

タイトル 遠隔医療学習を可能とする医療教育シミュレータの開発

代表研究者 氏 名 西 本 騰 立命館大学 情報理工学研究科 役職 博士後期課程学生

1 はじめに

日本ユニセフによる世界子供白書の報告では、世界の新生児年間死亡は 247 万人とされ、そのうち 25%は出生直後に呼吸が停止し、仮死状態となる新生児仮死が原因とされる。この新生児仮死は、新生児蘇生法（NCPR: Neonatal Cardio Pulmonary Resuscitation）を習得した医療スタッフであれば、仮死状態の新生児の約 9 割を救命できるとされ、NCPR 普及のための講習会が行われている[1]。しかし、多くの対面講習では、経費の制約から、新生児の形状を模擬しただけのマネキン人形である、低機能モデルが用いられている。低機能モデルを使用した講習では、講師が机を叩いて心拍数を再現する。新生児の泣き声を鳴き真似で再現するなど、現実とはかけ離れた再現を行わざるを得ず、その教育効果は講師のスキルに大きく依存している。また、講師の派遣費用を抑え、離島や僻地における NCPR 技術を普及させるために、遠隔講習の実施が求められているが、前述の対面講習の課題に加えて、遠隔講習の実施には講習中の会話以外の情報共有や、状況把握が極めて困難であることが分かっている。

申請者らは、先行研究において低機能モデルをスマートフォン、電子部品からなる模擬医療機器で拡張することによって、対面講習における課題（講師のスキル依存問題）に解決の道筋を示した（図 1）[2]。その一方で、遠隔講習の実施には、状況把握等について、いくつかの課題を残す。本研究調査では、情報技術を用いることによって遠隔医療講習、特に NCPR 講習における課題の解決を目指す。

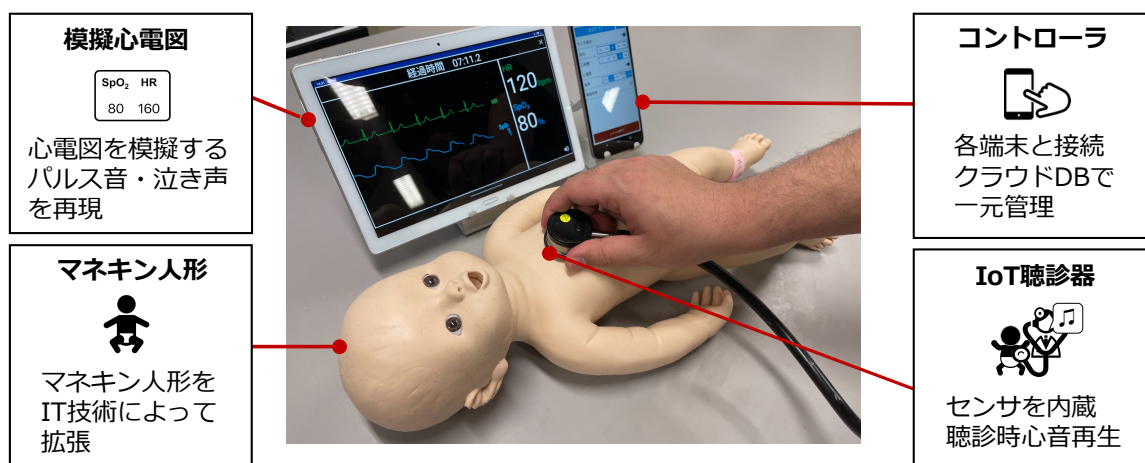


図 1：先行研究にて開発したシミュレータ

2 研究目的

本研究の目的は、遠隔 NCPR 講習を遠隔に実施するための教育プラットフォームの開発である。これまでの先行研究において、医療関係者に対するインタビュー・アンケートの結果から、遠隔講習の実施には、3つの課題が存在することが分かっている。第一に、Zoom 等のビデオ会議システムを用いた場合、共有されるビデオ会議からは、生徒の頭や背中に手技が隠れてしまう（オクルージョンが発生してしまう）ために、講師が状況を把握することが難しいこと。第二に、遠隔講習は、講師が生徒と離れた場所にいるために、状況を再現するための講師の行動が著しく制限されること。第三に、医療関係者の IT スキルの不足・振り返りを支援する教材の不足から、振り返りのための教材作成が困難なことがある。

3 研究方法

前述の三つの課題を解決するために、三つの解決策を提示する。第一に、対象とするオブジェクト（学習者の手技）が障害物（頭や背中）によって隠されていたとしても、認識可能なリアルタイム手技認識システムを開発する。第二に、生徒と講師が物理的に離れた場所に居ても、状況再現を可能な遠隔シミュレータを開発する。第三に、撮影した映像、画像認識の結果から、生徒の行った処置を時系列で閲覧可能な振り返り教材を自動生成する。

3.1 研究方法 1：オクルージョンに対応したリアルタイム手技認識システム

第一に、対象とするオブジェクト（学習者の手技）が障害物（頭や背中）によって隠されていたとしても、認識可能なリアルタイム手技認識システムを開発した。本研究では、ビデオフレーム内のオブジェクトを検出した後に、物体追跡を行う DeepSORT[3]を用いて、NCPR 講習に頻出する基本手技（胸骨圧迫・聴診・人工呼吸）を障害物によって隠されていたとしても認識可能とする（図 2、3）。



図 2：生徒の頭で手技が隠れている様子

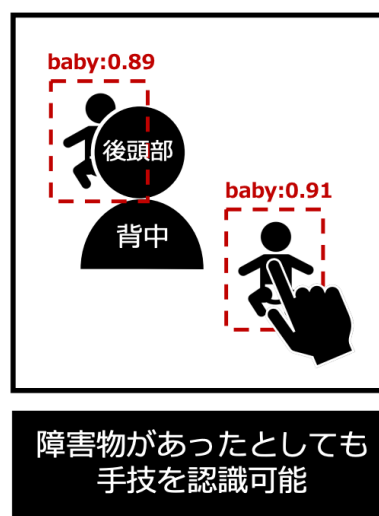


図 3：オクルージョン対応の手技認識

3.2 研究方法 2：遠隔シミュレータの開発

第二に、生徒と講師が離れた場所に居ても使用できる遠隔シミュレータを開発した。これまでの先行研究において開発したシミュレータは、データの共有をクラウド DB（Google 社の提供する Firebase[4]）を使用しており、インターネットに接続していれば、世界中どこに居たとしても操作が可能であった。しかしながら、先行研究によって開発した IoT 型聴診器は、ネットワーク機能を持たなかった。そのため、遠隔講習では、シミュレータの機能が制限されてしまい、聴診時に心音が再生される模擬聴診機能が使用不可能であった。そこで、本研究では、コントローラーと IoT 型聴診器の中継を行うハブ端末を開発することによって、この問題の解決を目指した（図 4）。

3.3 研究方法 3：振り返り教材の自動生成システム

第三に、カメラ映像や画像認識の結果から、生徒の行った処置を時系列で閲覧可能なマルチメディア教材の自動生成機能を開発する。NCPR 講習においては、講習の様子を撮影したビデオを用いた振り返りが推奨されているものの、編集を行っていないビデオ映像を振り返りに用いた場合、講習に掛かった時間と同様あるいは、それ以上の時間がかかってしまい、時間的なロスが大きい[5]。そのため、講習の要点を抽出できる振り返り用のビデオ教材の自動生成が求められていた。本研究では、撮影した映像及び、画像認識の結果から、生徒の行った処置を時系列で閲覧可能な振り返り教材を自動生成するプログラムを作成し、この問題の解決を目指した（図 5）。

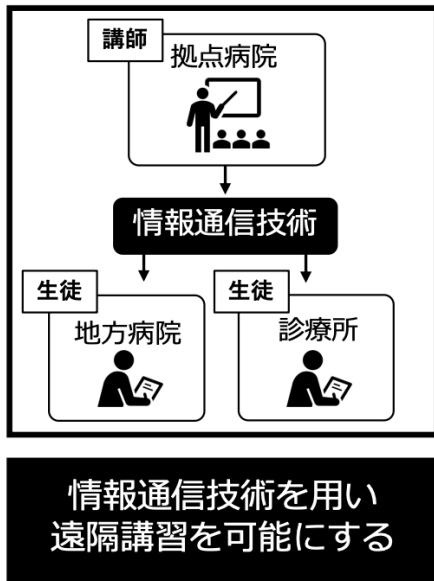


図 4：遠隔シミュレータの開発



図 5：振り返り教材の自動生成

4 実験と結果

4.1 実験 1：オクルージョンに対応したリアルタイム手技認識システムの開発と検証

物体追跡アルゴリズムの一つである DeepSORT を用いた独自モデルの開発を行った。DeepSORT はオクルージョンに対して頑強な物体追跡アルゴリズムであり、一時的なオクルージョンが生じても追跡対象を見失わない特性がある。モデルの評価は、講習動画に対してモザイクにより、五秒間に 1 回程度、人為的なオクルージョンを発生させた動画（10 サンプル、各五分程度）を使用し、その頑強性を評価した（図 6）。

ID Switch（追跡中のオブジェクトが識別される ID が別のオブジェクトに割り当てられる現象）は 0 回であり、すべてのサンプルに対して物体追跡は適切に機能した。これは、モデルが一時的なオクルージョンが発生した場合でも、追跡対象を正確に識別し続けることができることを示している。



図 6：オクルージョンに対応し、物体追跡を続けている様子

4.2 実験2：遠隔シミュレータの開発と検証

本研究では、感染症対策および離島や僻地での NCPR 講習実施のために、Zoom 等を用いた遠隔講習を可能とするシミュレータを開発した。このシミュレータはクラウド DB を使用しており、模擬聴診器を除く全ての端末を遠隔地から操作することができる。先行研究では、模擬聴診器とコントローラは Bluetooth 接続であったため、遠隔講習においては聴診機能を使用することができなかった。本研究では、この問題を解決するためにハブ端末を開発し、遠隔地からでも聴診機能を使用可能とした。

結果として、以下の点が確認された：

1. 聴診機能の実装

- 新たに開発したハブ端末により、遠隔地からの模擬聴診器の操作が可能となった。
- 聴診データはクラウド DB に保存され、リアルタイムでのフィードバックが提供された。

2. 遠隔講習の実現

- Zoom を介することにより、対面講習と遜色のない体験を、提供することが可能になった。
- シミュレータの操作、及び模擬聴診器の聴診機能についても、講師役の被験者からの操作を行った際に、別室にいる生徒役の被験者からは、バイタル反映の遅延を認められず、実用に足ると判断された。

以上の結果から、本シミュレータを用いた遠隔講習は、感染症対策および離島や僻地における NCPR 講習の新たな手法として有効であることが示された。

4.3 実験3：ビデオ教材の自動生成システムの開発と検証

NCPR ガイドライン 2020 では、ビデオを用いたデブリーフィングが推奨されている。しかし、導入コスト及び、実施コストの課題から、実際の教育現場でのビデオを用いたデブリーフィングの実施は困難である。そこで、本研究ではプログラムによってビデオ教材を自動生成するシステムを開発、その効果を検証した。

結果として、以下の点が確認された。

1. ビデオ教材の自動生成システムの実装

- 画像認識（Google の提供する GVI : Google AutoML Video Intelligence[6]）により、NCPR 講習に頻出する 3 種類の基本手技（人工呼吸・胸骨圧迫・聴診）を認識可能である。
- GVI の認識結果と、撮影した動画にマルチメディア処理を行い、動画・テキストサイトに投稿することによって、教材を自動的に生成可能である（図 7、8）。



図 7：自動生成されるビデオ教材

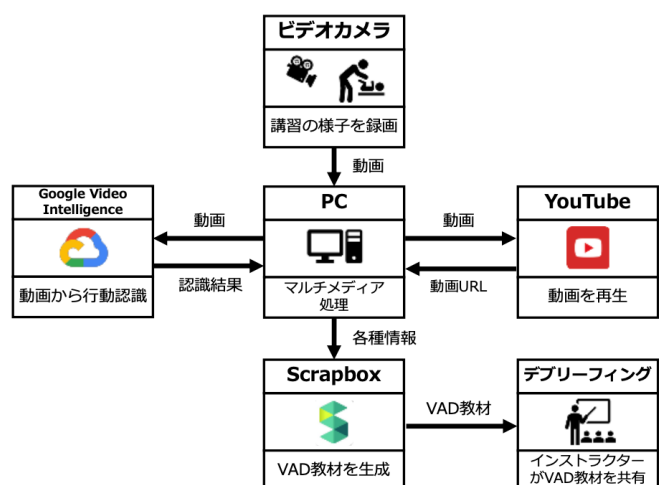


図 8：システムの構成図

2. ビデオ教材の自動生成システムの学習効果

学習効果を検証するために、選択式応答による評価を行った。勤続年数 10 年以上の新生児科医に対して、自動生成したビデオ教材を共有し、NCPR 講習での使用を想定した上で、選択肢応答による評価を行った。結果として、10 名中 9 名の回答者から肯定的な評価が認められ、否定的な評価は認められなかった。評価の多かった項目として、「指摘したいシーンを探す・振り返りにかかる時間を短縮できる」などの評価が認められた。

表 1：システム導入の効果

従来のビデオによる振り返りと自動生成したビデオ教材を使用した振り返りを比べた場合、どのような違いがでますか？三つまでお選びください	選択数（人） N=10
指摘シーンを探す時間を短縮できる	9
振り返りにかかる時間を短縮できる	8
生徒に対して指摘をしやすくなる	5
インストラクターに（指導を行うための）余裕ができる	3
指摘したい目的がはっきりする	1
大きな違いはでない	1

5 考察

本研究では、NCPR 講習を遠隔で行うために起こり得る主要な三つの課題についての解決を目指し、研究開発を行った。課題は以下である。

1. 遠隔講習では、生徒の頭や背中でオクルージョンが発生し、状況の把握が難しいこと
2. 講師が生徒と離れた場所にいるために、講師の行動が著しく制限されること
3. 医療関係者の IT スキルの不足・支援教材の不足から、振り返り教材作成が困難なこと

本研究では、上記の三つの課題について、三つの解決策を提案し、その検証を行った。以下の節では、その考察を述べる。

1. オクルージョンに対応したリアルタイム手技認識システムの開発と検証

開発したオクルージョン対応リアルタイム手技認識システムの物体追跡は適切に機能し、実運用において、5 秒以上の画面隠蔽が発生しない場合は、運用可能であると判断された。その一方で、長時間、画面隠蔽が発生した場合には、物体の追跡が不可能になってしまう課題も認められた。また、普及を考慮すると、低資源の CPU でも動作可能なシステムが求められるため、今後の研究課題であると考えられた。

2. 遠隔シミュレータの開発と検証

ハブ端末を開発することにより、インターネットに接続していれば、世界中どこにいたとしても、シミュレータの機能を対面時と同様に使用可能となった。これにより、当初予定していた離島や遠隔地においても、講習が可能になると考えられる。今後の研究課題として、普及を考慮した場合、シミュレータの操作データや動画データをインターネットを介して送信するため、講師や生徒の発言や行動等のプライバシーデータのセキュリティ対策が必要になると考えられた。具体的なものとしては、以下の点が挙げられる。第一にデータの暗号化、第二に、アクセス制御、第三に、データ保護のためのプライバシーポリシーの策定が考えられる。

3. ビデオ教材の自動生成システムの開発と検証

開発したビデオ教材の自動生成システムは、9 名中 8 名の講師から肯定的に評価され、実運用においても教育効果が期待される結果となった。今後の研究開発において、実際の NCPR 講習においても本教材自動生成システムを用いた実用実験を行う予定である。なお、実用実験を行う際の課題として、教材の生成速度の課題が挙げられる。現状のシステムにおいては、10 分の講習動画から教材を生成するために 10 分以上の時間を有する。このため、処理速度の高速化が課題である。

6 おわりに

本研究では、NCPR 講習を遠隔で行う際に生じる主要な三つの課題に対して、効果的な解決策を提案し、その有効性を検証した。これらの課題は、第一に、生徒の頭や背中によるオクルージョンの発生、第二に、講師の行動が制限されること、第三に、医療関係者の IT スキル不足と振り返り教材作成の困難さである。

第一に、オクルージョンに対応したリアルタイム手技認識システムの開発により、画面隠蔽が 5 秒以上発生しない場合には適切に機能することが確認した。ただし、長時間の画面隠蔽が発生する場合の物体追跡や、低資源 CPU での動作など、今後の研究課題も明らかになった。

第二に、ハブ端末の開発により、インターネット接続環境があれば、世界中どこでもシミュレータを対面時と同様に使用できるようになった。これにより、離島や遠隔地での講習が可能になったが、システムの普及を考慮した場合、データの暗号化、アクセス制御、プライバシーポリシーの策定など、セキュリティ対策が必要である。

第三に、ビデオ教材の自動生成システムは、9 名中 8 名の講師から肯定的な評価を得た。今後の研究では、実際の NCPR 講習における実用実験を予定しているが、現行システムの教材生成速度の改善が課題となる。

以上の成果から、本研究は NCPR 講習の遠隔教育において有用であり、教育の質と効率の向上に貢献することが示された。今後も、これらの課題を解決し、より多くの医療関係者に質の高い教育を提供するための研究開発を進めてまいります。

最後に、本研究の趣旨に賛同いただき、快く協力いただいた医療関係者の皆様に深く感謝いたします。

【参考文献】

- [1] 日本版緊急蘇生ガイドライン 2020 に基づく NCPR 新生児蘇生法インストラクターマニュアル第 5 版
- [2] 西本 騰：新生児蘇生訓練のための新生児人形を用いたシミュレータの開発，情報処理学会，論文誌デジタルプラクティス（TDP），vol.3，28-38，（2022）
- [3] Wojke, N., Bewley, A., & Paulus, D. (2017). Simple Online and Realtime Tracking with a Deep Association Metric. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/1703.07402>
- [4] Google Inc. Firebase. <https://firebase.google.com/?hl=ja>
- [5] 阿部 幸恵：臨床実践力を育てる！看護のためのシミュレーション教育，医学書院，（2013）
- [6] Google Inc. AutoML Video Intelligence. <https://cloud.google.com/video-intelligence?hl=ja>

〈発 表 資 料〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
遠隔医療教育における画面隠蔽問題への対応：DeepSORT を用いたオクルージョン対応型物体追跡モデルの開発と評価	第 27 回日本遠隔医療学会学術大会	2023 年 11 月
医療シミュレーション教育のための音声書き起こしソフトの開発と検証	第 11 回日本シミュレーション医療教育学会学術大会	2023 年 10 月
NCPR 講習を支援するデブリーフィング教材自動生成システムの開発と評価	情報処理学会、論文誌デジタルプラクティス	2023 年 10 月