

令和 2 年 6 月 23 日現在

機関番号：15201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K08917

研究課題名（和文）Deep Learningを利用した医療手技自動評価システムの開発

研究課題名（英文）Development of the automatic evaluation system for medical procedure by using deep learning technology

研究代表者

狩野 賢二（KENJI, KARINO）

島根大学・学術研究院医学・看護学系・講師

研究者番号：20379689

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、医療手技の客観的な自動評価を行うために、モーションキャプチャーであるKinectセンサーを用いて、BLSの手技の特徴を検出するシステムを開発した。市販されている心肺蘇生の評価型シミュレータは、内蔵された加速度センサーにより胸骨圧迫の速さ、深さおよび、胸の戻りなどを評価することはできるが、被験者の改善点を見出すことは困難であった。開発したシステムは、BLSを行っている被験者を外観から計測して、従来と同様の評価をするだけでなく、手技の特徴を検出することによって改善点を見出すことが可能である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

技術の評価する目的は、手技のよし悪しを見るだけでなく、技術の改善に役立てる必要がある。本研究は、モーションキャプチャーと機械学習を組み合わせたシステムにより、手技の特徴を見出すことで客観的な評価を可能にした。また、手技の特徴は技術を改善するための指標となる。手技によって特徴が異なるため、本システムをそのまま使用することはできないが、プログラムの開発をVisual Studio 2013という開発ツールを用いてC++言語とOpenCVを用いて行っており、比較的容易に手技に合わせたプログラム開発が可能である。本研究の成果は、遠隔診療などにも応用が可能であり、他産業の技術継承にも応用が可能である。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed an automatic evaluation system for the BLS procedure using Kinect sensor as a motion capture. Commercially available of an evaluation type simulator for BLS is able to evaluate the speed, depth, and chest recoil of chest compressions by the in-side sensor. But the in-side sensor is just only determined match or not match the criteria of assessment. Which means that in-side sensor is difficult to find improvement points for the subjects. Therefore, we were developed new evaluation system by use the Kinect sensor. In this research, we developed an original program applied development tools provided by Microsoft according to the movement of BLS. As a result, this original program is able to measure the speed and depth of chest compression of the BLS with the same accuracy as the evaluation simulator. And when the quality of chest compressions is decreasing, the posture of the subject can be analyzed to point out improvements such as angle of arm, posture.

研究分野：シミュレーション教育

キーワード：Kinectセンサー モーションキャプチャー 機械学習 BLS

1. 研究開始当初の背景

聴診、採血、心肺蘇生などの医療手技は経験に基づき伝えられてきたことから、主要部分の手順は決まっているが細部は個人の判断・力量に委ねられる部分もあり、評価においては手順に従ったチェックシートなどを用いるが、主観的評価の域を脱していない。本研究で対象とする医療手技は「一次救命措置 (Basic Life Support ; 以下 BLS)」である。BLS は、日本救急医学会やアメリカ心臓協会などから手順が示されており、医療従事者に共通の医療手技として日本国内でも広く普及している。BLS の手順は、疾病者の発見 周囲の安全確認 意識の確認 応援の要請 呼吸・脈の確認 胸骨圧迫 人工呼吸 AED 操作などである。この中で特に重要な点は、胸骨圧迫の速さは1分間に100から120回であり、強さは胸が5~6cm沈む程度である。また、人工呼吸中の胸骨圧迫の中断時間は10秒以内とされている。このような重要な点の評価は、加速度センサーを内蔵した専用のマネキンや、胸壁上に置ける小型装加速度センサーなどを用いて客観的評価を行っているが、評価基準を満たしていない場合の原因を解明することは指導者の目視に委ねられている。

2. 研究の目的

医療系大学で実施されている客観的臨床能力試験 (OSCE) などのように、多数の学習者が様々な医療手技を実施した場合の評価は、評価者に大きな負担となっている。本研究では、医療手技の評価者に対する負担を軽減し、客観的評価を確実に行うために機械学習を用いた医療手技の自動評価システムを開発する。本研究では、すべての医療従事者に必要な医療手技である BLS について、被験者の動作および音声をするモーションキャプチャーを利用してデジタル的に認識して得られたデータから、機械学習を応用して動作の分析を行い BLS における動作の特徴を把握する。得られた特徴は、BLS を客観的に評価するだけでなく、評価基準を満たしていない場合は、その原因を解明して医療手技を改善するための方策を得ることができると考えられる。

3. 研究の方法

3-1. Kinect センサーの概要

本研究では、被験者の動作認識を Microsoft 社の Xbox One Kinect センサー (以下、Kinect センサー) を用いる。Kinect センサーは、赤外線プロジェクタと赤外線カメラによって、人体の25関節の動きを捉えることが可能である。Kinect センサーの姿勢推定の技術は大量の機械学習によって実現されている。すべてのサイズや形の異なるユーザーに対して正確にトラッキングを行うために、大量の人体姿勢パターンを機械学習させている。その大量のパターンを用いて、膨大な決定木でユーザーの関節を推測している。しかし、機械学習に用いられた姿勢パターンは正面から捉えた、歩く、立つ、座るなどの基本姿勢がほとんどであるため、通常とは異なるような動きに対しては正確にトラッキングが行えないことがある。そこで、本研究では、Kinect センサーのデータ解析プログラムの開発をマイクロソフトが提供する開発ツールである Visual Studio 2013 を用いて C++ 言語と OpenCV を用いて、BLS の動きを正確にとらえるための専用のプログラムを開発した。

3-2. Kinect センサーによる胸骨圧迫の認識する身体部位の選定

Kinect センサーで胸骨圧迫の動きを捉えるため、両肩の midpoint、両手首および頭部の3か所から、床面に対して垂直 (Y 軸) 方向の上下運動を最も正確に測定できる部位を被験者10名で検討した。

3-3. 装着型加速度センサーと Kinect センサーの比較

Kinect センサーが胸骨圧迫時の腕の動きを正確に捕捉しているか検証するために、上下・左右・前後の3軸を同時に計測できる装着型加速度センサー (MicroStone 社) と比較した。装着型加速度センサーを被験者2名の左側肘部に装着して、同時に Kinect センサーで被験者の正面から計測しながら、胸骨圧迫を100回/分から120回/分の速さで、1セット30回を3セット実施した。

3-4. Kinect センサーの胸骨圧迫の深さ計測の検証

Kinect センサーが胸骨圧迫の推奨深度である5~6cmの動きを正確に測定できるか検証した。被験者の腕の動きを最上点0cmから最下点5cmに限定するために、50cc注射用シリンジの外筒の5cmの位置にネジを貫通させ、内筒の稼働領域を0cm~5cmに制限できる器具を自作し、被験者の両手掌をガムテープで器具に固定した。胸骨圧迫の動作を30回/1セットとして50セット実施して Kinect センサーで計測した。

3-5. 評価型シミュレーターと Kinect センサーの胸骨圧迫回数の比較

Kinect センサーによる胸骨圧迫の回数測定の正確性を検証するために、胸骨圧迫の評価型シミュレーターとして市販されているレサシアン with QCPR (以下、評価型シミュレーター; Laerdal 社) と比較した。評価型シミュレーターは、マネキンの胸部に加速度センサーが内蔵しており、胸骨圧迫の速さ、深さおよび、胸の戻りなどが計測可能である。64名の被験者で1分間の胸骨圧迫を行い、評価型シミュレーターで胸骨圧迫の回数を計測すると同時に Kinect でも胸骨圧迫の回数を測定した。

3-5．胸骨圧時の両腕の形状解析

被験者 34 名を対象として胸骨圧迫時の両腕の形状を解析するために Kinect センサーで記録した。被験者が評価型シミュレーターで胸骨圧迫を行っている姿を正面から Kinect センサーで記録して、被験者の両肩幅に対する両肘幅の長さの比率を検討した。

3-6．胸骨圧時の姿勢解析

被験者 27 名を対象として上腕の角度と胸骨圧迫の深さを検討した。被験者の上腕の角度測定は、胸骨圧迫時の被験者の肩から肘の延長線と水平面の角度（以下、圧迫角度）を Kinect センサーで記録した。圧迫角度 90 度でありながら胸骨圧迫の深さが 5cm 以下であった 16 名の被験者に対象として、圧迫角度を 100 度とした場合の胸骨圧迫の深さを検討した。

3-7．BLS の各段階における手技の所要時間

指導者 34 名の BLS 手技を Kinect センサーで記録して、 疾病者の発見 周囲の安全確認 意識の確認 応援の要請 呼吸・脈の確認 胸骨圧迫 人工呼吸の 7 段階の手技を教師画像として機械学習させた。被験者は指導者とは別人で、過去に BLS を複数回受講している熟練者 14 名と、BLS の受講歴が浅い非熟練者 15 名が行った BLS 手技を Kinect センサーで記録し、各段階の手技を機械学習で判定して所要時間を算出して熟練者と非熟練者を比較した。

4．研究成果

4-1．Kinect センサーの設置環境

測定条件を一定にするために、Kinect センサーを設置する位置を検討した。被験者から Kinect センサーまでの距離を 140cm, 200cm, 250cm として、床面からセンサーの高さを 60cm および 180cm で検討した結果、距離は 140cm、高さは 60cm が最適であった。

4-2．胸骨圧迫を認識するための身体部位の選定

両肩の midpoint、両手首および頭部の 3 か所から、認識不良が少なく床面に対して垂直（Y 軸）方向への動きを最も正確に測定できたのは、両肩の midpoint であった。手首を認識部位とした場合には、手を組んだ際に下になる手首が隠れるために正確な動きを把握できなかった。頭部を認識部位とした場合は、被験者によっては胸骨圧迫時に頭を上下に振ることがあるため正確な動きを把握できなかった。

4-3．人体装着型加速度センサーと Kinect センサーの比較

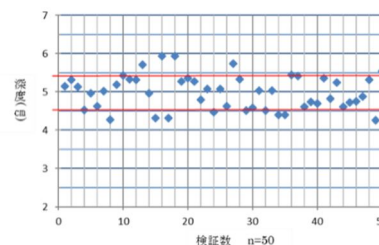
対象者 A の Kinect センサーによるピーク周波数は、2.1、2.0、2.0Hz であり加速度センサーでは、2.0、2.0、1.9Hz であった。対象者 B は、Kinect センサーで 2.0、1.9、2.0Hz であり、加速度センサーでは、1.9、1.9、2.0Hz であった。6 回の計測結果の平均一致率は、高速フーリエ解析によるピーク周波数の一致率として 97.5% であった。

表．人体装着型加速度センサーと Kinect センサーの比較

	被験者A 1回目	被験者A 2回目	被験者A 3回目	被験者B 1回目	被験者B 2回目	被験者B 3回目
Kinectセンサー	2.1Hz	2.0Hz	2.0Hz	2.0Hz	1.9Hz	2.0Hz
加速度センサー	2.0Hz	2.0Hz	1.9Hz	1.9Hz	1.9Hz	2.0Hz
一致率	95.2%	100%	95%	95%	100%	100%

4-4．Kinect センサーの胸骨圧迫の深さ計測の検証

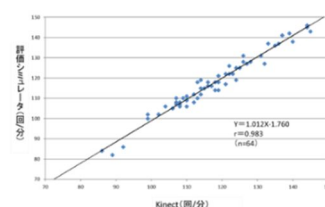
0cm～5 cm の上限運動を Kinect センサーで測定した結果、5 cm 位置が最大 5.93cm となり、最低が 4.26cm であり、平均 4.99cm で標準偏差は 0.44cm であった。



図．Kinect センサーの計測精度の検証

4-5．Kinect センサーの胸骨圧迫回数の検証

被験者 64 名における胸骨圧迫回数を評価型シミュレーターと Kinect センサーの比較した結果は、 $Y=1.012X-1.760$ で $R^2=0.963$ であった。



図．評価型シミュレーターと Kinect センサーの比較

4-5. 胸骨圧迫の両腕の形状解析

評価型シミュレーターで胸骨圧迫の深さを計測した結果、5cm 未満で評価基準を満たさなかった 10 名と 5cm～6cm で評価基準を満たした 24 名に分類された。評価基準を満たさなかった群は、両肩幅の平均距離が $0.29 \pm 0.02\text{cm}$ であり、両肘幅の平均距離が $0.28 \pm 0.03\text{cm}$ であったことから、両肩幅に対する両肘幅が 0.96 であった。一方、評価基準を満たした群は、両肩幅の平均距離が $0.28 \pm 0.02\text{cm}$ であり、両肘幅の平均距離が $0.21 \pm 0.03\text{cm}$ であったことから、両肩幅に対する両肘幅が 0.76 であった。また、同時に胸骨圧迫時の被験者の肩と肘を結ぶ上腕の角度を視覚的にとらえるために、左右の腕のベクトル線を描出した結果、評価基準を満たした群は垂直であったが、評価基準を満たさなかった群は斜め方向から圧迫していた。

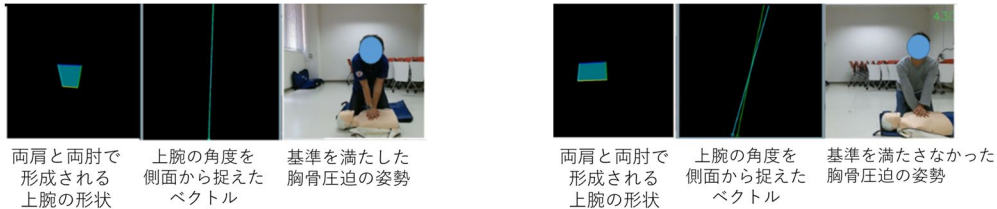


図. 胸骨圧迫の深さの基準を満たした被験者と満たさなかった被験者の姿勢の比較

4-6. 胸骨圧時の姿勢の解析

27 名のうち胸骨圧迫の深さが 5cm 以上は 11 名、5cm 未満は 16 名であった。胸骨圧迫の深さが 5cm 以上の群は身長 $159 \pm 6\text{cm}$ 、体重は $56.5 \pm 7.3\text{kg}$ 、BMI 22.4 であり、5cm 未満の群は、身長 $155 \pm 4\text{cm}$ 、体重 $50.4 \pm 7.0\text{kg}$ 、BMI 20.4 であった。2 群の身長に有意差はなく、体重および BMI に有意な差を認めず。

90 度で圧迫した際の深度が 5cm 未満の 16 名を対象に、胸骨圧迫角度の変化による深度を比較した結果、90 度で圧迫した際の深度は $4.0 \pm 0.7\text{cm}$ であり、100 度で圧迫した際の深度は $4.4 \pm 0.6\text{cm}$ ($p < 0.05$) であった。100 度で圧迫することで最大 59% の深度の増大を認め、平均 13% の圧迫深度が増大した。

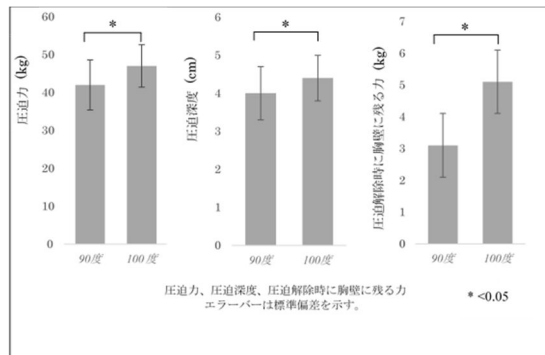


図. 胸骨圧迫姿勢の比較

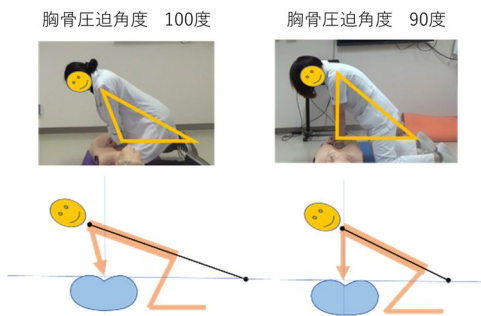


図. 胸骨圧迫の姿勢

BLS のガイドラインによると胸骨圧迫の角度は 90 度であるべきとされている。しかし、救助者が小柄な場合は、胸骨圧迫の角度が 90 度であっても胸骨圧迫の深さが 5cm 以上にならないこともある。このような場合は、胸骨圧迫角度を 100 度にするすることで、テコの第 2 原理を応用することになり、胸骨圧迫の深さが増大することが期待できる。

4-7. BLS の各段階における手技の所要時間

異常の発見から胸骨圧迫までの所要時間は、熟練群が $28.9 \text{秒} \pm 5.4 \text{秒}$ であったのに対して、非熟練群は $31.2 \text{秒} \pm 8.0 \text{秒}$ であった。各手順で熟練群と非熟練群で有意な差を認めなかった。

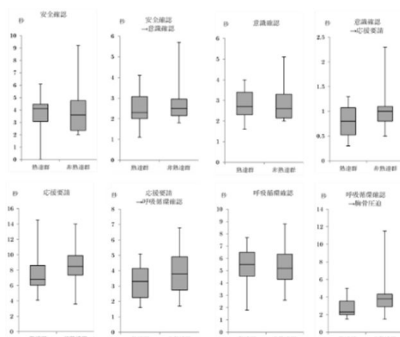


表. BLS の各段階における手技の所要時間

	平均所要時間 熟練群	平均所要時間 非熟練群
周囲の安全確認	3.8秒	4.0秒
周囲の安全確認→意識確認	2.5秒	2.7秒
意識確認	2.8秒	3.0秒
意識確認→応援要請	0.8秒	1.0秒
応援要請	7.7秒	8.7秒
応援要請→呼吸循環確認	3.2秒	4.0秒
呼吸循環確認	5.4秒	5.4秒
呼吸循環確認→胸骨圧迫	2.7秒	4.0秒

図. BLS の各段階における手技の所要時間

人工呼吸による胸骨圧迫の中断時間を熟練者と非熟練者で比較した結果、熟練者が 5.8 ± 1.6 秒に対して非熟練者は 9.5 ± 3.1 秒で有意に長時間であった。この原因を解析するために、胸骨圧迫から人工呼吸を行い再び胸骨圧迫を行うまでを 4 ステップに分けて比較した結果、気道確保、吹き込み、胸骨圧迫開始の 3 つのステップで非熟練者が有意に時間を要していた。

表．胸骨圧迫中断時間における所要時間の比較

	熟練群 (n=14)	非熟練群 (n=15)	Welch-Aspin 検定
	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
吹き込み	3.01±0.91	4.30±1.56	< 0.05
吹き込み後から胸骨圧迫開始	1.77±0.45	2.85±2.38	< 0.05

< 引用文献 >

Satoru Okamoto, Hiroki Iwashiki, Nao Sato, Kenji Karino: Evaluation of Skills in Cardiopulmonary Resuscitation (CPR) Using Microsoft Kinect. Journal of Mechanics Engineering and Automation 8(6) 264 - 272 2018.

Nao Sato, Kenju Akai, Makoto Hirose, Satoru Okamoto, Kenji Karino: Visualization of acquisition experience of sternal compression maneuver using Kinect sensing: For co-creation of medical technique experiential values. I International Journal of Automation Technology 12(4) 542 - 552 2018.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Satoru Okamoto, Hiroki Iwashiki, Nao Sato and Kenji Karino	4. 巻 Volume 8, Number 6,
2. 論文標題 Evaluation of Skills in Cardiopulmonary Resuscitation (CPR) Using Microsoft Kinect	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Mechanics Engineering and Automation	6. 最初と最後の頁 246-272
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.17265/2159-5275	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 該当する

1. 著者名 Nao Sato, Kenju Akai, Makoto Hirose, Satoru Okamoto and Kenji Karino	4. 巻 Vol.12No.4
2. 論文標題 Kinectセンサリグを用いた センサリグを用いた センサリグを用いた センサリグを用いた 胸骨圧迫 胸骨圧迫 手技取得経験 手技取得経験 手技取得経験 の見える化 の見える化 の見える化 : 医療手技経験価値共創を目指して : 医療手技経験価値共創を目指して : 医療手技経験価値共創を目指して : 医療手技経験価値共創を目指して	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Automation Technology (IJAT)	6. 最初と最後の頁 印刷中
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 佐藤 直, 狩野賢二, 山本奈美
2. 発表標題 kinectを用いた胸骨圧迫における姿勢評価と具体的指導の試み
3. 学会等名 50回 日本医学教育学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本覚, 岩敷弘基, 狩野賢二, 佐藤直, 大和田芽衣子
2. 発表標題 Kinectを用いたCPRの手技評価に関する研究 適用の限界と可能性について
3. 学会等名 日本実験力学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Satoru OKAMOTO, Hiroki IWASHIKI, Kenji KARINO, Nao SATO and Meiko Owada
2. 発表標題 Evaluation of Skills in Cardiopulmonary Resuscitation (CPR) Using Microsoft Kinect
3. 学会等名 Proceedings of 12th ISEM'17 (国際学会)
4. 発表年 2017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
研究分担者	廣瀬 誠 (Hirose Makoto) (40367660)	松江工業高等専門学校・その他部局等・准教授 (55201)	
研究分担者	岡本 覚 (Okamoto Satoru) (10204033)	島根大学・その他部局等・名誉教授 (15201)	