

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 26 日現在

機関番号：33704

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350203

研究課題名(和文) USBカメラによる拍動の視覚化と数値処理教材の開発

研究課題名(英文) Visualization of pulsation by USB camera and development of teaching materials for numerical processing

研究代表者

伊藤 敏 (Itou, Satoshi)

岐阜聖徳学園大学・経済情報学部・教授

研究者番号：80130946

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：指先から、拍動に伴う血液量の増減をUSBカメラで検出し、脈波として表示し、数値化するシステムを開発した。得られる脈波が生体情報を反映するデータであることを検証した。開発したソフトウェアが出力する数値データ処理を表計算で、ピーク検出、再サンプリング、フーリエ変換する教材、および各種処理を自動化するProcessingによるソフトウェアを開発した。2ms間隔での脈波装置を作成して、揺らぎと自律神経機能の関連を検証した。呼吸数検出器を作成し、呼吸数変動との関連を調査した。脈波が生体情報として有効な意味を持つ観察量であることを検証した。教材を用いて、8回の実践授業を実施した。

研究成果の概要(英文)：From the fingertip, we developed a system to detect increase and decrease in blood volume with pulsation with a USB camera, display it as a pulse wave, and quantify it. We verified that the obtained pulse wave is data reflecting biological information. We developed a software by Processing that automates various kinds of processing, and teaching materials that peak detection, resampling, Fourier transform by numerical data processing outputted by developed software. We developed a pulse wave device at 2 ms intervals and verified the relationship between fluctuation and autonomic nerve function. A respiratory rate detector was prepared and the relationship with respiration rate fluctuation was investigated. We verified that the pulse wave is an observation quantity which has useful meaning as biological information. We conducted eight practical lessons using teaching materials.

研究分野：科学教育

キーワード：脈波 可視化 ピーク検出 自律神経機能 呼吸数

1. 研究開始当初の背景

高度情報社会の進展とともに自然科学や情報の科学的な見方や考え方を定着させ、独創性・創造性の育成が重視されている。さらに、ICTの高度化により、様々なセンサを用いて人間の情報を取得し、応用することで新しい学習・教育支援の可能性がでてきた。これらを使い、学習者の自発的な学習行動を受け入れる学習環境が重要である。

自発的な学習行動を促すには、教材の目的が明確で、何をしているかがわかることが重要である。そこで五感を刺激する教材は有効であろう。

教育システム情報学会では2013年に特集号が企画され、計測機器を用いた学習者の行動情報より学習支援を行う論文(「Kinectを利用したエア・スクワット訓練支援システムの開発」、越智、教育システム情報学会誌、Vol. 30 pp98-103 (2013))などが報告されている。これらの企画はセンサを使って五感と連動させる教材の必要性を示唆している。

先行研究で、学習者の「からだ」と連動した教材として、USBカメラとパソコンの組合せによる拍動を検出・数値化し、そのデータを処理する過程を通じて自然科学や情報処理の基本を学ぶ教材システムを開発した。このシステムは拍動の結果で生じる脈波のリアルタイム表示および数値データの出力が可能であり、脈拍数を計算したりするなど、「見せる」「計算する」「処理する」などの教材を作成することが可能であった。3年間にわたり中学生および高校1年生対象の実践を行い、学習者はシステムからの脈波グラフより目視、および表計算ソフトのグラフと表より、数個のピーク位置を求め、ピーク間距離を計算し、脈拍数を求める過程で、積極性を持続しつつ、数値計算に取り組む様子を見せた。

先の実践で学習者より、運動直後からの脈波変動を測定したいという要望が出た。高校の教諭より表計算ソフトを使った大量のデータ処理に適しているのご提案をいただいた。これらの要望や提案が出るのは、学習者の脈波をリアルタイムで観察後の処理ゆえに、何をねらいにしているかの、目的が明確な教材であったからと考える。申請者が開発したシステムは1分間に1800点以上のデータを出し、雑音除去、準周期的な波形のピーク検出、スペクトル解析などの情報・工学に必要なデータ処理の要素を持った教材が作成可能である。拍動は等間隔であると言う常識を、学習者自身の計測で覆し、自律神経の働きへと関心を広げることで、抽象的な計算過程の意味付けを明確にできると考える。市販のUSBカメラが検出器として利用可能であり、幅広い教育機関で教材として利用が可能と思われる。

2. 研究の目的

学習者は自身の心臓の動き(拍動)に高い関心を示すが、自分の拍動を直接観察するこ

とはできない。先行研究で申請者は、指先の毛細血管内の血液量が拍動に連動して増減することを利用し、学習者の拍動を脈波として検出するシステムを汎用のUSBカメラとパソコンの組合せで開発して、学習者への教育実践を行った。本研究では、そのシステムを発展させ、脈波を時系列数値データとして出力し、情報教材・工学教材の数値データ処理教材として利用する。数値データから脈波のピーク検出を行い、ピーク間隔の揺らぎを計算させることで、自律神経の働きに目を向けさせる教材を作成する。さらに、皮膚露出部を非接触に撮影した動画から脈波の検出を試みる。本システムは、汎用機器のみを用いているため、多くの教育機関で実践可能である。本研究では、上記システムの開発を行い、そのシステムを用いた教材を作成し、教育における実践で検証することを目的とする。

3. 研究の方法

脈波検出法では、(1)USBカメラで学習者の顔などの皮膚露出部位から拍動の情報を非接触で測定する方法の確立(先行研究では指に限定)、(2)数値データの出力方式の検討、(3)脈波間隔より得られる揺らぎが自律神経機能評価に利用可能であるかどうかの検討を行う。

研究は1. USBカメラ利用の測定システムの拡充開発、2. 教材システム構築、3. 教材システムの実践による検証の3項目に分けて実施する。26年度は測定システムの拡充開発を行う。USBカメラにより顔などの露出部の画像から脈波検出する方法の開発を行う。心臓の拍動に伴い、指先の毛細血管で血液量が増減する。この血流の増減をUSBカメラの開口部に指を置くことで測定し、拍動を取得する手法は、先行研究で確立している。この方法を接触法と呼ぶ。拍動による血液量変動は顔などの皮膚表面でも見られるため、USBカメラで、非接触に学習者の額や頬の画像を取得して解析することで、拍動を検出する手法を試みる。この方法を非接触法と呼ぶ。予備実験で拍動を取得可能であるらしいことを確かめているが、安定した取得には至っていない。本研究では、USBカメラと環境光の配置など測定条件を様々変えて検討することで安定した設定条件を確定させる。接触法でのUSBカメラからの脈波検出のコア部分は開発済みである(ソフトウェアは、C、C#(.NET Framework)を用いた)。非接触法での脈波検出のコア部分である検出のアルゴリズム・環境光条件の検討を行い、安定した取得条件を確立する。

データ出力は次の2つの方法で行う。1. 経時変化をリアルタイムでグラフ出力 2. 数値データのファイル出力。1はそのまま教材として運用可能であり、2はデータ処理教材として利用する。

4. 研究成果

学習者の指先から、拍動に伴う血液量の増

減を USB カメラで用いて検出し、脈波として表示し、数値化するシステムを開発した。計測システム拡充の、1. 露出した皮膚表面から非接触で脈波を検出するシステム作成、2. 接触法による脈波から「観察」「計算」「処理」の教材作成を目指した。

1 の目標は断念をした。理由は、慣性センサを用いて安静時の頭部の動きを観測した結果、安静時でも頭部のわずかな動きがあることを確認した。このわずかな動きの発生原因は脈波によるものと推定されるが、当初目標とした非接触での顔表面からの脈波計測とは異なる原因であり、本研究の主旨から外れると判断したためである。わずかな頭部の動きが脈波によるものであるかどうかの検証は今後の課題とした。

2 の目標については、C#と OpenCV を利用した脈波観測ソフトウェアによる数値データと、そのデータの処理を表計算ソフトウェアで、ピーク検出、再サンプリング、フーリエ変換する教材を開発した。図 1 に再サンプリング、図 2 にフーリエ変換の例を示す。

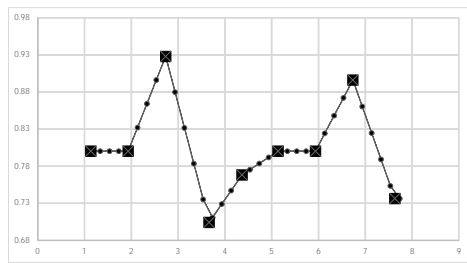


図 1. 内挿による再サンプリング
□: 元データ; ○: 再サンプリング



図 2. フーリエ変換の Excel 画面

表計算ソフトウェアを用いる処理は「再サンプリング、フーリエ変換」にかなり高度な数学知識を要する内容を含むため、これらの概念を説明して、処理を自動化することが可能なように Processing と OpenCV を用いて、処理の過程・到達点を示すソフトウェアを開発した。

脈波の揺らぎと自律神経機能の関連を明らかにするため、2ms 間隔でサンプリングの

よる脈波検出装置を作成して、既存の自律神経機能評価装置（心電図計）と比較して検証をした。図 3 に脈波と心電図からの拍動間隔の相関図を示す。さらに呼吸数検出器を作成し、呼吸数変動との関連を調査した。これにより、脈波が生体情報としても意味を持つものであることを検証した。

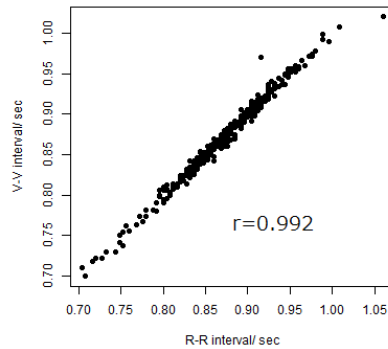


図 3. 心電図と脈波の相関図

開発した教材を用いて、平成 26 年度に中学生対象に 1 回、高校生対象に 2 回、高校教員対象に 1 回、平成 27 年度は中学生対象 1 回、高校生対象 1 回、教師対象 1 回、平成 28 年度は教師対象に 1 回教育実践を実施した。

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 3 件)

Satoshi ITOU, Kaei WASHINO and Shoshi INOUE, Development of an Instrument for Plethysmography on the Forehead, 教育医学 (The Journal of Education and Health Science)、査読有、61 巻、2015、pp198 - 205

大石晴美、高尾拓弥、村上静子、伊藤敏、鷺野嘉映、英語リーディングにおける挿絵の効果、計測自動制御学会中部支部教育工学研究委員会 教育工学論文集、査読有、VOL. 38、2015 12、pp40-42

伊藤敏、鷺野嘉映、USB カメラによる脈波計測と周波数解析、計測自動制御学会中部支部教育工学研究委員会 教育工学論文集、査読有、VOL. 38、2015 12、pp10-12

〔学会発表〕(計 12 件)

Wang Linlin, Ito Satoshi, Washino Kaei and Inoue Shoshi, Breathing Detection using an Inertial Sensor, 査読無、2016 Joint Academic Forum between Thai-Nichi Institute of Technology and the Japan University & Company Research Group (Support IEEE)、Session 3、(2016) pp43-47

伊藤敏、王琳琳、鷺野嘉映、井上祥史、慣性センサを用いた呼吸計測の試み、査読無、教育システム情報学会第 41 回全国

大会、2016年8月、pp121-122
 王琳琳、伊藤敏、鷺野嘉映、井上祥史、慣性センサを利用した呼吸検出の試み、日本教育医学会第64回全国大会抄録集、pp56-57
 伊藤敏、王琳琳、鷺野嘉映、井上祥史、慣性センサを用いた行動検出試行、教育システム情報学会2016年第2回研究会、pp9-13
 Wang Linlin, Itou Satoshi and Washino Kaei, Behavior analysis using motion recorder of acceleration and gyroscope sensors、査読無、2015 Proceedings of Joint Forum on Universiti Malaysia Sarawak、(2015) pp16-19
 Shizuko MURAKAMI, Satoshi ITOU, Kaei WASHINO, Harumi OISHI and WANG Linlin, Relationship between working memory and learner's responses while memorizing English words、査読無、2015 Proceedings of Joint Forum on Universiti Malaysia Sarawak、(2015) pp20-24
Itou Satoshi, Murakami Sizuko, Wang Linlin, Washino Kaei and Inoue Shoshi, Simultaneous measurement of heart rate and posture、査読有、The 2015 International Symposium on Electrical and Electronics Engineering, Ho Chi Min, Vietnam (2015) paperID:25 pp108-113
Washino Kaei, Itou Satoshi, Murakami Sizuko, Wang Linlin and Inoue Shoshi, Measurements of Biological and Posture states by use of photo sensor、査読有、The 2015 International Symposium on Electrical and Electronics Engineering, Ho Chi Min, Vietnam (2015) paperID:26 pp114-119
 伊藤敏、鷺野嘉映、井上祥史、USBカメラによる拍動の可視化過程を明示する教材、査読無、教育システム情報学会第40回全国大会、2015年9月、pp371-372
 伊藤敏、鷺野嘉映、USBカメラによる脈波計測と周波数解析、査読無、計測自動制御学会中部支部教育工学研究会(2015)3月
 村上静子、伊藤敏、鷺野嘉映、身体活動時の自律神経機能計測、査読無、計測自動制御学会中部支部教育工学研究会(2015)3月
 村上静子、高尾拓弥、伊藤敏、大石晴美、鷺野嘉映、英語多読学習者の脳血流・自律神経による評価の試み、査読無、日本メディア情報学会(2015)2月
Itou Satoshi, Murakami Sizuko, Washino Kaei and Inoue Shoshi, Simultaneous measurement system of heart rate and posture、査読無、Proceedings of 2014 Joint Seminars on University of Indonesia (2014) pp23-26

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 出願年月日：
 国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 取得年月日：
 国内外の別：

〔その他〕
 ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤敏 (ITOU Satoshi)

岐阜聖徳学園大学・経済情報学部・教授
 研究者番号：80130946

(2) 研究分担者

鷺野嘉映 (WASHINO Kaei)

岐阜聖徳学園大学・看護学部・教授
 研究者番号：90220855

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

()