

研究報告

## モーションキャプチャーを使用した 胸骨圧迫中断時間に影響するCPRの姿勢分析

佐藤 直<sup>1)</sup> 廣瀬 誠<sup>2)</sup> 土井 一磨<sup>2)</sup> 山本 奈美<sup>1)</sup> 狩野 賢二<sup>1)</sup>

1) 島根大学医学部附属病院クリニカルスキルアップセンター

2) 松江工業高等専門学校 情報工学科

### 要 旨

【目的】胸骨圧迫時間比に影響する行動を分析する。【方法】人体の動きをデジタル的に捉えるモーションキャプチャーを用いて胸骨圧迫中断中の各手順に要する時間や姿勢を2群間で比較した。【結果】熟練群の胸骨圧迫中断時間の平均は5.82秒であり非熟練群の中断時間の平均は9.22秒で有意差を認めた ( $p < 0.05$ )。各手順における姿勢の比較において胸骨圧迫中の膝の開き幅および、胸骨圧迫後の膝の移動距離に有意差を認めた ( $p < 0.05$ )。

【考察】胸骨圧迫の中断時間を最小限にするためには、胸骨圧迫時は膝を肩幅程度に広げ十分な気道確保を行った上で換気することが重要である。

[日本シミュレーション医療教育学会雑誌 2020; 8: 9-14]

キーワード：胸骨圧迫時間比、モーションキャプチャー、姿勢

## Analyzing CPR Techniques and Postures Using Motion Capture to Identify Behavior Affecting Chest Compression Fraction

Nao SATO<sup>1)</sup>, Makoto HIROSE<sup>2)</sup>, Kazuma DOI<sup>2)</sup>, Nami YAMAMOTO<sup>1)</sup>, Kenji KARINO<sup>1)</sup>

1) Clinical skill-up center, Shimane University Faculty of Medicine

2) National Institute of Technology, Matsue College

### Abstract

**Objective:** This study aimed to find a way to shorten interruption time length in chest compressions by identifying factors that affect it. **Methods:** Using motion capture technology, we compared differences in interruption time length and posture by two groups (skilled and unskilled) during each step of chest compressions. **Results:** The mean duration of chest compression interruption in the skilled group was 5.82 seconds. In the unskilled group, the duration of interruption was 9.22 seconds ( $p < 0.05$ ). By comparing the postures used in each instance of the procedure, significant differences were observed between the two groups. The most notable variations were related to the width of the knee opening during chest compressions, and the distance that the knee was moved for each compression ( $p < 0.05$ ). **Discussion:** In order to minimize the duration of chest compression interruptions, it is important to extend the knee to shoulder-width and secure an adequate airway.

Keyword : chest compression fraction, motion capture, outside sensor

## 背景

全世界で毎年1億3,500万件を超える心血管死を認めており冠動脈性心疾患の有病率は上昇している<sup>1)</sup>。AHA (American Heart Association) による心肺蘇生と救急心血管治療のためのガイドラインでは胸骨圧迫時間比 (chest compression fraction : CCF) をできるだけ大きくするよう明記され、ガイドライン2015ではCCFを60%以上に設定<sup>2)</sup>するよう追記された。AHAはCCFについて、蘇生時間に占める胸骨圧迫実施時間の割合<sup>1)</sup>と定義している。蘇生中 (Cardio Pulmonary Resuscitation : CPR) は換気など胸骨圧迫を中断する時間が発生する。AEDの到着後は心電図の解析やショック実施の際も胸骨圧迫を中断する。CCFとは、CPR時間のうちこれらを除いて実際に胸骨圧迫を行っている時間の比率である。AEDが心電図の解析に要する時間やショック時に患者に触れないなどは致し方ないため、換気に伴う時間を最小限にすることが重要である<sup>2,3)</sup>。中断時間が5秒短くなることでショックの成功率が高くなる<sup>4)</sup>など、CCFを意識したトレーニングが不可欠である一方、具体的な指導要点は明らかでなく意識化に留まっている。本研究では、人体の動きをデジタル的に捉えるモーションキャプチャーを用いて、換気手技の客観的分析を試みた。換気に要する時間および、その時の姿勢を検証した。本研究では胸骨圧迫の精度をもとに分類した2群間の有意点を明らかにし、CCFを意識した指導の要点を明らかにする。

## 倫理的配慮

研究対象者には研究趣旨と目的および、方法を説明し同意を得た。研究協力は自由意志であり研究協力への諾否・中断の場合も不利益を被らないことを説明した。

データは個人が特定されないよう固有名詞は使用せず番号管理とし本研究以外に使用しないことを約束した。また、本研究結果を学会等で発表することについて説明した。研究対象者には研究用IDを割振り、氏名と研究用IDとの対応表を作成した。対応表ファイルはパスワードをかけ漏洩しないように厳重に保管した。

## 方法

傷病者の発見、意識の確認、応援要請、呼吸循環の確認、CPRを2回実施する一連のBLSを評価シミュレーターを用いて実施した。その様子をモーションキャプチャーにて記録した。対象は島根大学医学部附属病院、

またはAHAなどのBLS講習を1年以内に受講した医療者28名とした。ガイドラインに準じ5cm~6cmの圧迫深度および、100回/分~120回/分のテンポで胸骨圧迫している対象を熟練群とした。

### 1. 評価シミュレーター

胸骨圧迫の質を評価するレサシアンwith QCPR (以下、評価シミュレーター : Laerdal社) を用いて胸骨圧迫の深度、速さを計測した。評価シミュレーターはマネキンの胸部に加速度センサーが内蔵され、胸骨圧迫のテンポや深度を計測することが可能である<sup>5)</sup>。

### 2. アウトサイドセンサーの概要

各手順の所要時間および姿勢についてモーションキャプチャーを用いて検証した。特別な計測装置を装着せずにモーションキャプチャーが可能なMicrosoft社のKinect V2を用いた。Kinect V2はRGBカメラ、赤外線カメラ、赤外線プロジェクター、3軸加速度センサー、マイクロフォンアレイによって構成されている。被写体からの距離の計測および、25の関節認識をもとに被写体の動きを高精度で検出することが可能である (図1)。Kinect V2の設置環境は高さ60cm、マネキンとの距離140cmとした<sup>6)</sup>。

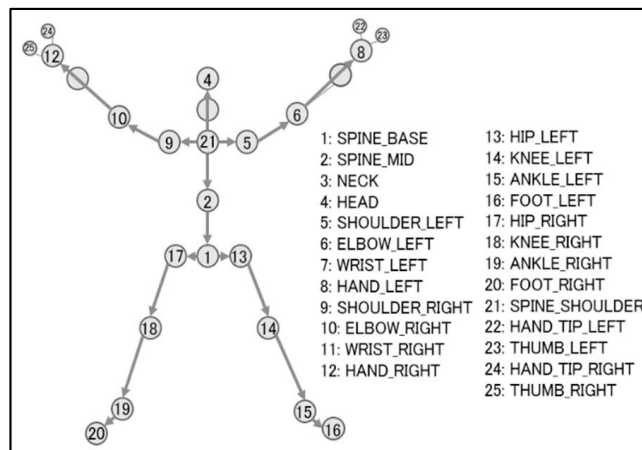
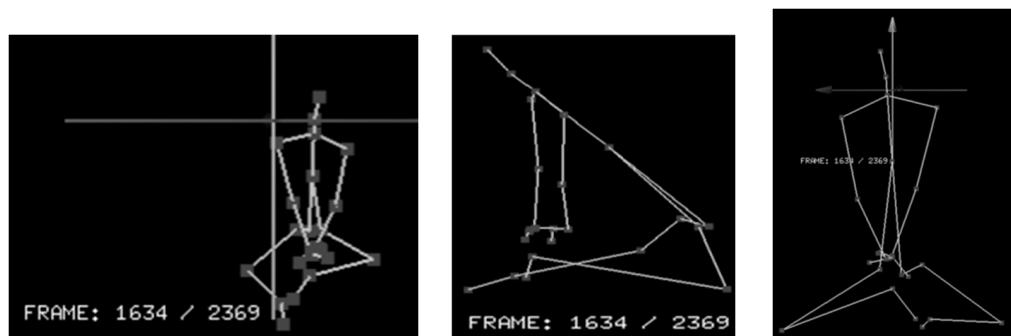


図1. 25か所の関節と17本のベクトル

### 3. 姿勢・換気に伴う時間の比較

胸骨圧迫中および、換気における姿勢をモーションキャプチャーを用いて2群間で比較した。胸骨圧迫中の膝の開き幅はモーションキャプチャーで取得した3次元座標値を用いて算出した。3次元座標は左右の動きをx軸で表し上下の動きをy軸、前後の動きをz軸で表す。右膝のxyzをrx、ry、rz、左膝のxyzをlx、ly、lzとし以下に示す式にて算出した。

$$dis = \sqrt{(rx - lx)^2 + (ry - ly)^2 + (rz - lz)^2}$$



カメラ方向からの正面描画

左方向からの描画

背中方向からの描画

図2. 3次元座標による3D Stick Model Viewer描画例

膝の開き幅を算出後、肩幅との比を2群間で比較した。換気に伴う動作は「胸骨圧迫後から気道確保開始まで」「気道確保」「換気」「換気後から胸骨圧迫開始まで」の4つの手順に細分化した。評価シミュレーターの口に触れた時点で「換気」と判断した。換気時は頭部Y座標を用いて頭部の動きを比較した。

#### 4. 3D Stick Model Viewerの開発

Kinect V2は深度情報に基づき人間の骨格情報を推定しStick表現によるモデルを取得できる。Stick表現によるモデルをもとにOpenGLに基づく表示および、C言語に基づく分析を行うプログラム(以下、3D Stick Model Viewer)を開発した。3D Stick Model Viewerはカメラ方向からの動きだけでなく3次元座標によって全方位からの動きを確認できる。また、指定部位の動作や角度の軌跡を行うことが可能である(図2)。

#### 5. 解析

胸骨圧迫中断時間は平均値±標準偏差で表記しWelch-Aspin検定にて解析した。膝の開き幅と肩幅の比および、胸骨圧迫後の右膝の移動距離について中央値(四分位範囲)で表記しWelch-Aspin検定にて解析した。有意水準は5%とした。

## 結果

ガイドラインに準じた深度および速さで圧迫した対象者13名を熟練群とし、それ以外の15名を非熟練群とした。熟練群の平均圧迫深度は5.6cmであり、速さの平均は108回/分であった。非熟練群の平均圧迫深度は4.7cmであり、速さは117回/分であった。対象者の身長は熟練群が160cm(147cm-178cm)、非熟練群が159cm(150cm-176cm)であった。対象者の肩幅は熟練群が43cm(43cm-46cm)、非熟練群が43cm(43cm-47cm)であった。

#### 1. 姿勢の比較

胸骨圧迫中の膝の開き幅を比較するため28名の膝の開き幅と身長の間を調べた結果、相関係数0.08( $R^2=0.016$ )で相関は認められなかった。熟練群の膝の開き幅と肩幅の比は1.11(1.09-1.3)、非熟練群は0.85(0.75-1.0)であり2群間を比較した結果 $p<0.05$ で有意差を認めた。

熟練群は胸骨圧迫後、傷病者の頭側に位置する右膝を15cm(11cm-23cm)移動し気道確保を行っていた。非熟練群の右膝の移動距離は19cm(17cm-27cm)であり2群間を比較した結果 $p<0.05$ で有意差を認めた。換気中の頭部の動きについて2群間を比較した結果、熟練群にたいして非熟練群の頭部は上下運動を多く認めた(図3)。熟練群の多くは十分な気道確保を行ったあと傷病者の胸部一点を見つめる姿勢で換気を行っているのに対し、非熟練群は気道確保が不十分なまま換気を実施していた。気道確保が不十分なまま換気することで頭部後屈と顎先拳上および、換気の3手技を同時に行う煩雑な手技となっていた。

#### 2. 胸骨圧迫中断時間の比較

熟練群の胸骨圧迫中断時間の平均は5.82秒であり非熟練群の中断時間の平均は9.22秒( $p<0.05$ )であった。

胸骨圧迫中断時間を4つの手順に細分化した結果、「胸骨圧迫後から気道確保開始まで」の所要時間は熟練群が $0.38\pm 0.08$ 秒、非熟練群が $0.55\pm 0.05$ 秒であり $p>0.05$ で有意差を認めなかった。「気道確保」の所要時間は熟練群が $0.66\pm 0.12$ 秒で非熟練群が $1.52\pm 1.27$ 秒( $p<0.05$ )であった。「換気」は熟練群が $3.01\pm 0.91$ 秒で非熟練群が $4.30\pm 1.56$ 秒( $p<0.05$ )であった。「換気後から胸骨圧迫開始まで」は熟練群が $1.77\pm 0.45$ 秒で非熟練群が $2.85\pm 2.38$ 秒( $p<0.05$ )であった(表1)。また、膝の開き幅と肩幅の比が1.0以上の「膝幅が広い群」と1.0未満の「膝幅が狭い群」に分類し胸骨圧迫中断時間を比較した結果、膝幅が広い群は $7.2\pm 2.1$ 秒で、狭い群は $10.1\pm 4.9$ 秒であった( $p<0.05$ )。

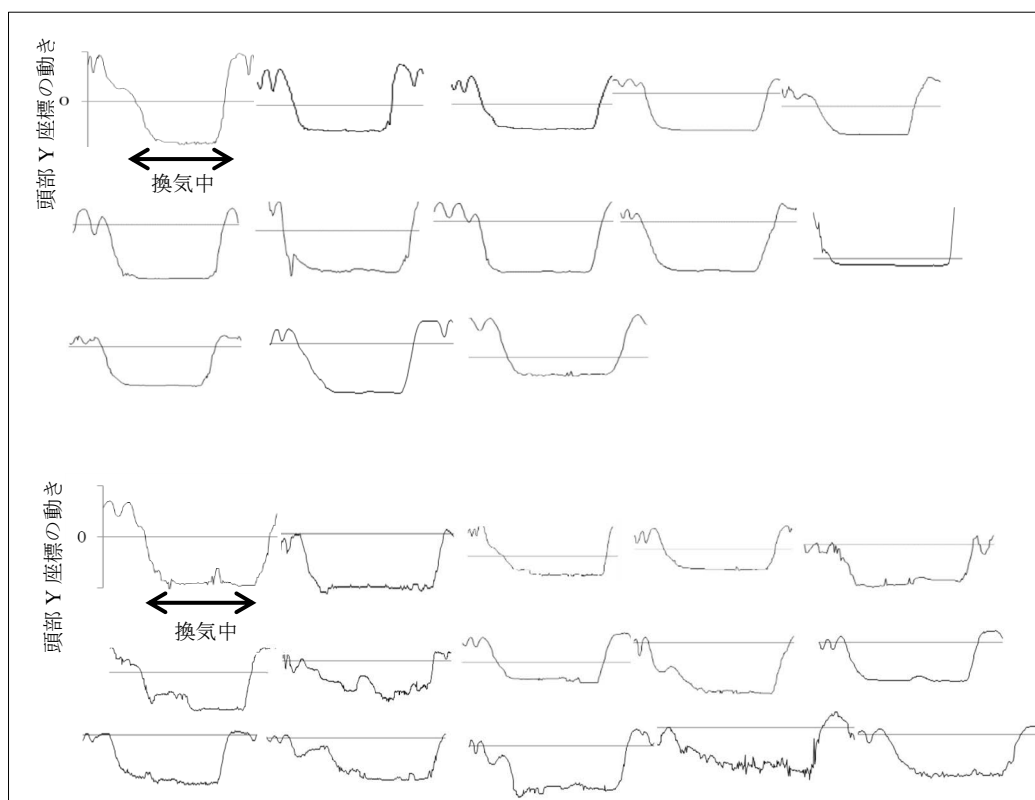


図3. 換気時の頭部の動き (n=28)  
 上段は熟練群13名、下段は非熟練群15名を示す

表1. 胸骨圧迫中断時間における所要時間の比較 (n=28)

手順	熟練群	非熟練群	p
	Mean±SD	Mean±SD	
胸骨圧迫後から気道確保開始	0.38±0.08	0.55±0.05	>0.05
気道確保	0.66±0.12	1.52±1.27	< 0.05
換気	3.01±0.91	4.30±1.56	< 0.1
換気後から胸骨圧迫開始	1.77±0.45	2.85±2.38	< 0.05

### 考 察

CPRは反復的かつ継続的に行うため、CPR中の胸骨圧迫中断時間の短縮化は重要な課題である。熟練群が有意に短い距離の膝移動で気道確保を可能としていたことは、胸骨圧迫中の膝の開き幅に影響すると考える。膝の開き幅と肩幅の比が1.0以上の姿勢では胸骨圧迫の中断時間が有意に短かった。膝を肩幅程度に開くことで気道確保や換気へのシームレスな手順展開を可能にしたと考えられる。非熟練群の膝は肩幅より狭く、熟練群は肩幅同等または、肩幅以上に開いた姿勢で胸骨圧迫を行っていた。本研究における熟練群は「ガイ

ドラインに準ずる100~120回/分のテンポ、かつ5~6cmの深さで胸骨圧迫している者」である。つまり、重心が安定するよう膝を肩幅程度に広げる姿勢は、胸骨圧迫中断時間に影響を与える換気時間の短縮に有用であることが明らかとなった。

2群間の所要時間において、もっとも有意差を認めた換気では、非熟練群の頭部Y座標において活発な動きを認めた。換気しながら行う気道確保は傷病者の頭部を十分に後屈できず換気不良となる。そのため気道確保のやり直しや換気に時間を要したと考えられる。以上より換気時間が延長する1つの要因として気道確保の不十分が挙げられる。換気後から胸骨圧迫開始ま

での時間に有意差を認めたことから、各手技に要する時間のみでなく手順間のインターバルを意識付けするトレーニングが必要であると考え。また、各手技における不要な動きを抽出し、具体的介入を行うことが重要である。本研究ではフェイスシールドを用いた口対口の人工呼吸を検証したが、院内急変時はバックバルブマスクを使用し、院外ではポケットマスクを使用するなど多様な人工呼吸の方法がある<sup>2)</sup>。しかし、どの人工呼吸においても気道確保は必須の手技であり、胸骨圧迫中断時間の短縮化を実現するためには、気道確保の手技習得が重要であることが示唆された。

近年、評価型シミュレーターを用いたトレーニングが行われ、学習効果の促進が報告されている<sup>8-9)</sup>。AHAは2019年1月31日までに成人のCPRを指導する際にはフィードバック装置または、フィードバック機能搭載のマネキンを使用することを必須とした<sup>10)</sup>。しかし、これらのフィードバックは結果の可視化にとどまり、結果を導くためのプロセスへの介入には至らない<sup>6)</sup>。モーションキャプチャーを用いたアウトサイドからの評価は、プロセスへの介入を可能とする。CCFを意識した指導では、胸骨圧迫中断中に行う手順を細分化し気道確保を中心とした、1手技ごとの指導が有効であると考え。

## 結 論

胸骨圧迫の中断時間を短縮するためには、胸骨圧迫中の姿勢において膝を肩幅程度に広げ、気道確保への手順展開をスムーズにすること、十分な気道確保を行った上で換気を実施することが指導要点として考えられた。CCFを意識した指導方法の一つとして提唱する。

## 利益相反

本稿のすべての著者には規定されたCOIはない。

## 謝 辞

本研究はJSPS科研費17K08917の助成を受けて実施した。

## 文 献

- 心肺蘇生の質：院内および院外における心肺蘇生転機の改善。アメリカ心臓協会（AHA）コンセンサスステートメント。  
[https://cpr.heart.org/idc/groups/heart-public/@wcm/@ecc/documents/downloadable/ucm\\_471935.pdf](https://cpr.heart.org/idc/groups/heart-public/@wcm/@ecc/documents/downloadable/ucm_471935.pdf). (accessed 28 June 2019).
- American Heart Association 心肺蘇生と救急心血管治療のためのガイドラインアップデート2015ハイライト。  
<https://eccguidelines.heart.org/wp-content/uploads/2015/10/2015-AHA-Guidelines-Highlights-Japanese.pdf>. (accessed 28 June 2019).
- Sheldon Cheskes, Robert H. Schmicker, Jim Christenson. et al. An Independent Predictor of Survival From Out of Hospital Shockable Cardiac Arrest. *Circulation* 2011; 124: 58-65.
- Dana P. Edelson, Benjamin S. Abella, Jo Kramer-Johansen. et al. Effects of compression depth and pre-shock pauses predict defibrillation failure during cardiac arrest. *Resuscitation* 2006; 71:137-145.
- レーラダルメディカル. レサシアンQCPR商品HP.  
<https://www.laerdal.com/jp/products/simulation-training/resuscitation-training/resuscitation-training-qcpr/> (accessed 28 June 2019).
- Nao Sato, Kenju Akai, Makoto Hirose. et al. Visualization of Acquisition Experience in Sternal Compression Maneuver using Kinect Sensing: For Co-Creation of Medical Technique Experiential Values. *International Journal of Automation Technology* 2018; 12: 542-552.
- JRC蘇生ガイドライン2015オンライン版. 第一章, 一次救命処置（BLS）  
<https://www.japanresuscitationcouncil.org/wp-content/uploads/2016/04/1327fc7d4e9a5dcd73732eb04c159a7b.pdf>. (accessed 19 November 2019).
- Stefan K. Beckers, Max H. Skorning, Michael Fries, et al. CPRzyTM improves performance of external chest compressions in simulated cardiac arrest. *Resuscitation* 2007; 72: 100-107.
- Violeta Gonzalez-Salvado, Felipe Fernandez-mendez, Roberto Barcala-Furelos, et al. Very brief training for laypeople in hands only cardiopulmonary resuscitation. Effect of real-time feedback. *American Journal of Emergency Medicine*. 2016;34:993-998.
- アメリカ心臓協会（AHA）成人の心肺蘇生（CPR）トレーニングコースにおけるフィードバック装置の使用要件 [http://cdn.laerdal.com/downloads/f5395/FeedbackDevicesDirective\\_JA.pdf](http://cdn.laerdal.com/downloads/f5395/FeedbackDevicesDirective_JA.pdf). (accessed 19 November 2019).
- 心肺蘇生の質：院内および院外における心肺蘇生転機の改善。アメリカ心臓協会（AHA）コンセンサスステートメント。  
[https://cpr.heart.org/idc/groups/heart-public/@wcm/@ecc/documents/downloadable/ucm\\_471935.pdf](https://cpr.heart.org/idc/groups/heart-public/@wcm/@ecc/documents/downloadable/ucm_471935.pdf).

**【著者連絡先】**

佐藤 直  
島根大学医学部附属病院  
クリニカルスキルアップセンター  
〒693-8501  
島根県出雲市塩冶町89-1  
Phone : 0853-20-2551  
E-mail : sato@med.shimane-u.ac.jp

修正

表 1 3 行目の  $p < 0.1$  は、学会誌配付時に  $p < 0.05$  に修正