

ウェアフリーセンサによる高齢者見守り 支援システムの提案と部分試作

上 野 仁

第一工業大学情報電子システム工学科 〒110-0005 東京都台東区上野 7-7-4

E-mail: h.ueno@ueno.daiichi-koudai.ac.jp

A Proposal and a Partial Trial of Watching Systems for Senior Citizens by Using Wear-free Sensors

Hitoshi UENO

Tokyo-Ueno Campus, Daiichi Institute of Technology, 7-7-4 Ueno, Taito-ku, Tokyo, 110-0005 Japan

E-mail: h.ueno@ueno.daiichi-koudai.ac.jp

Abstract Proposed watching systems do not need to put sensors on the human body, for recognizing normal or abnormal status of the senior persons. Conventional wear-free watching systems use live-cameras or home-electric-appliances, but they have problems of privacy or habit dependencies. Also wearable watching systems have problems of inconvenience for users living style. Our final objective is to provide the watching system using sheet type piezoelectric sensors, which can sense even if they are lying or sitting on the floor, bed or chair. The sensor data will be sent into care management cloud systems, and if those sensors find abnormal status of care recipients, notification mail will be sent to care givers. This report shows the trial systems which have basic functions.

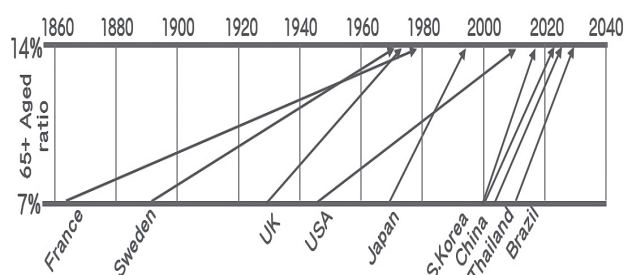
Keywords Care Information Systems, Sheet Type Piezoelectric Sensors, Cardiac, Respiration, Care Event Notification

1. はじめに

日本では高齢化の進行に伴い、一人暮らしの高齢者数が大幅に増加している(65才以上の一人暮らし世帯は88万人(1980年)から580万人(2010年)に増加^[1]。)これにともない、一人暮らしの高齢者が亡くなってから何日も気付かれない孤独死が社会問題となっている。日本の高齢者人口の増加は他国に比較して非

常に早く進行しているが、高齢化そのものは日本だけでなく、先進国各国でも問題になっており各国とも2020年頃には高齢社会(65才以上の人口が14%以上)に突入する(図1)。

高齢者人口の増加は、一人暮らし高齢者の増加をともなって進行しており、一人暮らしの高齢者を見守る情報システムの必要性がクローズアップされ、技術的には種々の提案が

図1 各国の高齢化率上昇速度^[2]

されている．例えば，住居内やベッド周辺をライブカメラで撮影し画像解析を用いて異常事態を判定したり，湯沸かしポットや冷蔵庫の使用状態をインターネット経由で監視し異常を検出したりするシステムが存在する．しかしこれらのシステムは，いずれも見守りに十分なシステムとはなっていない．前者についてはプライバシー上の課題があり，さらに映像からは生体信号が取れないという課題もある．後者については生活習慣に依存するため，対象者の生活パターンによって効果が無い場合があり，異常判定に長時間を要するという課題がある．

より直接的な手段として，腕時計型や着用型の生体信号センサを用い，常時確実な健康状態を得られる情報システムも発表されているが，日常つねに着用を義務付けることは対象者に不快感を生じさせたり，着用忘れが発生したりするという課題がある．

本研究の目的は，プライバシー侵害の恐れなく，かつ，対象者に拘束型のセンサ装着を強制する必要なしに高齢者の体調異常を検出し，通報する情報システムを提供することにある．すなわち着用を意識する必要のない「ウェアフリー生体センサ」の利用による高齢者見守り支援システムを提供することにある．介護施設内で生活する高齢者の見守りに対しても，同様に適用可能とする．

これにより，介護の人手不足を軽減するとともに，孤独死を防止したり介護施設内での異常事態発生を早期に発見したりすることが

できる．

2. 高齢者見守り支援システムの提案構成

2.1. 従来の見守り支援システム

現在，国内では多くの見守りサービスが商用化されている(表1)．高齢者を監視する方法として，(1)は電化製品，(2)(3)は日常のエネルギー消費量，(4)(5)は人感センサと拘束型スイッチ，(6)はカメラを用いている．通報方法としては(1)～(5)は電子メールやホームページでの確認機能を，(6)は異常時のオペレータからの連絡を用いている．海外でも同様に，拘束型や非拘束型の高齢者見守りシステムが商用化されている(表2)．

電化製品の利用頻度やエネルギー消費量を用いる監視方法は，監視対象の生活習慣を利用して一定のパターンから逸脱した場合に異常と見なす考え方であり，異常検出に時間を要する．また，この監視方法を長期間継続し

表1 国内の見守りシステム例

| # | システム名 | 監視方法 | 通報方法 |
|---|------------------------------|--|--------------------------|
| 1 | みまもりほっとライン i-Pot (ZOJIRUSHI) | ポット利用状況(電源, 給湯, 保温) → システムセンタ | ・1日2回, Eメール ・好きな時間に確認 |
| 2 | みまもへる (東京ガス) | 時間帯別ガス使用量 → 東京ガス24時間監視センタ | ・家族が気になるときに確認 |
| 3 | フレッツ・ミルエネ (NTT東日本) | 時間帯別使用電力量 → ミルエネセンタ | ・家族が気になるときに確認 |
| 4 | HOME ALSOK みまもりサポート (ALSOK) | トイレのドア開閉頻度, ペンダント型緊急ボタン → ALSOKサーバ | ・定期連絡メール ・異常通知メール |
| 5 | シニアセキュリティ (東急セキュリティ) | ペンダント型緊急ボタン, 通過(体温)センサによる監視 → システムセンタ | ・緊急時メール |
| 6 | みまもりたい (イーテクノロジー) | カメラで映像・音声見守り → みまもりオペレータ(人間) | ・オペレータから緊急時連絡 |

神奈川県保健福祉局ホームページ(<http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/f470004/>)より

表2 海外の見守りシステム例

| # | システム名 | 監視方法 | 通報方法 |
|---|--|-------------------------------|-----------------|
| 1 | IndependaTV (www.independa.com) | 介護支援機能つきテレビ, 緊急呼出ボタン機能装備. | ・緊急時メール |
| 2 | GrandCare Systems (www.grandcare.com) | 家屋内活動状況(椅子・ベッド使用, ドアなど)監視. | ・介護者が定期的に確認 |
| 3 | MANDOWN APP (mandownapp.com) | 常時スマホを所持, スマホのGPSで移動量を測定し監視 | ・メールで介護者に通報+音 |
| 4 | Lively Safety Watch (www.mylively.com) | 腕時計型端末で移動やドア開閉監視, 緊急呼出しボタン機能. | ・異常検出時に同社センタに通報 |
| 5 | Healthsense (healthsense.com) | 家屋内のドアやトイレなどセンサ設置. | ・異常検出時にメール |

てデータを蓄積したとしても、異常検出に関する新たな知見を発見できる可能性は小さい。カメラによる監視は、監視される人によっては心理的抵抗が大きいという問題があり、また、オペレータの目による監視は人手を要し、監視品質が一定しないという課題もある。

2.2. 見守り支援システムに関する研究

見守り支援システムに関する研究も広く進められている。たとえば、非侵襲性センサ（レーザ、人感、温湿度、ドアセンサ）の利用により位置情報や環境情報から異常行動の早期発見につなげる研究^[3]、家内に設置したカメラ画像を用い人間の周囲の物体との関係から行動を自動認識する研究^[4]、冷蔵庫やマットセンサにより生活習慣を監視する研究^[5]などが行われている。

これらの研究では異常事態の認識方法について研究が進められているが、生体の状態を直接センスしているわけではないので、監視対象者の健康状態を判定する精度には限界があると思われる。

加速度センサを搭載したウェアラブルコンピュータを監視対象者に常時装着することにより、生体信号を直接センスし、それにより対象者の健康状態を判定する研究も進められている^[6]。そのほかウェアラブルデバイスが多数商品化され、それらを使用した監視システムの開発が進むという指摘もされている^[7]。

その他、家屋の床に振動センサを埋め込むことにより、対象者の行動を監視する提案も

されている^{[8][9]}、生体信号を得るところまでは想定していない。

2.3. 提案する見守り支援システム

本研究ではシート型圧電センサを用いることにより、監視対象となる高齢者に不快感を与えることなく生体信号を取得する見守りシステムを実現することを目的とする。シート型圧電センサは微小な圧力の変動を電気信号に変換することができるセンサであり、その上に人体が存在すれば心弾動による心拍数の収集など、生体信号が取得可能となることが知られている^[10]。

本研究で提案するシステムは、高齢者が生活する空間に適当な密度でシート型圧電センサを配置し、センサで得た振動データを介護事業者等が運営する介護支援センタで分析し、異常検出時には介護担当者や家族に電子メールにて通知する構成をとる（図2）。支援センタでは個人ごとの生体信号を蓄積、分析可能とする。これをいわゆるビッグデータとして解析することにより、将来的な異常判定ノウハウの蓄積を可能とする。

シート型圧電センサの配置密度は、監視対象者が通常の生活で移動する範囲内のどこで倒れたり寝たり座ったりしても、センサのうちの1枚が必ず胴体または腰、臀部の圧力を検出可能となるよう設置する。たとえば6畳間に35cm四方で1枚の間隔で配置すると、約70枚のセンサシート配置が必要となる。

3. システムの部分試作

3.1. 試作機能の範囲

本論文で報告する試作範囲は、複数枚センサを入力する場合の信号処理機能と通報機能の部分である。今回使用したシート型圧電センサはヘルスセンシング社製の外形寸法31cm×34cmのセンサであり、PCにデータを送信するためのADコンバータと受信するための受信機で1セットとなっている（図3左）。

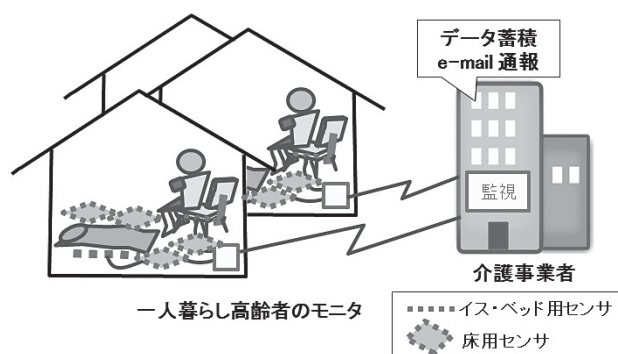


図2 提案する高齢者見守り支援システム

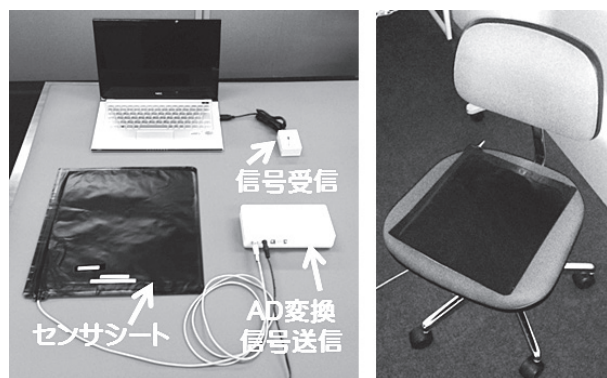


図3 センサセットの構成

椅子での信号取得では座面に敷いた状態で使用する (図3右)。

センサセットから受信した信号はセンサに加わった圧力による信号すべてであり、生体信号以外のノイズ信号を多量に含んでいる。また心拍による信号と呼吸による信号が重畳された信号となって得られる。ノイズの除去、心拍成分と呼吸成分の分離、測定結果の表示、異常検出時の通報などの機能を PC 側で実行する必要があり、これを実行するプログラム ActMon を試作した。

3.2. ActMon プログラムの処理概要

ActMon プログラムの機能は、最終目標とする介護支援システムの機能を小規模ながらも一通り実現するものとした。具体的には最大

4 個のセンサシートを入力とし、生体信号抽出、異常判定、介護者への通報機能を持つものとした。

図4に ActMon プログラムの処理概要を示す。各センサシートからはサンプリング周波数 100Hz でデータを送信し、PC の COM ポートでそれを受信する。それぞれのセンサのデータ入力タイミングは同期されていないので、非同期にデータを受信するためのスレッドを起動し、描画メインプログラムに対してリングバッファを用いてデータを渡す。メインプログラムは一定間隔でリングバッファ上に得られているデータを基に、フィルタリングや表示する心拍数、呼吸数などを計算し表示する。

また、今回の試作プログラムでは最大4枚のセンサシート接続であり床面を覆うには枚数が少なすぎる。そこで、前章の利用方法とは異なるが、センサシート1枚をベッド1台に備える利用形態を想定し、COM ポート別に異なる監視対象が存在し、異常の際には個別にメールを送信可能とする仕様とした。これは介護施設における個人別の離床、入床状況の監視に活用すると有用な機能である。

3.3. 信号フィルタリング処理

信号フィルタリング処理ではセンサシートから得た信号をデジタルフィルタアルゴリズムにより目的の信号を取得する。図5に横幅を5秒間で示す信号波形の例を示す。サンプリング周期は 100 分の 1 秒である。

1 段目の信号はシート型圧電センサから得たフィルタリング処理前の原信号波形である。原信号に対して、振幅の絶対値を求めるために上側と下側の包絡線を求め、100 分の 1 秒ごとの振幅を求め、さらに 1 階微分した波形が (A) となる。この方法により心拍信号のピーク位置が明確になるので、これに対して 0.5Hz~2.0Hz のバンドパスフィルタを通して得た心拍周期の信号波形が (B) となる。

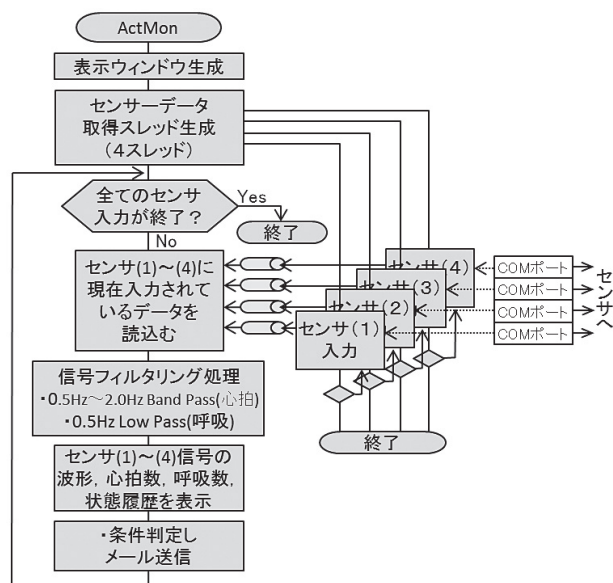


図4 ActMon プログラムの概要

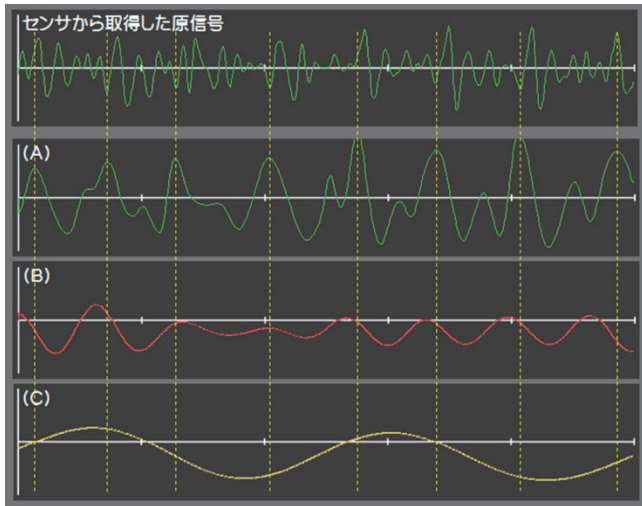


図5 フィルタリング処理

毎分の平均心拍数はこの信号の周期を計算することにより得る。

呼吸については原信号を直接 0.5Hz のローパスフィルタにかけることにより (C) のような信号波形を得ることができるので、この周期を計算して毎分の平均呼吸数を求める。

3.4. 試作プログラムの機能

ActMon プログラムは得られた生体信号から得られた状態情報の表示と、離床、入床を検出した場合のメール通知機能を持つ。

図 6 に本プログラムで表示される監視画面の例を示す(4 センサの内 1 個だけを表示)。

黒地に振動波形が表示されている領域には、シート型圧電センサから入力された振動信号、信号フィルタリングにより得た心拍周期波形

と呼吸周期波形を表示している。信号表示領域は、センサ 1 枚あたり 1 領域存在し、得られた信号を 5 秒ごとに分析し心拍と呼吸を求めた結果を右端表示欄に数字で表示している。

各ユーザ領域の左端に「メール通知」チェックボックスを設けた。これはなんらかの異常イベントを検出した際に、予め登録された介護担当者や家族にメールを自動送信する機能を有効にするか無効にするかを指定するチェックボックスである。メールアドレスは、予め構成情報ファイルに登録する。センサ信号が無信号になったときに「離床」を通知し、無信号の状態からなんらかの振動信号が再開されたときに「入床」を通知する機能を持っている。

各信号表示領域の上部に、色別のだ円形で過去の状態を簡易的に表示する履歴表示領域を設けた。1 個のだ円形が 5 秒間の状況を表しており、グレーが無信号状態（離床状態）、緑が心拍と呼吸が落ち着いた範囲にある状態、黄色が心拍または呼吸のいずれかが規定範囲外にある状態、水色が体動検出状態を示す。

センサから得られた信号は画面上部にある出力ファイル名欄に指定したファイルに記録される。このファイルは本プログラムの入力としても利用でき、オフラインで過去の監視対象者について詳しく分析することが可能である。

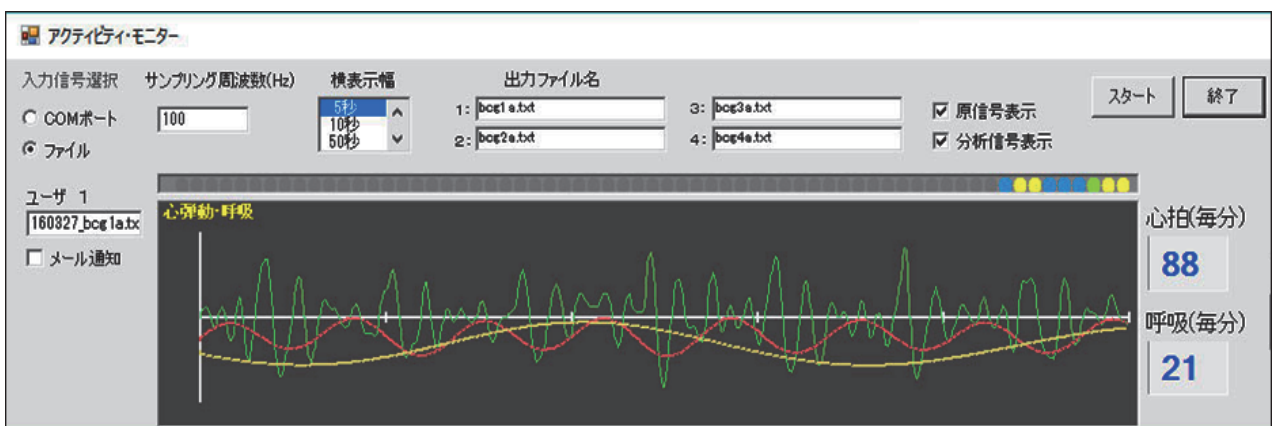


図6 ActMon プログラム使用例

4. 結果

見守り支援システムの開発を目標としてその原理実験プログラムの試作を行った。また、介護施設内で介護対象者の状態をモニタする利用形態を考慮した機能を設けた。

報告者および4名の被験者により測定試験を行ったところ、得られる信号の強弱や質は圧電センサシートに対して測定対象者がどのように接しているかで大きく異なることが分かった。また寝返りや若干の姿勢変化だけでも大きな体動信号が発生するし、生体信号検出が困難となることも分かった。

しかしながら、一定時間(10秒程度)体動がない時間帯があれば、ほぼ正しい心拍と呼吸数を算出できる。したがって毎日24時間といった長時間の測定をすれば、一定頻度で心拍数や呼吸数の正常・異常判定が可能であると考えられる。また体動発生時間帯は健康状態に問題ないと考えて良く、介護のための監視という観点からは、問題が無い状態と判断して良い。

いくつかの機能は今回の試作では開発しておらず、将来課題である。ひとつは個人ごとのデータを1ヶ月、1年というレベルで長期間に蓄積する機能であり、もうひとつは、多数のシート型圧電センサを床面に敷いた場合の、監視対象個人の追跡方法である。また、センサで検出した振動信号から呼吸と心拍信号を抽出する精度は、監視対象者がセンサ上にどのような形で乗っているかにも依存して異なってくる。多数の被験者および多様な姿勢で実験をし、精度を検証していく必要がある。

5. 今後の方針

最終的な目標は一人暮らし高齢者の見守り支援システムの開発であるが、家屋の床全面に圧電センサを敷きつめる構成はコスト的な課題が大きい。実用性が明らかになれば大量生産によるコストダウンが見込まれるが、当

面の研究では圧電センサの数が少数で済む介護施設内の監視用途向けの機能として開発を継続する。

謝辞

本研究は平成27年度の第一工業大学研究開発助成金の交付を受けて実施し、研究を進展することができました。この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 内閣府, 平成27年版高齢社会白書(全体版), pp.13-14, http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2015/zenbun/27pdf_index.html, 2015.
- [2] National Institute on Aging, National Institutes of Health, Global Health and Aging, NIH Publication no. 11-7737, October 2011.
- [3] 前川泰子, 中島智晴, 今西昇, 樋口由美, “居住空間のスマート化に向けた高齢者見守りシステム開発の取り組み,” ヒューマンケア研究学会誌, 第5巻2号, pp.51-54, 2014.
- [4] 勝手美紗, 内海ゆづ子, 黄瀬浩一, “物体と動き特徴を用いた行動認識,” 信学技報, PRMU 2011-212, pp.125-126, Feb. 2012.
- [5] 小林明夫, 沼田宗純, 目黒公郎, “平時から災害時まで利用可能な高齢者の生活習慣の遠隔見守り支援システムの研究,” 生産研究, 63巻4号, pp.465-470, 2011.
- [6] 吉田勤彦, 岸本真迪, 水野文雄, 早坂智明, 他4名, “歩行解析を核とした要介護者の見守りのためのウェアラブルシステムの開発,” 日本機械学会第19回バイオエンジニアリング講演論文集, pp.192-193, Jan. 2007.
- [7] 池田英信, “ウェアラブルサービスの市場動向,” CEATEC JAPAN 2014 シンポジウム「第5世代モバイル通信とウェアラブルデバイスが拓く新しい社会への期待とそれを支える最新技術動向」, 電子情報通信学会, https://www.ieice.org/tokyo/ceatec2014_03.pdf, Oct. 2014.
- [8] 内田泰広, 澤本潤, 杉野栄二, “加速度センサを活用した非装着型の人間の行動推定システム,” 信学技報, vol.115, no.232, pp.1-6, Sep. 2015.
- [9] 松野敬司, “タイルカーペットに埋め込まれた荷重センサの連結接続方式提案とその独居高齢者見守りシステムへの応用,” 信学技報, vol.114, no.497, pp.53-56, Mar. 2015.
- [10] 萩原健, 杉田典大, 吉澤誠, 本間経康, 阿部誠, 小原一誠, 松岡成己, 齊藤功一, 後藤厚志, “シート型微小変位センサを用いて推定した心拍数変動の信頼性評価,” 生体医工学, 52巻1号, pp.18-24, 2014.