

非拘束生体センサを用いた 高齢者見守りシステム構想の検討

上野 仁

第一工業大学 東京上野キャンパス 〒110-0005 東京都台東区上野 7-7-4
h.ueno@ueno.daiichi-koudai.ac.jp

A Study of the Elderly Watching System Concept Using an Unrestrained Biosensor

Hitoshi Ueno

Tokyo-Ueno Campus, Daiichi Institute of Technology, 7-7-4, Ueno, Taito-ku, Tokyo, 110-0005
h.ueno@ueno.daiichi-koudai.ac.jp

Abstract: We are researching an IoT system that watches over elderly people living alone, and it uses a PVDF (PolyVinylidene DiFluoride) piezoelectric sensor. In this paper, we report on the issues and research status in the overview of the watching system. In Japan, the lonely death of the elderly has become a social problem, so there are information system products that watch over the elderly, but there is no monitoring system that is unrestrained and can acquire biological signals. We propose a monitoring system that can acquire the biological signal of the subject even though it is an "unrestrained" sensor that does not require the sensor to be attached to the body of the subject's elderly. Since it does not make the elderly feel the hassle and trouble of wearing the sensor at all times, it is possible to constantly collect biological signals in situations where the person is not aware of it. The issues to realize these are described.

Keywords: Piezoelectric Sensors, PVDF, Watching System, Elderly People, Unrestrained.

1. はじめに

近年、コンピュータの小型化、インターネット機器の普及に伴いIoT技術が大きく発展してきている。我々の研究室ではPVDF (PolyVinylidene DiFluoride) 圧電センサを用いたIoTシステムとして一人暮らしの高齢者を見守るシステムの研究を継続している[1]が、本論文では見守りシステムの全体像における課題と研究状況について報告する。

日本では65才以上の高齢者が占める人口割合は28%に達しており[2]一人暮らし、または二人暮らしの高齢者が多い。このような高齢者が体調異常をきたした場合、自分自身では緊急連絡先に連絡ができない場合があり、それは孤独死となる可能性がある。現実には、高齢者とは限らないが東京23区内だけでも孤独死となって発見される事例は年間3000件近くに上る。

以上のような社会情勢から一人暮らしの高齢者を見守る情報システムの必要性が広く認識されており、既に多くの見守り製品が実現されている。技術的には大きく分けて環境監視センサ型、拘束センサ型、画像型があるが、非拘束でかつ生体信号で健康状態まで判定可能なセンサ技術はあまりない。[3][4]

本研究で目標とする高齢者見守りシステムでは対象の高齢者の体にセンサを取り付ける必要がない「非拘束」センサであるにも関わらず常時対象者の生体信号を取得することを可能とする。高齢者に対して常にセンサを装着する煩わしさや面倒さを感じさせないので、本人が意識しない状況で常時生体信号を採取することができるのである。

2. 高齢者見守りシステムの全体構成

本研究における高齢者見守りシステムの構成を示す(図1)。見守り対象となる高齢者宅のフロアやベ

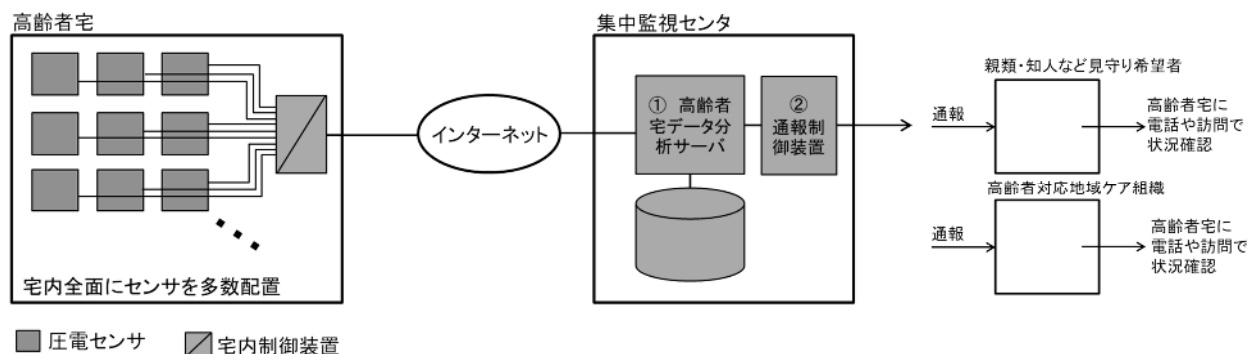


図1 高齢者見守りシステムの全体構成

ッド、椅子などにP V D F圧電センサ（サイズ 30cm × 30cm）を予め配置しておく。センサは高感度なのでカーペットの下やマットレスの下など目立たない場所に配置することができる。

センサは数 100 枚単位で配置されることになるが、各センサの信号線は 1 台の宅内制御装置に接続する必要がある。多数のセンサのうち、見守り対象者がいる場所のセンサ信号を取得してインターネットを介して集中監視センタに送信する必要があるからである。

本研究ではセンサ信号のサンプリング周波数 100 Hz でデータを収集しているが、これをそのままインターネットに送出することはトラフィックの観点から非現実的である。したがって宅内制御装置は心拍数と呼吸数またはその他の情報に要約した値を生成し集中監視センタに送信しなければならないので要約値を算出する機能を持つ必要がある。

集中監視センタは数 100 から数 1000 といった多数の高齢者宅からデータを受信し、個人ごとの測定データを蓄積する。得られた測定データに以前から蓄積されているデータの特徴と異なる特徴が現れたら異常が起きている可能性があるので詳細に分析する。

異常を検出した場合、その情報は通報制御装置に送られ、そこから親戚や地域ケア組織などの見守り

者に通報する。

3. 見守りシステムの研究課題

本研究で提案する見守りシステムを実現するためには多くの課題を解決しなければならないが、それらを三階層に分類して検討する（図2）。まず物理的な課題としてセンサや制御装置など設備層に関するものがある。つぎにセンサから得られた信号を計算する方法に関して信号処理ソフト層に関するものがある。さらには見守りビジネスとして成立させるためのサービスモデルの構築に関する課題がある。

それぞれの層における具体的な課題と検討状況を表1に示す。

設備については圧電センサの配置方式、センサ信号線の集線方式、圧電センサのコスト低減が課題である。P V D F圧電センサは比較的高価であり高齢者宅の床全面に敷き詰めるのは現在のところコスト的に現実的でない。床材やカーペット類と同等のコストにするためには現在の価格の 100 分の 1 で購入できるようにする必要がある。しかし、圧電センサの構造は比較的単純なので一般の住宅で広く使われるようになり大量生産されるようになればこの低価格化は実現可能なレベルであると考える。

一定のレベルで低コスト化が実現できたとしても、

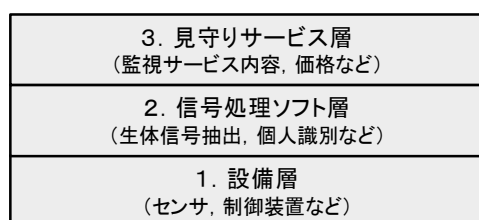


図2 見守りシステム研究課題の階層

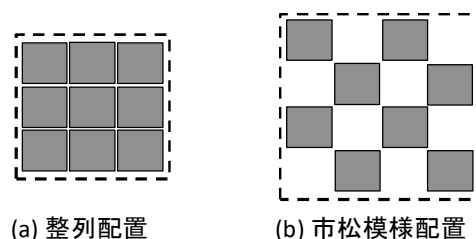


図3 圧電センサ配置方式

表1 見守りシステム研究課題の検討状況

層	研究課題	概要	着手状況
1 設備	圧電センサ配置	人間がどんな倒れ方をしても生体信号が採れ、かつセンサの敷き詰め枚数が少なくなるセンサ配置方法の研究。	数方式研究中
	センサ信号線集線	多数のセンサを宅内制御装置に接続する方法の研究。人間が載っているセンサの信号だけを制御装置が取得する。	未着手
	圧電センサコスト改善	PVDF圧電センサは高コスト。本研究の製品化にはコストを100分の1にする必要がある。住宅床材として使用することによる大量生産でコストダウンを目指す。	未着手
2 信号処理 ソフト	心拍数・呼吸数検出	PVDF圧電センサで得られる人体の振動信号から心拍数・呼吸数を計算する信号処理方法の研究。	ほぼ完成。ノイズ対策など要。
	個人識別	人体の振動信号は人によって異なる特徴を持つことが分かってきた。精度の良い特徴抽出信号処理方式の研究。	研究中。精度向上が課題。
	血圧脈波検出	人体の振動信号は動脈の振動由来なので元となる血圧脈波を計算できる可能性がある。血圧脈波を正確に再現することにより心血管系の疾患の可能性が指摘可能となる。	着手し初期解析中。
3 サービス	宅内制御装置と監視センタの処理分担	100Hzサンプリングで得た信号をすべて監視センタに送信することは監視センタにおける信号処理計算能力の観点から不可能。毎分の心拍数、呼吸数などの形で集約する必要があるが適切な集約方法の検討が必要。	未着手
	監視センタにおける異常検出	監視対象ごとに健康異常を検出する方式の研究。常時多人数の監視を行う効率的な異常検出方法の研究。	未着手
	監視センタからケア担当への異常通報	報告対象が地域のケア担当者か、見守り対象者の親族等であるのか、あるいは遠隔地の在住者かなどに依存して、異常報告のタイミング、異常時の推奨対応内容、異常検出の基準などが異なる可能性があり検討が必要である。	未着手

信号線集線の問題もあるのでできるだけセンサ枚数は少ない方が良い。そこで、圧電センサの配置方式に工夫が必要になる。例えば、図3において30cm四方の圧電センサを密着させた形で整列配置する場合(a)と市松模様状に配置する場合(b)を比較すると、一定の面積を覆うためのセンサ枚数は後者の方が半分で済むことになり効率が良い。しかし、さらに隙間を空けるように配置すると見守り対象の高齢者が倒れた場合に、大きな隙間に入ってしまった生体信号を取得できなくなる可能性がある。すなわち、人間が倒れたときに体のどこかが必ずセンサの上に載るという条件を満たす形で、できるだけセンサ間の隙間面積を大きくする配置方式を考える必要がある。

センサ信号集線方式はつぎに大きな課題である。1台の宅内制御ボックスに数100枚のセンサシートから信号を取得可能にしなければならない。概念と

して考えられる接続方式を図4に示す。もっとも単純な全接続方式(a)は配線量が多すぎるので実現性が低く、無線接続方式(b)は全シートにバッテリーを搭載する必要があり、これも実現性が低い。多数のセンサがあっても、有効な信号は監視対象者がその上に載っているセンサの信号のみであることを利用して、マトリックス接続方式(c)のような接続が考えられる。一時には1枚のセンサ信号しか取得できないが1枚ずつ順にスキャンし、有効な信号が発生しているセンサシートからだけ信号を受信する方式である。

圧電センサの信号から心拍数と呼吸数を計算する方法は静かな環境にいる場合には実用性が確保可能なレベルになっているが[5]、監視対象者がいろいろな姿勢で倒れた場合の信号や環境にノイズ振動が多い場合に関してさらに研究が必要である。

センサ信号から個人を識別する方法とは、生体から得られた振動信号をフーリエ変換し周波数スペクトルの形状の特徴から個人を特定する手法である。これについては一定の識別成果を得たが[6]実用的なレベルではないので今後も継続して研究する。これが可能になると、一人暮らしの高齢者だけでなく、

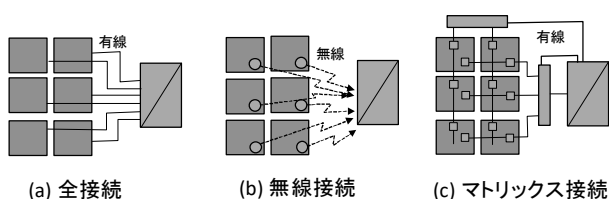


図4 信号線集線方式

家族数人で暮らしている家庭の健康状況を一人ずつ個別に監視することが可能になる。

血圧脈波検出の課題とは圧電センサで得た振動信号からリアルタイム血圧脈波の形状を推定する計算方法を見つけることである。センサから得た振動信号は動脈血管の振動から来ているが、センサはその振動信号を微分した形で検出している。したがってセンサ信号を積分してやれば血管の振動と相似形の信号形状が得られるはずである。血圧脈波を正確に検出することができれば心血管系の病気の予兆を見つけられる可能性がある[7]ので、見守りシステムの拡張機能として有効である。

4. おわりに

報告者が研究中のP V D F圧電センサを用いた高齢者見守りシステムの概要と研究課題について整理した。本研究は非拘束であるにも関わらず生体信号を取得でき監視対象者にまったく負担を与えない点が大きな特長であり、実現すれば大きく広まる技術である。しかし、解決すべき諸課題が多いので、関連技術の進展も見つつ、独自の技術を研究していく。

参考文献

- 1) 上野仁, 鐘ヶ江正巳, "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," 信学技報, MICT2015-39 (2016)
- 2) 内閣府, "令和2年版高齢社会白書(全体版)," <https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2020/html/zenbun/index.html> (2021)
- 3) 板生清, 他 36名, "ひと見守りテクノロジー," (株)エヌ・ティー・エス(2017)
- 4) 板生清監修, "クラウド時代のヘルスケアモニタリングシステム構築と応用," (株)シーエムシー出版(2012)
- 5) Hitoshi Ueno, "An Analysis for Characteristics of Bio-signal Abstracted from Piezoelectric Sensor," Proceedings of IEEE TENCON 2018 (Jeju, Korea, 28-31 Oct. 2018) pp.436-440
- 6) Hitoshi Ueno, "A Piezoelectric Sensor Signal Analysis Method for Identifying Persons Groups," Sensors 2019, 19, 733.
- 7) 村松準, 澤田海彦編, "内科学エッセンス 2 循環系/血液," 朝倉書店 (2006)