向け状態において呼吸時には、呼吸に起因した5V以上の大きなVp-p出力が、無呼吸時には心拍の動きに起因した約3VのVp-p出力が得られた(図4(a))。横向き状態では、呼吸時には仰向け状態よりもセンサ出力は小さかったが、約3Vの呼吸に起因した大きなVp-p出力が、無呼吸時でも心拍の動きに起因したセンサ出力が得られた(図4(b))。うつ伏せ状態では、呼吸時には呼吸に起因した5V以上の大きなVp-p出力が、無呼吸時には心拍の動きに起因した3V以上の大きなVp-p出力が得られた(図4(c))。

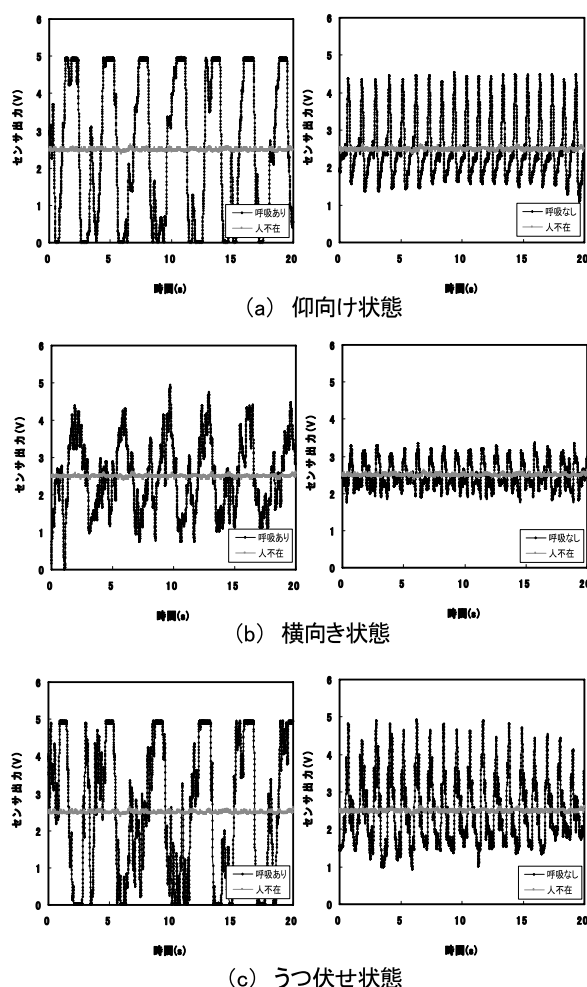


図4 体圧分散マットレスにおけるセンサ出力

普通マットレスでの主な体位におけるセンサ出力を図5に示す。不在状態ではセンサ出力のVp-pは0.3V以下であったが、仰向け状態において呼吸時には、呼吸に起因した5V以上の大きなVp-p出力が、無呼吸時には心拍の動きに起因した約4VのVp-p出力が得られた(図5(a))。横向き状態では、呼吸時には仰向け状態よりもセンサ出力は小さかったが、呼吸に起因した約3Vの大きなVp-p出力が、無呼吸時でも心拍の動きに起因したVp-p出力が得られた(図5(b))。うつ伏せ状態では、呼吸時には呼吸に起因した5V以上の大きなVp-p出力が、無呼吸時には心拍の動きに起因した約3Vの大きなVp-p出力が得られた(図5(c))。

いずれのマットレスでも、仰向け状態、横向き状態、うつ伏せ状態において、呼吸や心拍などに起因したセンサ出力が得られた。仰向け状態及びうつ伏せ状態におけるセンサ出力は、横向き状態

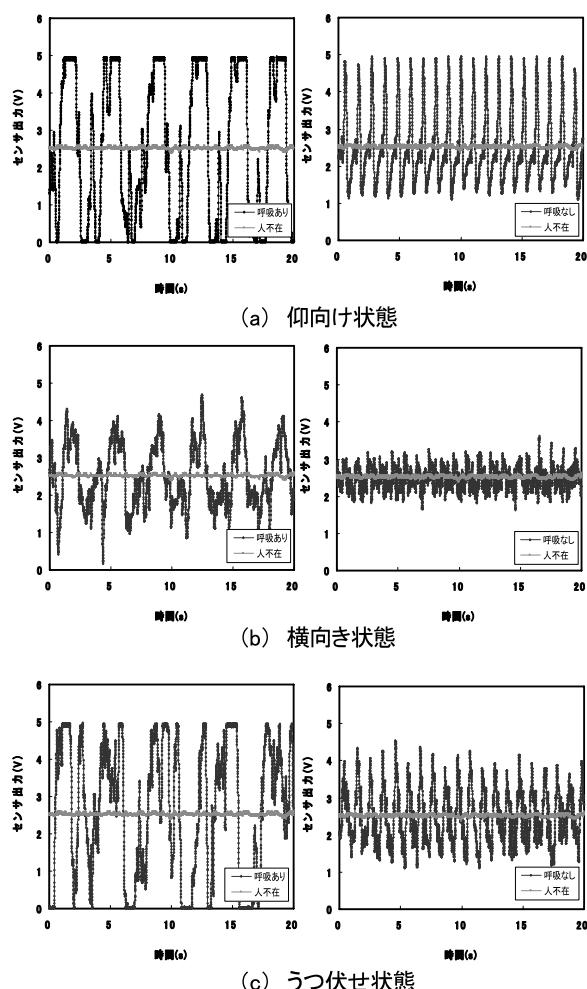


図5 普通マットレスにおけるセンサ出力

【報告】

よりも、いずれのマットレスにおいても大きな値を示した。またエアーマットレスよりも体圧分散マットレスや普通マットレスの方が大きなセンサ出力が得られた。これは今回使用したエアーマットレスは2層式タイプのために、体の動きの伝達が2層間で減衰してしまったためと考えられる。しかしながら、試作改良したセンサシートは、いずれのマットレスの下に設置しても、マットレス上の人の呼吸や心拍などの微小な体の動きを検知するのに十分なセンサ出力を得ることができた。

(4) 耐荷重試験

試作したセンサシートに608Nの荷重応力をかけて耐荷重試験を行った。実際にはシートに要介護者の腹から膝の部分に当たる体重とマットレス及び掛け布団の重さによる負荷が想定されるが、それ以上の荷重を負荷した。耐荷重試験前、耐荷重試験6ヵ月後に得られたセンサ出力の一例をそれぞれ図6、図7に示す。

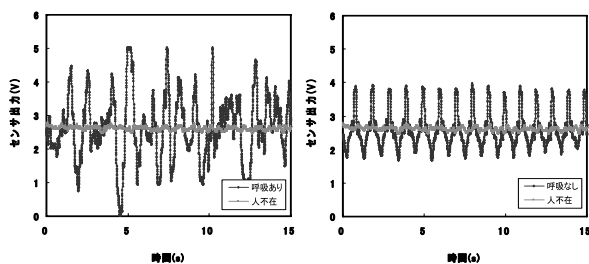


図6 耐荷重試験前のセンサ出力
(普通マットレス、仰向け状態、位置：胸部)

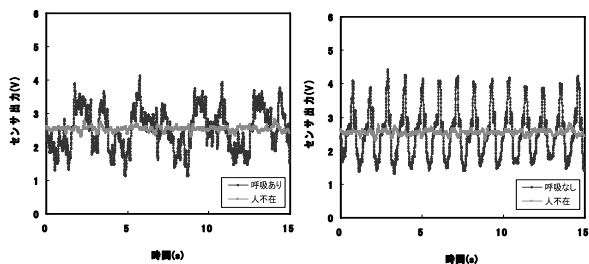


図7 耐荷重試験6ヵ月後のセンサ出力
(普通マットレス、仰向け状態、位置：胸部)

耐荷重試験6ヵ月後でも、呼吸時において約3VのVp-p出力が、無呼吸時にも約3VのVp-p出力が得られ、良好なセンサ出力を示した。

3.2 見守りセンサシートシステムの改良

得られたセンサシートを用いて、見守りセンサシステムを試作した(図8)。試作したセンサシ-

トシステムは、センサシート(カバー付き)部で人のわずかな体の動きを検知し、動きを15秒間検知できなかった場合にナースコールで介護士に知らせることができる見守りシステムである。試作したコントロールボックスは、①センサ出力レベルインジケータ(LED:5段階)、②センサ感度調整ボリューム、③報知ランプ、④センサ出力データ収集可能なSDロガー接続機能を有している。センサ出力レベルインジケータを有するため、センサ出力のレベルを視覚的に捕らえることができ、介護士はセンサ出力状態を確認することができる。またセンサ感度調整ボリュームにより感度を調整できるため、さまざまなマットレスにも対応が可能となる。またSDロガー接続機能を有するため、実際のセンサ出力を長期で収集・蓄積することができる。

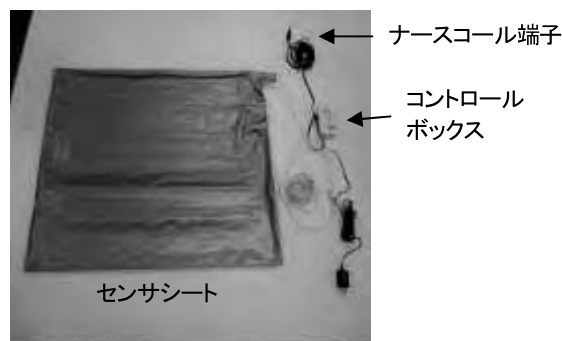


図8 見守りセンサシートシステムの試作

3.3 試作センサシートシステムの試験利用

特別養護老人ホーム「みぎわ園」において、試作した見守りセンサシートシステムの試験利用を行った。要介護度5の入所者のベッドに設置した(図9)。マットレスの下にセンサシートを設置するため、使用していることを全く意識させることなく、違和感なく利用することができた。また5ヶ月間継続して利用しても、センサシートのエアール漏れは認められなかった。

一方で介護施設現場での利用上の課題として、①深夜1～4時の誤動作、②中断時の誤動作、③中断時のLED表示方法のわかりにくさ、④センサシートのずれ、などがあることがわかった。そこでセンサシートシステムの改良を行った。①深

【報告】

夜1～4時の誤動作は、要介護者が体位変換クッションを用いて横向き状態で熟睡した時に呼吸や心拍等に伴う体の動きが小さくなって発生したためであることがわかったため、感度調整の最適化やアルゴリズムの改良を行った。②中断時の誤動作は、離床時のベッドメイキングなどにより自動計測開始機能が動作してしまったために発生したため、自動計測開始機能は排除することとした。③中断時のLED表示方法のわかりにくさは、中断時に赤いランプが点滅するが、動きがあった場合にLEDインジケーターが点滅してしまうため、介護士が混乱してしまうということから、中断時はLEDインジケーターを点滅させないこととした。④センサシートのずれは、ベッドのギャッチアップ・ダウンや要介護者の移動などにより発生したためであり、滑り防止用ゴム材料を付加することとした。

これらの改良によって「みぎわ園」における介護現場での諸課題を改善することができた。センサシートから得られた要介護者の体の動きに起因したセンサ出力の一例を図10に示す。マットレス上の要介護者の呼吸などに起因したわずかな体の



図9 特別養護老人ホームにおける見守りセンサシートシステムの設置状況

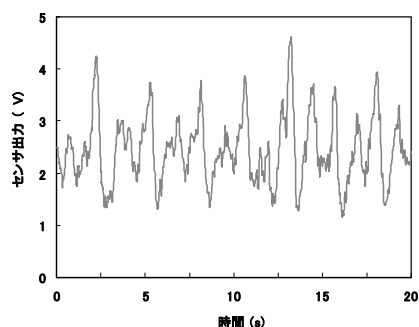


図10 要介護者の体の動きから得られたセンサ出力例

動きを検出することができた。改良したセンサシートシステムは、その他の複数の特別養護老人ホームにおいて試験利用を開始し、継続利用を行っているところである。

4. まとめ

- (1) 改良した焦電型空圧センサモジュールを一体化したセンサシートを試作した。試作したセンサシートは、マットレス下のいずれの位置においても、マットレス上の人の呼吸や心拍等に伴う微小な体の動きを検出することができた。そして腹部から腰部に設置した時に高感度に体の動きを検出することがわかった。また普通マットレス、体圧分散マットレス、エアーマットレスのいずれでも、さまざまな体位において微小な体の動きを検出することができた。
- (2) 試作したセンサシートの耐荷重評価を行った結果、6ヶ月後も良好なセンサ出力を示した。今後も継続して耐荷重評価を行っていく予定である。
- (3) 試作したセンサシートを用いて微小な体の動きを検知し、もし検知しなかった場合にナースコールを通じて介護士に知らせてくれる見守りセンサシステムを試作した。
- (4) 県内の特別養護老人ホームにおいて見守りセンサシートシステムの試験利用を行った。5ヶ月間利用後もセンサシートのエアール漏れは認められず、現場利用においても長期間メンテナンスフリーで使うことがわかった。介護現場の利用結果や意見を踏まえ、試作改良を繰り返し行うことで、誤動作もなく、要介護者の呼吸や心拍などに伴う体の動きを検知できる見守りシステムを試作することができた。
- (5) 今後も特別養護老人ホーム「みぎわ園」における利用を継続して行い、センサシートの耐久性などの評価を継続して行う必要がある。また広く複数の高齢者介護福祉施設での利用を行い、さまざまな介護施設現場において利用できる信頼性の高い見守りセンサシートシステムを完成させていく必要があると考えられる。

謝辞

【報告】

本研究の遂行にあたり、介護施設現場の試験利用にご協力頂きました特別養護老人ホーム「みぎわ園」をはじめとする高齢者介護福祉施設の皆様に深く感謝いたします。

本研究は、財団法人しずおか産業創造機構の「静岡新産業集積クラスターコンソーシアム事業化推進助成事業」の一環として行ったものであり、関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 中山 洋他：見守りセンサシートシステムの開発―試作開発と介護施設での試験利用―，静岡県工業技術研究所研究報告,第4号,147-151 (2011).
- 2) 鈴木悠介他：見守りセンサシートシステムの開発―シート構造の検討―，静岡県工業技術研究所研究報告, 第4号, 152-156 (2011).