

# CPR 訓練システムにおける適切な圧迫テンポの 可視化アルゴリズムの開発

栗谷川 知紀† 皆月 昭則†

釧路公立大学†

## 1. はじめに

令和 2 年版救急・救助の現況(総務省消防庁)[1]によれば, 令和元年(2019 年)に消防機関が搬送した日本国内の院外心停止傷病者数は 126,271 人である。危機を目撃した時, 「救命の連鎖」の開始点は, 第一に心停止の早期認識と通報する市民の意思決定と行動であり, 心肺蘇生法(以下 CPR)の姿勢については, JRC 蘇生ガイドライン 2020[2]をはじめとするガイドラインで定められている。しかし, 訓練時にリアルタイムで客観的な姿勢評価をすることは, 指導資格を有した者でも困難であった。この課題解決へのアプローチとして, マイクロソフト社の最新デバイスの Azure Kinect DK を用いて, 被験者の正面と側面の 2 方向から CPR の上肢・下肢の姿勢を捉え, 評価が可能なシステムを開発した。開発した CPR 訓練システムは, 胸骨圧迫の正しいリズムを学習するために, インターフェースによる圧迫すべきタイミングの可視化とメトロノーム機能を実装した。開発した CPR 訓練システムを用いた実験には, 学校向け心肺蘇生訓練用セットの CPR 訓練用人形のレールダルの社ミニアンを使用した。

## 2. CPR 訓練の NUI アプリケーション開発

CPR 訓練時の身体の姿勢変化の入力検知センサーデバイスとして用いた Azure Kinect DK(以下, Kinect)は, Windows PC に接続する NUI(Natural User Interface)用入力センサーデバイスである。CPR の訓練時の姿勢の動作(形:カタ)の抽出, そして判定アルゴリズムの開発には, CPR を行う際の身体全体の入力検知のユーザーインターフェース化が必要不可欠であり, キーボードやマウスによる入力デバイスによる CPR 訓練のシステム構成の要件に適さない。本研究では, Kinect を使用して, CPR 訓練時の身体全体を捉えて, いわば身体全体を入力検知することで, 全体から部分(肘, 肩など)の変動を抽出して, CPR の姿勢の形(カタ)の正誤判定を行うための Kinect を用いた NUI アプリケーション

Development of Visualization Algorithm for Appropriate Compression Tempo in CPR Training System

†Tomoki Kuriyagawa, †Akinori Minaduki

†Kushiro Public University

ンを実装した訓練システムを開発した。

## 3. システムのインターフェース概要

インターフェースでは, AR(拡張現実)表示で被験者の訓練姿勢を可視化し, 分析可能なシステムを開発した。Kinect の Body Tracking 検知では, 解剖学的知見を依拠した処理をした。よって, システムはモーションキャプチャーなど身体に身につけるウェアラブルデバイスが必要でなく, CPR の正しい(あるいは誤った)姿勢判定が導出可能である。図 1 のように正面の Kinect 表示インターフェースは, リアルタイムで左右の肘・肩の検知・評価を導出し, 訓練者に認識しやすいように点数変換(100 点法)表示した。コメント表示は各関節の状態に応じて返し, 矢印のインターフェースは誤った姿勢を指摘し修正すべき箇所に対して表示した。

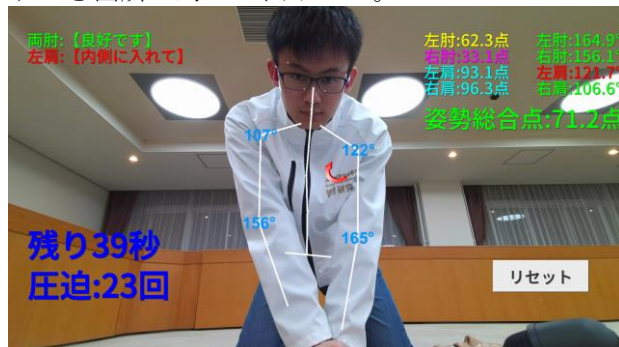


図 1 正面の Kinect 表示インターフェース

図 2 のように側面の Kinect 表示インターフェースでは, 胸(胸部), へそ(腹部), お尻(臀部)の検知・評価をリアルタイムで処理して, 正面インターフェースと同様に点数やコメント, 矢印のインターフェースを表示した。

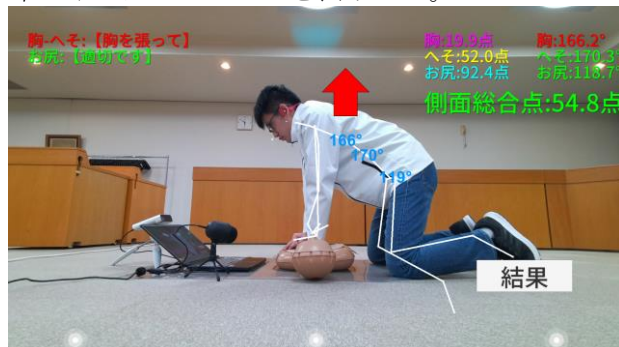


図 2 側面の Kinect 表示インターフェース

#### 4. 関節角度の導出処理法

導出処理計算の条件は、例として図 3 に対応すると、ワールド座標系において、点 a, b, c の座標をそれぞれ

$$\mathbf{a} = (x_1, y_1, z_1), \mathbf{b} = (x_2, y_2, z_2), \mathbf{c} = (x_3, y_3, z_3)$$

としたとき、

$$\vec{\mathbf{a}} = \mathbf{a} - \mathbf{b} = (x_1, y_1, z_1) - (x_2, y_2, z_2) \quad (1)$$

$$\vec{\mathbf{b}} = \mathbf{c} - \mathbf{b} = (x_3, y_3, z_3) - (x_2, y_2, z_2) \quad (2)$$

が求められる。

ここで、求められた  $\vec{\mathbf{a}}$ ,  $\vec{\mathbf{b}}$  を

$$\vec{\mathbf{a}} = (a_x, a_y, a_z) \quad (3)$$

$$\vec{\mathbf{b}} = (b_x, b_y, b_z) \quad (4)$$

と表すとする。

このとき、2 つのベクトル  $\vec{\mathbf{a}}$ ,  $\vec{\mathbf{b}}$  がなす角を  $\theta$  (ラジアン) とすると、なす角を求める式より

$$\theta = \arccos \frac{\vec{\mathbf{a}} \cdot \vec{\mathbf{b}}}{|\vec{\mathbf{a}}| |\vec{\mathbf{b}}|} \quad (5)$$

ただし、 $|\vec{\mathbf{a}}| \neq 0, |\vec{\mathbf{b}}| \neq 0$

ここで、式(3), 式(4)より

$$\theta = \arccos \frac{a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z}{\sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \sqrt{b_x^2 + b_y^2 + b_z^2}} \quad (6)$$

以上より、式(6)で  $\theta$  (ラジアン) を求め、これを CPR 訓練者にも判読しやすいように角度に変換してインターフェースに表示した。

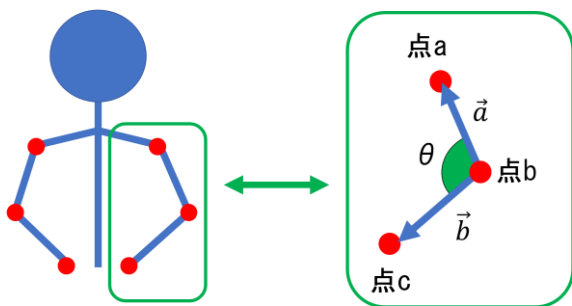


図 3 関節角度の導出例 (左肘の場合)

#### 5. 胸骨圧迫時の圧迫回数と圧迫の深さ

胸骨圧迫時の圧迫回数は、1 分間に約 100 回～120 回とガイドラインで定められている。正面の Kinect 表示インターフェースの圧迫回数の計数処理機能では、CPR 訓練用人形のミニアンを正しい姿勢で圧迫したとき、ガイドラインで定められた 5cm の深さに達するとクリッカー音が鳴る。システムでは、図 4 のようにクリッカー音をマイクで取得処理することによってリアルタイムで圧迫回数を計数処理するように実装した。訓練時間は、1 回の訓練につき 1 分間になるようにタイマー機能を実装した。

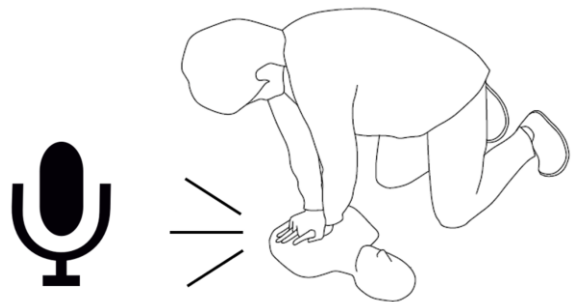


図 4 圧迫回数の計数処理イメージ

#### 6. メトロノーム機能によるリズム学習

正面の Kinect 表示インターフェースでは、メトロノーム機能を実装した。この機能は、正面の Kinect 表示インターフェースが起動している間、ワイヤレスイヤホン(骨伝導タイプ)からメトロノームの音が 1 分間に 110 回(110bpm)鳴るように実装しており、訓練者にワイヤレスイヤホンを装着させることで、ガイドラインに基づいた圧迫ペースのリズム学習を可能にした。

#### 7. おわりに

開発した CPR 訓練システムでは、胸骨圧迫の正しいリズムを学習するために、図 5 のような、インターフェースによる適切な圧迫テンポの可視化アルゴリズムを開発した。適切な圧迫テンポの可視化アルゴリズムを用いた実験結果等については、登壇時に報告する。

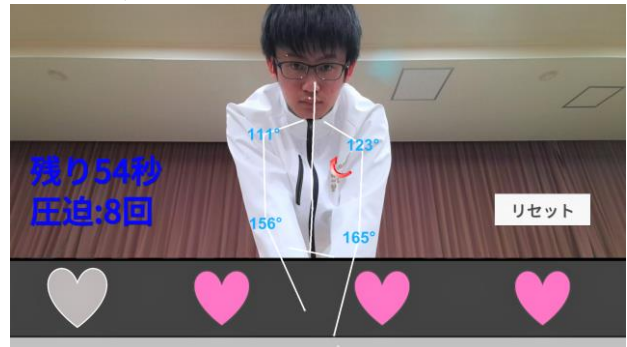


図 5 適切な圧迫テンポの可視化イメージ

#### 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] 令和 2 年版救急・救助の現況 2020, 総務省消防庁, <https://www.fdma.go.jp/pressrelease/houdou/items/c941509de3f85432709ea0d63bf23744756cd4a5.pdf>, 2022 年 1 月リンク確認.
- [2] JRC 蘇生ガイドライン 2020 作成編集委員会, “JRC 蘇生ガイドライン 2020”, 2021.