

公益財団法人 セコム科学技術振興財団
研究成果報告書

研究課題名

見守りバイタルビッグデータ収集に資する非接触・無拘束型の敷布感知警報システム開発

Development of a non-contact unobtrusive sheeting sensor and alarm system
for collecting vital big data during watching over the elderly

研究期間

平成29年10月 ～ 令和4年 3月

報告年月

令和 4年11月

研究代表者

東京電機大学 工学部 電気電子工学科 教授
植野 彰規

Department of Electrical and Electronic Engineering, School of Engineering,
Tokyo Denki University, Professor
Akinori UENO

概 要

社会の高齢化に伴い病院外にて4種の生理量・行動量のモニタリングに対して需要が高まると予想される。4種の生理量・行動量は次の通りである：①血圧、②心電図、③呼吸、④離床・臥位・体動。これらの生理量・行動量を見守りバイタルと名付け、見守りバイタルを非接触・無拘束で衣類を介して計測し、かつ、計測信号の解析に基づき異常を検知した場合には警報を発報する、システムの構築を目標とした。目標達成に向け4つの研究課題を設定し、5つ目を当初課題から発展・派生した研究とした。

5研究課題は以下である：(1) 難易度の高い条件下で血圧相対値の推定を実現するための挑戦的研究、(2)見守りバイタルを非接触・無拘束・非装着で長時間・同時計測するため敷布電極とセンシング回路の技術研究、(3)ビッグデータ利用と社会実装を見据えた敷布電極のIoT化と遠隔モニタリングシステムの開発、(4)敷布感知システムにおける異常検知の要素技術研究、(5) 課題実施から発展・派生した研究。

課題(1)は、2つのサブテーマに分けた：(1)-1 踵部の脈動信号を用いた血圧相対値の推定、(1)-2 敷布の仕様変更による肩部の脈動信号強度の向上と血圧相対値の推定。課題(1)-1では、脈動到達時間と脈動振幅、心拍数を用いて平均血圧の相対値を推定する理論式の導出し、短時間実験ではあるが小さい誤差（7名平均RSMEが0.75 mmHg）で高い相関（7名平均0.96）を得ることに成功した。課題(1)-2では、脈動到達時間と心拍数を用いて、収縮期血圧の相対値に対して80s間で高い相関（7名平均0.90）を得たが、200sに延長すると低くなる（7名平均0.6）ことが判明した。

課題(2)は2つのサブテーマに分け、(2)-1を「計測原理の提案と就寝実験への適用」、(2)-2を「容量結合心電図の検出性能の向上」とした。課題(2)-1では、②心電図、③呼吸、④離床・臥位・体動を非接触同時に背部から計測可能な敷布電極と計測原理を提案し、就寝時実験（6時間、7名）において高い検出精度（心電図R波86%、T波84%、胸部呼吸82%、腹部呼吸82%、起き上がり100%、仰臥位90%、横臥位92%）を得られることを実証した。課題(2)-2では、不安定化原因のモデル解析・理論導出やドリフトグラウンド技術の導入、新しい検出初段回路の考案、雑音低減技術の導入、高感度化技術の導入などにより、心電図の検出性能を大幅に向上させた（低湿度環境下で、1.7mm厚の衣類を介在して、軽量被験者からの検出に成功）。

課題(3)は、調査・研究に基づき敷布電極および装置・システムを試作・構築し、当初目標に整合する敷布感知警報システムを開発した。

課題(4)は、(4)-1無呼吸の検知、(4)-2離床の検知と装置異常との識別、(4)-3異常心電図の検知と装置異常の検知、(4)-4異常発生時の原因候補の探索と提示、について新たな方法を研究した。

課題(5)は4つの発展・派生テーマを研究した：(5)-1容量結合方式による生体電気インピーダンスの計測、(5)-2敷布電極の重複利用による呼吸・咳嗽に関連する筋電図の容量結合計測、(5)-3枕組み込み布電極を用いた眼電図の容量結合計測、(5)-4敷布心電計の臨床観察研究。課題(5)-1では、容量結合式のインピーダンス分光を行う新たな計測原理を考案し、回路や条件を整えることで、誤差5.0%以下での未知インピーダンス推定を可能にした。課題(5)-2では、新回路の導入により、敷布電極にて心電図と咳嗽関連筋電図の非接触同時計測を実現し、7名平均で95.1%の検出精度を得た。課題(5)-3では、敷布電極の技術を枕電極に応用し、後頭部から毛髪等を介した状態で、瞬きに伴う眼電図を検出することに成功した。課題(5)-4については、敷布電極で容量結合方式にて検出される心電図から、循環器専門医の波形診断により心房細動の検知が可能であるかの検討を行っている。