

令和 2 年 6 月 2 日現在

機関番号：14501

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H05868

研究課題名(和文)計測精度とユーザビリティを両立する非接触生体センサーシステムの研究

研究課題名(英文)Non-contact biometric sensor system with high accuracy and usability

研究代表者

和泉 慎太郎(Izumi, Shintaro)

神戸大学・システム情報学研究科・准教授

研究者番号：60621646

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 18,400,000円

研究成果の概要(和文)：日常生活における生体信号の常時計測を実現するために、非接触心拍計測技術の研究開発を行った。容量結合型心電図計とマイクロ波ドップラーセンサを用いた心拍抽出技術を開発し、室内環境と走行中の車両内でその有効性を示した。さらに、低消費電力化のための技術としてサンプリング誤差補正アルゴリズムを提案した。これらの提案技術の応用として活動量のモニタリングに着目し、低消費電力かつ高精度な活動量センサシステムを開発してその性能を評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、新規センシング技術と階層間協調設計により非接触かつ高精度な生体センサーを携帯可能なサイズで実現する点にある。従来は心拍を得るために貼り付け型や腕時計型、あるいは衣服に埋め込んだ電極などが直接皮膚に接触する必要があったのに対し、提案センサーでは非接触で同等の計測を実現することで侵襲度を下げてユーザビリティを向上させることができる。本研究の社会的意義は、常時計測可能な生体センサーの普及により、医療や運輸のように従事者の健康が多数の人命に直結するような現場での安全管理に貢献できる。また、普及に伴って数多くの実測データが得られることで、これを活用した新たな学術的知見も期待できる。

研究成果の概要(英文)：To realize a continuous biological signal monitoring, non-contact heart beat sensing systems have been developed. A capacitively coupled Electrocardiograms sensor and a microwave Doppler sensor are studied, and they were evaluated both in the indoor and in a running vehicle environment. Furthermore, a sampling error compensation technique has been proposed to reduce these power consumption. These proposed methods are integrated to a prototype of human activity monitor system. The proposed system shows low-power consumption and high accuracy in the real environments.

研究分野：生体医工学

キーワード：ウェアラブル 生体信号処理 生体計測 ヒューマンインターフェース 非接触

## 1. 研究開始当初の背景

近年、世界的な高齢化の進展が大きな社会課題となっている。これに対して、生活習慣の改善や疾病の早期発見、医療費の増大抑制等を目的とした、ウェアラブルな生体信号計測技術が注目されている。しかし、未だ広く一般に普及するには至っておらず、予防医療を含む医療応用に用いるためにはさらに大きな壁が存在する。特に課題となっているのは以下の2点である。

- a) ユーザビリティの向上：日常的な長期間連続計測を実現するためには、ユーザーに存在を意識させない小型軽量かつ低侵襲なセンサーが必要である。
- b) 可用性と計測精度の向上：従来の医療機関における短時間の測定とは異なり、安静でない状態での計測を前提にしなければならない。また、医療応用に十分な計測精度が必要である。

基本的に課題 a)と課題 b)はトレードオフの関係にある。センサーのサイズを小さくし、かつ生体への侵襲度を下げることは信号対雑音比の低下を意味し、ノイズの影響により計測精度を維持することが難しくなる。また、バッテリーの容量が厳しく制限されるため、信号処理に使用可能な電力は極めて少なく、演算量とノイズ耐性の両立が求められる。

従来は上記の課題に対して、センサーの性能向上、回路の低消費電力化、信号処理の高精度化等の要素技術階層で「閉じた」研究開発を行っていた。例えば、生体センシング向けの超低消費電力センサー技術や、ノイズ耐性を向上させるアナログ回路技術が提案されているが、回路単独の研究では消費電力性能とノイズ耐性を同時に満たせていない。信号処理アルゴリズムでは、独立成分分析やニューラルネット、ウェーブレット解析などを用いたノイズ耐性の高いアルゴリズムが提案されているが、演算量や消費電力までは考慮されていなかった。

## 2. 研究の目的

本研究では、活動量計測やストレス推定、心疾患予測を目的とし、非接触で心拍変動と加速度を計測可能、かつ携帯可能な生体センサーを開発する。さらに、センサーデータをサーバーサイドで解析・フィードバックし、センサーを個人最適化して高精度化する手法を開発する。提案技術を用いて実環境でのフィールドテストを実施し、上記の社会課題に対する有用性を示す。

## 3. 研究の方法

上記の研究背景における課題を解決するために、技術階層間の協調を重視し、非接触心拍センシング回路の改良と、ノイズ及び個人差の影響を考慮した高精度生体信号処理を提案する。これにより非接触で心拍変動モニタリング、活動量モニタリング、ストレスモニタリングを実現可能な生体センサーを開発する。

具体的には、以下の3項目に取り組んだ。

### (1) 非接触心拍変動センシング回路とノイズ除去アルゴリズムの開発

容量結合方式、またはマイクロ波ドップラー方式を改良した計測手法を提案し、携帯可能なサイズで非接触の心拍変動センシングを実現する。これらの手法は周辺環境や体動に起因するノイズに弱いという欠点があるが、新規回路構成や加速度センサーを組み合わせることでノイズを除去する。これによって非接触での心拍変動解析を実現し、(2)で開発する活動量解析と組み合わせるとストレスモニタリングも実現できる。さらに、システムの低消費電力化と精度を両立する技術として、これらのセンサーで得られたデータからサンプリング誤差を低減するアルゴリズムを開発する。これによって低サンプリングレートでの動作が可能になり、計測データ量も削減されるのでデータ通信に必要な電力も削減できる。

### (2) 加速度と心拍変動を併用した高精度活動量解析手法の開発

加速度と心拍変動を用いた活動量、行動分析アルゴリズムを開発する。従来、これらのアルゴリズムには加速度センサーのみが用いられていた。加速度センサーをフィルター処理し、合成加速度を求め、しきい値判定によって運動強度を算出するのが一般的である。しかし、加速度センサーのみでは正確に判定できない生活行動が存在する点、及び個人差による影響を除外しきれない点が問題となり精度を低下させている。例えば、平地を歩行している場合と坂道や階段を昇っている場合とを判別できず、活動量を低く算出してしまふ、といった問題がある。そこで本研究では、加速度と心拍変動を組合せた新規アルゴリズムによりこの問題を解決する。さらに、サーバー上に蓄積された計測データを用いてセンサーの動作(フィルターパラメータ、しきい値等)を個人に合わせて最適化する手法を提案する。これによって生活行動の高精度な分類を実現し、活動量の推定精度を向上する。

### (3) デモシステム開発とフィールドテスト

提案回路と提案アルゴリズムを小型生体センサーに組み込んだデモシステムを製作し、実環境下での生体信号計測評価を行い、提案技術の有効性を示す。また、フィールドテストによって医療応用可能な精度(現在の医療向け活動量計以上の精度)が達成されることを示す。

## 4. 研究成果

研究の成果として、以下に4つの提案技術をまとめる。

(1) 容量結合型心電図計の低ノイズ化技術

従来の心電図計測は肌に電極を直接接触させる必要があるため装着がわずらわしいという問題があった。これに対して容量結合型心電図計は肌に直接電極を貼り付ける必要がなく、服の上からでも容量結合型電極を用いて心電を計測することができる。これまでにも容量結合型電極を用いた複数の手法が提案されているが、数 pF の入力容量と数 GΩ の入力インピーダンスが必要となるため、極めてノイズに弱いという課題があった。特に体動等に起因する低周波のノイズの影響が大きく、そのままでは多くの状況で信号が飽和してしまう。更にロードノイズ等の影響が大きい車載用途では対策が難しかった。

これに対して本研究では、ノイズの影響を低減するためにデジタル信号処理によるノイズ抽出と DAC を用いたフィードバック手法を提案し、車載応用に向けて可用性の高い容量結合型心電図計を実現した。図 1 と図 2 にそれぞれの機構を示す。

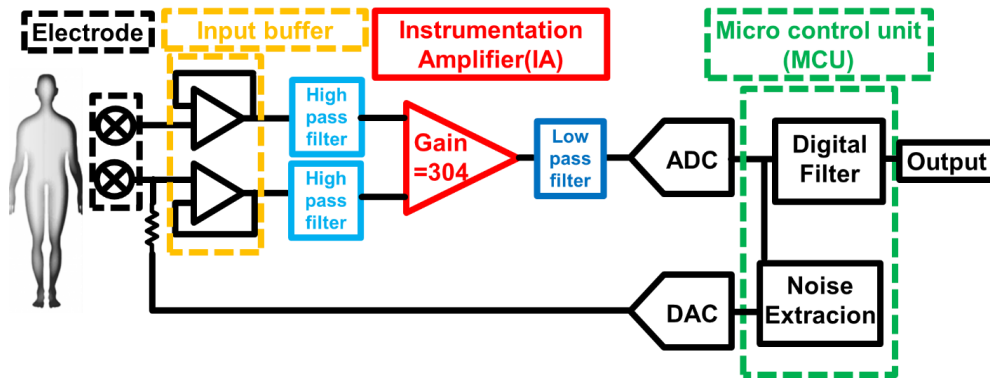


図 1 全体ブロック図

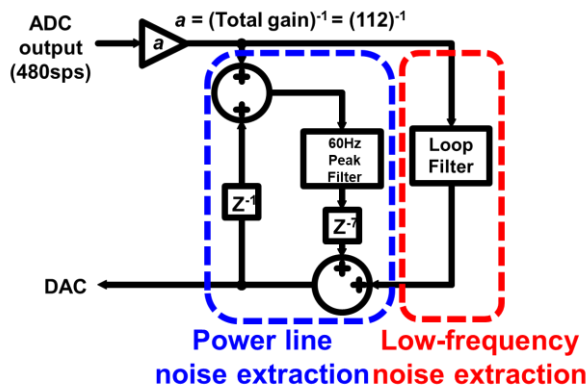


図 2 ノイズフィードバック部

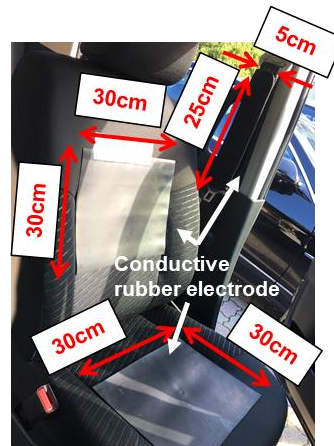


図 3 車両内でのセットアップ

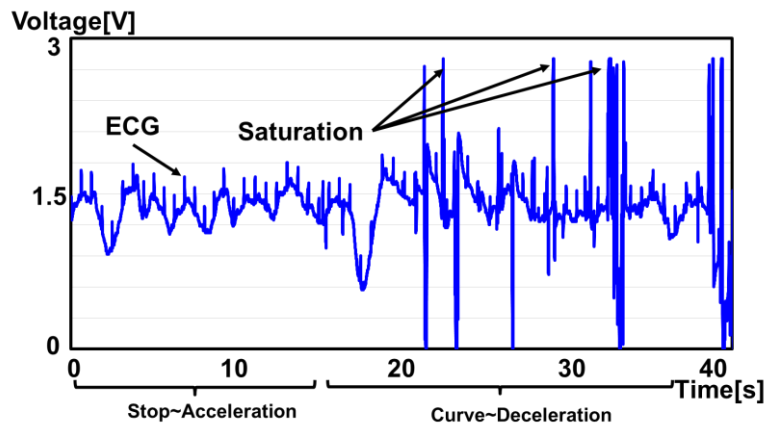


図 4 車両内での実測結果

また、車両に容量結合型心電図計を実装するために、電極の材質・構造・サイズや、シートへの実装方法について検討を行った。また、実際の車両を用いて運転中の心拍検出性能を評価した。

図 3 は車両内でのセットアップの様子を示しており、最終的に背中と臀部に導電ゴムを用いた電極を配置した。図 4 は実測結果であり、走行中も一定の精度で心電図を計測できていることがわかる。

## (2) マイクロ波ドップラーセンサを用いた心拍計測の低ノイズ化技術

人体とアンテナの結合の変化やドップラー効果を用いて、体表面に生じる微小な変位を読み取り、心拍を計測することができる。心臓の拍動により生じる身体胸部表面の微細な変位の時間間隔は、心拍間隔に相当する。本研究では体表面の変位をマイクロ波ドップラーセンサ（図 5）により計測し、瞬時心拍が計測できることを示した。

図 6 は 24 GHz マイクロ波ドップラーセンサを用いて走行中の車両内で実測した心拍の一例である。リファレンスとして心電図計を装着して同時に計測を行い比較している。心電図の R 波及び T 波から予想される心臓の拡張・収縮のタイミングにおいてドップラー波に 20~50 Hz の周波数成分を有する信号が計測されている。このとき、対象物の速度に対する反射波の周波数シフト量は、送信波の周波数に比例する。例えば 24 GHz の電波を用いる場合は、2.4 GHz の電波を用いる場合の 10 倍の周波数シフトが起こる。分解能という点では送信波の周波数が高いほど有利であるが、周波数が高いほど電波が物体を透過しなくなるため、計測対象に適した周波数帯を選択する必要がある。例えば 2.4 GHz の電波はある程度人体内まで浸透するが、24 GHz では体表面でほぼ全ての電波が反射される。それ以上の周波数帯、60 GHz 等では人体以前に衣服等による反射が無視できなくなることがわかった。

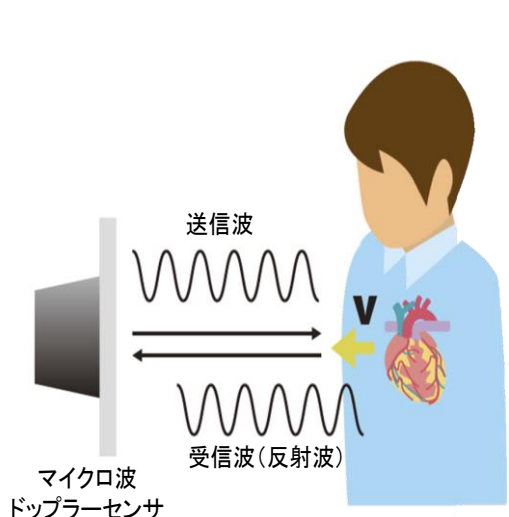


図 5 心拍の計測

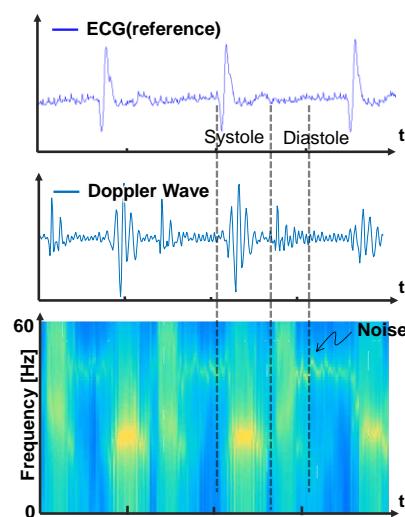


図 6 提案センサーによる実測例

図 6 下段はドップラーセンサ出力を周波数解析した結果である。100 ミリ秒以下のウィンドウ幅を用いており、FFT では分解能が得られないため、ユールウォーカー法を導入し AR モデルに基づく周波数解析を行っている。この点に新規性があり、図 6 に見られるように車体等の振動に起因するノイズが混入した状況でも、一拍ごとに心拍を分離できていることがわかる。

提案手法により、車両内での計測において平均 10 ミリ秒の心拍間隔誤差を達成できることを確認した。これは同様のドップラーセンサを用いる先行研究と比較して 63%の精度向上を示している。

## (3) サンプリングレート低減のための誤差補正アルゴリズム

前述したように、低消費電力化のためにはサンプリングレートの低減が有効だが、サンプリング誤差を増大させるという課題がある。図 7(a)に示すように、心電図に対しては本来の R ピークがわからなくなり、心拍間隔の誤差が増大してしまう。

そこで、補間と自己相関を用いた心拍間隔取得アルゴリズムを開発し、低サンプリングレートでのサンプリング誤差の影響を低減した。図 7(a)に示すように、短時間で見た場合 1 拍ごとの脈波波形は非常に類似しているため、心拍波形全体の類似性を利用することで、従来のピーク検出のみによる手法と比較して低いサンプリングレートで高精度に心拍間隔を求めることができる。図 7(b)に示すようにまず線形補間を用いて波形をアップコンバートし、図 7(c)に示すように自己相関を計算することで補正した心拍間隔を得る。この手法により、サンプリングレート 32Hz の条件下で心拍間隔誤差を 5 ミリ秒以下に削減できることを示した。

## (4) 加速度と心拍変動を併用した高精度活動量解析アルゴリズム

提案した非接触心拍抽出技術の応用として、活動量・運動強度の高精度推定に取り組んだ。

従来の活動量推定では加速度センサーの値のみを用いていた。しかし、階段登りなど一部の高負荷運動に対して精度が劣化することが知られており、これに対して加速度と心拍を併用する

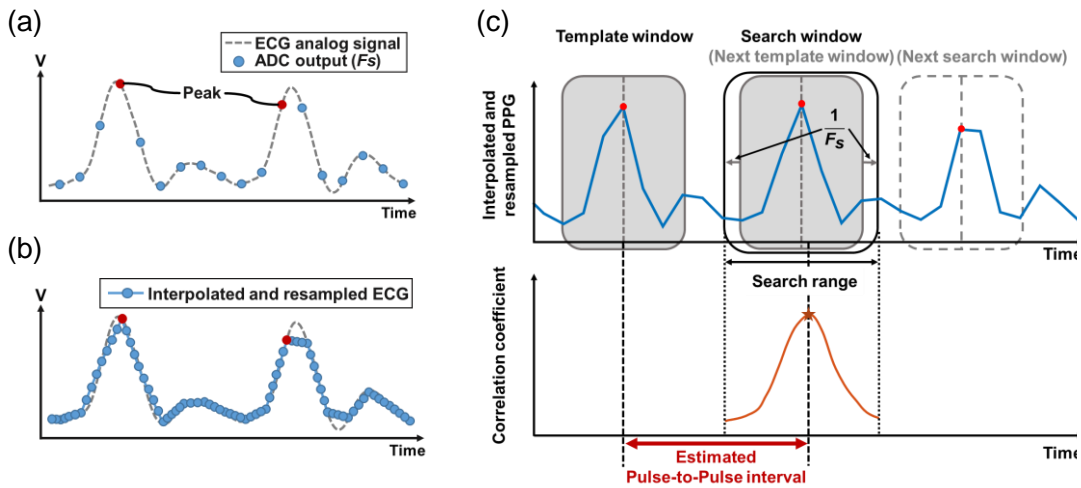


図 7 自己相関によるサンプリング誤差低減アルゴリズム

ことで精度を改善できることを示した (図 8)。さらに、従来の推定では加速度を一定のサンプリングレートで計測していたため、安静状態などで不必要に電力を消費するという課題があったが、これに対しても過去の活動量に応じて適応的にサンプリングレートを変更することで、精度の劣化を抑制しつつ消費電力を削減できることを示した。提案手法により、運動強度の指標である METs の推定誤差が実用上問題の無い 0.1METs 以下の状態で、平均サンプリングレートを 30%以上削減できた。また、提案アルゴリズムを専用ハードウェアとして実装し、実際に試作した SoC (図 9) を用いて消費電力性能を評価した (図 10)。システム全体の消費電力は 6.23 $\mu$ A となり、従来の固定サンプリングレートの手法をソフトウェア処理した場合と比較して約 75.8% の消費電力を削減できた。

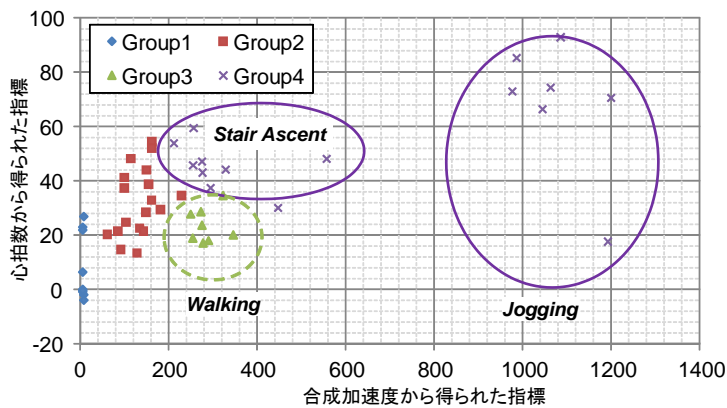


図 8 心拍と加速度の併用で活動グループを分類した結果

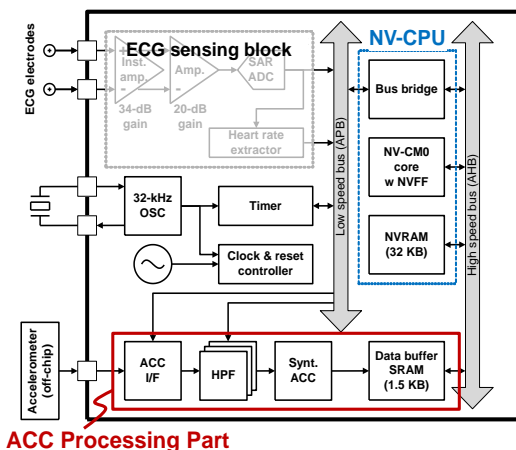


図 9 試作した SoC のブロック図

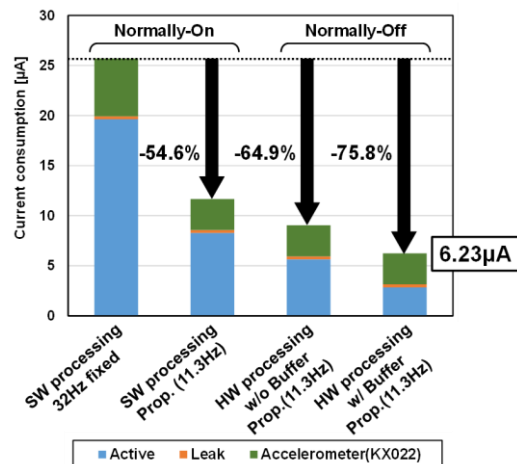


図 10 消費電力性能評価結果

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 IZUMI Shintaro, OKANO Takaaki, MATSUNAGA Daichi, KAWAGUCHI Hiroshi, YOSHIMOTO Masahiko	4. 巻 E102.B
2. 論文標題 Non-Contact Instantaneous Heart Rate Extraction System Using 24-GHz Microwave Doppler Sensor	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 1088 ~ 1096
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1587/transcom.2018HMP0007	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nakanishi Motofumi, Izumi Shintaro, Nagayoshi Sho, Kawaguchi Hiroshi, Yoshimoto Masahiko, Shiga Toshikazu, Ando Takafumi, Nakae Satoshi, Usui Chiyoko, Aoyama Tomoko, Tanaka Shigeo	4. 巻 17
2. 論文標題 Estimating metabolic equivalents for activities in daily life using acceleration and heart rate in wearable devices	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 BioMedical Engineering OnLine	6. 最初と最後の頁 100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12938-018-0532-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Okano Takaaki, Izumi Shintaro, Katsuura Takumi, Kawaguchi Hiroshi, Yoshimoto Masahiko	4. 巻 91
2. 論文標題 Multimodal Cardiovascular Information Monitor Using Piezoelectric Transducers for Wearable Healthcare	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Signal Processing Systems	6. 最初と最後の頁 1053 ~ 1062
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11265-018-1428-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 NAKANISHI Motofumi, IZUMI Shintaro, TSUKAHARA Mio, KAWAGUCHI Hiroshi, KIMURA Hiromitsu, MARUMOTO Kyoji, FUCHIKAMI Takaaki, FUJIMORI Yoshikazu, YOSHIMOTO Masahiko	4. 巻 E101.C
2. 論文標題 A 11.3- $\mu$ A Physical Activity Monitoring System Using Acceleration and Heart Rate	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Electronics	6. 最初と最後の頁 233 ~ 242
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transele.E101.C.233	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Watanabe Kento, Izumi Shintaro, Yano Yuji, Kawaguchi Hiroshi, Yoshimoto Masahiko	4. 巻 E103.B
2. 論文標題 Heartbeat Interval Error Compensation Method for Low Sampling Rates Photoplethysmography Sensors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 645 ~ 652
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1587/transcom.2019HMP0002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Watanabe Kento, Izumi Shintaro, Sasai Kana, Yano Yuji, Kawaguchi Hiroshi, Yoshimoto Masahiko	4. 巻 13
2. 論文標題 Low-Noise Photoplethysmography Sensor Using Correlated Double Sampling for Heartbeat Interval Acquisition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems	6. 最初と最後の頁 1552 ~ 1562
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TBCAS.2019.2956948	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 YOSHIMOTO Masahiko, IZUMI Shintaro	4. 巻 E102.C
2. 論文標題 Recent Progress of Biomedical Processor SoC for Wearable Healthcare Application: A Review	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Electronics	6. 最初と最後の頁 245 ~ 259
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1587/transele.2018CD10001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計24件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 14件)

1. 発表者名 Y. Nishikawa, S. Izumi, Y. Yano, H. Kawaguchi, M. Yoshimoto
2. 発表標題 Sampling Rate Reduction for Wearable Heart Rate Variability Monitoring
3. 学会等名 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Watanabe, S. Izumi, Y. Yano, H. Kawaguchi, M. Yoshimoto
2. 発表標題 A 5-ms Error, 22-uA Photoplethysmography Sensor using Current Integration Circuit and Correlated Double Sampling
3. 学会等名 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡辺 健斗, 和泉 慎太郎, 矢野 祐二, 川口 博, 吉本雅彦
2. 発表標題 光電式容積脈波法による脈拍測定の低消費電力化手法
3. 学会等名 電子情報通信学会MICT研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西河 有貴, 和泉 慎太郎, 矢野 祐二, 川口 博, 吉本 雅彦
2. 発表標題 ウェアラブルデバイスのための心拍変動モニタリングにおけるサンプリングレート低減手法
3. 学会等名 第35回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Nakanishi, S. Izumi, M. Tsukahara, H. Kawaguchi, M. Yoshimoto
2. 発表標題 A Metabolic Equivalents Estimation Algorithm using Triaxial Accelerometer and Adaptive Sampling for Wearable Devices
3. 学会等名 IEEE Life Sciences Conference (LSC) (国際学会)
4. 発表年 2017年



1 . 発表者名 Y. Nagasato, S. Izumi, H. Kawaguchi, and M. Yoshimoto
2 . 発表標題 Capacitively Coupled ECG Sensor System with Digitally Assisted Noise Cancellation for Wearable Application
3 . 学会等名 IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 T. Okano, S. Izumi, H. Kawaguchi, and M. Yoshimoto
2 . 発表標題 Non-Contact Biometric Identification and Authentication Using Microwave Doppler Sensor
3 . 学会等名 IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 T. Katsuura, S. Izumi, S. Yoshimoto, T. Sekitani, M. Yoshimoto, and H. Kawaguchi
2 . 発表標題 Wearable Pulse Wave Velocity Sensor Using Flexible Piezoelectric Film Array
3 . 学会等名 IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 T. Okano, S. Izumi, T. Katsuura, H. Kawaguchi, and M. Yoshimoto
2 . 発表標題 Multimodal Cardiovascular Information Monitor using Piezoelectric Transducers for Wearable Healthcare
3 . 学会等名 IEEE Workshop on Signal Processing Systems (SiPS) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Izumi, D. Matsunaga, R. Nakamura, H. Kawaguchi, and M. Yoshimoto
2. 発表標題 A Contact-Less Heart Rate Sensor System for Driver Health Monitoring
3. 学会等名 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 和泉 慎太郎
2. 発表標題 ウェアラブル生体情報計測における計測精度とユーザビリティの向上
3. 学会等名 電子情報通信学会MICT研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡野 孝昭, 和泉 慎太郎, 川口 博, 吉本 雅彦
2. 発表標題 マイクロ波ドップラーセンサを用いた非接触生体認証
3. 学会等名 電子情報通信学会MICT研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡野 孝昭, 和泉 慎太郎, 勝浦 巧, 川口 博, 吉本 雅彦
2. 発表標題 ウェアラブルデバイスのための圧電素子を用いたマルチモーダルな心血管情報の計測
3. 学会等名 第34回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 永里 佑樹, 和泉 慎太郎, 川口 博, 吉本 雅彦
2. 発表標題 ノイズフィードバック技術を用いたウェアラブル向け容量結合型心電センサ
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Tsukahara, S. Izumi, M. Nakanishi, H. Kawaguchi, H. Kimura, K. Marumoto, T. Fuchikami, Y. Fujimori, and M. Yoshimoto
2. 発表標題 A 19- $\mu$ A Metabolic Equivalents Monitoring SoC Using Adaptive Sampling
3. 学会等名 IEEE ASP-DAC 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Tsukahara, S. Izumi, M. Nakanishi, H. Kawaguchi, H. Kimura, K. Marumoto, T. Fuchikami, Y. Fujimori, and M. Yoshimoto
2. 発表標題 A 15-uA Metabolic Equivalents Monitoring System using Adaptive Acceleration Sampling and Normally Off Computing
3. 学会等名 IEEE ICECS 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 D. Matsunaga, S. Izumi, H. Kawaguchi and M. Yoshimto
2. 発表標題 Non-contact instantaneous heart rate monitoring using microwave Doppler sensor and time-frequency domain analysis
3. 学会等名 IEEE BIBE 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Y. Tanaka, S. Izumi, Y. Kawamoto, H. Kawaguchi, and M. Yoshimoto
2. 発表標題 Adaptive Noise Cancellation Method for Capacitively Coupled ECG Sensor Using Single Insulated Electrode
3. 学会等名 IEEE BioCAS 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 M. Tsukahara, M. Nakanishi, S. Izumi, Y. Nakai, H. Kawaguchi, and M. Yoshimoto
2. 発表標題 Low-Power Metabolic Equivalent Estimation Algorithm Using Adaptive Acceleration Sampling
3. 学会等名 IEEE EMBC 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 松永 大地, 和泉 慎太郎, 川口 博, 吉本 雅彦
2. 発表標題 マイクロ波ドップラーセンサを用いた車両走行中の心拍計測手法
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 和泉 慎太郎
2. 発表標題 日常生活の常時モニタリングを実現する生体情報計測技術
3. 学会等名 第33回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 塚原 美緒, 中西 基文, 和泉 慎太郎, 中井 陽三郎, 川口 博, 吉本 雅彦
2. 発表標題 加速度センサを用いた低消費電力運動強度推定アルゴリズム
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 塚原 美緒, 中西 基文, 和泉 慎太郎, 中井 陽三郎, 川口 博, 吉本 雅彦
2. 発表標題 加速度センサを用いた低消費電力運動強度推定アルゴリズム
3. 学会等名 電気学会C部門大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 S. Yoshida, S. Izumi, Y. Nishikawa, K. Watanabe, K. Sasai, Y. Yano, H. Kawaguchi, and M. Yoshimoto
2. 発表標題 A Heartbeat Interval Error Compensation Method Using Multiple Linear Regression for Photoplethysmography Sensors
3. 学会等名 IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 和泉 慎太郎	4. 発行年 2017年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 8
3. 書名 ヘルスケア・ウェアラブルデバイスの開発 第6章第1節 ウェアラブル生体センサ	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

## 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
--	---------------------------	-----------------------	----