

令和 2 年 8 月 12 日現在

機関番号：37112

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K13024

研究課題名（和文）高温熱環境労働者の体調管理に向けた各種生体情報イヤーマニターシステムの開発研究

研究課題名（英文）Development of the Earphone-type Smart Monitor for Healthcare

研究代表者

李 知炯（Lee, Jihyoung）

福岡工業大学・情報工学部・助教

研究者番号：10735583

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：近年社会問題化している熱中症は、体調不良により自律性体温調節反応が環境に十分に対応できないことで発生し、死傷者数は年々増え続けている。“熱中症予防”を目指して、実用的なウェアラブル生体情報計測システムの開発研究を行うことを目的とする。具体的な取り組みとして、システムの開発と共に、超薄膜小型の温度センサを組み込んだイヤホンを用いて計測した外耳道内の温度差から周辺環境の温度変化に影響されない高精度の深部体温が算出できる校正法、走行中でも耳部から高精度の脈拍数が検出できる適切な受光センサの仕様について実験的に検証を行った。本研究の成果は、作業労働者の安全向上及び熱中症予防対策として期待できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

体調によって熱中症が生じる体温が異なることに注目し、より効果的な“熱中症の予防”のため「深部体温」だけでなく耳部脈波から「心拍数」を計測することが注目すべき本研究の特色である。特に、外耳道内の温度差から深部体温を校正する方法や光電容積脈波における適切な受光センサの仕様を明らかにしたことは独創的な点がある。また、本システムは“高齢者”や“運動者”、“一般市民”などの安全対策やパフォーマンス評価、自己健康管理にも利用でき、医療分野（遠隔医療や患者モニターなど）、スポーツ科学の研究分野への応用も期待され、多大な社会貢献が期待できる。

研究成果の概要（英文）：Heat stroke occurs because of high external temperatures or excessive physical exertion. The core body temperature (CBT) and heart rate (HR) monitoring using earphone in daily life can be one of the precautions to reduce the risk of heat stroke. Therefore, we developed the practical earphone system for measurable of ear-canal temperature and photoplethysmogram (PPG). First aim is to investigate the new calibration method for calculating CBT using ear-canal temperature. The calibration method based on the dual-heat-flux was derived from the surface temperature in ear-canal and temperature difference between space and surface in ear-canal as well as the ambient temperature of near ear using the developed earphone. Second aim is to investigate the suitable photodetector for high precision detection of HR derived from ear PPG using green light during motion. The signal to noise ratio and amplitude of PPG measured by difference sensitive area and sensitivity of photodetector were compared.

研究分野：生体情報計測システム

キーワード：イヤホン 深部体温 外耳道温 校正法 耳部緑光電容積脈波 脈拍数 光検出器 熱中症

## 1. 研究開始当初の背景

熱中症は、深部体温が一定基準値を超えて生じる症状のみならず、皮膚血管や汗線の調節などの自律性体温調節反応が環境に十分に対応できなかったことで生じる症状でもある。近年、職場で発生する熱中症は、炎天下や発熱体の近くで長時間にわたり作業をしなければならないこと、安全保護具を着用しなければならないこと、体調が悪いのに無理をする人がいることなどが原因となって、死傷災害が多発している。安全衛生情報センターによれば、職場における熱中症による死者数は、毎年400～500人台である。また、異常気象による日常生活でも熱中症は大きな社会問題となっている。特に、体温調節が鈍くなっている高齢者による事故も多い。厚生労働省の大臣官房統計情報部（平成27年我が国の人口動態）によれば、猛暑であった平成22年中の熱中症による死者は1,731人であり、最近5年間に毎年500名以上の人が死亡しているのが実状である。

熱中症予防対策については、暑さ指数（湿球黒球温度：WBGT；wet bulb globe temperature）の利用や自己健康管理などが勧められているが、建設業等での現場では熱中症予防のためにより効果的な解決策が望まれている。一方、暑熱作業時の作業環境が及ぼす深部体温や心拍数など生体情報の反応パターンが報告されており（S. Sawada & S. Araki, *Ind. Health*, 44(3), 2006）、作業現場において深部体温を用いた体調管理法の報告は申請者の知る限り一例のみ（T. Yamakoshi *et al.*, *Aviat. Space Environ. Med.*, 84(7), 2013）である。このように広く普及されていない理由は、生体情報計測装置の、使用に対する煩わしさ・煩雑さ、動作中計測したデータの低信頼性などがあり、作業現場における有用性に関して解決すべきの課題が残されている。

本研究では、作業環境や室外活動が多い労働者の熱中症予防を目指し、実用的なウェアラブル生体情報計測システムとしてイヤホンを用いて耳部から深部体温と脈拍数をモニタリングできる「スマートイヤホンモニターシステム」を提案し、システムの開発研究を行った。特に、システムの小型化と共に計測指標の精度を向上させるための課題を中点的に解決する。

### （1）耳での深部体温の計測法における課題

鼓膜温は、体温調節を司る視床下部に還流する内頸動脈温反映するので、深部体温の指標として成り得るとされる。しかし、動きが多い作業現場において、接触式温度センサを用いた鼓膜温計測は危険性が高く、非接触式温度センサを用いた計測は信頼性が極めて低く、センサの構造的な特徴（直径5mm以上）により装置の小型にも限界がある（李と山越, *技術情報協会*, 2017）。従って、本研究では相対的に方法が安全である接触式温度センサを用いた「外耳道温」の計測に着目した。

外耳道温は、深部体温の変化をよく追従しており、接触式温度センサである超小型のサーミスタをイヤホンや補聴器などに組み込んで日常生活での計測が可能と考えられる。一方、鼓膜温より周辺環境温から影響を受けやすいので、深部体温の絶対値として用いるために校正が必修不可欠である。校正法としては、主に使われているヒータを用いた熱補償法より、体表に接する温度と外枠の温度差から深部体温を算出する双熱流法（K. Kitamura *et al.*, *Med. Eng. Phys.*, 2010）が適切と考えられる。しかし、狭い外耳道内における温度に対する校正法は検討されて来なかった。

### （2）耳での脈拍数の計測法における課題

脈拍数（pulse rate；PR）を日常でモニタリングする技術として、緑光を用いた光電容積脈波（photoplethysmogram；PPG）計測法が注目されており、スマートウォッチなどの小型端末に適用されている。特にPPG計測技術において、緑光を光源として用いた耳部におけるPPG計測法は、動きによる波形の乱れなどの雑音が少ないし、歩行中でも高精度の脈拍数モニタリングが可能であることが報告されている（李, *技術情報協会*, 2018）。一方、耳部は指尖部と比べて相対的に血管が少ないため、生体組織に多く吸収され光源から近い範囲しか散乱・反射されない緑光に対して受光センサの特性は、PPGから得られるPRの精度に影響を及ぼす1つの要因となる。例えば、面積が狭い受光センサは測れる血管が少ないためPPGが小さいし、反応性が低い受光センサは微弱な振動である血管の脈動を検出しにくいのでPPGが小さい。しかし、耳部における緑光PPG計測法において適切な受光センサの特性については検討されて来なかった。

## 2. 研究の目的

本研究では提案した「スマートイヤホンモニターシステム」の開発を向け、日常生活中に耳部における深部体温と脈拍数を高精度で測る方法を確立させた上、イヤホンに小型の温度と光センサを組み込んだセンサモジュールを試作し、システムにおける深部体温と脈拍数の精度について評価を行った。具体的な目的としては、

### （1）イヤホンを用いて計測した外耳道温から深部体温を算出する校正法とシステムの試作

周辺の環境温による外耳道内の熱の流れと温度変動の特徴について明らかにし、双熱流法を基に外耳道温から深部体温を算出できる新たな理論式を確立させた上、試作したイヤホンを用いて計測した温度から校正法の妥当性と精度を実験的に検証する。

## (2) PPG 計測において適切な受光センサと動作中における耳部 PR の精度について検証

動作中における受光センサによる PPG の振幅と質に対して定量的な比較分析を行って、イヤホンに適切な受光センサの仕様について明らかにした上、試作したイヤホンを用いて動作中に計測した PPG から得られる PR の精度を実験的に検証する。

### 3. 研究の方法

本研究での人を対象とする実験は、被験者に十分な実験主旨説明を行った上、参加への任意性を文書および口頭にて説明し、書面にて同意を得た上で実施した。また、ヘルシンキ宣言の精神に則り、福岡工業大学の生命倫理審査委員会から承認されている。(No.2 と 4, 2018.3)

#### (1) 外耳道における熱伝導の特徴を用いた深部体温の校正法

熱が流れる原理には、「対流」と「伝導」と「放射」の3種類がある。イヤホン式外耳道温の計測法において、温度センサと周辺の断熱材が計測環境からの熱対流と熱放射を遮断している。しかし、熱伝導まで 100 % 遮断することは無理である。従って、本研究ではイヤホンに超薄膜形サーミスタ温度センサ (JT104, SEMITEC Corp.) を組み込んで、外耳道内の皮膚に温度センサを接触させて計測した表面温 ( $T_{con}$ ) と接触させず計測した空間温 ( $T_{ncon}$ ) 及びイヤホンにおける環境温 ( $T_a$ ) から熱伝導特徴を分析し、双熱流法を用いた校正法から新たな理論式を立てて実験的な検証を行った。

##### ① 38, 28, 18 °C の環境における外耳道温と鼓膜温の計測実験

成人男性 10 名に対して、38・28・18 °C に設定した温度が維持される防音室で、試作したイヤホン式温度計測システムを用いて外耳道温と環境温、及び耳タイプ体温計 (IRT6520, BRAUN) を用いて及び深部体温 ( $T_c$ ) である鼓膜温の計測を行った。また、被験者に対する環境温の影響が同じになるように、用意された作業服を着服した上、椅子に座った状態で 10 分間の環境適応後、安静状態で 1 分間の計測を 2 回実施した。

##### ② 双熱流法をイヤホン式外耳道温の計測法に適用した新たな理論式

イヤホンと耳から得られる 4 つの温度 ( $T_{con}$ ,  $T_{ncon}$ ,  $T_a$ ) を基準点とし、各基準点の間で生じる熱の損失に対しては熱抵抗 (thermal resistor; TR, ※ TR1; 生体組織の熱抵抗, TR2; 外耳道内の空気の熱抵抗, TR3・TR4・TR5; イヤホンの熱抵抗) として定義した。また、常温環境で実験的に得られた各基準点の温度値を基に、熱の流れを図 1 のように設定した上、電気回路の解析法を応用して深部体温である  $T_c$  に対して  $T_{con}$  と  $T_a$  及び計測部位による外耳道内の温度差である ( $T_{con} - T_{ncon}$ ) に関する式 (1) を求めた。

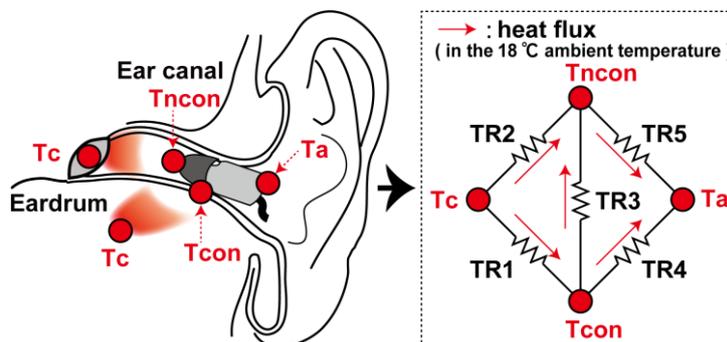


図 1. イヤホンにおける外耳道内の温度計測部位 (左) 及び常温で計測部位における熱の流れと熱抵抗を表す模式図 (右)

$$T_c = \left( \frac{1}{TR1} + \frac{1}{TR2} + \frac{1}{TR4} + \frac{1}{TR5} \right) T_{con} - \left( \frac{1}{TR4} + \frac{1}{TR5} \right) T_a - \left( \frac{1}{TR2} + \frac{1}{TR5} \right) (T_{con} - T_{ncon})$$

$$T_c = a(T_{con}) - b(T_a) - c(T_{con} - T_{ncon}) \quad \text{式 (1)}$$

式 (1) のように各熱抵抗の関係を  $a \cdot b \cdot c$  の係数として定義し、各熱抵抗値は直接的な計測ができないため、統計的な方法で近似値を求めた。

##### ③ 新たな校正法の検証実験

**in Vitro**: 円筒形黒体炉を用いて外耳道内環境の構築を行い、18~38 °C の環境温を 5 °C ずつ変化させ、黒体炉円筒の内部表面温 ( $\equiv T_{con}$ ), 空間温 ( $\equiv T_{ncon}$ ), 計測環境温 ( $T_a$ ), 及び黒体炉温 ( $\equiv T_c$ ) の計測を 10 回ずつ行った。計測した各部位における温度を校正式に代入して未知の熱抵抗の割合である  $a \cdot b \cdot c$  を算出し、校正式を用いて算出した黒体炉温と基準値である計測した黒体炉温に対して誤差分析である Bland-Altman 解析を行った。

**in Vivo**: 1 名の被験者に対して、26 °C の常温の日常生活環境で、試作したイヤホン式温度計測システムを用いて  $T_{con}$ ・ $T_{ncon}$ ・ $T_a$  及び耳タイプ体温計を用いて  $T_c$  の計測を 50 回行った。校正法を用いて算出した  $T_c$  と計測した  $T_c$  に対して誤差分析を行った。

## (2) 耳部 PPG 計測法において適切な受光センサと動作中における脈拍数の精度

受光センサの出力信号に影響を及ぼす物理的仕様には、「感度」と「面積」がある。耳周辺の血管が相対的に少ない部位における PPG 計測には面積が広い受光センサを用いるのが適切だと考えられるが、小さいイヤホンに組み込むことができる受光センサの面積は限界があり、外部からの光による雑音も増える恐れがある。一方、高感度の受光センサを用いることも対策として挙げられるが、敏感な反応によって雑音が混入しやすくなる。従って、本研究では発光センサとして緑光 LED (SMC525, Ushio Inc.) を、受光センサとして面積が異なるフォトダイオード (photodiode; PD) と高感度のフォトトランジスタ (phototransistor; PT) を用いて、イヤホンに組み込むことができ、かつ動作中に高精度の PPG 計測ができる適切な受光センサの仕様について実験的な検証を行い、適切な受光センサを組み込んだイヤホンを用いて歩行・走行中の耳部における緑 PPG 計測実験を行った。

### ① 受光センサの面積や感度による PPG の比較評価実験

成人男性 10 名に対して、停止及び水平・垂直方向の手を振る際に人差し指で PPG 計測を行った。受光センサの面積と感度に対する比較のために、1 つの PD (感度:  $0.04 \mu\text{A}$ , 面積:  $0.27 \text{ mm}^2$ , TEMD6200FX01, Vishay Inc.) を基準とし、2 つの PD を並列接続させて面積を 2 倍にしたデュアル PD 及び同じ受光面積である高感度のフォトトランジスタ (感度:  $23 \mu\text{A}$ , 面積:  $0.27 \text{ mm}^2$ , TEMD6200FX01, Vishay Inc.) を用いて PPG 計測を行った。また、定量的な比較検討を行うために、一拍ごとの PPG 振幅の平均値算出及び FFT 式周波数解析による信号 ( $0.5 \sim 5 \text{ Hz}$ ) 対雑音 ( $5 \sim 9.5 \text{ Hz}$ ) の比 (signal to noise ratio; SNR) の算出を行った。

### ② 歩行・走行中における耳部 PPG 計測実験

20 名の健常男女参加者に対して 0 (停止)・2・4 (歩行)・6・8 (走行) km/h の課題を実施し、基準である心電図から得た心拍数 (heart rate; HR) と、緑光 (波長  $525 \text{ nm}$ ) を用いた耳部における PPG から得た PR の精度について比較した。耳部における PPG は、左右の耳珠前で計測を行った。

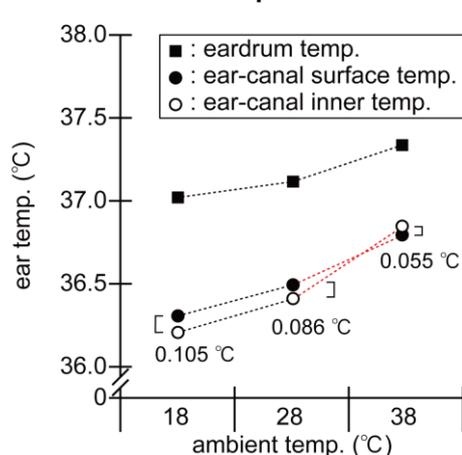
## 4. 研究成果

### (1) 環境温の変化による外耳道温と校正理論式による算出した深部体温の精度

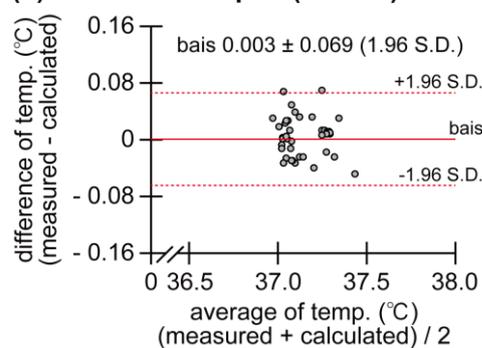
#### ① 外耳道温の計測部位における周辺温からの影響について

外耳道温である  $T_{\text{con}}$  と  $T_{\text{ncon}}$  は、鼓膜温 ( $T_c$ ) をよく追従していることが確認された (図 2 の (a))。一方、 $38 \text{ }^\circ\text{C}$  の環境温では  $T_{\text{ncon}}$  が  $T_{\text{con}}$  より  $0.055 \text{ }^\circ\text{C}$  高かったが、 $28 \text{ }^\circ\text{C}$  の環境温では  $0.086 \text{ }^\circ\text{C}$  低かった。特に、高熱環境 ( $38 \text{ }^\circ\text{C}$ ) での外耳道内の計測部位における温度変化から学術的に耳部の温度に関する一致しない見解 (環境温度の影響 (Greenleaf & Castle, *J. Appl. Physiol.*, 32(2), 1972), 顔面冷却の影響 (Morgans *et al.*, *Aviat. Space. Environ. Med.*, 52(5), 1981), 動作による影響 (Casa *et al.*, *J. Athl. Train.*, 42(3), 2007) など) の原因が示唆された。また、環境温が低くなるほど  $T_{\text{ncon}}$  と  $T_{\text{con}}$  の差が大きくなる傾向が確認された。これは外耳道内の空気と皮膚及びイヤホンの異なる熱伝導率が原因であり、外耳道内の温度差を用いて深部体温に校正できると考えられる。

(a) eardrum and ear-canal temp. for ambient temp.



(b) Bland-Altman plot (in vitro)



(c) core body temp. (in vivo)

	measured - calculated temp.
mean $\pm$ S.D.	$0.000 \pm 0.099 \text{ }^\circ\text{C}$

図 2. 周辺の温度による鼓膜温と外耳道内の温度変動 (a), 新たな校正法を用いて算出した温度と計測した温度の誤差分析: 円筒形黒体炉を用いた模擬の外耳道内の環境実験 (b), 人を対象とした外耳道内の温度計測実験 (c)

② 外耳道内の異なる熱伝導率を用いた新たな校正法と精度評価

校正式により算出した黒体温は、計測した黒体温との差が  $0.003 \pm 0.069 \text{ }^\circ\text{C}$  と小さかった (図 2 の (b)). さらに、周辺温による外耳道内温の変化特徴と同じように、黒体炉円筒内の空間温が表面温より  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  の周辺環境温では  $1.035 \text{ }^\circ\text{C}$  低く、 $38 \text{ }^\circ\text{C}$  では  $0.062 \text{ }^\circ\text{C}$  高くなる逆転現象も確認された。また、人に対する実験でも、校正式により算出した深部体温は、計測した深部体温 (鼓膜温) との差が  $0.000 \pm 0.099 \text{ }^\circ\text{C}$  と小さかった (図 2 の (c)). これらの結果から、温度差を用いて校正する本法は妥当であり、試作したイヤホンを用いて計測した外耳道温より周辺環境の温度変化に影響されなく精度が高い深部体温をモニタリングできることが示唆された。

(2) イヤホンを用いた耳部の光電容積脈波における適切な受光センサと脈拍数の精度

① 受光面積や感度による PPG の振幅と信号対雑音比について

水平と垂直動作中に計測した PPG の SNR において、比較基準であるシングル PD ( $19.36 \text{ dB}$  と  $21.79 \text{ dB}$ ) は、受光面積が 2 部広いデュアル PD ( $16.51 \text{ dB}$  と  $19.53 \text{ dB}$ ) 及び高感度の PT ( $14.12 \text{ dB}$  と  $14.19 \text{ dB}$ ) より有意に高いことが確認された (図 3 の (a)). すなわち、受光面積が小さく感度が低いほど PPG の SNR が高かった。特に、感度が良くなるほど周辺の小さな変化にも敏感に反応しており、安静時でも環境ノイズが多く混入され SNR が小さいことが確認された。一方、受光面積の増加による SNR の減少 ( $p < 0.05$ ) は、感度の増加による減少 ( $p < 0.001$ ) より小さかった。さらに、デュアル PD を用いて計測した PPG の振幅がシングル PD より 2 倍以上大きい (図 3 の (b)) ことから、PPG からの脈拍数検出において面積が広い方が有用であると考えられる。これらの結果から、日常生活中での耳部における PPG 計測において受光センサは、高感度より受光面積が適切であると考えられる。

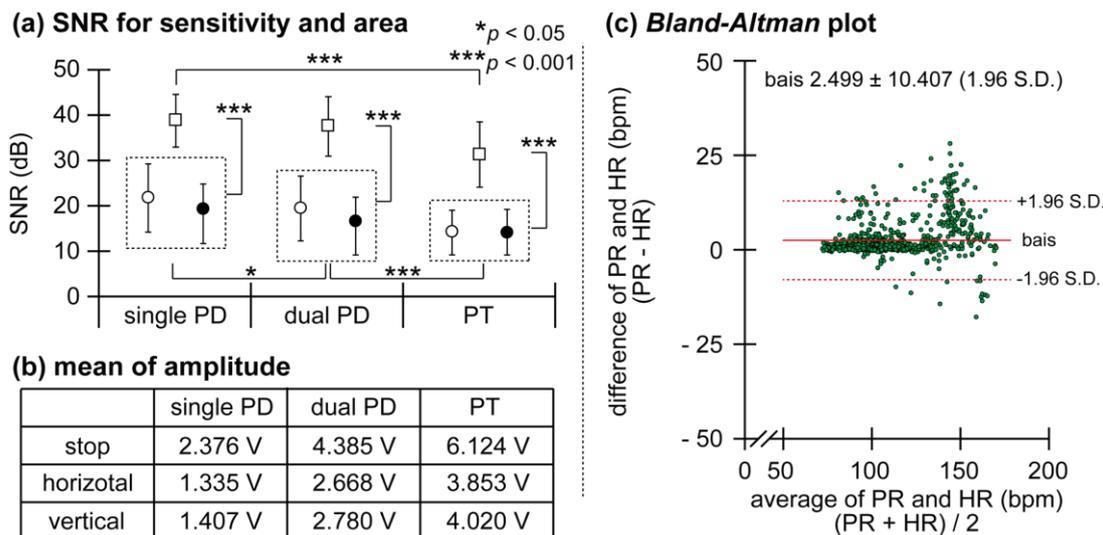


図 3. 動作中に計測した緑 PPG の受光センサによる SNR (a), 受光センサによる平均振幅 (b), 及び歩行・走行中に耳部における緑 PPG から得られる PR と HR の誤差 (c)

② 動作中で計測した耳部 PPG から得られた脈拍数の精度について

Bland-Altman plot を描いた結果、緑光を用いて耳部における PPG から得た PR と ECG から得た HR の誤差は、 $2.499 \pm 10.407 \text{ bpm}$  であった (図 3 の (c)). さらに、これらの間におけるピアソンの相関係数は、 $r = 0.979$  で強い相関関係が認められた。これらの結果により、緑光を用いた耳部における PPG 計測法は動作中でも高精度の PR モニタリングが可能であり、日常生活における実用的 PPG 計測法として利用可能性が示唆された。

5. まとめ

本研究では、動作中や周辺温が変化する実験環境下で、イヤホンを用いて高精度の深部体温と脈拍数がモニタリングできる校正法やシステムの仕様について検証を行った。試作イヤホンシステムが作業現場や日常生活における熱中症予防に有用である可能性が示唆された。

<謝辞>

実験研究にご協力頂いた山越憲一 (現在, 金沢大学・名誉教授, 昭和大学医学部・客員教授, 北海道科学大学保健医療学部・客員教授), 山越健弘 (現在, 金沢大学・非常勤講師, 株式会社メディックアルファ 研究開発部・研究開発部長 取締役), 松村健太 (現在, 富山大学・特命助教), 研究室スタッフ各位及び本研究に参加した福岡工業大学の学生諸氏に感謝したい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 草場志帆里, 李知炯, 福本悠斗, 山越健弘
2. 発表標題 受光センサの面積による緑光電容積脈波のSNRと振幅について検討
3. 学会等名 日本生体医工学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池尻 晃基, 茂村 孝太郎, 草場 志帆里, 福本 悠斗, 李 知炯, 山越 健弘
2. 発表標題 日常生活におけるイヤホン型深部体温計測システム開発研究 -サー ミスタを用いて外耳道温を計測する際に環境温が及ぼす影響について検討-
3. 学会等名 日本生体医工学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原田 敦広, 西村 拓真, 李 知炯, 草場 志帆里, 福本 悠斗, 山越 健弘
2. 発表標題 高精度長波長光電容積脈波計測システム開発研究 -指尖部における適切な圧迫圧力について基礎検討-
3. 学会等名 日本生体医工学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石崎昭太, 李知炯, 福本悠斗, 草場志帆里, 山越健弘
2. 発表標題 非接触式体調モニタリングシステム開発研究 -赤外線カメラモジュールを用いた断眠課題による顔表面温度の変化について基礎検討-
3. 学会等名 日本生体医工学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池尻 晃基, 李 知炯, 草場 志帆里, 福本 悠斗, 木原 広夢, 石崎 昭太, 山越 健弘
2. 発表標題 外耳道温を用いた深部体温算出のための 外耳道の計測位 置における温度差について検討
3. 学会等名 日本生体医工学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 草場 志帆里, 李 知炯, 福本 悠斗, 山越 健弘
2. 発表標題 動作中における受光センサの感度による緑光電容積脈波のノイズについて検討
3. 学会等名 日本生体医工学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shihori Kusaba, Jihyoung Lee, Shohei Sato, Yuto Fukumoto, Hiromu Kihara, Shogo Kabashima, Kouki Ikejiri, Syota Ishizaki, Takehiro Yamakoshi
2. 発表標題 The Suitable Sensitive Area of Photodiode: Comparison of SNR and Amplitude of Green Photoplethysmogram for Pulse Rate Monitoring
3. 学会等名 IEEE 41st International Engineering in Medicine and Biology Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuto Fukumoto, Jihyoung Lee, Yasuhiro Yamakoshi, Shihori Kusaba, Hiromu Kihara, Kouki Ikejiri, Syota Ishizaki, Takehiro Yamakoshi, Ken-ichi Yamakoshi
2. 発表標題 A Study of the PPG Amplitude for Determination of Systolic Arterial Pressure in the Finger Based on the Volume Oscillometric Method
3. 学会等名 IEEE 41st International Engineering in Medicine and Biology Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 草場志帆里, 李知炯, 甲斐智希, 福本悠斗, 阿南青冴, 原田敦広, 木原広夢, 池尻晃基, 石崎昭太, 山越健弘
2. 発表標題 動作中における脈拍数検出を目指した小型イヤホン式緑波長光電容積脈波計測システムの開発
3. 学会等名 日本生体医工学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福本悠斗, 李知炯, 草場志帆里, 木原広夢, 池尻晃基, 石崎昭太, 阿南青冴, 原田敦広, 山越健弘
2. 発表標題 日常生活でのメガネを用いた心拍数モニタを目指した頭部誘導心電図におけるノイズについて基礎検討
3. 学会等名 日本生体医工学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 樺島将吾, 李知炯, 原田一平, 古賀穂香, 橋本敦, 藤本理美, 横出瑞己, 山越健弘
2. 発表標題 飲酒運転撲滅に向けた光学的血中アルコール濃度計測の高精度化 光電容積脈波計測時の電磁波による影響
3. 学会等名 日本生体医工学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shogo Kabashima, Ippei Harada, Shihori Kusaba, Yuto Fukumoto, Jihyoung Lee, Masahiro Shibata, Takehiro Yamakoshi
2. 発表標題 Towards optical measurement of blood alcohol concentration with higher accuracy: Comparison of signal-to-noise ratio for finger photo-plethysmogram with and without electromagnetic shielding
3. 学会等名 IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 李知炯, その他62名	4. 発行年 2019年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 247-255
3. 書名 疲労のセンシングとその評価技術	

〔産業財産権〕

〔その他〕

スマートイヤーマニターシステムの開発研究 <a href="http://repository.lib.fit.ac.jp/handle/11478/1246">http://repository.lib.fit.ac.jp/handle/11478/1246</a> 指装着型ヘルススクリーニングシステム開発研究 <a href="http://repository.lib.fit.ac.jp/handle/11478/1245">http://repository.lib.fit.ac.jp/handle/11478/1245</a>
--

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----