

USB カメラによる拍動の可視化過程を明示する教材

Materials which specify the Visualization process of the Pulse wave by USB Camera

伊藤 敏^{*1}, 鷲野 嘉映^{*1}, 井上祥史^{*2}

Satoshi ITOU^{*1}, Kaei WASHINO^{*1}, and Shoshi INOUE^{*2}

^{*1} 岐阜聖徳学園大学

^{*1}Gifu ShotokuGakuen University

^{*2} 北海道教育大学

^{*2}Hokkaido University of Education

Email: itous@gifu.shotoku.ac.jp

あらまし：「心臓の拍動を脈波表示で視覚化し、それらのデータを数値処理する過程を教材にする」ことの一環として、USB カメラの情報から脈波を取り出すソフトウェアを学習者が作成する教材を提供する。教材では、画像取得→画素値取得積算→グラフデータ保存を一連の流れとして提示する。環境は Processing2 を用いた。

キーワード：脈波、画素、Processing2

1. はじめに

学習者が自分の体から発する情報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。本研究の主題は「心臓の拍動を脈波表示で視覚化し、それらのデータを数値処理する過程を教材にする」ことの一環として、USB カメラの情報から脈波を取り出す過程を明示する教材を作成することである。拍動を波という形で可視化することで視覚化し、学習者の興味や関心を引き出し、「拍動間隔の時系列データの周波数解析」を教材にするために必要な基礎的研究を行う。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。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。

先行研究では心臓の拍動により、指先の毛細血管の血液量の変動する現象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⁽¹⁾。この方法は非侵襲的であり安全な測定が可能である。しかし、検出部は手作りであり、多くの教育現場で利用することには困難が伴う。そこで、図1で概観を示す教材を提案して、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「1」(図1の1を示す。以下同様)、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した⁽²⁾。それらを用いて脈波を紙に印刷したり「2」、得られる CSV ファイルを表計算ソフト利用で処理したりすることで脈波の間隔を計算し、脈拍数を計算する教材を提案し「3」、よい評価を得た。さらに、脈波データの数値処理教材として、脈波のピークを自動検出し「4」、脈波の揺らぎを周波数解析する教材「5」を作成して提案してきた⁽³⁾。ここで用いた USB カメラから脈波を検出・表示するソフトウェア「1」は教授者が学習者に提供をし、リアルタイムでの「脈波表示」、脈波の印刷、CSV 形式でのデータ出力機能を持っている。

本研究の目的は、図1「1」に示した今まで教授者が提供をしてきたソフトウェアと同等の機能を持つソフトウェアを学習者が作成することを支援する教材を作ることである。

本報告では、2章で脈波検出の原理を述べ、3章で教材の構成を述べ、4章でまとめる。

2. 指先からの脈波測定の原理と測定法

心臓の拍動は血液を全身へ送り出す。この拍動が指先の毛細血管にも伝わる。図2に示すように、生体に光があたると散乱され、主に血液のヘモグロビンにより散乱光は吸収される。拍動に伴い毛細血管の血液量は変動し光の散乱強度に変化を及ぼす。散乱光強度を電気的に測定することで、指先での血液量の増減を検出し、拍動を測定することができる。

光強度検出のハードウェアとして汎用 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 カメラからの画像をピクセルデータとしてデジタル化した状態で受け取り、微弱な信号の増幅は行わず、検出面積を増やすことで増幅に換える。すなわち、通常の脈波装置⁽⁴⁾では1点の観

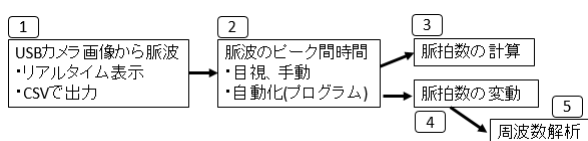


図1. 教材略図

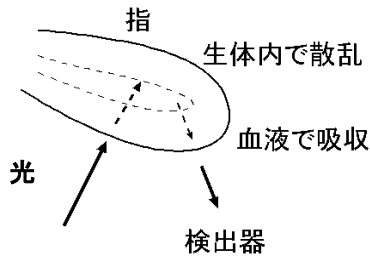


図 2. 指先での拍動測定原理

測結果を増幅して利用しているが、USB カメラの光量検出部 CMOS 全面あるいは一部の検出面の光量変化を積算することでわずかな光量変化をとらえる。

USB カメラの動画 1 フレームを取り出し、上記の操作を行うことで光強度の計測をする。これをフレームごとに繰り返すことで光量変化の経時変化を検出する。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。

測定方法：USB カメラのレンズ部分を指で覆う。カメラに入る光量が極端に少なくなるが、指の上から適度な光を当てることで全体に赤色になることが画面から確認できる。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 30fps を維持できず、速度が極端に低くなる場合がある。その USB カメラ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。

3. 教材の構成

今まで教授者が提供してき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。すなわち、ソフトウェアとして必要な機能は 1. USB カメラの画像をフレーム毎に取得、2. 画像を画素へ分解、3. データの出力機能（グラフ化および CSV 形式での出力）などである。これらの機能を実装するのに適したソフトウェアとして Processing2⁶⁾が選ばれた。Processing2 を使用することで、USB カメラから画像を取得して画素値を得ることができ、結果をグラフ化することが容易となる。またイベント処理に優れ、データ保存のタイミングを学習者が決定できる機能を持つ。

教材は次の構成とした。

1. USB カメラから画像取得
取得画像の表示を通じて取得確認
2. 画像から画素値の取り出しと積算
 - a. 指定領域の画素値取り出し
 - b. 画素値の単色値代入による画素機能の確認
 - c. 指定領域内の画素値の積算
3. 画素値の動的グラフ表示
 - a. 描画の基本を講習
 - b. 画素値の数値表示しながらグラフ化
4. データ保存

この教材を用いることで学習者にとって、USB カメラからの画素値取得が容易になるため、通常のプログラムで必要な繰り返し、条件分岐などの基本を知っていれば取り組める点で負担が少ないと考えられる。

画素値は USB カメラに入る環境光の変動により、ゆっくりとした大きな変動が入る。今までの教授者より提供していたソフトウェアではベースラインの揺らぎとして観察され、解析の障害になっていた。この教材では画素値を表示しながら「インタープリタ的」にプログラムが変更可能であり、将来的には学習者による「ゆっくりした変動」をフィルタリングすることが可能になると思われる。

4. まとめ

筆者らが取組んできた「USB カメラによる脈波表示と利用した数値教材」の一部として、教授者が提供してきたカメラの画素値処理・表示部を学習者が作成する試みである。プログラムの基本のみを学んだ学習者では、従来は困難と思われた USB カメラを用いた画素値処理等の一連の学習において、学習者が容易に取り扱いうる環境・教材 (Processing など) を提供し明示することで、こうした学習者でも困難なく取り組むことが可能になった。今後、教育実践を通じてブラッシュアップを図る。

謝辞：本研究の一部は科研費 (26350203)の助成を受けた。

5. 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, Vol. 27, No. 3, pp.290-293 (2010)
- (2) 伊藤敏, 鷲野嘉映, 井上祥史:”汎用 USB カメラによる脈波測定を用いた教材開発”, 第 37 回教育システム情報学会全国大会 (2012)
- (3) 伊藤敏, 鷲野嘉映:”USB カメラによる脈波計測と周波数解析”, 計測自動制御学会第 157 回教育工学研究会 (2015)
- (4) ユメディカ:” アルテット加速度脈波測定システム” 資料 (2015) URL:<http://www.kenkou.ne.jp/artett/> 資料 (2008)
- (5) URL: <http://www.processing.org/>