

令和 6 年 6 月 8 日現在

機関番号：17201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K12899

研究課題名（和文）在宅医療および予防医療に用いる生体インピーダンス法による生体計測の確立とその応用

研究課題名（英文）Application of bio-measurement by bio-impedance method for home care and preventive medicine

研究代表者

深井 澄夫（FUKAI, Sumio）

佐賀大学・理工学部・客員研究員

研究者番号：30189906

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：研究期間初期から、コロナ禍の影響を受け大幅な計画変更を促された。当初計画を基に目標を修正した。集積回路向きの回路に部品点数を削減した計測回路部を再設計し、動作を検証した。両電源回路からモバイル単電源回路へ再設計し、動作を検証した。単電源化と同時に、安定化と低雑音化に必要な信号に対する仮想電源グラウンドの最適化の検討を行った。信号の種類や大小による信号抽出・判別回路に対応して2種類の回路を設計した。上記の評価を基に専用プリント基板を設計し生体インピーダンス計測装置の設計・試作を実施した。コロナ禍により、設計した装置を評価するための計測データ収集が研究期間内には実施できなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

電気インピーダンス法を用いた生体計測への応用を示した。携帯型生体計測の精度を上げるための方法として低雑音化、小型化するために低電圧単電源化の設計に焦点を当て検討している。性能向上のため、信号抽出回路に高精度全波整流回路とピークホールド回路の2方法を提案して検討評価している。計測システムの構成としては、スマートデバイスを入出力装置として、通信系にはブルートゥース（BLE）を利用した方法を用いている。提案した計測システムを用いた使用方法や操作の簡便さの評価に関しては、コロナ禍の影響で計画が大幅に変更され実施できなかった。（計測のための倫理委員会の承認を獲得し計測手順計画は策定済みである）

研究成果の概要（英文）：From the beginning of the study period, the coronal disaster prompted a drastic change in the plan. Based on the initial plan, the goals were revised. The measurement circuit section was redesigned to reduce the number of components to a circuit suitable for integrated circuits, and its operation was verified. Redesigned the circuit from a dual power supply to a mobile single power supply circuit and verified its operation. At the same time as the single power supply, optimization of the virtual power supply ground for signals required for stabilization and low noise was studied. Two types of circuits were designed for signal extraction and discrimination circuits based on signal type and size. Based on the above evaluation, a dedicated printed circuit board was designed, and the design and prototyping of the bioimpedance measurement device was completed. Due to the corona disaster, we were unable to collect measurement data to evaluate the designed device during the research period.

研究分野：ものづくり技術（機械・電気電子・化学工学） / 電子デバイス、電子機器

キーワード：生体インピーダンス計測 電気インピーダンス法 ピークホールド回路 高精度整流回路 モバイル電源

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、健康管理や健康状態の自己管理が重要視されてきている。とくに 2025 年に予想されている 75 歳以上の後期高齢者の増加と少子化により、社会保障費の増加や働き手不足による高齢者介護の負担が大きくなることが予想されている(2025 年問題)。これらを背景に、生体機能の検査や診断あるいは生体情報のモニタリング装置による高齢者および在宅者の生活支援が要望されている。しかし、種々の機器の操作は医者や看護師などの特定従事者を対象としており、そのほとんどが病院などの施設における使用が前提となっている。現在では、特定のバイタルデータや生体情報を計測する機器が一般向けに開発されている。超音波を利用した計測機器(膀胱内容量ほか)、光を利用した血中酸素濃度測定器などである。しかし、複数の生体情報を精度よく同時に計測することは難しい。複数のデータを基にした総合的な生体検証(例えば、膀胱内容量、肺容量、バイタルデータなど)による自己管理ができれば、予防や介護の手助けになる。

(2) 先行研究として実施した微小位相差計測回路と電気インピーダンス法を組み合わせると、高精度なインピーダンス計測ができることに着目して、生体情報の計測システムを構築するヒントを得た。

2. 研究の目的

高齢者介護や在宅支援を目指した生体計測装置の開発とその応用を目的としている。

超音波を利用した計測装置は対象とする測定物の形状や位置などの単一対象物には適しているが、複数のデータである生体のバイタルデータなどを計測する場合には問題がある。本研究では計測の原理として提案されている電気インピーダンス法を用いた生体情報計測に着目している。生体の電気インピーダンスを精密に測ることにより、対象とする複数のバイタルデータが得られる。実現する計測装置は、計測の正確さ、操作性の簡易化、使用者への負担軽減を実現目標とする。

3. 研究の方法

生体インピーダンスが対象部位でどのように変化するか計測用信号の周波数、振幅(大きさ)、信号の種類に分類して特性を解析する。従来から提案されている生体計測方法や生体の等価回路を検証して、本研究で対象とする部位を計測するための信号周波数や信号レベルの最適値を求める。これらの結果をもとにシミュレーションを使用した検証を行う。具体的には、図 1 の計測システムの計測回路部(信号抽出回路)を提案し、計測用信号を評価しながら、計測制御部(無線通信系、マイクロコンピュータ部など)を並行して設計していく。十分な測定精度と動作結果を得てから、計測装置のプロトタイプをくみ上げる。最終的に、高精度計測可能な生体インピーダンス計測装置の開発と小型化を検討する。

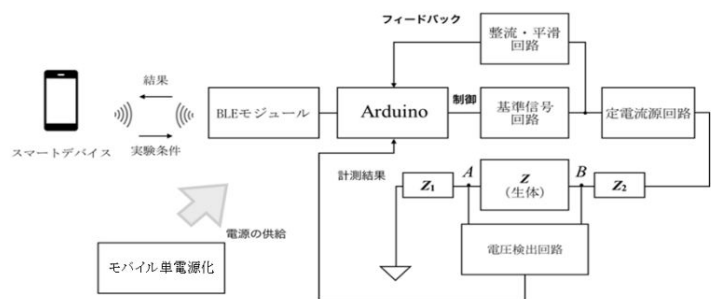
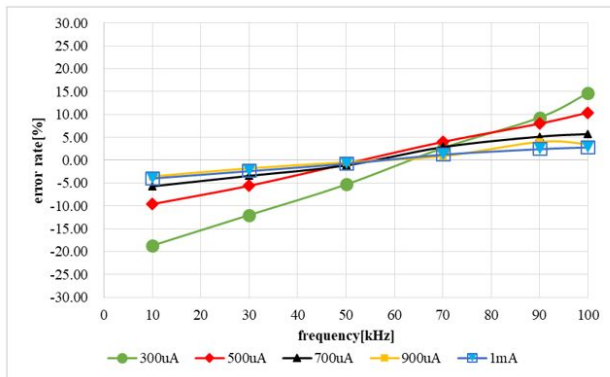


図 1 計測システムのブロック概要図



周波数10~100kHz、信号振幅300~1000 μ A 時の計測誤差率

図2 吸気・呼気による胸部インピーダンスの変化

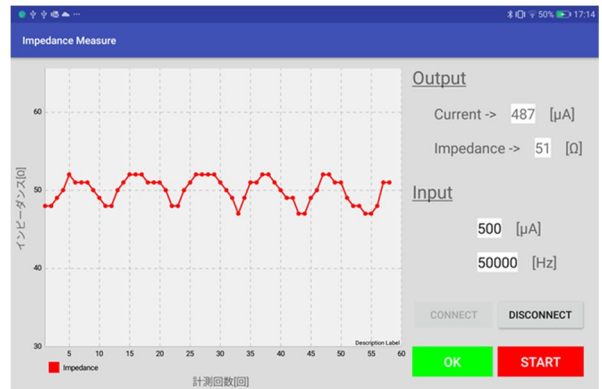


図3 計測結果例(タブレット Android)

4. 研究成果

研究期間初期から、コロナ禍の影響をうけ大幅な計画変更を促された。当初計画を基に期間中に完成できる目標に修正して以下の結果を得た。

(1) 生体は水分を含み骨格などの影響を受けることから、正確な計測結果を得るには小信号動作で低雑音特性を有した計測装置が必要となる。現状の電気部品、半導体素子から目的に対応したものを選別して特性を検討した。計測信号は、従来の周波数・レベル固定から、特定の周波数範囲とレベルを可変し計測対象に適した値を決める方法を採用した。計測例を図2に示す。今回は、基準信号発生器と信号増幅回路をマイクロコンピュータで制御する方法を採用している。計測データは膀胱内容量と肺容量を対象として生体情報をリアルタイム計測し性能評価を行っている。インピーダンス計測結果例を図3に示す。なお、バイタルデータはこれらの時間的データに含まれことが確認できている。データ解析により所望のデータが評価できる。

(2) 集積回路向きの回路に部品点数を削減した計測回路部を再設計し、動作を検証した。一部は集積回路を試作してその動作の検証を行った。

(3) 両電源を使用した回路から、単電源回路(モバイル電源対応)へ再設計し、動作を検証した。単電源化するとき、動作の安定と低雑音化に必要な信号に対する仮想電源グラウンドの最適化の検討を行い設計した。

(4) 信号の種類や周波数と大小に対応して安定に動作するため、2種類の信号抽出・判別回路を設計した。

(5) 得られた結果より専用基板(図4)を作成した。

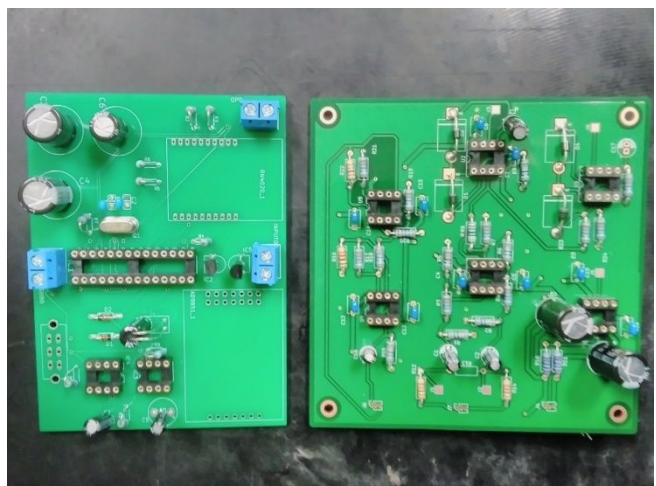


図4 専用基板設計写真

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Nishimura Yuki, Shimizu Akio, Noguchi Takuro, Ishikawa Yohei, Fukai Sumio	4. 巻 1570730181
2. 論文標題 A 10-bit Current-Steering DAC for Urinary Bladder Volume Measurement	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 2021 IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems	6. 最初と最後の頁 205-208
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/APCCAS51387.2021.9687692	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 Yohei Ishikawa, Iori Morishita, Kosei Kunizaki, Kazuki Kondo, Yuki Oshio, Takayuki Horita, Takuro Noguchi, Akio Shimizu and Sumio Fukai	4. 巻 7
2. 論文標題 Addition of Data Logging System to Wireless Sensor Network using Arduino - STEM education in KOSEN -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Tropical Resources and Sustainable Science Special Issue	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 清水暁生, 野口卓朗, 石川洋平, 深井澄夫	4. 巻 139(5)
2. 論文標題 膀胱内尿量計測に用いるカレントステアリング型DAC	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電気学会論文誌C（電子・情報・システム部門誌）	6. 最初と最後の頁 632-633
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計22件（うち招待講演 0件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Akio Shimizu, Takuro Noguchi, Yohei Ishikawa, Sumio Fukai
2. 発表標題 Urinary Bladder Volume Measurement System with Transimpedance Amplifier and Current-Steering DAC
3. 学会等名 65th IEEE International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤 瑞軌, 田中 陸斗, 木本 晃, 深井 澄夫
2. 発表標題 バイタル・膀胱内尿量センシングシステムの検討
3. 学会等名 第39回センシングフォーラム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐々木優希, 麻生大聖, 野口卓朗, 清水暁生, 石川洋平, 深井澄夫
2. 発表標題 微小位相差計測回路におけるトランスコンダクタンスの検討
3. 学会等名 2022年度電子情報通信学会九州支部学生会講演会・講演論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 瀬戸杏花, 麻生大聖, 清水暁生, 野口卓朗, 石川洋平, 深井澄夫
2. 発表標題 膀胱内尿量計測のための寒天モデル形状の検討
3. 学会等名 2022年度電子情報通信学会九州支部学生会講演会・講演論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 深井澄夫, 木本晃, 野口卓朗, 清水暁生, 石川洋平
2. 発表標題 生体インピーダンス計測回路に用いるピークホールド回路の検討
3. 学会等名 2021年度(第74回)電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松野龍馬, 吉富貴司, 野口卓朗, 清水暁生, 石川洋平, 深井澄夫
2. 発表標題 生体インピーダンス計測に用いる寒天モデル
3. 学会等名 2021年度(第74回) 電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 麻生大聖, 野口卓朗, 清水暁生, 石川洋平, 深井澄夫
2. 発表標題 膀胱インピーダンス計測に用いる8-bit電流源の検討
3. 学会等名 2021年度(第74回) 電気・情報関係学会九州支部連合大会 ,05-2P-01,20210924
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 若木田康輝, 野口卓朗, 清水暁生, 石川洋平, 深井澄夫
2. 発表標題 膀胱内尿量計測に用いる多点位相差計測回路に関する検討
3. 学会等名 2021年度(第74回) 電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山村健斗, 野口卓朗, 清水暁生, 石川洋平, 深井澄夫
2. 発表標題 膀胱内尿量計測に用いる8-bitADコンバータの一検討
3. 学会等名 2021年度(第74回) 電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中大輝・深井澄夫
2. 発表標題 呼吸量計測器に使用するオペアンプの低電圧化に関する検討
3. 学会等名 令和3年電気学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古賀洸希, 深井澄夫, 清水暁夫, 野口卓朗, 石川洋平
2. 発表標題 膀胱内尿量計測回路に用いる微小位相差計測回路とピークホールド回路に関する検討
3. 学会等名 電気学会計測研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 興梠 拳史朗, 加来 太希, 深井 澄夫
2. 発表標題 フィールド電源管理システムのバッテリー充電管理方式の検討
3. 学会等名 IEEE主催 2020年度学生研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古賀翔也, 深井澄夫, 木本晃, 野口卓朗, 清水暁生, 石川洋平
2. 発表標題 生体計測システムの低電圧化と精度向上に関する研究
3. 学会等名 電気学会電子回路研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上野 貴太, 古賀 翔也, 古賀 洸希, 深井 澄夫
2. 発表標題 生体インピーダンス計測から推測される胸部キャパシタンスについての考察
3. 学会等名 IEEE主催 2020年度学生研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古賀翔也, 深井澄夫, 木本 晃, 野口卓朗
2. 発表標題 生体インピーダンス計測システムを用いた呼吸量計測に関する検討
3. 学会等名 2019年度(第72回)電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古賀洸希, 深井澄夫, 清水暁夫, 石川洋平, 野口卓朗
2. 発表標題 膀胱内尿量計測回路のための試作した微小位相差計測回路の測定結果の一考察
3. 学会等名 2019年度(第72回)電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 嶋村駿希, 吉田拓起, 古賀翔也, 古賀洸希, 深井澄夫, 野口卓朗, 清水暁生, 石川洋平
2. 発表標題 ピークホールド回路を用いた生体インピーダンス計測回路の検討
3. 学会等名 IEEE主催2019年度第1回学生研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 嶋村駿希, 吉田拓起, 古賀翔也, 古賀洸希, 深井澄夫, 野口卓朗, 清水暁生, 石川洋平
2. 発表標題 全波整流回路を用いた生体インピーダンス計測回路の検討
3. 学会等名 IEEE主催2019年度第1回学生研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大木保典, 清水暁生, 野口卓朗, 石川洋平, 深井澄夫
2. 発表標題 微小位相差計測回路に用いる高GBWアンプの検討
3. 学会等名 IEEE主催2019年度第1回学生研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古賀洸希, 深井澄夫, 清水暁夫, 石川洋平, 野口卓朗
2. 発表標題 膀胱内尿量計測回路のための試作した微小位相差計測回路の測定結果の一考察
3. 学会等名 第72回電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古賀翔也, 深井澄夫, 木本晃, 野口卓朗
2. 発表標題 生体インピーダンス計測システムを用いた呼吸量計測に関する検討
3. 学会等名 第72回電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森下伊織, 深井澄夫, 野口卓朗, 石川洋平
2. 発表標題 RTC搭載型フィールド実験用電源管理システムの省電力化に関する検討
3. 学会等名 電気学会計測研究会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

国立大学法人佐賀大学 教員活動データベース https://research.dl.saga-u.ac.jp/profile/ja.99a532f92966de8e.html リサーチマップ https://researchmap.jp/fukais 電子回路研究室 http://www.in.ec.saga-u.ac.jp/
--

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
研究分担者	野口 卓朗 (NOGUCHI Takuro) (20805626)	有明工業高等専門学校・創造工学科・講師 (57102)	
研究分担者	石川 洋平 (ISHIKAWA Youhei) (50435476)	有明工業高等専門学校・創造工学科・准教授 (57102)	
研究分担者	木本 晃 (KIMOTO Akira) (80295021)	佐賀大学・理工学部・准教授 (17201)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究分担者	清水 暁生 (SHIMIZU Akio) (90609885)	有明工業高等専門学校・創造工学科・准教授 (57102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関