

無拘束見守りセンサシステムの開発 (第1報)

— 呼吸・脈拍計測センサシートの開発 —

機械電子科

研究調整監

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

岡田慶雄* 白井 圭** 中山 洋

三浦 清

小林信明 一言貴則

福島利博 水口隼也

Development of an Unrestrained Monitoring System (1st Report)

— Development of the Sensor Sheet for Measuring Respiration rate and Pulse rate —

Yoshio OKADA, Hiroshi NAKAYAMA, Kei SHIRAI, Kiyoshi MIURA, Nobuaki KOBAYASHI,
Takanori HITOKOTO, Toshihiro FUKUSHIMA and Junya MIZUGUCHI

We developed a sheet type sensor unit for measure subject's body movements associated with respirations and pulse waves on the bed without restraint in need of care. This sensor unit was composed an Ultrasensitive Air Pressure Sensor FKS-111(Fuji Ceramics Co.), soft plastic fixed air bag. This is used to set under the mattress. The body movement data associated with respirations and pulse waves are amped, filtered and converted to digital data by AD converter. These data are filtered, processed waveform and calculated respiration rates and pulse rates. This paper is described the development of sensor unit and analysis result of measured body movement associated with a respiration and pulse wave using this sensor on the bed at special elderly nursing home.

Keywords : respiration, pulse, unrestraint, monitoring.

キーワード：呼吸数、脈拍数、無拘束、見守り。

1 はじめに

2025年には団塊の世代約700万人が75歳以上の後期高齢者となる。また、そのときの65歳以上の高齢者人口は3,700万人と見込まれ¹⁾、日本はこれまでに経験のない超高齢化社会を迎えることになる。このような中、病気や老衰によって要介護となり、施設や自宅において介助者の助けを必要とする人が増加している。介護現場においては、こうした要介護者のQOL（生活の質）を向上させ、ゆとりのある生活を送れるよう取り組んでいる。しかし、介助者の慢性的な不足から、要介護者に常時付き添って健康状態や異変等を観察・チェックすることは難しい状況である。それゆえ、現場においては、要介護者および介助者の相互の負担軽減のため、身体拘束やカメラによる常時監視ではなく、行動や状態の異変を察知した際に介助者に報知する安価で簡易な「見守り」システムが望まれている。そこで我々は、利用者の健康状態の異変を察知するために、利

用者に負荷をかけない、拘束しない（Unrestraint）、意識させない（Non-sight）で「見守り」を行うセンサシステムを開発した。ここでは、健康状態の異変の「見守り」について呼吸数と脈拍数に着目し、これらの計測のためのセンサの開発と信号処理手法を検討し、特別養護老人ホームの協力の下、要介護者を被験者とした実証実験による検証を行った結果について報告する。

2 方法

2.1 呼吸および脈波計測用センサシートの概要

ベッドに寝ている人の呼吸・心拍を、利用者に負荷をかけない、拘束しない、意識させない状況で計測するために、センサの有無を意識させない薄いシート状態で、利用者に接触させないようにマットレスの下に設置して、これらの微小な動きを圧力変化として計測するセンサを開発した。センサ構造はソフト樹脂素材の密閉

*) 現 技術支援担当 **) 現 製紙科

【報告】

型エアバッグとし（写真1）、呼吸・心拍によって生じるエアバッグ内部の微小な圧力変化を高感度で計測するための超高感度空圧センサ Model FKS-111（㈱富士セラミック製）を設置した。センサ出力信号はオペアンプで増幅・周波数フィルタリングした後、デジタル信号処理して呼吸数及び脈拍数を算出した。



写真1 呼吸・脈拍に起因する身体の動きを計測するためのセンサシート

2.2 信号処理手法

センサ出力信号はA/Dコンバータを用いて100 Hzでサンプリングし、呼吸・脈拍・その他の体動を周波数領域でフィルタリング分離・成形した後、それぞれ得られた波形から1分毎の拍数を算出した（図1）。

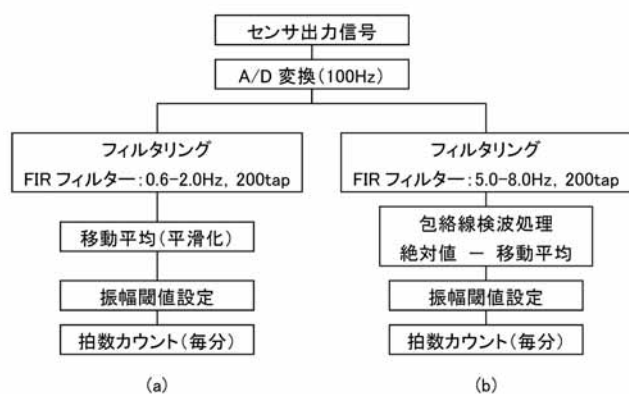


図1 センサ信号処理手法
(a)呼吸信号処理、(b)脈拍信号処理

(1) 呼吸波形処理

対象となる高齢者の正常呼吸数範囲は12～25拍/分²⁾であるため、カットオフ周波数0.1Hz および0.6Hzのバンドパスフィルタ（FIRフィルタ、タップ数：200）を用いてセンサ出力信号から呼吸信号を分離した。その後、移動平均にて平滑化し、閾値処理にて1分毎の呼吸数を算出した。

(2) 脈波波形処理

対象となる高齢者の正常脈拍数範囲は50～100拍/分³⁾であるが、この帯域は呼吸波形成分の高調波が重

畳し影響を非常に受けやすいため、脈波由来の大きいパワーを持つ高調波成分を用いた。すなわち、カットオフ周波数5.0Hzおよび8.0Hzのバンドパスフィルタ（FIRフィルタ、タップ数200）で抽出した後、絶対値化・移動平均で包絡線を求め、閾値処理にて1分毎の脈拍数を算出した。

2.3 実証実験

開発したセンサシートと信号処理手法の妥当性を検証するために、介護施設に入居する要介護者を対象とした被験者実験を行った。本実験は特別養護老人ホームみぎわ園の協力により行われた。

被験者の使用しているベッドのマットレスの下にセンサシートを設置し、A/Dコンバータ AIO-160802AY-USB（㈱コンテック製）を用いてセンサ信号をベッドの下に設置したWindowsパソコンに取り込み、3日間計測・解析した。センサシートの位置は予備実験で検討し、呼吸と脈拍の両方を最も検出しやすい胸部とした（写真2）。また最終日にパルスオキシメータ LUKLA 2800m（ユビックス㈱製）を用いて約10分間の指尖脈波の脈拍数の同時計測を行い、比較検証の際のリファレンスデータとした。なお、本実証実験は静岡県工業技術研究所研究倫理委員会の許可（工技企第163号-5）を得ており、実験前に特別養護老人ホームみぎわ園の看護師から被験者もしくは被験者の家族に対して、書面および口頭にてインフォームド・コンセントを含む所定の手続きを行い、実験計画に沿って行われた。



写真2 特別養護老人ホームでの検証実験状況
被験者のマットレス下、胸部付近にセンサシートを設置（図中黒部）

3 結果および考察

要介護者を対象として、3日間連続して在床中の被験者の呼吸数と脈拍数を計測・解析した結果を示す(図1)。このことから、ベッド上の利用者の呼吸数と脈拍数を無拘束で安定して測定・解析できることが分かる(但し離床時を除く)。また、リファレンスデータとしてパルスオキシメータを用いて同時測定した指尖脈波の脈拍数と比較してもほぼ一致した結果が得られた(図2)。呼吸数の実計測については、呼吸計測センサの取り付けが必要となり、被験者への負担が生じることから、本検証実験では行わなかったが、予備実験の結果(未掲載)では、腹部に巻いた呼吸バンドの信号をリファレンスデータとして解析した結果とおおよそ一致したことから、センサシートおよびこれを用いた呼吸数・脈拍数の計測・解析の信号処理結果の妥当性が示された。

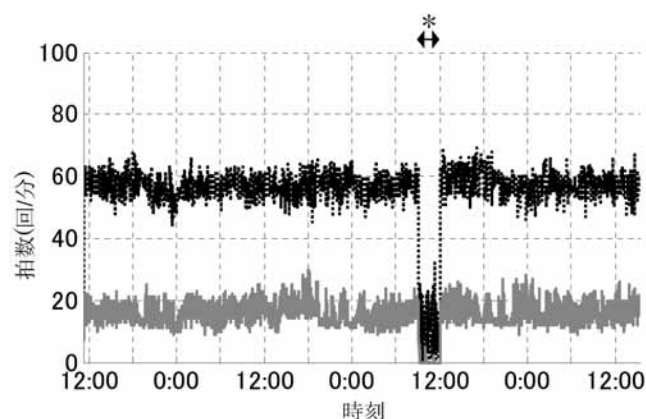


図2 呼吸数および脈拍数の計測・解析結果(3日間の呼吸数・脈拍数の推移)
但し、図中*区間のみ被験者離床
----- 脈拍数、—— 呼吸数

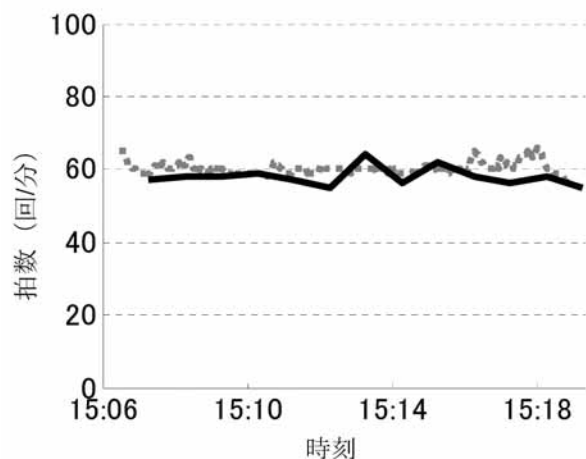


図3 脈拍数の解析結果とリファレンスとの比較
----- リファレンス(指尖脈波)
—— センサでの計測・解析結果

4 まとめ

マットレスの下に設置したセンサシートについて、被験者が介護士もしくは看護師を通じて違和感を訴えたことは無く、負荷をかけない、拘束しない、意識させないで、おおよその呼吸数・脈拍数を用いた健康状態の異変の「見守り」を行うことが可能である。

謝辞

本研究開発において、実証実験にご協力いただいた特別養護老人ホームみぎわ園の利用者様、関係者の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 武藤正樹：2025年へのロードマップ，第2版(医学通信社，東京)，pp.2-11(2014)。
- 2) 長利公児 他：呼吸，「みるみる身につくバイタルサイン」，初版(照林社)，聖マリアンナ医科大学病院看護部 編集，pp.2-34(2014)
- 3) 村瀬由佳 他：脈拍，「みるみる身につくバイタルサイン」，初版(照林社)，聖マリアンナ医科大学病院看護部 編集，pp.35-55(2014)