

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：33704

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23501031

研究課題名(和文)USBカメラによる拍動測定を用いた教材の開発

研究課題名(英文)Teaching materials development through the pulsation measurement with a USB camera

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) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：学習者の血流を利用した教材作成。USBカメラ利用の脈波教材は、脈波をリアルタイムでグラフ表示、数値データとして保存可能にした。教材は1.脈波を紙に印刷し、定規でピーク間隔計算、2.表計算ソフトに取り込んでグラフ化し、目視によるピーク検出、3.脈波を保存した数値データ処理して、プログラムでピークを検出する手順 など3通りの解析法を用意した。実践による検証で、いずれも授業内容への高い興味を得られた。

研究成果の概要(英文)：Materials were made using the observation of blood flow of learners. The pulse wave detecting by a USB camera use enabled preservation of a pulse wave as a graphical representation in real time, and is stored as the numerical data. Teaching materials are the following three methods. 1. To print on paper from the pulse wave data, and take it into peak interval calculation by ruler. 2. To graph it using a spreadsheet software, and to calculates from the peak detection by viewing. 3. To peak detected from the data in the program. Each method was able to acquire a high interest to the lesson by the practice which prepared three kinds of analytic methods.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学 科学教育

キーワード：拍動 五感

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が、これには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。特に五感を使った教材は有効であろう。各地で催されている体験型イベントや講座に多くの参加者がいることから、こういった教材の必要性を示唆していた。

先行研究で、学習者自身の血流を検出・数値化する装置を開発し、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。この装置は数値データを出すため、拍動のリアルタイム表示や、血流を表す数値データよ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」など幅広い適応範囲の教材を作成することが可能であった。さらに、自分自身の血流データを用いるため、学習者は積極性を維持しながら学習活動を行うことが可能であった。一方で、開発された装置は筆者の手作りであり、装置の利用範囲は限定される弱点を持っていた。そのため、汎用製品である USB カメラで同等の機能を実現することは意義深いと思われた。

2. 研究の目的

学習者は自身の心臓の動き（拍動）や血液に高い関心を示す。自分の拍動や血流を直接観察することはできない。そこで、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、学習者の拍動を検出・数値化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する。そのシステムは拍動を時系列数値データとして出すため、理科教材として、CG による拍動表示、波形の時系列表示、情報教材として、数値データ処理教材として利用が可能になる。汎用機器のみを用いているため、幅広い範囲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とそれを用いた教材を作成し、実践で検証することを目的とした。

3. 研究の方法

学習者の指先から、拍動に伴う血液量の増減を USB カメラを用いて検出し、数値化するシステムを開発した。そのシステムが出す数値データを処理して「観察する」・「計算する」・「処理する」などの教材システムを作成し、実践で検証した。研究は、1. USB カメラ利用の測定システムの開発、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部から構成された。

1. USB カメラ利用の測定システムの開発

測定システムは USB カメラを利用する血液量検出部と汎用コンピュータによる解析部から構成された。

検出部は USB カメラのみで構成され、学習者の指先を USB カメラ受光部に静置し、環境光の散乱光を画像として検出する。散乱光強度は心臓の拍動と連動する指先の毛細血管の膨張収縮を反映している。検出された画像データを汎用コンピュータへ送付する。

解析部は汎用コンピュータとソフトウェアから構成される。USB カメラから送付された画像データを各ピクセル値に分解し、散乱光強度に相当する量を算出する。それをリアルタイムで数値データとして出力する。データの表示方法は学習対象者の学習目標に合わせて、散乱光の経時変化グラフ（脈波）および数値そのものとした。また、数値データとして保存し、後の数値処理を可能にした。

2. 教材システム構築

教材システムは上記測定装置（USB カメラとコンピュータ）で得られた数値の処理と運用方法とドキュメントから構成される。対象とする学習者は中学生、高校生を想定した。運用は中学生、高校生対象に拍動の時系列グラフ、数値の取り扱いによる脈拍数の計算など、理科（生物分野）と関連性を持たせながら技術・家庭や情報の数値処理教材を作成する。

3. 教材システムの実践による検証

作成したシステムを中学校、高等学校で利用して、その結果を基に、測定装置・教材システムに必要な修正・補充を行い、教材システムとして完成させ、世に提案をする。

4. 研究成果

(1)USB カメラ利用の測定システムの開発を行った。拍動は指先の毛細血管内の血液量増減として伝わる。生体に近赤外線が照射されると散乱され、血液内のヘモグロビンにより散乱光は吸収される。散乱光強度は指先に存在する血液量により変動するため、拍動を反映する情報である。環境光には近赤外線が含まれ、USB カメラも近赤外光を検出することが可能である。脈波測定の原理を図1に示す。USB カメラと環境光の配置など条件を様々に変えて安定した設定条件を確定させるために、次の機能を持つプログラムを開発した。

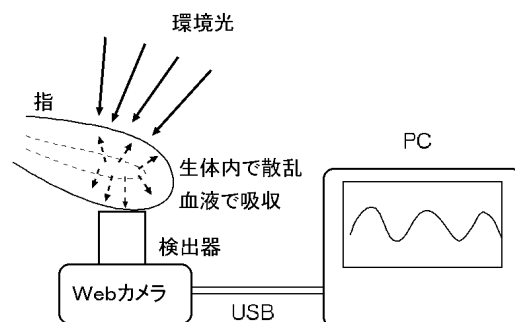


図 1.USB カメラによる脈波測定概略図

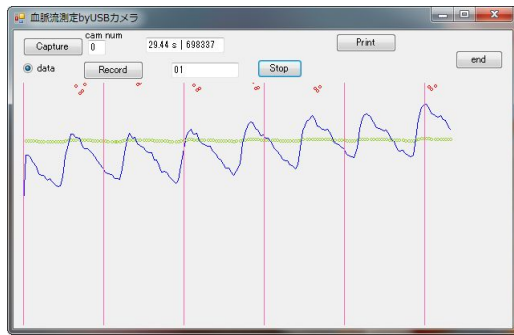


図 2. USB カメラによる脈波表示

1. 拍動を反映する脈波をリアルタイムでグラフ表示 2. 脈波(光強度の時間変化)を数値データとして csv 形式で保存。脈波表示をした例を図 2 に示す。さらに、測定条件として、用いる USB カメラの選定方法、測定に適した環境の調査を行った。USB カメラの画素データ取り込み速度を表示可能なプログラムを作成した。測定法は図 1 に示すように適当な光量がある環境下で USB カメラのレンズ部分を指で覆う。そのため、カメラに入る光量が極端に少なくなる。この状態で一定時間間隔にて画像を取り込んで光量解析を行う。USB カメラによっては画像取込速度が 30fps を維持できず、速度が極端に低くなる場合がある。その場合は脈波の経時変化を動的に提示する本測定には向かない。そこで、fps 計測ソフトウェアを提供し、上記測定要件下で一定程度のサンプリングレート (fps) が確保できることを確認の上で測定ができるようにした。これにより、レンズ部分を指で覆う測定条件で安定したデータ取り込み速度を維持できるか確認可能である。純粋に環境光を用いる場合、測定が不安定になる(天候等の変動で環境光強度が安定しない)ため、電気スタンドを利用することが教材としては適することを確かめた。

教材を用いた実践による検証では、開発した測定システムを用いて中学生、高校生、高校教諭対象に実践授業を行った。実践授業を繰り返すことで、実践では安定した測定ができず、「失敗」する場合があったが、不安定さの原因が USB カメラ開光口へ指の固定であることを突き止め、USB カメラへの指の固定方法などを明確化することで、安定した測定を可能にした。さらに、測定ソフトウェアのユーザーインターフェイスを改良することで操作性の向上を図った。

(2)USB カメラにより得られた脈波が心拍を正しく反映しているかの確認をすることが必要である。しかし、心拍の測定法である心電図計と USB カメラによる脈波測定は両方法が腕と指を用いるために同時計測が困難である。そこで、額部で光電方式による脈波測定器(サンプリングレート 500Hz)を自作し、この装置と心電図計(サンプリングレート 250Hz)との同時計測を実施し、額脈波と心拍は高い相関をもつことを確認した。そして、

額脈波計と USB カメラ脈波(サンプリングレート 30Hz, 30fps)の同時計測を行った。サンプリングレートの差による誤差を除くと、USB カメラによる脈波と額脈波の結果はほぼ一致することを確認した。これにより、USB カメラにより観測される脈波は、心拍を誤差を含みながらも反映していることを確かめられた。サンプリングレートによる影響は両脈波のピーク間隔に最大 0.02 秒程度の誤差が出ることを確認した。心拍に換算すると 1 分あたり 1 拍に相当する。拍動は通常は 1 分間 50 から 100 拍(0.8 から 1.7Hz)程度であり 30Hz のサンプリングレートは十分ではあるが、脈波波形はブロードであり、ピーク検出にはより速いサンプリングレートが必要なことを示唆している。USB カメラによる脈波にはこの程度の誤差が含まれることを明確にした。

(3) 得られた脈波データを処理・解析する方法では、学習者の学習進度に合わせ、次の 3 教材を開発した。1. 脈波を紙に印刷し、定規で脈波ピーク間隔の計算、2. データを表計算ソフトに取り込んでグラフ化し、目視によるピーク検出、3. 数値データから区間最大値、最小値を計算して、自動でピークを検出する手順 など 3 通りの解析法を教材として作成した。これにより幅広い学習段階で本教材の利用が可能になった。さらに、各自が得た脈波のピーク間隔の時系列変化を観測することが可能になった。中学生対象に上記 3 教材の 1 脈波を紙に印刷して定規で脈波間隔を計測して心拍数を求める実践、高校生対象に 2 の教材で実践を行った。授業後の 5 段階尺度アンケート調査ではいずれも授業への興味は高い値を示し、ピーク検出などの計算を伴う操作も 3 以上の値を示した。また、高校教諭対象の実践授業では上記 3 の教材を用い、かつ教材の配布を試み、配布後に実施したサポートより、配布に必要なファイルの効果的選定などを行った。

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 1 件)

井上祥史, 阿久津洋巳, 立花正男, 伊藤敏
学習時における自律神経機能測定の試み
岩手大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要、査読有、11 巻、2012、321-324
〔学会発表〕(計 11 件)

伊藤 敏, 鷲野 嘉映, 井上 祥史, 光電脈波測定による自律神経機能計測装置の開発、電子情報通信学会研究会 教育工学 豊橋技術科学大学、2011

伊藤 敏, 鷲野 嘉映, 井上 祥史, 脈波測定による自律神経機能評価の試み、教育システム情報学会 全国大会 広島市立大学、2011

Itou Satoshi, Washino Kaei an, Inoue Shoshi. Development of wearable

instrument for autonomic function measurement、The 2011 International Symposium on electrical-electronics engineering (ISEE2011 VietNam), 査読有, 2011

井上 祥史、伊藤 敏、鷺野 嘉映, 学習者の問題解決時の自律神経観測、第 29 回日本産業技術教育学会東北支部講演会(岩手大学) 2011

Itou Satoshi, Washino Kaei and, Inoue Shoshi, Development of wearable instrument for autonomic function measurement by plethysmography on forehead, Joint Forum 2012 with ITC and Japan Researcher, March 26, 2012, Institute of Technology of Cambodia, Phnom Pehn, Cambodia

伊藤 敏、鷺野 嘉映、井上 祥史、USB カメラによる自律神経機能評価の試み、日本教育工学会 第 28 回全国大会(長崎大学)2012

伊藤 敏、鷺野 嘉映、井上 祥史、ハンズフリー脈波測定装置の試作と自律神経機能評価の試み、第 9 回 日本加速度脈波・複雑系研究会(大阪)2012

井上祥史、伊藤敏、教員養成学部における ICT 支援員養成の試み、教育システム情報学会全国大会 JSiSE2013、38、B6-4、2013

Itou Satoshi, Washino Kaei and, Inoue Shoshi, Wireless sensor for detecting the heartbeat, INTERNATIONAL SYMPOSIUM ONELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERING 2013, ISEE 2013, 査読有, (November 1st 2013, Ho Chi Minh City, Vietnam)

Inoue Shoshi, Washino Kaei and Itou Satoshi, Basic properties of photon density wave in turbid media, Proceeding of the ISEE2013, (International Symposium on Electrical-Electronics Engineering 2013, 2013 査読有, (November 1st 2013, Ho Chi Minh City, Vietnam)

Itou Satoshi, Washino Kaei and, Inoue Shoshi, Wireless sensor for detecting the heartbeat, 2013 Joint Forum in Yangon Technical University, November 4, 2013, Yangon Technical University, Yangon Myanmar

〔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

井上祥史 (INOUE, Shoshi)

岩手大学・教育学部・教授

研究者番号：

00211061

(3) 連携研究者

()

研究者番号：