

## 汎用 USB カメラによる脈波測定を用いた教材開発

## Development of educational Material using Plethysmograph Observation by USB Camera

伊藤 敏<sup>\*1</sup>, 鷲野 嘉映<sup>\*2</sup>, 井上 祥史<sup>\*3</sup>  
Satoshi ITOU<sup>1</sup>, Kaei WASHINO<sup>2</sup> and Shoshi INOUE<sup>\*3</sup><sup>\*1</sup>岐阜聖徳学園大学経済情報学部<sup>\*1</sup>Faculty of Economics and Information, Gifu Shotoku Gakuen University

岐阜聖徳学園大学短期大学部

<sup>\*2</sup>Junior College, Gifu Shotoku Gakuen University<sup>\*3</sup>岩手大学教育学部<sup>\*3</sup>Faculty of Education, Iwate University

Email: itous@gifu.shotoku.ac.jp

あらまし：先行研究で小学生を対象に心臓の拍動を脈波として動的に表示し、解析する教材を作成し、興味関心を引き出す点で高い評価を受けた。一方で、その教材は脈波検出部が手作りであり汎用性に弱点を持っていた。本稿では、検出部分を汎用 USB カメラに置き換え、同等の機能をソフトウェアで実現する装置を開発した。それを用いて脈波から心拍数を算出する教材を作成した。

キーワード：USB カメラ、脈波、ピーク検出、マルチメディア利用

## 1. はじめに

学習者が自分の体を使って学ぶ教材は学習効果を高める上で効果的であると考えられる。本研究では心臓の拍動を脈波という形で視覚化し、学習者の興味や関心を引き出し、拍動の間隔から1分あたりの心拍数を計算する過程を教材にした。ここで用いるハードウェアは汎用 USB カメラとパソコンである。心拍数計算の過程を工夫することで、幅広い学習者層の情報教育として利用可能であることをしめす。なお、本研究では心臓の拍動に伴い動脈に伝わる周期的な運動を脈波とした。

先行研究では指先の毛細血管が心臓の拍動により拡張収縮することに伴う血液量の変動を赤外線照射による散乱光の変化として電気信号で測定し、コンピュータ上で波形の経時変化として表示する装置を開発し、教育への適応について報告をした<sup>(1)</sup>。その装置を用いて、小学校6年の「動物のからだ」単元において血液の流れの実験授業を行った。児童に対するアンケート調査より指先に血液が流れていることや拍動と連動していることを実感できる教材として高い評価を得た。

この方法は非侵襲的であり安全な測定が可能である。装置の取り扱いも容易である。しかし、装置は検出・データ変換部（赤外線照射部・光検出電流変換部・デジタル処理部から構成）、コンピュータおよび表示処理を行うソフトウェアから構成され、検出・データ変換部は手作りであり、多くの教育現場で利用することには困難が伴う。そこで、操作が簡単で安全である点を継承しつつ、脈波測定の検出・データ変換部に相当する部分のハードウェアを汎用 USB カメラに置き換え、その他の増幅・デジタル化処理をソフトウェア的に実現する方法を提案する。

本報告では、2章で USB カメラにより脈波を測定

する原理と方法についての議論を行い、3章で心拍数計算処理の教材としての展開について述べる。4章で実践例を述べ、5章でまとめる。

## 2. USB カメラによる脈波測定装置の構成

測定原理と開発の装置：生体組織、たとえば指先に光があたると赤色から近赤外光成分は生体を一部透過し散乱される。散乱光は指先の血液により吸収される。心臓の拍動により血液量は増減し、散乱光強度が変動する。その変動をとらえることができれば脈波の観測が可能になる。

測定装置のブロックダイアグラムを図1に示す。ハードウェアは汎用 USB カメラ、光源は環境光または電気スタンドなど汎用製品を用いる。USB カメラの動画1フレームを取り出し、画素の赤色や近赤外光成分光量を積算することで計測する。これをフレームごとに繰り返すことで光量変化を検出する。USB カメラ標準のフレームレートは30fps(0.033秒ごと)であり、脈波表示および心拍数計算に必要な時間精度を持っている。

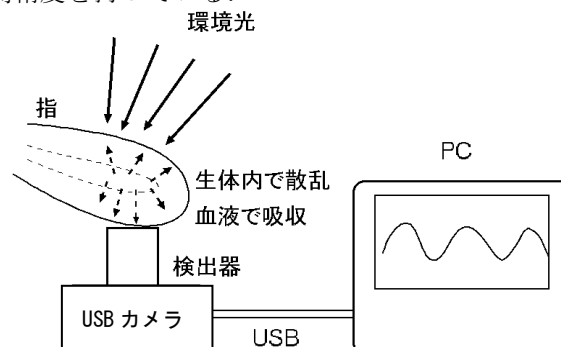


図1 USB カメラによる脈波測定のブロックダイアグラム

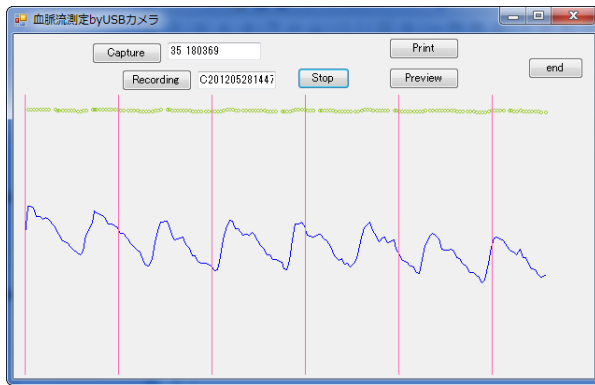


図2 脈波測定画面

**用いる USB カメラの検討**：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。

**脈波測定機能**：開発したソフトウェアはリアルタイムで脈波を表示し、脈波を印刷したりそのデータを CSV ファイルとして保存したりする機能を持つ。保存されるデータは測定経過時間と光強度で、光強度は最小値 0.0 から最大値 100.0 に規格化した。脈波表示の様子を図2に示す。

### 3. 教材の概要

本教材は学習者の拍動を脈波データとして取り出し、処理する構成をとる。脈波データを取り出す方法は前述の通り、非侵襲であり、用いるハードウェアは汎用 USB カメラとパソコンである。学習者の脈波をリアルタイムに動的に取得・表示し、その結果から学習者が心拍数の計算をする。

本教材は[準備]、[脈波表示]、[情報処理(解析)]の3つの部分から成る。[準備]および[脈波表示]は教材共通の必須部分である。[情報処理]は学習者や学習意図に応じて多様なバリエーションを用意した。

[準備]では、教授者が事前に必要なサンプリングレート 30fps が確保できる USB カメラを選定する。筆者の経験ではノートパソコンに付属する USB カメラでは 30fps に至らないものが見られるため注意が必要である。[脈波表示]はパソコン画面をプロジェクタに投影して教室内で皆と共有するとよい。

[情報処理(解析)]は得られたデータから1分あたりの心拍数を計算する。そのためには、a. 脈波からピークを検出し、b. ピーク間隔時間(秒)を求め、c. 逆数にして60倍する必要がある。aのピーク検出法に教材の多様性を持たせることが可能である。その方法の典型例を次に示す。

表1 アンケート結果

項目	質問内容	平均値
1	授業は楽しかったか	4.2
2	心臓の動きを実感	4.1
3	何をしていたか	3.7
4	Excel 操作 グラフ化	3.6
5	ピークから数値読取	3.6
6	拍動の秒間隔計算	3.4
7	心拍数計算	3.4
8	メディアへの興味	3.9

1. 脈波測定ソフトウェアから脈波を紙媒体へ印刷し、目視でピークを検出して、定規などを用いて比例計算で算出する。
2. CSV データを表計算ソフトウェアに読み込み、グラフ表示の上、紙媒体へ印刷をして1と同様の方法で求める。
3. CSV データを表計算ソフトウェアに読み込んで、グラフ表示の上、各ピークにマウスをポインティングすることで表示されるデータ値を読み取り、ピーク間の差を求める。
4. 表計算ソフトで読み込み後、データを区間に区切って最大値や最小値を求める関数を用いてピークを検出し、それを繰り返す。
5. データからプログラムによりピーク間隔時間を求める。

いずれの方法も、ピーク間隔を求める、かつ最終的に得られる心拍数は60から100程度と答えの範囲が決まっているので学習者自身での検討がしやすい。

1, 2は小中学校で、3, 4, 5は高等学校以上で実施が可能と思われる。4, 5に関しては大学での授業でも利用可能と思われる。5については信号処理の教材としても適する。

### 4. 実践例

高校生9名(Excelを用いた処理は未経験)を対象に模擬授業で実践を行った。情報処理法は3のマウスでデータ値を読み取る方法を用いた。5段階尺度でのアンケート調査の結果を表1に示す。授業への興味などは比較的高い値を示す。ピーク検出および心拍数計算を求める操作も3以上の値を示した。

### 5. まとめ

学習者の拍動をテーマにすることで興味や関心を引き出す教材としては高い評価を受けた。今後、情報処理教材としてソフトウェアの配布およびドキュメント整備を行う。

**謝辞**：本研究の一部は科研費(235010310001および21500894)の助成を受けたものである。

#### 参考文献

- (1) 伊藤敏, 井上祥史: "拍動の視覚化教材の開発—指先からの拍動検出", 教育システム情報学会誌, 第27巻, 第3号, pp.290-293 (2010)