

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：23304

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K03235

研究課題名(和文)臨床工学科学生の理解を深める実践的生体情報計測実習装置の開発改良と教育実践

研究課題名(英文) Development and improvement of a practical biological information measurement training device to deepen the understanding of clinical engineering students and educational practice

研究代表者

八賀 正司 (Hachiga, Tadashi)

公立小松大学・保健医療学部・教授

研究者番号：80123305

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)：心電図(体の電気を測る医療機器)、パルスオキシメータ(光を利用した医療機器)、超音波診断装置(超音波を利用した診断装置)などの実践的生体情報計測実習装置(見える化実習装置)を用いて、臨床工学科の学生に教育実践を行った。Plan(実習装置の目標設定) Do(教育実践) Check(教育の前後にアンケート調査を行い、教育効果の分析と確認) Action(結果の分析と教育効果の確認、実習装置の改良) PDCAサイクルにより、実習装置の再改良を行い、その質を向上させた。学生は本装置により、測定原理を理解し、作業を模擬体験し、繰り返し練習でき、臨床での測定誤差や測定値に与える影響も理解することが出来た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

臨床工学技士の教育に求められることは、医療の現場で役に立つ臨床工学技士の養成である。本研究で開発・改良を行った実践的生体情報計測実習装置は、作業を模擬体験し、繰り返し練習でき、臨床での測定誤差や測定値に与える影響を再現することが出来る。本体験型教育実習装置の質は以下のPDCAサイクルで向上させた。P:装置の目標設定、D:教育実践、C:教育実践の前後にアンケート調査、教育効果の分析、A:結果を解析し、教育効果の確認、2回目のP(実習装置の再改良) D C A。体験型実習装置と学生の意識や知識の質向上の視点に独創性がある。本研究の結果が他大学の学生にも波及すればその学術的意義は大きい。

研究成果の概要(英文)：Practical biological information measurement training devices (visualization training devices) such as electrocardiograms (medical devices that measure the electricity of the body), pulse oximeters (medical devices that use light), and ultrasonic diagnostic devices (diagnostic devices that use ultrasonic waves) was used to practice education for students in the Department of Clinical Engineering. Plan (goal setting for training equipment) Do (education practice) Check (conduct a questionnaire survey before and after education, analyze and confirm the educational effect) Action (analyze the results, confirm the educational effect, improve the training equipment). Through the PDCA cycle, the training equipment was re-improved and its quality improved.

Using these devices, students were able to understand the measurement principles, experience simulated work, practice repeatedly, and also understand the influence of clinical measurement errors and measured values.

研究分野：科学教育

キーワード：臨床工学 教育実践 生体情報計測 実習装置

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

国際赤十字は、様々な機能を備えた緊急対応ユニット（ERU）を被災地に派遣して医療活動を展開している。ERU のメンバーには、いのちのエンジニア（臨床工学技士）も含まれている。大規模災害発生時、災害急性期の臨床工学技士の役割も大きい。近年手術室では臨床工学技士の需要は増加し、それに伴い手術室で働く臨床工学技士は増加している。さらに医師、看護師不足も影響し、臨床工学技士増員に拍車をかけている。

臨床工学技士は医師の指示の下に医療機器の操作や保守管理を行う。臨床工学技士の育成において、限られた時間の中で、数多くの医療機器の原理や操作方法を習熟することは難しく、学生らの理解は十分でない。現在、工学の発展とともに、医療機器は高度化し、多種多様化し、業務範囲の拡大が著しい。臨床工学技士はその発展に対応し、医療機器を適切に使用しなければならない。今後の臨床工学技士の教育に求められることは、さらに高度化、多種多様化する医療技術に対して、臨床現場で役立つ臨床工学技士の養成を行うとともに、多方面で活躍できる教育が必要である。

I 従来の臨床工学技士を養成する電子工学に関する実習内容は、国家試験の合格率を上げることが主要目的となっている。

従来の内容⇒電子回路の実習に重きを置き、電子計測の取り扱いのみを実習し、各センサを単体で用いる実習である。

従来の内容では⇒現在の医療現場で必要とされている数多くの医療機器の原理、保守管理法、操作法について熟知し、可及的速やかに応用し、活躍することは困難である。

II 今後の臨床工学士の教育に求められる実践的実習装置を開発するためには、「今までの医療機器を用いた教育システムをどのように活かし、生体・医療に工学技術を融合した体験的に生体情報を計測する実践的実習装置をどのようにすれば開発することが出来るか？」である。

III 科学教育の観点からは、「電子工学に関する開発した実践的実習装置により、どのようにすれば測定原理を理解し、作業を模擬体験し、繰り返し練習することができるか。臨床での測定誤差を再現でき、測定値に与える影響も理解させることが出来るか。その裏付けは何か」である。

2. 研究の目的

本研究の目的

臨床工学技士は医師の指示の下に医療機器の操作や保守管理を行う。また、厚生労働省のチーム医療の推進による業務範囲の拡大から専門性の向上が求められている。臨床工学技士の育成において、限られた時間の中で、数多くの医療機器の原理や操作方法を習熟することは難しく、学生らの理解は十分でない。本研究では医療機器を用いた教育システムを活かし、医療に工学技術を融合した生体情報計測の体験型教育実習装置（①からだの電気を測る心電図実習装置、②光を利用した医療機器パルスオキシメータ実習装置、③超音波を利用した超音波エコー診断実習装置）の開発改良を行う。本装置により、測定原理を理解し、作業を模擬体験し、繰り返し練習でき、臨床での測定誤差や測定値に与える影響も理解できる。臨床工学科の学生に教育実践し、その前後にアンケート調査を行い、教育効果の分析と確認を行い、この体験型教育実習装置の質を向上させる。

OLD: 従来の生体情報を計測する実習装置は国家試験の合格率を上げるための実習内容で、電子回路の実習に重きを置いており、電子計測の取り扱いを実習する内容で、センサ単体で用いる実習が多い。

NEW: 開発する本装置:測定原理を体験で理解する、作業を模擬体験し、繰り返し練習できる。臨床での測定誤差を再現できる。測定値に与える影響も体験でわかる。

本研究の新規性・独自性・独創性

○本装置は体験的に生体情報を計測する実習装置を開発する点に独自性がある。

○本体験型教育実習装置の質は以下のPDCAサイクルで向上する。

Plan:装置の目標設定・装置の開発、Do:臨床工学科の学生に教育実践、Check:教育実践の前後にアンケート調査を行い、教育効果の分析、Action:結果を解析し、教育効果の確認、2回目のP:目標の再設定、実習装置の再改良⇒D⇒C⇒A。

○「体験型実習装置・学生の意識や知識」の質向上の視点に独創性がある。

○本研究の結果が他大学の学生にも波及すればその学術的意義が大きい。

3. 研究の方法

本研究では医療機器を用いた教育システムを活かし、医療に工学技術を融合した生体情報計測

の体験型教育実習装置（からだの電気を測る心電図実習装置・光を利用した医療機器パルスオキシメータ実習装置・超音波を利用した超音波エコー診断実習装置）の開発改良を行う。
 本体験型教育実習装置の質は以下のPDCA サイクルで向上する。
 P:装置の目標設定・装置の開発、D:臨床工学科の学生に教育実践、C:教育実践の前後にアンケート調査を行い、教育効果の分析、A:結果を解析し、教育効果の確認、2回目のP:目標の再設定、実習装置の再改良⇒D⇒C⇒A。開発した実践的生体情報計測実習装置を臨床工学科の学生に使ってもらい、アンケート調査により教育効果を測定し、その回答を分析する。これを繰り返して同実習装置を改良する

(1) Plan:医療機器を模倣した教育システム(図1～3)に体験型教育実習装置の目標を設定(測定原理を体験で理解する、作業を模擬体験し、繰り返し練習できる。臨床での測定誤差を再現できる。測定値に与える影響も体験でわかる)した装置を新規に開発



図1 からだの電気をはかる(心電図)を使った教育システム(改良前)

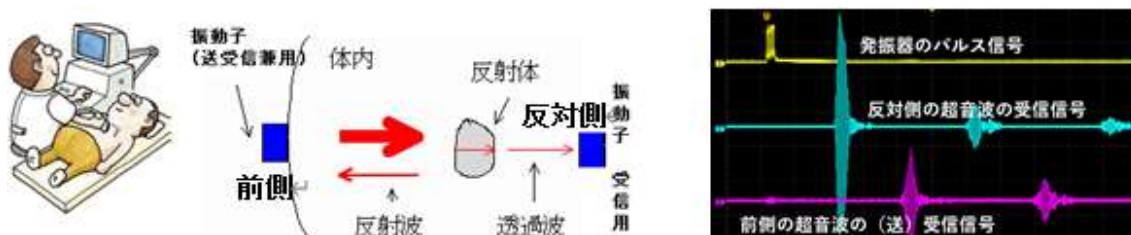


図2 超音波診断装置を模倣した超音波センサを利用した教育システム(改良前)



図3 医療機器を模倣した光を利用した脈拍計を使った教育システム(改良前)

(2) Do:臨床工学学生に医療機器を使った教育実習装置と体験型実習装置を使った実習を実践
 従来の医療機器(心電図・超音波エコー診断装置・脈波計)を模倣した教育実習装置(図1～3)と新規に制作した体験型教育実習装置を使った教育実習を实践する。体験型教育実習装置を使った実習の前後に意識と知識に関するアンケート調査を実施する。
 学生は測定原理の理解し+繰り返し練習ができ+臨床での測定誤差を再現でき+測定値に与える影響を理解しているかを調査する。

(3) Check:アンケート調査⇒調査結果を詳しく解析⇒実習装置の理解度・教育効果の分析
 Q.1 実習装置全体の理解度、Q.2 指導書の分かりやすさ、Q.3 練習問題の解けた問題数、
 Q.4 問題の難易度、Q.5 実習装置の構成についての理解度、Q.6 従来の医療機器との比較

(4) Action:結果の分析と教育効果の確認・取り組みと体験型教育実習装置の改良
 結果を解析し、教育効果の確認、2回目のP:目標の再設定、体験型教育実習装置の再改良

(5) 図4のPDCA サイクルにより、⇒ 体験型生体情報計測の教育実習装置の質を向上

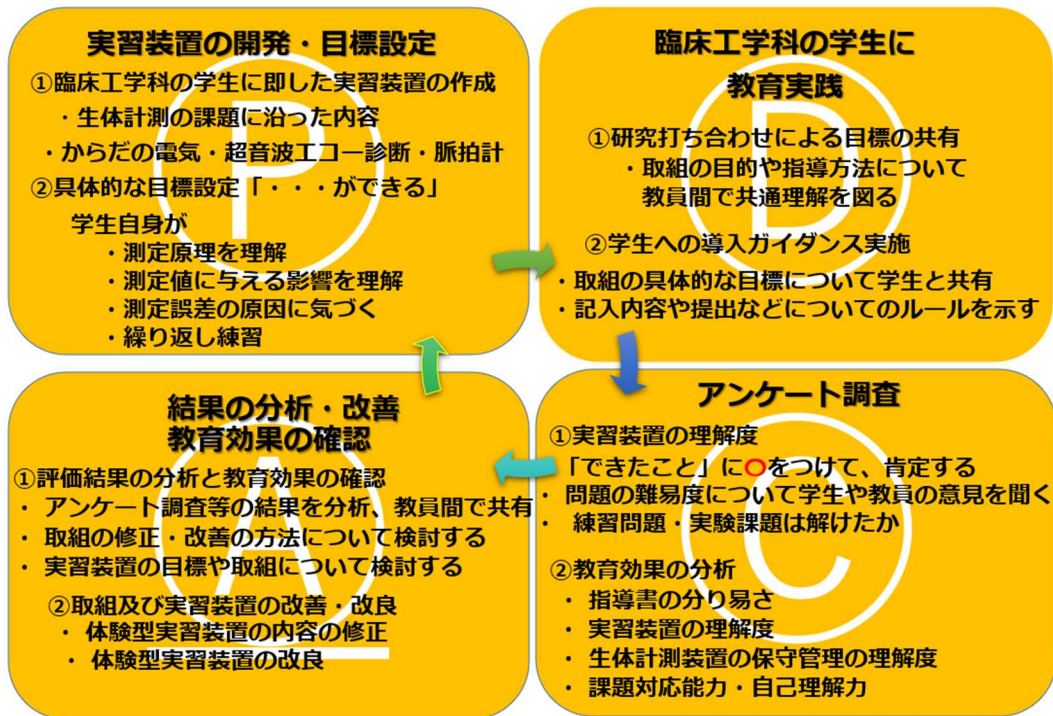


図4 PDCA サイクル

4. 研究成果

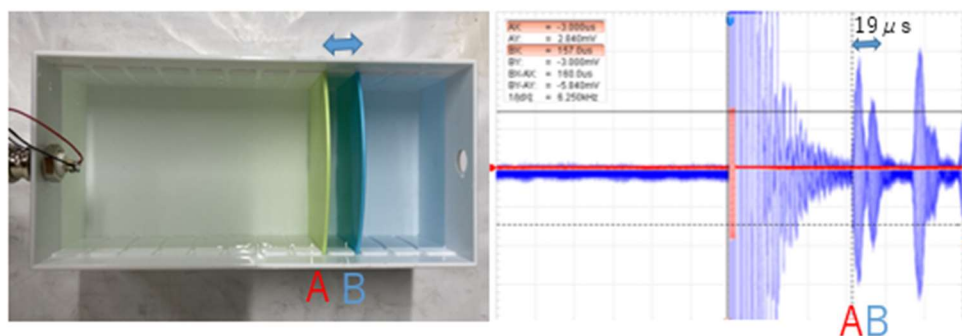
(1)

本研究では医療機器を用いた教育システムを活かし、医療に工学技術を融合した実践的生体情報計測の体験型教育実習装置（①からだの電気を測る心電図実習装置、②光を利用した医療機器パルスオキシメータ実習装置、③超音波を利用した超音波エコー診断実習装置）の開発改良を行った。

3年次前期科目の電子工学実習で①を、3年次後期科目の医用システム工学実習の科目で②と③の教育実践を行い、さらに学生から実習の前後にアンケート調査を行い、教育効果の分析と確認を行った。

アンケートの調査項目には、パルスオキシメータの関連知識を深めるのに本装置②が有効かどうかの数値化、計測原理の理解が深まったかの数値化を行った。心電計の実習では、各学生は心電図を右手電位・左足電位による第Ⅱ肢誘導から得られる自分の心電図を測定し、得られた波形を実験レポートに組み込み提出させた。得られた教育効果としては、深呼吸や手を強く握るなどの動作で心電図にドリフトノイズや筋電図ノイズが加わることを実体験として学ぶことが出来ていた。

超音波エコー診断装置の実習では、モデル内の臓器の厚さを A モードの信号から求めることが出来るようになった（図5）。また、超音波の駆動周波数の大きさよる減衰の違いや指向性の違いを確認させることが出来た。



ガン組織の厚さ t （実験装置の実際の距離は14mm）

波形から時間を計測すると $19\mu s$ $t = 1530m/s \times 19\mu s \div 2 = 14.535mm$

図5 水槽内のがんモデルの厚さを超音波センサの A モード信号からの測定例

実習科目以外の講義科目（生体計測工学）でも臨床工学士が扱う医療機器及び各種の生体センサ

の働きやその原理を「みえる可」し、実践的生体情報計測実習装置の開発と改良を推進した。

(2)

実践的教育実習装置の一つである脈拍測定実験装置の開発改良を行った。医用システム工学実習という授業において、学生が自分で製作した脈拍測定実験装置を用いて経皮的動脈血酸素飽和度を求める実習を行った。その授業の教育効果を高めるために、後述のアンケート調査を行い、脈拍実験装置の改善案を出し検討を行った。

①測定方法の透過型と反射型の違い、②接触圧が測定値に与える影響、③計測部位が指先又はオデコでの違い等」の理解度向上を目標に教育実践を行った。①の場合、透過型では測定部位を挟む必要があるが、額や首、足首は挟むことが難しい。そのため、どの部位でも測定ができる反射型脈拍計の利点が理解でき、透過型脈拍計と反射型脈拍計の違いの理解が深まっていると考察した。②と③の場合、額と指先を測定した際、指先は柔らかいため、接触圧を感じにくいのに対し、額は固いため、接触圧を感じやすく、接触圧と測定値と比較することができ、センサへの接触圧が測定値に与える影響の理解が深まったと考えている。この教育実践の際、基板作成に多大な時間がかかるので、基板作成を実習授業に取り入れることは難しいと考える。ブレッドボードの方が基板よりノイズが乗ってしまうと考えていたが、基板で測定するときとの差が少ないので、センサ部分は基板化し、オペアンプなどの回路部分はブレッドボードに組むということをするれば(図6 センサ部分を基板化し、オペアンプなどの回路部分はブレッドボードでの作成例)、作成時間を少なくでき、より理解度を高められることも確認できた。

アンケートの項目は、Q.1 実習装置全体の理解度、Q.2 指導書の分かりやすさ、Q.3 練習問題の解けた問題数、Q.4 問題の難易度、Q.5 実習装置の構成についての理解度 である。

アンケートの調査結果の分析から教育効果の確認・取り組みと体験型教育実習装置の改良を行った。実習装置の改良としては、脈拍計を使って酸素飽和度を求める際に、補正したキャリブレーションカーブを使うと、真値(市販の装置での実測値)に近い値を求めることが出来た。新たに改良した実習項目として、脈拍センサに指を置くとときに、指の周り迷光の影響の信号変化(SN比)も記録させることが出来た。

(3)

臨床工学科学生の実践的教育実習装置の一つである超音波エコーの実習装置の開発改良を行い、医用システム工学実習という授業において教育実践を行った。実習の前後にアンケート調査を行い、本装置の質(Mモードの理解)を向上させた。

学生は自分で製作した超音波の見える化実習装置を用いてAモードの測定をおこない、水槽モデル内のがん組織の厚さを求めた。授業のアンケート調査「①医療機器製作実習への興味、②超音波の知識を深めるにあたり本実習が有用か否か、③計測部位までの距離を求める原理を理解できたか、④得られた波形が何を意味しているか、⑤改良点は、」を行い、PDCAを行ない、本装置の改善案の検討を行った。①の場合、楽しい、達成感があるが8割、苦手であるが1割となった。原理の理解については8割がより身についた、実感できたとなった。改良点として、Mモード測定を体験できる実験項目を導入することにした。横隔膜のモデルとして水中に置いた反射板を時間で移動させ、その時間変化を各学生の携帯カメラで動画撮影をして、時間と信号の変化(反射板の位置)をエクセルで整理し、グラフ化してMモードの波形(図7)として再現させた。学生が水槽モデル装置を実際に制作し測定することで、座学で習ったことへの理解が深まった学生が多くなった。「超音波画像診断装置の理解が深まる」、「その実習内容は病院勤務時の役に立つ」、とのコメントもあった。また、「ノイズを含まない回路を組むのがむづかしい」、「波形を理解するのに時間がかかった」とのコメントもあった。

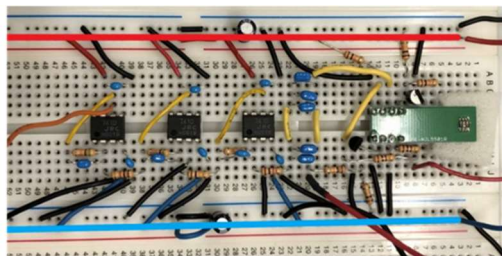


図6 ブレッドボード作成例

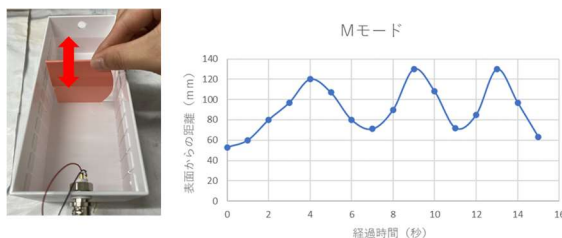


図7 反射板を移動させたときのMモードの測定例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5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 Shunsuke Akiguchi, Tomoaki Kyoden, Taiki Terabayashi, Noboru Yamada, Tsugunobu Andoh, Tadashi Hachiga	4. 巻 -
2. 論文標題 Deep Learning Method for Extracting Areas of Cancer Cells Using Microscope Images	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/tee.23790	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 Tomoaki Kyoden, Hideaki Yoshioka, Noboru Momose, and Tadashi Hachiga	4. 巻 130 No.19
2. 論文標題 Array formation by Ultrasound standing waves with solidification of liquid-suspended micro-particles	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 195109-1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1063/5.0068551	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 経田僚昭, 秋口俊輔, 田尻智紀, 安東嗣修, 八賀正司	4. 巻 23 (5)
2. 論文標題 血流異常を診断するための非侵襲光技術	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 エレクトロニクス実装学会誌	6. 最初と最後の頁 353-358
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5104/jiep.23.353	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 Tajiri T, Kyoden T, Akiguchi S, Andoh T, Hachiga T	4. 巻 483
2. 論文標題 Optical visualization of blood shear stress using laser Doppler velocimetry combined with acousto-optic module	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Optics communications	6. 最初と最後の頁 126607(1-9)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.optcom.2020.126607	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 Akiguchi S, Kyoden T, Tajiri T, Andoh T, Hachiga T	4. 巻 16-5
2. 論文標題 Deep Learning Method for Melanoma Discrimination Using Blood Flow Distribution Images	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering (First published)	6. 最初と最後の頁 813-815
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.23363	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16件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 Ryo Shimazaki, Shunsuke Akiguchi, Tomoaki Kyoden, Tsugunobu Ando, Noboru Yamada, Shuto Tsuchida, Tadashi Hachiga
2. 発表標題 Multipoint blood flow measurement system using laser Doppler velocimetry combined with acousto-optic modulator,
3. 学会等名 The 7th International Conference on "Science of Technology Innovation
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡澤直樹, 上島蒼, 八賀正司, 経田僚昭, 秋口俊輔, 義岡秀晃
2. 発表標題 AOM-LDV の直接信号観測と超音波ピンセットへの適用
3. 学会等名 2022年度 日本伝熱学会北陸信越支部 秋季セミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上島蒼, 八賀正司, 義岡秀晃, 経田僚昭, 秋口俊輔
2. 発表標題 超音波による微粒子・赤血球配列のその場観察
3. 学会等名 2022年度 日本伝熱学会北陸信越支部 秋季セミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 貫江乃愛, 秋口俊輔, 経田僚昭, 百生登, 安東嗣修, 山田昇, 土田脩斗, 八賀正司
2. 発表標題 血液成分と近赤外散乱光強度の相関
3. 学会等名 2022年度 日本伝熱学会北陸信越支部 秋季セミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤木優実, 義岡秀晃, 経田僚昭, 八賀正司
2. 発表標題 超音波によるアイスラリーの状態計測 - エタノール水溶液の音速-温度相平衡状態図の構築
3. 学会等名 日本機械学会 熱工学コンファレンス2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 嶋崎凌, 秋口俊輔, 経田僚昭, 百生登, 安東嗣修, 山田昇, 土田脩斗, 八賀正司
2. 発表標題 光学変調を導入した面計測LDV法による血流計測システム
3. 学会等名 2022年度日本伝熱学会北陸信越支部春季セミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Taiki Terabayashi, Shunsuke Akiguchi, Tmoaki Kyoden, Tomoki Tajiri, Tsugunobu Andoh, and Tadashi Hachiga
2. 発表標題 Deep Learning Method for Extracting Areas of Cancer Cells Using Microscope Images
3. 学会等名 Abstracts of 6th STI-Gigaku 2021, STI-3-18, (22nd, October 2021).
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺林大樹, 秋口俊輔, 経田僚昭, 百生登, 安東嗣修, 八賀正司
2. 発表標題 近赤外光による皮膚癌血流画像を用いた深層学習診断
3. 学会等名 2021年度日本伝熱学会北陸信越支部春季セミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 義岡秀晃, 経田僚昭, 八賀正司
2. 発表標題 超音波定在波を付与した過冷却懸濁液の凝固
3. 学会等名 第58回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺林大樹, 秋口俊輔, 経田僚昭, 百生登, 安東嗣修, 八賀正司
2. 発表標題 細胞培養における深層学習を用いたコロニー領域の抽出
3. 学会等名 2021年度日本伝熱学会北陸信越支部秋季セミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小谷悟, 義岡秀晃, 経田僚昭, 八賀正司
2. 発表標題 Bi-Sn合金の相変化過程における音速挙動と状態計測への応用
3. 学会等名 2021年度日本伝熱学会北陸信越支部秋季セミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 嶋崎凌, 秋口俊輔, 経田僚昭, 田尻智紀, 安東嗣修, 八賀正司
2. 発表標題 血流の方向判別機能を有する多点同時流速分布計測システムに関する研究
3. 学会等名 Japan ATフォーラム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺林大樹, 秋口俊輔, 経田僚昭, 田尻智紀, 安東嗣修, 八賀正司
2. 発表標題 レーザードップラー血流速計を用いたメラノーマ判別システムの検討
3. 学会等名 日本福祉工学会九州支部大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Momoko Araki, Shunshuke Akiguchi, Tomoaki Kyouden, Tomoki Tajiri, Tsugunobu Andoh, Tadashi Hachiga
2. 発表標題 Development of multi-point Laser Doppler Velocimeter for measuring simultaneous blood velocity distribution
3. 学会等名 The 5th International Conference on "Science of Technology Innovation" 2020 (5th STI-Gigaku 2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 寺林大樹, 秋口俊輔, 経田僚昭, 田尻智紀, 安東嗣修, 八賀正司
2. 発表標題 血流イメージング機能を用いた血流関連疾患判別機能の検討
3. 学会等名 Japan AT フォーラム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 荒木桃子, 秋口俊輔, 経田僚昭, 田尻智紀, 安藤嗣修, 八賀正司
2. 発表標題 血流速度とその方向成分を考慮した微細流路内の血流イメージング
3. 学会等名 Japan AT フォーラム
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔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
研究分担者	秋口 俊輔 (Akiguchi Shunsuke) (50462130)	富山高等専門学校・その他部局等・准教授 (53203)	
研究分担者	経田 僚昭 (Kyoden Tomoaki) (50579729)	富山高等専門学校・その他部局等・准教授 (53203)	
研究分担者	義岡 秀晃 (Yoshioka Hideaki) (80259845)	石川工業高等専門学校・機械工学科・教授 (53301)	
研究分担者	坂元 英雄 (Sakamoto hideo) (90746033)	公立小松大学・保健医療学部・講師 (23304)	

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
---------	---------