

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：35302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K02818

研究課題名(和文) リモートによるスキル評価が可能な一般市民向け救命講習会教育ツールおよび手法の開発

研究課題名(英文) Development of educational tools and methods to remotely assess the skills of Basic Life Support training for the general public.

研究代表者

堀 純也 (Hori, Jun'ya)

岡山理科大学・工学部・准教授

研究者番号：70368611

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、新型コロナウイルスの様な感染症の拡大下においても、個人で心肺蘇生法を学習できるように、小型のマイコンを用いた胸骨圧迫評価ツールおよび手軽に体験ができる模擬AEDの開発を行った。ペットボトルを圧迫して行う心肺蘇生講習法が従来から知られているが、圧迫の様子を数値化できればより効果的であると考え研究を行った。ペットボトルのキャップに取り付けつけた薄膜型圧力センサを利用することによって、胸骨圧迫にともなう圧力変化から、胸骨圧迫の回数、速さ、CCF(胸骨圧迫比)が手のひらサイズのマイコンで評価できるようになった。また、同様のマイコンを用いて、AEDの使用体験ができる模擬AEDを作製した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

一般的な心肺蘇生の講習会では、比較的高価なトレーニング用マネキンとAEDを模したシミュレータ器材を用いて集合型のトレーニングを行っている。一方、新型コロナウイルス感染症の様な感染症の拡大下においては、集合型のトレーニングは自粛傾向にあった。本研究で作製した胸骨圧迫ツールは、個人で自己学習することができ、またPC経由で遠隔モニタリングすることにより、感染防止を行いつつ、第三者の評価も可能となる。また、今回作製した手のひらサイズの模擬AEDは、手軽にAEDの動作体験をすることができる。以上から、この模擬AEDを利用すれば、AEDがより一般市民にとってなじみのあるものになるのではないかと考える。

研究成果の概要(英文)：This study aims to enable individuals to learn cardiopulmonary resuscitation (CPR) even during the spread of infectious diseases like the COVID-19. In this study, a chest compression evaluation tool using a small microcontroller and an easily operable simulated AED are developed. Although the method of performing CPR by compressing a plastic bottle has been traditionally known, we conducted this research under the belief that quantifying the compressions could enhance its effectiveness. By utilizing a thin-film pressure sensor attached to the cap of the plastic bottle, we were able to evaluate the number, speed, and chest compression fraction (CCF) of the chest compressions using a palm-sized microcontroller based on the pressure changes that occur during the compressions. Additionally, we created a simulated AED that allows users to experience AED operation using a similar microcontroller.

研究分野：医学教育/臨床工学

キーワード：心肺蘇生 一次救命処置 AED 自動体外式除細動器 医学教育

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

消防庁が公表している国際ガイドライン(ウツタイン様式)に則った「救急蘇生統計[1]」によると、心原性心停止で救急搬送された傷病者のうち、一般市民が心肺蘇生を実施した数は、本研究開始当時に報告されていたデータ(2007年~2016年)において、10年間で約1.5倍に増加したと報告されていた、そのうち除細動を実施した件数は、この間に4.2倍に増加していた。また、2016年の調査では、一般市民が心肺蘇生を行わなかった場合の1ヶ月後生存率は9.3%、1ヶ月後社会復帰率が4.9%なのに対し、一般市民が胸骨圧迫(いわゆる心臓マッサージ)などの心肺蘇生と除細動を行った場合の1ヶ月後生存率は53.3%、1ヶ月後社会復帰率は45.4%であったことから、心肺蘇生法とPAD(public access defibrillation)の普及の有効性が明確となっている。

心肺蘇生のガイドライン[2]にも示されているように、一刻を争う突然の心停止に対しては、胸骨圧迫と電氣的除細動をなるべく早く行うことが重要視されている。そのため、病院外では、心停止を起こした患者の近くにいる人(バイスタンダー)がいち早く心肺蘇生を始めることが蘇生率を上げる鍵となる。ところが、バイスタンダーは必ずしも医療従事者であるとは限らず、むしろ一般市民であることが多い。蘇生ガイドライン[2]の中で、「救急隊が到着する前に、市民救助者による心肺蘇生(CPR)を受けた成人は40%未満で、AEDが使用された事例は12%未満である」との報告されており、一般市民の蘇生技術の向上が現在でも望まれている。

そのため、全国的各地で一般市民向けの一次救命講習会(BLS講習会)が開催されているが、2020年に新型コロナウイルスが感染拡大した際に、対面の講習会では感染防止対策が困難であることから講習会の実施が滞っている状況にあった。当時、トレーニング用のマネキンを受講者1人に1体用意し、手指消毒を徹底して実施している例も見受けられたが、器材が多数必要になり、コストもかかるという問題があった。一般市民向けの一次救命(BLS)講習において、手軽に胸骨圧迫の練習を行う方法としてペットボトルを圧迫する訓練法が提案されている[3]。ペットボトルを用いた心肺蘇生法では、新型コロナウイルスなどの感染症が感染拡大している場合でも、人との接触を避けながら訓練を行うことができる。この手法では、胸骨圧迫のリズム評価は、第三者に評価してもらうことになるが、胸骨圧迫の評価が学習者自身でもできればより便利である。また、その様子をパソコン等によって経由してオンラインで第三者に確認してもらえば、ソーシャルディスタンスを保った状態で、第三者による評価も可能となる。本研究では、図1に示すようにペットボトルのキャップに安価な圧力センサを取り付けることにより、胸骨圧迫の様子を可視化し、遠隔でモニタリングできるツールを作製・検証することを目的として研究を遂行した。

また、一般的にBLS講習会では、AEDトレーナと呼ばれる本物と外観や音声アナウンスが同等で実際には出力できないシミュレータを利用してAEDの使用法に関する実技講習も行われている。AEDトレーナも一人一台用意できれば感染防止に努めながら実技の習得が可能となるが、一台あたり10万円弱程度の価格帯であるため、多数のAEDトレーナを用意するのはコスト的に厳しい。そこで、小型のマイコンを利用して、模擬AEDの作製を行うことも視野に入れ研究を行った。

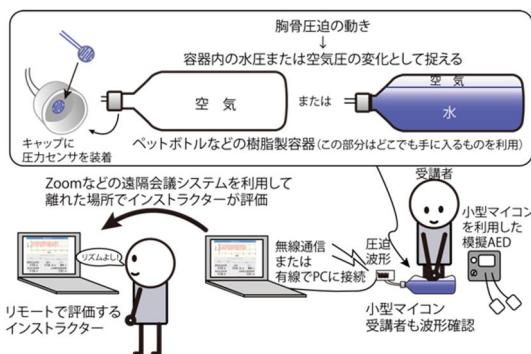


図1. システムの概略図

2. 研究の目的

本研究は、家庭でも用意できるペットボトルを利用した胸骨圧迫の講習法[3]を定量的に評価できるように、安価な圧力センサと小型マイコンを用いて胸骨圧迫の可視化を行うと共に、遠隔でモニタリングできるツールを作製・検証することを目的として研究を遂行した。また、小型マイコンを用いて手軽にAEDの使用体験ができる模擬AEDを製作することも目的として研究を行った。

3. 研究の方法

(1) 胸骨圧迫の評価ツールの作製

ペットボトルを胸骨に見立てて圧迫した際にペットボトル内に生じる圧力変化を捉えるため、ペットボトルのキャップに耐水仕様の薄膜型圧力センサ Plyistyg0zsip5ham-03(Plyisty社、対応負荷範囲0-5kg)を取り付けた。開発の初期段階では、12bitのAD変換器(ADS1015, Adafruit社)を介して、小型マイコンであるRaspberry Pi3に取り込み、胸骨圧迫の様子をグラフに表示させるシステムを構築した。計測プログラムの作成にはPythonを使用した。その後、Bluetoothによる通信機能をもちRaspberry Pi3よりも小型のマイコンであるESP32を利用し、ペットボトルを

圧迫した際のペットボトル内の圧力変化を可視化した。その際の計測プログラムの作成には Arduino 言語 (C/C++言語) を使用した。また, ESP32 を搭載し, 2 インチ (320×240) カラー-TFT 液晶をもつマイコンである M5 Stack Basic に機能を移植した。

(2) 模擬 AED の作製

2 インチ (320×240) カラー-TFT 液晶をもち, 音の再生も可能なマイコン (M5 Stack Basic, M5 Stack 社) を用いて, 模擬 AED を作製した。AED の音声アナウンスは, 商用利用が可能な音声を作製できる入力文字読み上げソフト (voicepeak, 株式会社 AHS) を使用して作成した。M5 Stack Basic は 3 つのボタンを有しているため, それらを電源ボタン, 放電ボタンに割り当てて, AED の使用体験ができるようにした。AED を模擬した動作プログラムの作成には Arduino 言語 (C/C++言語) を使用した。

4. 研究成果

(1) 胸骨圧迫の評価ツールの作製

図 2 に最初に開発したシステムの等価回路を示す。ペットボトルのキャップに防水タイプの薄膜型感圧センサ (以下, 圧力センサ) をエポキシ樹脂と紫外線硬化型で固定し, センサが浸る程度の水を満したペットボトルに取り付けた。ペットボトルを胸骨と見立てて圧迫したときに生じるペットボトル内部の圧力変化を圧力センサで感知し, 胸骨圧迫のリズムをシングルボードコンピュータ (Raspberry Pi 3) 上で可視化した。圧力センサと 10k の電気抵抗を直列接続した回路に 5V の電圧を印加し, 圧力センサの両端電圧の変化を 12bit の A/D 変換器 (Adafruit, ADS1015) を介して, Raspberry Pi 3 で計測した。計測プログラムは, 胸骨圧迫の速さ, 1 分間の胸骨圧迫回数および, CCF (胸骨圧迫比率) を表示するものとした。なお, プログラムは Python で作成し, GUI 化には PyQt を用いた。

圧力センサを取り付けたペットボトルに対して, 胸骨圧迫を行い, 本システムで計測したところ, 胸骨圧迫の速さ, CCF を評価できるようになった。一般市民向けの講習会では, 1 分間に 100 ~ 120 回のリズムに適した音楽やメトロノームのリズムで胸骨圧迫の速さを体感してもらっているが, このツールを利用すれば, 1 人でも定量的に胸骨圧迫の手技を評価することが可能となった。

このシステムをさらに発展させるため, Bluetooth による通信機能をもち Raspberry Pi 3 よりも小型のマイコンである ESP32 を利用し同様のシステムを構築した。図 3 にこれらのシステムで測定した際の画面の様子を示す。画面上では, 胸骨圧迫の回数, 胸骨圧迫の速さ (1 分あたりの圧迫回数), CCF (胸骨圧迫比: 心肺蘇生実施時間に対する胸骨圧迫の継続時間), 心肺蘇生の継続時間が可視化されている。

このシステムを用いることで, ペットボトルの圧迫だけでは評価できなかった胸骨圧迫の手技を定量的に可視化することはできるようになったが, マイコンを動かすための電源や液晶モニターが必要であるという欠点があった。そこで, さらにシステムを手軽に利用できるようにするために, 2 インチ (320×240) カラー-TFT 液晶をもち, 内蔵バッテリーで動作する ESP32 ベースのマイコンである M5 Stack Basic に機能を移植した。このシステムは, ペットボトルに装着した圧力センサおよびそのケーブルを除くと, 本体自体が 54 mm × 54 mm × 18 mm と小型である。図 4 にシステムの等価回路を示す。胸骨圧迫にともなうペットボトル内部の圧力変

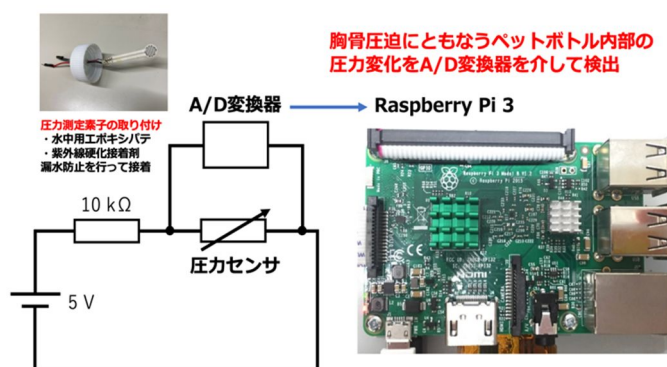


図 2. 最初に開発した胸骨圧迫評価システムの概略図



図 3. 胸骨圧迫評価システムの表示画面
胸骨圧迫の回数, 胸骨圧迫の速さ, CCF (胸骨圧迫比) 心肺蘇生の継続時間が可視化される。

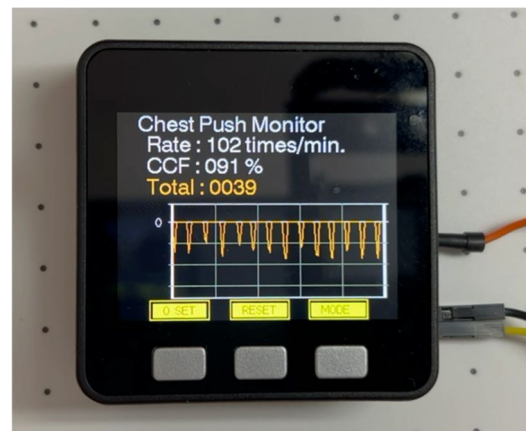


図5 . 液晶付きマイコンを用いた胸骨圧迫評価システムの表示画面
 胸骨圧迫の回数: Total
 胸骨圧迫の速さ: Rate
 CCF が可視化される。

化を M5 Stack Basic のアナログ入力端子で検出し、画面に表示できるシステムとなっている。また、図5には液晶付き小型マイコンを利用したシステムで測定した際の画面の様子を示す。画面上では、初期に開発した評価ツール同様に、胸骨圧迫の回数(Total と表示),胸骨圧迫の速さ(Rate と表示), CCF, が可視化されている。なお、いずれのシステムも胸骨圧迫の深さについては現状では定量的な評価ができていない点が課題として残る。また、薄膜型圧力センサで圧力変化を捉えるために水を入れているため、従来の空のペットボトルを圧迫する方法と比較すると、圧迫に力が必要であるが、その効果については今後、定量的な評価をする必要がある。使用感に関する評価については、周囲の数名にしか感想を聞けていない状況であるため、今後使用を重ねて評価する必要がある。

若干の課題は残るところではあるが、以上の成果により、比較的安価(1万円以下)なシステムで、ペットボトルを用いた胸骨圧迫の様子を可視化できた。

(2) 模擬 AED の作製

図6に液晶付き小型マイコンを用いて作製した模擬 AED の外観と操作している様子を示す。なるべく本物の AED に近い外観とするため、図6の左上に示す様に筐体部分は3Dプリンタを使用して作製しているが、小型マイコン単独でも動作する仕様となっている。

マイコン表面にある3つのボタンうち、左端を電源ボタン、中央を電気ショック実行ボタンに割り当てた。電源ボタンを押すと、パッド装着を促すアナウンスが流れるようになっている。なお、その後、パッドを模擬した電極を装着(回路をショート)すると、心電図解析中のアナウン

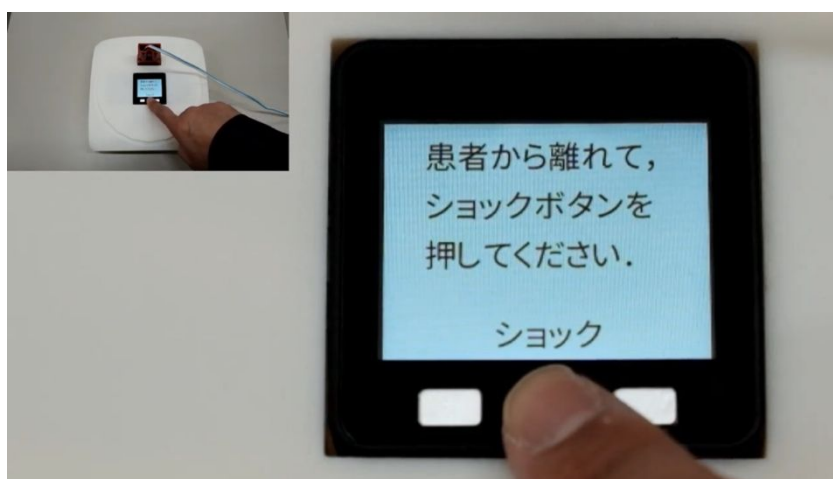


図6 . 小型マイコンを利用した模擬 AED の外観(左上)と実際に操作している様子。

スが流れる。約 5 秒程度経過した後、「ショックが必要」というアナウンスが流れ、充電完了のアナウンスへと進むようになっている。使用者がショックボタンを押すと、ショック完了と胸骨圧迫を促すアナウンスが流れ、2 分間のカウントタイマーが表示される仕様とした。以下は、2 分おきに心電図の解析を繰り返すシステムとなっている。

M5 Stack Basic 自体は本体サイズが 54 mm × 54 mm × 18 mm と小さいため、鞆などにいれて持ち歩くことも容易である。したがって、今回作製した模擬 AED は、一般市民が日常的に AED の操作体験ができる教育ツールとして使用できる。また、3D プリンタを用いて作製した筐体に作製した模擬 AED をはめ込むことにより、市販の AED トレーナーに近いものを約 1/10 程度のコストで作製することができた。

本研究により、音声再生機能をもった液晶付き小型マイコンを用いて模擬 AED を作製することができた。本研究で作製したツールを用いて、おもちゃ感覚で日常的に AED の動作体験をすることができれば、AED がより一般市民にとってなじみのあるものになるのではないかと考える。

< 引用文献 >

- [1] 総務省消防庁，平成 29 年版救急救助の現況 I．救急編，78-117，2017.
- [2] 2020 AHA CPR および ECC のガイドラインハイライト：<https://cpr.heart.org/en/resuscitation-science/cpr-and-ecc-guidelines>（2024 年 6 月 20 日アクセス）.
- [3] 非営利型一社団法人ファストエイド ホームページ：<https://www.fastaid.co/>（2024 年 6 月 20 日アクセス）.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 堀純也	4. 巻 12
2. 論文標題 一次救命講習に利用可能な小型のマイコンモジュールを用いた胸骨圧迫評価ツールおよびAEDシミュレータの開発	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 日本シミュレーション医療教育学会雑誌	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） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 堀 純也
2. 発表標題 音声再生機能をもった液晶付き小型マイコンを利用した模擬AEDの試作
3. 学会等名 第16回日本医療教授システム学会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 堀 純也
2. 発表標題 小型マイコンモジュールを用いた一次救命講習会用胸骨圧迫評価ツール
3. 学会等名 第98回日本医療機器学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 堀 純也
2. 発表標題 遠隔モニタが可能な一次救命講習会用胸骨圧迫評価ツールの作製
3. 学会等名 第97回日本医療機器学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 堀 純也, 矢野 真太郎, 岡田 紳太郎, 藤本 紫音
2. 発表標題 圧力センサを用いた一次救命講習会用胸骨圧迫評価ツールの試作
3. 学会等名 第96回日本医療機器学会大会
4. 発表年 2021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
---------------------------	-----------------------	----

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