

MR とセンサデバイスを活用した BLS セルフトレーニング支援システムの開発

Development of a BLS self-training support system using MR and sensor devices.

後藤 駿介^{*1}, 深町 賢一^{*2}, 小松川 浩^{*1}

Shunsuke GOTO^{*1}, Ken'ichi FUKAMACHI^{*1}, Hiroshi KOMATSUGAWA^{*1}

^{*1} 公立千歳科学技術大学大学院 理工学研究科

^{*1} Graduate School of Science and Technology Chitose Institute of Science and Technology

^{*2} 公立千歳科学技術大学 理工学部 情報システム工学科

^{*2} Faculty of Science and Technology, Chitose Institute of Science and Technology

Email: m2250110@photon.chitose.ac.jp

あらまし：本研究では、MR(Mixed Reality)およびセンサデバイスを活用した BLS(一次救命処置)セルフトレーニング支援システムを開発した。特に初学者が胸骨圧迫に対する自信や経験の定着を図る仕組みを目指した。有用性を検証するために、実際の病院内において、達人レベルに分類される看護師を対象に検証し、システムの操作性、満足度、従来のシナリオとの比較、リアルタイムまたは演習後フィードバックの有用性の評価を行った。

キーワード：BLS, MR, センサデバイス, Raspberry Pi

1. はじめに

心肺機能停止時における一次救命処置 (Basic Life Support: BLS) は、特別な器具を必要とせず、患者の救命率を高めるうえで極めて重要である⁽¹⁾。病院内では看護師を対象に、マネキンをを用いた実技指導による OJT (On-the-Job Training) が中心に行われており、特に新人看護師においては就職後に早期かつ定期的・継続的に 3 回以上の実施が効果的⁽²⁾で意欲とスキルに対する自信が優位に増加するとされている⁽³⁾。しかし頻繁な研修は指導者に大きな負担を強いるという課題⁽⁴⁾があり、適宜トレーニングを行うことが難しい現状にある。本研究では、この課題解決に向け、繰り返し自学習が可能なシミュレーション型教育システム(BLS セルフトレーニングシステム)の開発を目標とした。この際、マネキンの胸骨部位に物理センサを設置し、MR を可視化インターフェイスとして、適切な圧迫回数や深さなどをリアルタイムに確認できるシステムの実現を目指した。山本らは、AR を可視化インターフェイスとしてマネキン上に血流の変化や顔色の変化を確認しながら、BLS トレーニングできるシミュレータの開発を行っている⁽⁵⁾。これに対し本研究では、看護初学者を対象とした BLS セルフトレーニングに焦点をあて、JRC 蘇生ガイドライン 2020⁽⁶⁾による標準指標を教師データとし、この範囲で適切に胸骨圧迫の処置を行えているかをマネキンに設置したセンサに基づく物理量から判定する。また、処置最中にマネキンを目視しつつ、処置時の最後にセンサ上の物理量をネットワーク経由でリアルタイムに統計データとして可視化するために、MR インターフェイスを採用する。

2. 開発したシステム

本システムでは、MR デバイスとして HoloLens2、物理センサを取得するデバイスとして Raspberry Pi

を使用した。BLS セルフトレーニングの内容として、日本ライフセービング協会が提示する BLS デモンストレーション動画および JRC 蘇生ガイドライン 2020 年を採用した。また従来実施されている OJT として日本救急看護学会の標準 BLS 講習プログラムを参考としている。従来の BLS 訓練では、リアルタイムや訓練後のフィードバックを自身で得ることが難しい。そこで本システムでは圧迫のテンポ・深さ・位置・リコイルなどの主要とされる評価をリアルタイムで提示し、さらに演習後には統計処理と可視化を通じて定量的な振り返りを支援する設計とした。以下のシステムにおける全体構成と従来における OJT のシナリオを含んだ MR アプリケーションのフローとの関係は図 1 に示す。

2.1 センサによるデータ取得

Raspberry Pi に接続したセンサ群による物理量の計測値で構成されている。評価基準としては JRC 蘇生ガイドライン 2020 年に基づく推奨値を用いた。圧迫位置・深度の定量的評価を行うため、図 1 に示すように、胸部圧迫構造体に感圧センサ (GROVE - FSR402) を 3 点、曲げセンサ (Qwiic Flex Sensor) を 1 点組み込んでいる。アナログ信号は ADC (MCP3008) を通じてデジタル化される。またノイズ除去のため移動平均フィルタを適用し 125ms 間隔 (約 8Hz) で送信される。HoloLens 2 とリアルタイムに状態要求やセンサ値の送受信をするため、双方向・非同期通信が可能である WebSocket を使用した。センサ値は JSON 形式にタイムスタンプとともにパッケージ化され送信される。

2.2 MR 空間でのリアルタイムなフィードバック

HoloLens2 上では、ユーザが実際のマネキンを目視しながら処置を行う状況を想定し、WebSocket を用いて受信した評価指標を手の甲を追従する UI (ハ

ンドメニュー)に表示している。テンポ、位置、深さ、リコイルの各指標がアイコンで提示され、判定結果は緑(適正)・赤(不適)で色分けされる。

2.3 演習後におけるデータの可視化

ユーザが訓練結果を定量的に把握し、効果的に振り返ることができるようにするため、特にテンポやリコイルといった定性的に評価しにくい項目についても、レーダーチャートおよびヒストグラムを用いて結果の可視化している。HoloLens2上で確認を行うが機器の処理分散のためクラウドレンダリングしている。まず、演習中に記録された各種センサデータは、セッション単位で時系列として記録され、演習終了後に Azure Table Storage にアップロードされる。演習の終了をトリガーとして AWS Lambda 関数が自動的に起動し、Python を用いた統計処理を実行する。処理内容には、圧迫テンポの分布、深度のばらつき、リコイルの再現性、CCF (Chest Compression Fraction) などが含まれ、これらの値をもとに matplotlib モジュールを用いてレーダーチャートおよびヒストグラムを描画・画像化する。作成された画像データは HTTP を通じて HoloLens2 側に返送している。

3. 検証及び結果の評価

本検証は医療法人同仁会千歳第一病院(以降、対象病院とする)で実施した。対象者は、対象病院におけるベナーの成長プロセスに当てはめると「達人」として定義される看護師二名である。

本研究では、MR を用いた BLS セルフトレーニングが従来の方式および共同研究先から提示された参考動画と同様なフローで一体的に自己学習できるシステムとしてどの程度有用であるかを示すため、以下の4つの観点で評価を行った。

1. 全体の進行と満足度
2. MR に関連する操作性
3. リアルタイムフィードバックの効果
4. 訓練後のデータ可視化の有用性

第一の観点では、両名とも「やや満足度を感じられる」と評価し、システムの進行には大きな問題がないことが確認された。第二の観点では、看護師 A は肯定的な評価を示したが、看護師 B は「やや不適切」と評価し、操作性に関する課題が浮き彫りとなった。このことから、ユーザーインターフェースや操作性の改善が必要であることが分かった。第三の観点においては、両者ともフィードバックの効果を十分に発揮できていないと感じていた。自由記述では「アイコンの視認性が低い」「手首を見続けることはない」といった意見があり、視認性の向上やフィードバック位置の見直しが求められた。看護師の視線が胸骨圧迫時に患者の顔やモニターに向かうことが多いため、フィードバックの表示位置が実際の動作と適合していない点も問題視された。この点については、使用者の視線誘導を考慮した UI 設計が必要であることが示唆された。第四の観点に関して

は、両名ともに一定の有用性を確認しており、処置に対してデータの可視化と振り返りが適切にできていることが示唆された。

4. まとめ

本研究では、MR およびセンサデバイスを活用した BLS シミュレーションシステムの開発を行った。検証の結果より、全体の進行や指示の適切性については概ね肯定的な評価が得られたものの、リアルタイムフィードバックの視認性や操作性に課題があることが明らかとなった。

5. 展望

今後はリアルタイムフィードバックや訓練後のデータ可視化の改善に加え、達人看護師以外、特に初学者を含む看護師を対象にした有用性と改善点の検討、および従来のシミュレーションと比較した学習効果の検証などを行っていく。

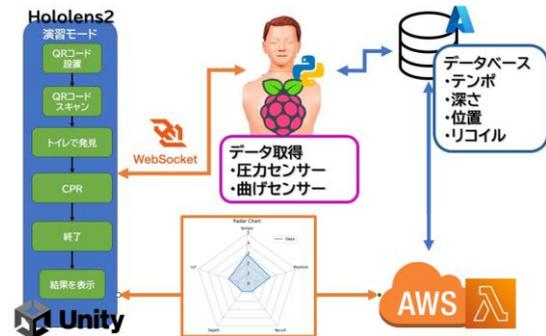


図 1 システムの概略図



図 2 BLS 訓練用マネキン内部構造

参考文献

- (1) アメリカ心臓協会(American Heart Association), ハイライト CPR および ECC のガイドライン
- (2) 堀さやか: 新人看護師に対する急変時シミュレーションの効果 -BLS・AEDを用いた急変対応-, ハートナーシング, 22 (4), 429-438, 2009
- (3) 迫田 典子, 心肺蘇生講習会に携わるインストラクター活動の継続要因について, 2015 年 5 巻 p.13-17
- (4) Kim, J. W. et. al. : Improvement in Trainees' Attitude and Resuscitation Quality with Repeated Cardiopulmonary Resuscitation Training: Cross-Sectional Simulation Study, Simulation in Healthcare, 11 (4), 250-256, 2016
- (5) <https://www.kanazawa-it.ac.jp/kitnews/2024/1021-ar-kyumei.html> (参照 2025/1/19)
- (6) JRC 蘇生ガイドライン 2020, 一般社団法人 日本蘇生協議会, 2021 年.