1ZA-06

曲げセンサーによる圧迫深度・LiDARによる姿勢の組み合わせを可視化するCPR訓練システムの開発

石黒 銀河†　　皆月 昭則†

釧路公立大学†

1. はじめに

心停止状態の救命手法として知られている心肺蘇生（Cardiopulmonary Resuscitation，CPR）は，AED（自動体外式除細動器）が，その場にAEDない場合の救命の基本であり，胸骨を圧迫するが最重要である．最新の論文（Optimal Combination of Compression Rate and Depth During Cardiopulmonary Resuscitation for Functionally Favorable Survival, Sue Duval, et al, 2019）によると，心停止者に対しての最適な胸骨の圧迫の深さは,4.7cmで毎分107回という値があり，心停止者の年齢・性別・心リズム・他介入によって変化しなかったという報告がある．本研究では，最新論文報告に依拠しながら，最適な圧迫の深さと姿勢検知について検討した．姿勢検知はApple社製のLiDARセンサーを使用した．

2. 胸骨圧迫時の姿勢推定技術

姿勢検知には，カラー画像を取得できる広角カメラと深度情報を取得できるLiDAR(Light Detection and Ranging)スキャナを搭載したApple社製のiPad Pro 12.9-inch(4th generation)を用いて検討した. 図1は訓練システムの概念図である．

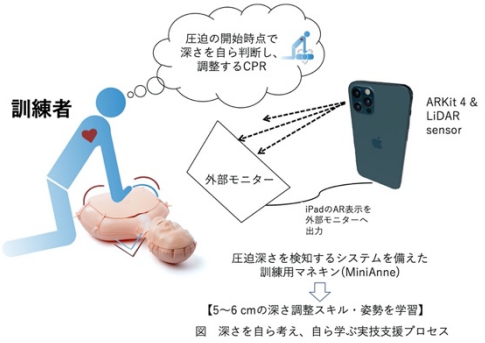

図1 訓練システムの概念

LiDARスキャナを搭載したiOS端末では,広角カメラのみを搭載する端末と比較して高精度な深度情報を収集することが可能であり,精度の高いモーションキャプチャが可能となる．

A Development of CPR Training System to Visualize Detecting of Compression Depth and Posture Using Bending Sensor and LiDAR

† Kushiro Public University

開発実装ではApple社が開発者向けに提供しているARKit 4 ARフレームワークを用い，圧迫時の左右の肘・肩の検知を行うことを検討した．

3. 胸骨圧迫時の深さ推定技術

世界の救命のガイドライン（AHA）に述べられているように，実際のCPRにおいて最重要なことは，胸骨を圧迫する際に，体幹の個別性（骨や筋肉の違いなど）を考慮した適切な深さに達しているかどうかである．したがって，訓練においても，圧迫の深さ変化を評価することが最重要な課題である．旧システムでは，深さ変化を評価することができなかったため，圧迫力（加圧変化）変化を代替評価としてきたが，旧システムの訓練を続けたとしても，深さの変化を評価できないため，実際のCPRに向けた訓練者の実行的スキル（助けることができるCPR）は困難である．

3.1 圧迫時の深さ検知・推定を行う技術の開発

CPR訓練に際して，訓練者が適切な深さで圧迫をしているのかを把握できるようなシステムを開発した．システムは，①小型シングルボードコンピュータと②曲げセンサーを用いることで，胸骨への圧迫の深さを検知取得・推定処理し，訓練中に報知可能である．

①CPR時の深さデータ処理するための制御ハードウェア

・Raspberry Pi 4 Model B 4GB RAM

②CPR時の深さを検知する曲げセンサー

・Spectra Symbol製 曲げセンサー

全長 112.24mm（センサー部 95.25mm）×全幅 6.35mm

厚さ 0.43mm

電力定格 0.5W～最大 1.0W

寿命: 約100万回，使用温度範囲: -35°C ～ +80°C

曲げセンサーの機械仕様と電気仕様は①のように，センサーの面積の大半は抵抗になっており，検知は，曲がり具合に応じて抵抗値が増加（180°曲げ時で，平面時より最低2倍の抵抗値）する．センサーの抵抗値はアナログ値であり，シングルボードコンピュータのRaspberry Pi側で

Copyright ©2021 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

処理できないため，AD コンバータ（型番 MCP3208-CI/P）を用いた．AD コンバータは，曲げセンサーからアナログ抵抗値を 12 ビット(0~4095)のデジタル値に変換して，Raspberry Pi 側で処理することが可能になり，理論上，深さ変化は 4095 段階で計算処理できる． AD コンバータと Raspberry Pi の通信方式には，Raspberry Pi の GPIO 端子を接続した SPI 通信を用いた．

3.2 CPR 訓練用マネキンへの曲げセンサーの実装

図 2 のように CPR 訓練用マネキン（Laerdal 製；CPR・AED 学習キット MiniAnne）にアクリルパネルと 3D プリンターで制作したアタッチメントを施して曲げセンサーを取り付けた．図 5 のように，曲げセンサーを湾曲させた状態でアクリルパネルへ取り付け，曲げセンサーの先端部がマネキンの胸の中心裏側へ接触するように設置した．

図 2　CPR 訓練用マネキンへの曲げセンサーの実装

検知の仕組みは，CPR 訓練時のマネキンの胸骨部を圧迫するごとに，マネキン下部に取り付けられた曲げセンサーが湾曲することで，抵抗値が増加するため，それを深さ変化とみなして，制御ハードウェアで処理している．制御ハードウェアの OS は，Debian Buster with Raspberry Pi Desktop (2020-02-12 リリース)を使用して，プログラミング言語には Python3 系である Python3.7 を使用した．

4 結果

CPR 訓練時の深さの検出評価のために，訓練用マネキンに曲げセンサーを取り付けた．曲げセンサーの取り付け方法の検討で判明したことは，曲げセンサーの検知が良好になり，かつ胸骨への圧迫時の深さを正確に取得できるようにアタッチメントを 3D プリンターで制作した．アタッチメントの装着では，訓練者の胸骨の圧迫の妨げにならないように取り付け位置を定めた．圧迫中の訓練者への報知方法として，規定の圧迫の深さを達した際に LED を点灯させることや，ブザー音で知らせることを検討した．図 3 は, 曲げセンサーの実装を行ったマネキンを用いた訓練の図である．

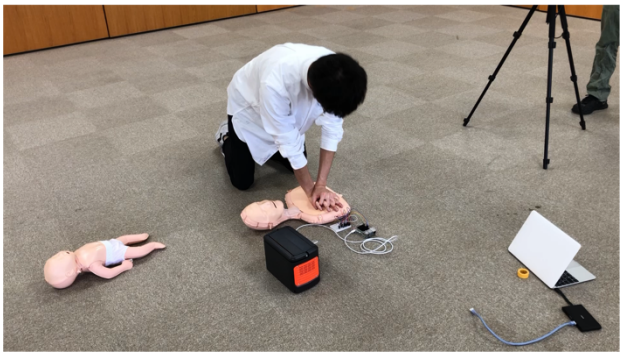

図 3 曲げセンサーを実装したマネキンを用いた訓練

4.1 課題

研究で使用した訓練用マネキンには，気道確保・人工呼吸の訓練機能があり，人工呼吸時の肺を模倣した袋が内包されている．3.2 節のセンサー取り付け方法では，胸骨の圧迫と人工呼吸の訓練を同時に行った際（実際の救命では特別のケースでない限り実施しない）に，肺の袋に干渉し，センサーによる圧迫の深さ検知の正確な取得が困難であることが判明したため取り除いた．

謝辞

本研究は，日本学術振興会の科学研究費助成事業において 2020 年度 基盤研究(B)に採択されたテーマ「救命の連鎖の開始点を担う市民が自ら考え実行できる CPR 実技の構成要素の抽出研究；研究課題番号 20H04291」の関連研究で，国民のみなさまはじめ関係各位に深謝いたします．

参考文献

[1] Sue Duval, PhD; Paul E. Pepe, MD, Tom P. Aufderheide, MD,; et al ; Optimal Combination of Compression Rate and Depth During Cardiopulmonary Resuscitation for Functionally Favorable Survival. AMA Cardiol. 2019;4(9): pp.900-908.

[2] Benjamin EJ, Blaha MJ, Chiuve SE, et al; American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. Heart disease and stroke statistics-2017 update: a report from the American Heart Association. Circulation. 2017;135(10):e146-e603.

[3] Stiell IG, Brown SP, Nichol G, et al; Resuscitation Outcomes Consortium Investigators. What is the optimal chest compression depth during out-of-hospital cardiac arrest resuscitation of adult patients? Circulation. 2014;130(22): pp.1962-1970.

[4] Idris AH, Guffey D, Pepe PE, et al; Resuscitation Outcomes Consortium Investigators. Chest compression rates and survival following out-of-hospital cardiac arrest. Crit Care Med. 2015;43(4): pp.840-848.

[5] Yannopoulos D, Aufderheide TP, Abella BS, et al. Quality of CPR: an important effect modifier in cardiac arrest clinical outcomes and intervention effectiveness trials. Resuscitation. 2015;94(3): pp.106-113.

[6] Pepe PE, Scheppke KA, Antevy PM, et al. Confirming the clinical safety and feasibility of a bundled methodology to improve cardiopulmonary resuscitation involving a head-up/torso-up chest compression technique. Crit Care Med. 2019;47(3): pp.449-455.

Copyright ©2021 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.