

握りの圧分布により個人を特定するバイタル測定システム

大野健介^{1,a)} 三枝亮^{1,b)}

概要: 介護施設におけるバイタル測定はスタッフの主要業務のひとつであり負担軽減のため工学支援が期待される。バイタル測定を人に代わりロボットが行う試みとしてロボットアームを用いバイタル測定機器を患者へ近づけるシステムを提案する。スタッフを介さず患者-ロボット間で測定を完結させるためには患者間の測定データの取り違いを避けるための個人認証システムが必要である。本研究ではバイタル測定用ハンドルの把持動作時の手指圧力分布及びその時間変動から個人を特定する手法を提案し有用性を検証する。実験では健康成人 5 名にハンドルの把持動作を 30 回繰り返させ内 10 回分を利用し各人の標準パターンを作成する。次に残りの 20 回分と各人の標準パターンとを照らし合わせ合致率より認証精度を推測する。

キーワード: パルスオキシメータ, 圧力計測

Vital measurement system that identifies an individual by the pressure distribution of the grip

KENSUKE OHNO^{†1} RYO SAEGUSA^{†2}

Abstract: For nursing home staff, taking vitals of residents is one of the most time-consuming tasks, and it is expected to be supported by robots. In this study, we propose a system that uses a robot arm mounted on the top of the head of an autonomous mobile robot to bring the robot's vital measurement device closer to the patient. The robot calculates the three-dimensional position of the patient's proffered hand from depth sensors and image analysis, and lowers the robot arm close to the hand. A blood oxygen saturation (SpO₂) sensor and a pressure sensor are affixed to the gripping handle at the end of the robot arm, and measurements are taken while ensuring that the sensor is touching the finger. As an experiment for use in a facility, we had healthy adults take vitality measurements in four different postures (standing, end sitting (chair), end sitting (wheelchair), and long sitting (bed)), and searched for conditions in which subjects could take measurements by simply holding out their hands in a comfortable posture.

Translated with www.DeepL.com/Translator (free version)

Keywords: Pulse Oximeter, Pressure measurement

1. はじめに

医療介護現場において患者や入居者に対し健康状態把握の為にバイタルチェック（脈拍、血圧、体温、呼吸、血中酸素飽和度の測定）は欠くことのできない業務である。ある研究報告会によれば看護師が 1 日 8 時間の業務のうち約 1 時間をバイタルチェック（データ入力含む）業務に費やしているとされており、ロボットや福祉機器による業務支援や業務代替への期待が高まっている[1,2]。体温、呼吸等を非接触で計測する技術の報告[3]は散見される一方、血中酸素飽和度（Saturation percutaneous Oxygen, 以下 SpO₂）など接触を伴う計測については職員の支援が必要な場面が多く、計測行為を自動化する方法は確立されていない。

SpO₂ の計測手段として一般的に普及が進んでいる挟み込み型（透過型）のパルスオキシメータは自分自身で指先にはめ込む必要があるため、認知症等の患者には計測が難しいと考えられる。一方で反射型のパルスオキシメータは指先を接触させるだけで計測が可能であることから、計測に柔軟性を持たせることが可能である。そこで本研究では反

射型パルスオキシメータを利用して、簡易な握りこみ動作で SpO₂ が計測できるようなシステムを開発する。

2. 方法

本研究で製作した SpO₂ 計測デバイスの CAD 図面及び実機の写真を図 1、図 2 に示す。デバイスは弾性素材 TPU でできたグリップ部と ABS 樹脂でできた円筒状の組付け土台部から構成される。各部品は stratasys 社製の 3D プリンター F170 で製作した。組付け土台部の円周上には TPU グリップ部が均等に 8 つ設置され、うち示指に接触する溝 3 列分にそれぞれバイタルセンサを挿入した。またパルスオキシメータは接触圧が高すぎるとバイタルセンサ値 (SpO₂, 心拍、血圧) の算出に必要な脈波の流れが阻害され接触圧が弱すぎると脈波が検出できなくなるなど測定原理上の制約があるため、接触圧は適正值に保つことが測定精度を担保するのに必要である。したがって測定中に圧力分布をフィードバックするためにグリップ部と組付け土台の間には圧力センサを挟み込んだ。

¹ 神奈川工科大学
Kanagawa Institute of Technology
Shimoogino 1030, Atsugi, Kanagawa 243-0203, Japan
a) kensuke.ohno@syblab.org

b) ryo.saegusa@syblab.org

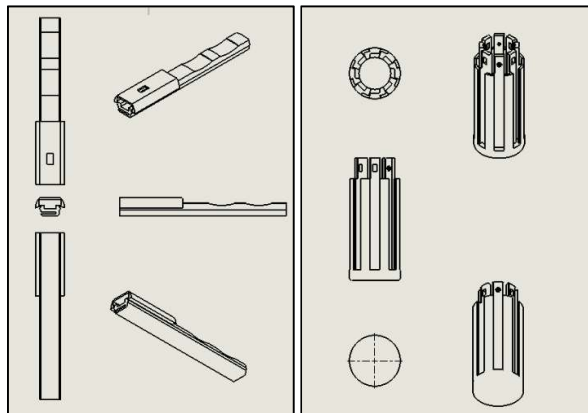


Fig.1 3D CAD drawing of Vital Handle

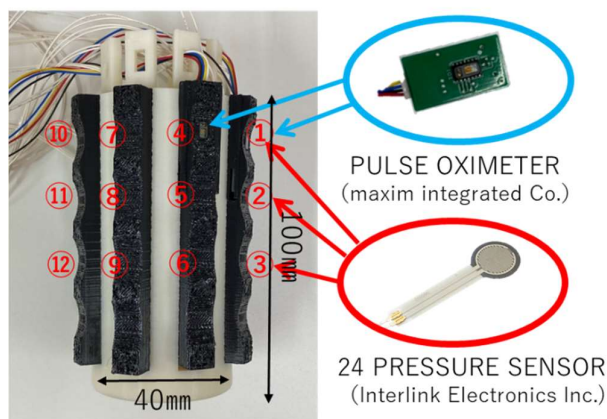


Fig.2 Detail of Vital Handle

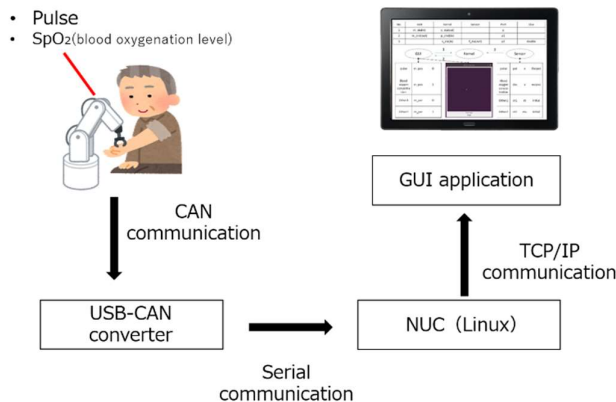


Fig.3 Process communication of the system

電送系の概要を図3に示す。配線数を少なく留めるとともに後々の拡張性を残すためにCAN通信を採用している。製作デバイスで取得された計測値はUSB-CAN変換器を介してNUC(Linux)に送信され、GUI上でリアルタイム表示される。

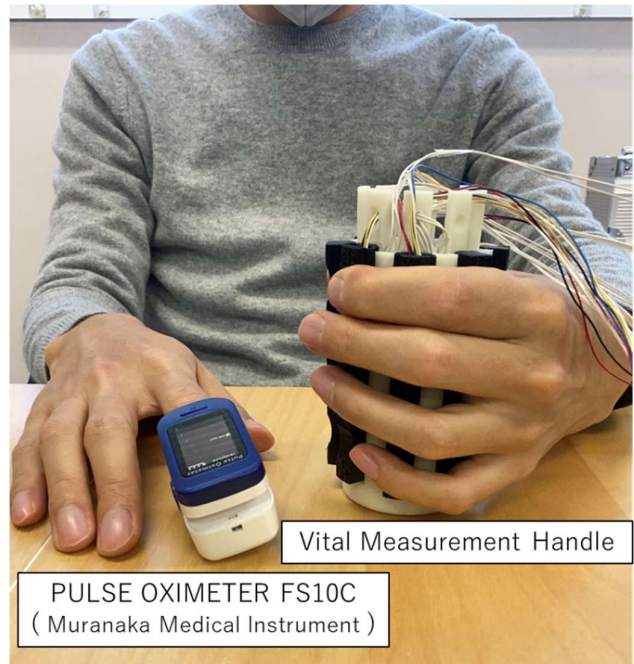


Fig.4 Experimental Scenery

製作した測定ハンドルの SpO_2 計測精度を検討する為、健康成人4名を対象とし市販品のパルスオキシメータで取得される生理計測値と比較する。計測対象は SpO_2 及び心拍とする。市販品としては村中医療器株式会社のパルスオキシメータFS10Cを使用する。被験者は左手に測定ハンドルを握り、右手の示指先端に市販品のパルスオキシメータを嵌め計測を行った。実験では90秒間息を止め、その際の SpO_2 値の変化を両測定機器で計測する。測定ハンドルでは SpO_2 とともに圧力値も測定した。測定前に圧力センサの初期値補正を行った。圧力センサのONの閾値は仕様における限界荷重をかけたときの10秒間のセンサ電圧の平均値と非荷重時のセンサ電圧の中間値とした(Fig.5)。

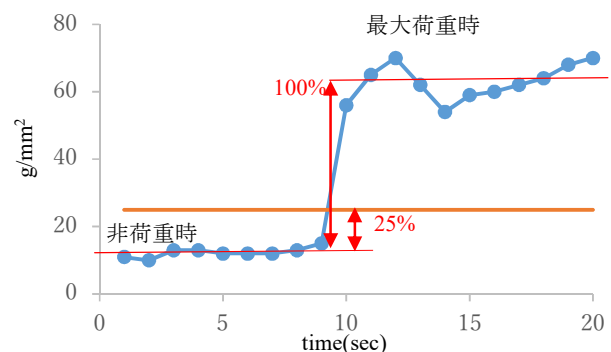


Fig.5 Pressure sensor threshold determination method

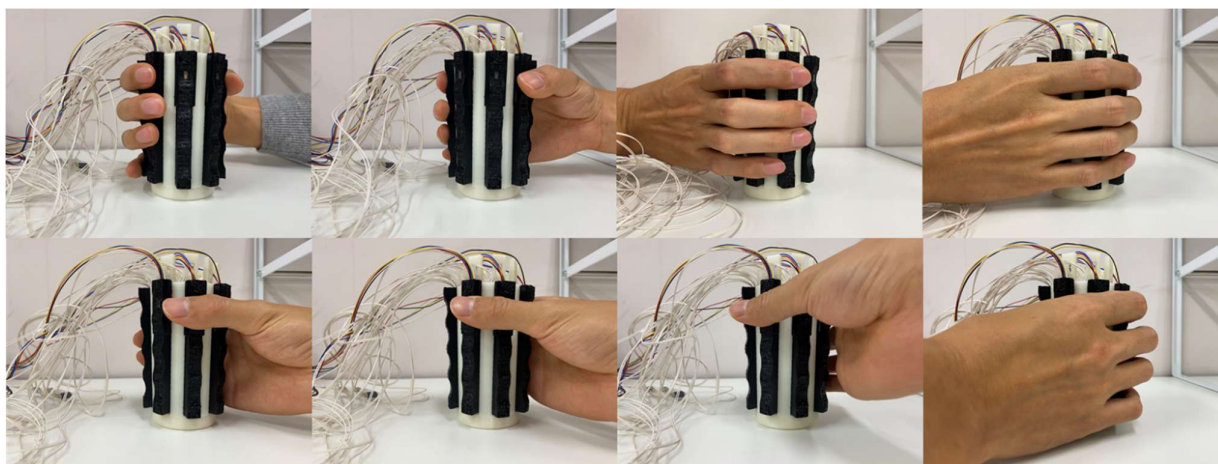


Fig.6 Combination of relative positions of handle and finger

	1	2	3	4	5	6	7	8
i			○	○	○		○	○
ii			○		○			
iii			○		○			
iv			○		○			

	1	2	3	4	5	6	7	8
i	○		○	○			○	○
ii	○						○	
iii	○						○	
iv	○						○	

	1	2	3	4	5	6	7	8
i		○	○	○		○	○	
ii		○		○				
iii		○		○				
iv		○		○				

	1	2	3	4	5	6	7	8
i		○	○			○	○	○
ii						○		○
iii						○		○
iv						○		○

	1	2	3	4	5	6	7	8
i	○	○	○		○	○		
ii	○		○					
iii	○		○					
iv	○		○					

	1	2	3	4	5	6	7	8
i	○	○			○	○	○	
ii					○		○	
iii					○		○	
iv					○		○	

	1	2	3	4	5	6	7	8
i	○	○		○	○			○
ii		○						○
iii		○						○
iv		○						○

	1	2	3	4	5	6	7	8
i	○			○	○	○		○
ii				○		○		
iii				○		○		
iv				○		○		

Table.1 Pattern of the contact part of the index finger with the SpO2 sensor and the reaction part of the pressure sensor

3. 結果

ふたつの実験を試みるなか、実験1では製作デバイスでの市販品で測定値の比較を行い、製作デバイスの有用性を検証する。もうひとつの実験2では製作デバイスを円周上での把持位置を変動させ、その際の指先でSpO₂計測値を比較する。SpO₂センサは皮膚の薄く動脈が計測できる部分であれば計測可能である。被験者は1名とし、バイタルセ

ンサに示指の第一関節から第三関節のどこかが接触することを条件として1列ずつずらしていった結果、条件に合致する計測姿勢のパターンは計8つであった。(Table.1)

第一関節、第二関節、第三関節の各々がSpO₂センサに接触しているとき、測定値が最も安定したのは第一関節であった。これはSpO₂導出に必要な脈波の検出が指先で最も安定していたためと考えられる。

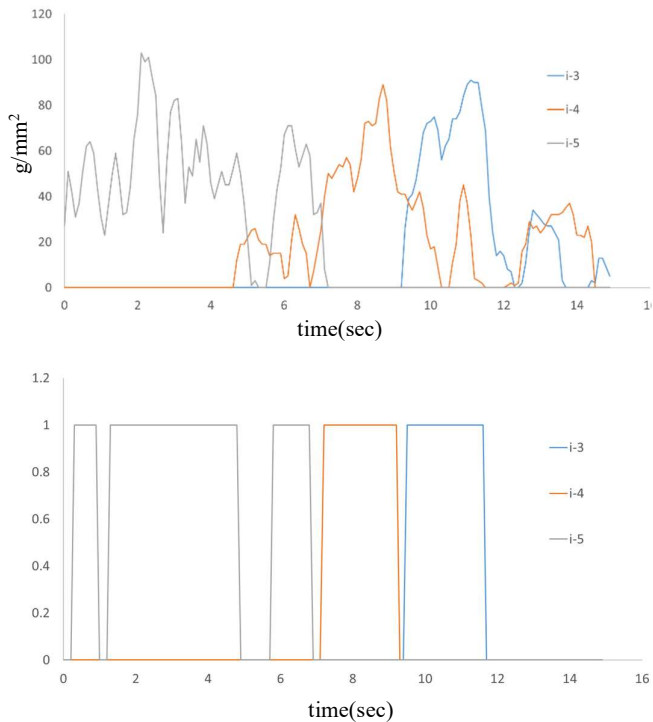


Fig.7 ON / OFF identification of pressure sensor

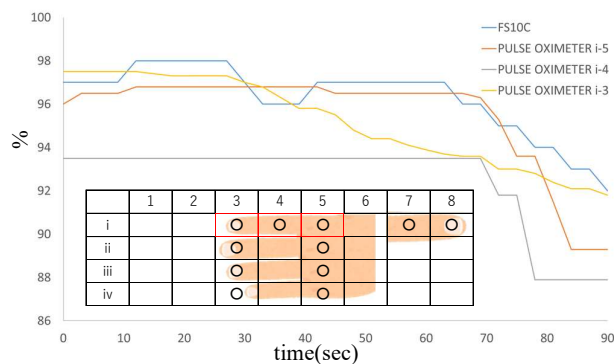


Fig.8 Compare SpO₂ with reference value

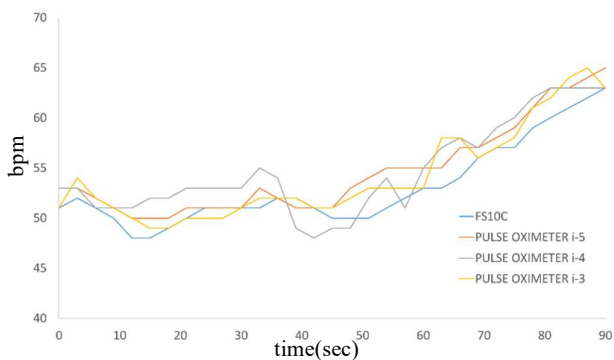


Fig.9 Compare Heart Rate with reference value

各把持パターンにおけるバイタルセンサでの取得値の時系列データを図 8 に示す。市販品 FS10C の取得値に近い値が得られたのは 3 列目と 5 列目の値であった。

市販品の波形との類似度については RMS 値で評価した。ハンドルの 3 か所のパルスオキシメータとの RMS 値はそれぞれ 3 列目 1.61、4 列目 3.92、5 列目 1.36 であった。また心拍 (以下 HR) の波形の類似度は、3 列目 1.61、4 列目 3.92、5 列目 1.36 であった。4 列目の計測値の RMS が 3、5 列目に対して低い要因としては、接触圧が不十分であったことが考えられる。

4. 考察

空間的/時間的な変動から 24bit コントローラとしての操作性が明らかになった。しかしながら人間の指は 24bit 全てのボタンを独立に操作できるほどの自由度は持たない。複雑な操作を行うには、指の動作範囲のなかで判別可能なパターン数を最大化するのが有効であると考えられる。また、この考え方は個人認証に活用できる。

5. まとめ

バイタルセンサを並べて配置することで指先の位置に依存せず SpO₂ と心拍が計測できることを確認した。今後は製作デバイスを臨床へ応用する為、製作デバイスは同研究室で所有する自律移動型ロボットへ実装した。またロボットによるバイタル計測自動化を達成するための個人認証システムについて開発する予定である。バイタル測定用ハンドルの表面に圧力センサを添付し、握る際の圧力分布の時間変動量を計測することで個人の特定を図る。個人認証の際には触ったセンサに応じて音を鳴らすことで聴覚的にフィードバックする。

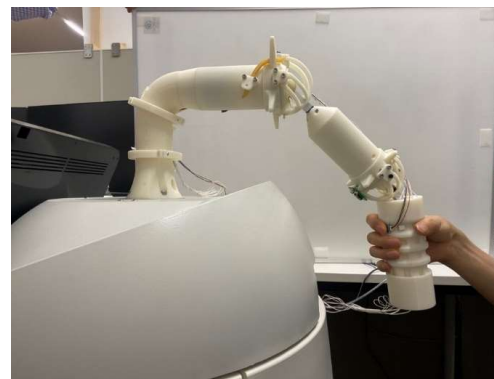


Fig.10 Measurement handle attached to the robot arm

参考文献

- [1] 山田憲嗣. 介護ロボットの現状と課題. 日本老年医学. 2015, vol. 52, pp.322-327.
- [2] 伊藤正. 医療用ロボットとアクチュエータ, 日本ロボット学会誌. 2015, vol.33, No.9, pp.677-679.
- [3] 伊藤美奈子. 看護職が行うバイタルサイン測定の実態, 聖路加看護学会. 2015, vol.19, No.1.