

高齢者の行動と健康を見守る ロボットシステム

A Robot Monitoring System for Elderly People's Activity and Health

矢船 資洋 (元 富山県立大学) 大島 徹 (富山県立大学)
小柳 健一 (富山県立大学) 本吉 達郎 (富山県立大学)

Motohiro YAFUNE, formerly Toyama Prefectural University
Toru OSHIMA, Toyama Prefectural University
Ken'ichi KOYANAGI, Toyama Prefectural University
Tatsuo MOTOYOSHI, Toyama Prefectural University

Abstract: In this paper, we proposed a health monitoring system for elderly people, in order to promote them to go out without anxiety or trouble of their health. The system can measure vital signs of the users without contact or wearing of sensors to monitor the user's health condition. We developed a prototype of the system, which can measure the user's heart rate and respiration rate by a microwave Doppler sensor, as well as the user's body surface temperature by a thermopile sensor. We also developed the user interface of the system, in order that elderly people can easily use the system in their daily lives without difficult operations. Using the prototype system, we verified measured values of the sensors by comparison with medical equipment and exact instruments.

Key Words: Health Monitoring, Support for Going Out, Non-Contact Sensing, Vital Signs

1. はじめに

近年、日本は著しい高齢化社会となり、今後益々その傾向は強まると予想され、様々な分野で早急な対策が望まれている [1]。特に高齢者にとって健康の維持と社会への積極的な参加は豊かで健やかな高齢期を過ごすために重要である。個々人が自分の健康状態を知りその状態に応じて社会と関わりを持ち続けていくことは、本人や家族にとって、あるいは社会にとっても、高齢期に渡る生活の安心・安全や人生の豊かさを実現する上で、その礎となり大変重要である。

高齢者が毎日の体温や血圧を記録することは健康管理上有益と考えられるが、一般医療用具・機器を用いた場合には取扱いや計測値の記録が煩わしく、視覚化や評価・診断も一般の高齢者には困難が伴う。そこで、高齢者が気軽に日々の健康状態を測定し、記録や視覚化を容易に行えて、またオンラインで評価

や診断・アドバイスを受けられるようなシステムの実現が望ましい。また、高齢者の積極的な社会への参加を促す仕組み作りも重要である。昨今、地域のイベント情報閲覧や情報交換、オンラインショッピング、その他オンラインサービスの利用などは、PC や携帯電話、その他の情報通信機器 (スマートフォン、タブレット型端末、ネットブック、ゲーム機器など) を用いて行うことが一般的となっているが、高齢者にとって特にサービスが必要であっても、操作が複雑であるなどの理由で利用が困難であったり敬遠したりする場合も未だ多くあると考えられる。高齢者にとって必要度の高い種々のネットワークサービスの利用を簡単な操作で行えるような情報端末及びネットワークシステムの実現も、高齢者が積極的に社会へ参加し、また生活で必要な支援を享受するために、今後益々重要性が増していく。

また、近年マイクロ波ドップラーセンサのような非接触セン

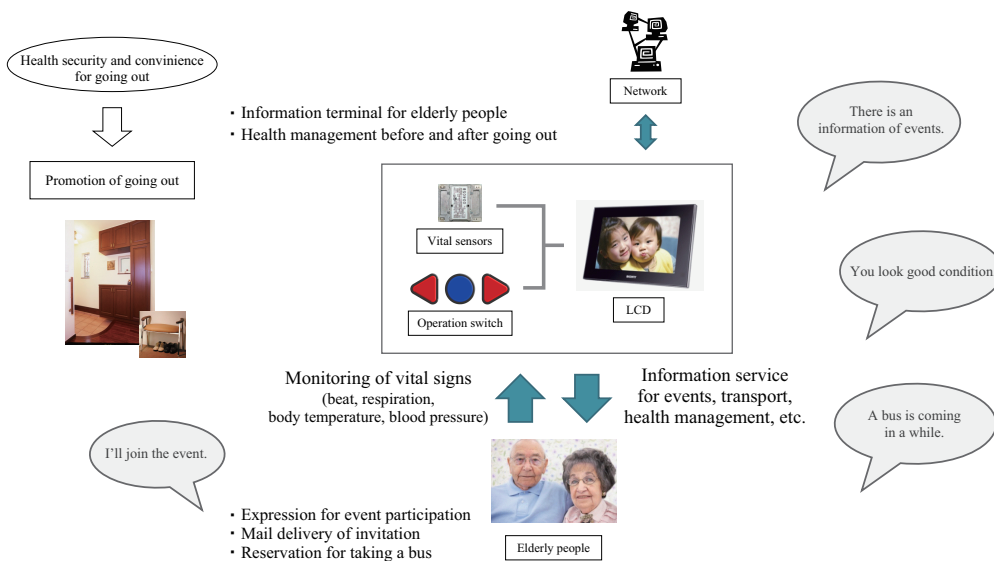


Fig. 1 Conceptual sketch of the health monitoring system for elderly people

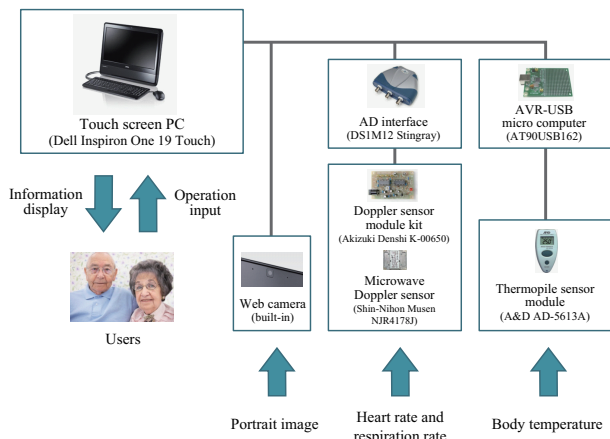


Fig. 2 System configuration

サを用いて心拍や呼吸といったバイタル情報を読み取り、対象者の健康状態を検出しようとする試みがある [2][3]。健康状態を検出する際にこのように非接触センサを用いることでユーザーが機器を利用する負担を軽減することができ、日常的に使用する機器で実現されれば利便性が向上する。

本研究では、複数の生体センサを備えて高齢者の行動と健康を見守り、また情報提供などのサービス機能も持ったネットワークロボット的な情報ネットワーク端末・システムの実現を目指す。具体的には、マイクロ波ドップラーセンサにより心拍数及び呼吸数を非接触で計測する機能、及び、サーモパイルセンサにより体表面温度を非接触で計測する機能を実現する。また、生活の中で大きな負担なく使えるように、あるいは、種々の機能の操作を容易に行えるようにインタフェースの開発も行う。

2. 高齢者見守りシステム

2-1 概要

システム概念図(コンセプトスケッチ)を Fig. 1 に示す。システムは、液晶ディスプレイ、生体センサ、操作部などを備え、ネットワークに接続されている。ユーザーの基本的な健康状態を表わす脈拍・呼吸・体温などのバイタル情報を、生体センサによって日常生活を行う中で特別な操作をすることなく自然に取得して、健康状態の記録・管理を行う。

2-2 試作システム

試作システムの構成を Fig. 2 に示す。試作システムは、タッチスクリーン PC、内蔵 Web カメラ、ドップラーセンサ、ドップラーセンサ回路、AD インタフェース、サーモパイルセンサモジュール、AVR-USB マイコンから構成されている。実際に構築した試作システムは、Fig. 3 に示すようなものである。ディスプレイ部分はタッチパネルになっており、指で触れることで画面上のボタンなどを操作できる。ディスプレイ上端には Web カメラが内蔵されており、ユーザーの様子を撮影できるようになっている。前面下部にドップラーセンサが取り付けられ、上部にサーモパイルモジュールが取り付けられている。ディスプレイに向かって座ったユーザーに対して、ドップラーセンサは胸部を向くように、サーモパイルセンサは顔面・首部・胸部付近の体表面を捉えるように設置されている。

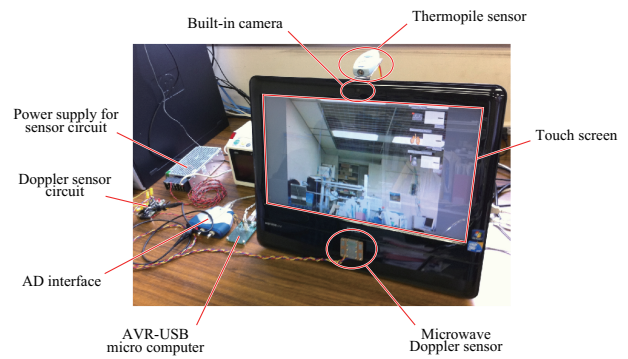


Fig. 3 The prototype system

2-3 マイクロ波ドップラーセンサ

マイクロ波ドップラーセンサとして、新日本無線社製 NJR4178J を用いた。センサ本体は W47 × H40 × D12 [mm] の大きさで、センサ前面に設けられたアンテナパッチにより 10 GHz 帯のマイクロ波を送受信し、ドップラー効果によりアンテナ照射範囲内における物体の動きを検出する。

センサ回路として、秋月電子通商社製のドップラーセンサモジュールキット K-00650 を改造して用いた。ドップラーセンサの出力は、まず AC カップリングによりセンサ回路に入力される。AC カップリングはカットオフ周波数約 0.2 [Hz] の HPF として働く。入力信号はオペアンプにより構成された 2 段の増幅器により増幅される。増幅器の入力信号及び増幅信号がオペアンプの動作電圧 0 ~ 3.5 [V] 内となるように、AC カップリングにおいて約 2 [V] のバイアスが加えられている。元の回路では 2 段の増幅器を合わせたゲインは約 10,000 であったが、心拍や呼吸の動きを検出する際に増幅された信号が動作電圧内に収まるように、2 段合わせたゲインが約 2,300 となるように抵抗値を変更して調整した。増幅された信号は、家庭用電源ノイズ (60 [Hz]) を取り除くノッチフィルタ、及び、カットオフ周波数約 53 [Hz] の LPF を通して AD インタフェースへと入力される。

2-4 サーモパイルセンサ

サーモパイルセンサモジュールとして、A&D 社製放射温度計 AD-5613A の内部モジュールを用いる。AD-5613A の内部モジュールは測定した温度を SPI 信号として出力しており、ストロベリー・リナックス社製 AVR-USB マイコンボード AT90USB162 を介してタッチスクリーン PC の USB 端子に接続されている。PC 側からは仮想 COM ポートとして認識され、AVR-USB マイコンの SPI 信号入力ポートより入力されたデータは解析処理した上でシリアル通信により PC に送られる。PC 上のアプリケーションプログラムに取り込まれる。

3. 心拍数及び呼吸数の推定

ドップラーセンサ回路からの信号は AD インタフェースにおいて AD 変換され、PC 上のアプリケーションプログラムに取り込まれる。AD 変換は 12 ビットの分解能で行われる。変換される最小ビットが 0.005 [V] に相当するモードを用い、サンプリング周期は 0.001 [sec] とした。

8,192 点の連続した計測値を用いて FFT を行って振幅スペクトルを求めた。その後、心拍数については約 0.8 ~ 1.5 [Hz] (約 48 ~ 90 [bpm]) の範囲で、呼吸数については約 0.2 ~ 0.75

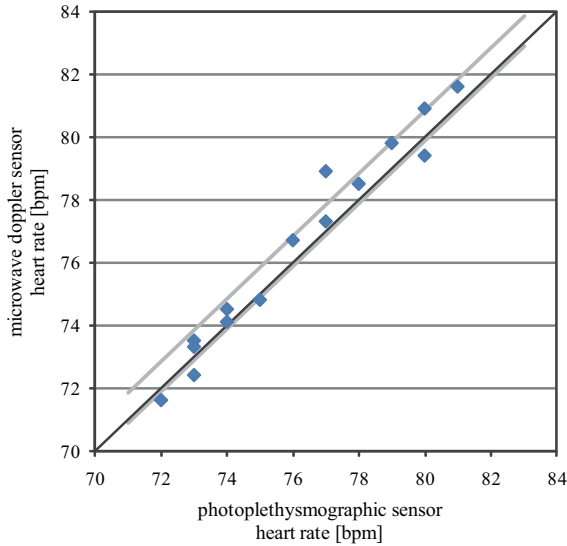


Fig. 4 Heart rate

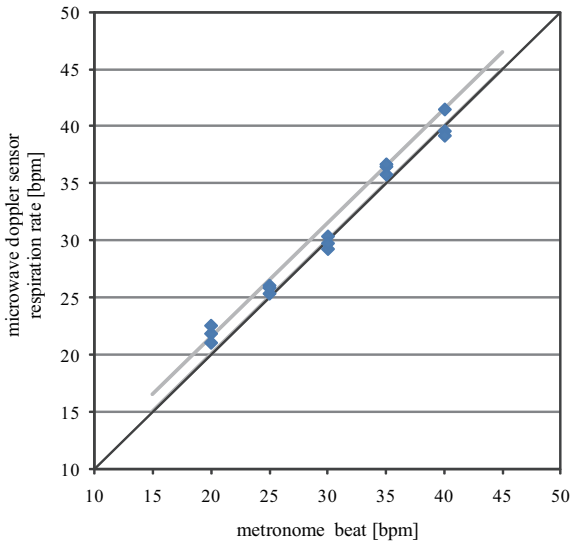


Fig. 5 Respiration rate

[Hz] (約 12 ~ 45 [bpm]) の範囲で振幅が最大となる周波数を求め、それぞれ振幅最大となる周波数のデータ 1 点とその上下の周波数のデータ 2 点を合わせた計 3 点について、振幅の対数を取って 2 次関数近似を用いてピークの推定を行い、各々のピーク周波数を心拍数と呼吸数の推定値とした。作成したプログラムにおいて、始めの計測値を求めるまでに約 8 [sec] 掛かるが、その後の計測値の更新は約 1 [sec] ごとに行えるようになっている。

4. 実験

4-1 ドップラーセンサ測定実験

ドップラーセンサの測定実験を行い、試作機に用いるドップラーセンサ信号から推定される心拍数及び呼吸数について有効性の検証を行った。被験者が試作システムに向かって座った状態で、ドップラーセンサにより心拍数と呼吸数の推定を行った。被験者は着衣のまま実験を行い、大きな体動がないように指示を行った。心拍数が正しく推定できているか評価するため

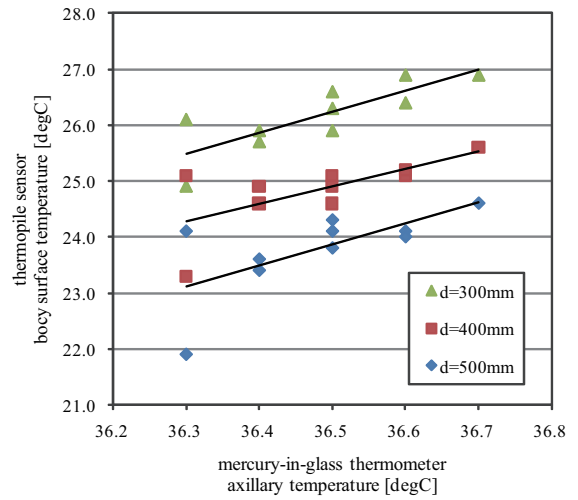


Fig. 6 Body temperature

に、A&D 社製生体情報モニタ TM-2564GP による計測値と比較した。この機器は主に病院で入院患者などのベッドサイドモニタとして用いられているものであり、ECG(心電図)、血圧、脈拍、SpO₂(動脈血酸素飽和度)を測定する機能を持つ。今回はこのうち光電式センサによる脈拍の測定機能のみを用いた。また、一定の呼吸数で呼吸を行えるように被験者にメトロノームでリズムを示して、それに合わせて呼吸を行うように指示を行った。

心拍数の測定結果を Fig. 4 に、呼吸数の測定結果を Fig. 5 に示す。心拍数および呼吸数の測定結果について相関係数を求めると、それぞれ 0.98 および 0.99 であり、平均誤差はそれぞれ 0.5[bpm]、0.8[bpm] であった。この結果から、大きな体動がない場合に、ドップラーセンサによる心拍数の推定値と生体情報モニタの計測値が近い値を示すことが確かめられた。また、一定のリズムで呼吸を行った場合に、ドップラーセンサによる推定値がリズムのテンポに近い値を示すことが確かめられた。

4-2 サーマパイルセンサ測定実験

サーモパイルセンサの測定実験を行い、試作機で用いたサーモパイルセンサにより測定される体表温度について有効性の検証を行った。サーモパイルセンサによってどの程度人間の体温を推定できるかを見るために、健康時の平熱の範囲内で水銀体温計による体温の測定値と比較を行った。測定距離を 300, 400, 500 [mm] の 3 段階に変えて測定実験を行った。

測定結果を Fig. 6 に示す。それぞれの測定距離において相関係数を求めると、300, 400, 500 [mm] のとき、それぞれ、0.81, 0.67, 0.67 であった。この結果から、300 ~ 500[mm] の測定距離においてサーモパイルセンサの測定値は平熱の範囲内で腋体温とある程度相関があるといえる。そして、測定距離が近いほど相関が強いことが分かる。また、測定距離が 300, 400, 500 [mm] のときに、近似直線による推定値の平均誤差はそれぞれ、0.07, 0.07, 0.06 [] であり、最大誤差はそれぞれ、0.22, 0.22, 0.17 [] であった。Fig. 6 を見ると、体温が低いときは測定距離によらずばらつきが大きい傾向がある。

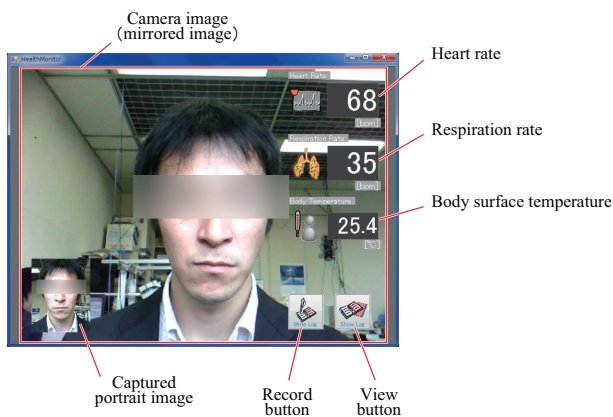


Fig. 7 The user interface of the prototype system

5. ユーザーインターフェース

試作したアプリケーションプログラムのユーザーインターフェースを Fig. 7 に示す。Web カメラより取得した画像を左右反転して大きく描画し、鏡面映像としている。機能の実装には OpenCV Ver2.1 を用いた。鏡面映像を提示するのは、外出前に身だしなみを整える用途に利用可能とすることで、そのとき同時にユーザーの健康状態を記録・チェックできるようにするためである。画面右端に上方から心拍数、呼吸数、体表温度が表示される。画面左下にはユーザーのポートレート画像がキャプチャされて表示される。ユーザーの正面顔を OpenCV の物体認識アルゴリズムにより検出して、画像のキャプチャが行われ、画面に表示される。画面右下に記録ボタンと閲覧ボタンが設けられており、記録ボタンが押された際に日付、時刻、心拍数、呼吸数、体表温度、ポートレート画像などが記録され、閲覧ボタンが押すことで一覧表示ができる。

6. おわりに

本報告では、複数の生体センサを備えて高齢者の行動と健康を見守り、また情報提供などのサービス機能も持ったネットワークロボットの情報ネットワーク端末・システムの概要について示し、試作システムを実際に製作した。試作システムに用いたドップラーセンサとサーモパイルセンサにより、心拍数、呼吸数、体温の測定が行えることを確認するために、医療用生体情報モニタ、メトロノーム、水銀体温計を用いて測定値と比較を行った。その結果、ドップラーセンサおよびサーモパイルセンサによる心拍数、呼吸数、体温の推定値は、医療用生体情報モニタ、メトロノーム、水銀体温計による真値といずれも相関が強く、高齢者の健康を日常生活の中でモニタリングする目的では有効と考えられる。また、開発した試作システムにおいては、基本的なユーザーインターフェースとして、心拍数、呼吸数、体表温度の測定・表示・記録・閲覧機能が実装されており、また、付加機能として、バイタル情報の測定時にユーザーのポートレート画像をキャプチャするカメラ機能も実装されている。

今後の課題として、複数の中高齢者などを被験対象者として心拍数、呼吸数、体温の推定値の検証をさらに行う必要がある。また、ネットワーク通信により高齢者の安否確認や、健康促進のための情報提供、地域のイベント情報の配信、オンデマンド

パスの予約などを可能として、多機能化することにより高齢者の利便性向上・外出支援と手軽な健康管理を兼ね備えた端末を実現することが望まれる。

参考文献

- [1] 内閣府：“平成 22 年版 高齢社会白書,” 佐伯印刷 (2010.7)
- [2] 武田優大, 西本哲也：“マイクロ波による自動車乗員心拍の非接触測定,” 計測自動制御学会東北支部第 232 回研究集会講演資料, 232-18 (2006.11)
- [3] 大久保和也, 西本哲也：“救急救命のための自動車搭載型心拍・呼吸測定装置の開発,” 計測自動制御学会東北支部第 253 回研究集会講演資料, 253-2 (2009.11)