

医学教育用ヒューマノイドの開発

研究代表者 高西 淳夫
(創造理工学部 総合機械工学科 教授)

1. 研究課題

近年、世界的にシミュレーション医学教育が注目されている。これは、医学教育シミュレータと呼ばれる患者の体の一部または全身を再現した模型を用いて、臨床手技トレーニングを行う手法である。現在、さまざまな医学教育シミュレータが市場に存在するが、より高性能で、精巧に人体を模した医学教育シミュレータに対するニーズは大きい。そこで申請者らは、第1期ならびに第2期のプロジェクト研究において、ヒューマノイド技術を応用した革新的な医学教育シミュレータの開発に取り組んできた。ここでは、NEDO「イノベーション実用化ベンチャー支援事業」ならびに中小企業庁「戦略的基盤技術高度化支援事業」による支援のもと、株式会社京都科学と共同でさまざまな医学教育シミュレータの開発に取り組んできた。そして縫合手技評価シミュレータとEDAMシミュレータの上市を実現した。

第3期では、世界標準を目指した新たな医学教育シミュレータの開発に取り組んでいる。具体的にはWHOが提唱する医学教育カリキュラムでの使用に主眼を置いて、全身型患者シミュレータの開発に取り組んでいる。WHOは特に、医学教育に品質保証の考え方を導入し、学生個人や教育カリキュラムそのものを十分に評価し、常にカリキュラムの改善を進めることを提唱している。これに対応するにはシミュレータに訓練者の手技を定量的に計測し、データベースに保存する機能が求められる。このようなニーズを受けて、株式会社京都科学と共同で、インタラクティブ・チュートリアル・システムの開発に取り組んでいる。インタラクティブ・チュートリアル・システムとは、シミュレータに埋め込まれた各種センサで手技を計測し、評価や助言提示を行うシステムである。現在、これらの機能を備えた新生児蘇生法(NCPR)のトレーニングのための新生児シミュレータの開発を進めている。

2. 主な研究成果

2020年度は、これまでの研究成果の集大成として、新生児蘇生法の最も基本的な訓練内容である呼吸の確認と心肺蘇生の実施が可能な新生児型患者ロボットシミュレータを開発した。

本シミュレータの腹部には、新生児の呼吸動作を再現する直動機構が搭載されている。本機構は、正常な自発呼吸において見られる下腹部の上昇および異常な気管閉塞時に見られる肋骨下辺の陥没という2種類の呼吸動作をそれぞれ再現可能である。駆動方式として、これまでの研究成果である形状記憶合金やソレノイドを用いた手法を再検討し、聴診器での聴診を妨げない静音性を保ちつつ耐久性、繰り返し精度向上、消費電力削減を実現するため、新たに減速機を用いず低速高トルク駆動が可能なダイレクト・ドライブ・モータを採用した。本モータで下腹部および肋骨下辺の変位に対応する2つの偏心カムを回転させ、カムフォロアを介してシリコン製皮膚を変形させる。また、カムフォロアに電磁石を介することで陥没の有無が切り替え可能であり、これまで4つのアクチュエータを用いていた呼吸の再現機能を1つのダイレクト・ドライブ・モータで実現した。



図 1 新生児シミュレータ 本体

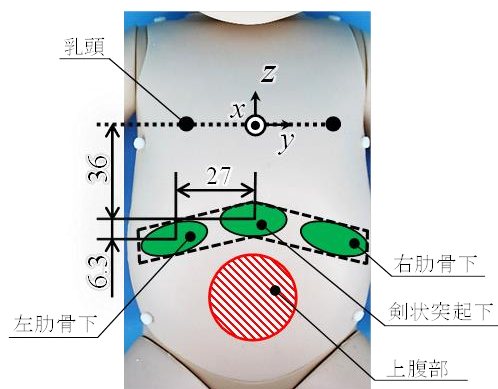


図 2 自発呼吸（赤）および陥没呼吸（緑）の再現位置

さらに、本シミュレータの胸部には、心肺蘇生における胸骨圧迫の計測機構が搭載されている。本機構は、肋骨のアーチ形状を模した受動回転機構であり、ばねによって胸骨圧迫における術者への反力を再現している。そして、肋骨の回転角度を計測することで胸骨圧迫の深さ、速度が評価可能である。計測センサには、2017 年度成果をもとにインクリメンタル・エンコーダを新たに採用して繰り返し精度と耐ノイズ性の向上を図った。

これまで開発してきた再現機能および評価機能をひとつのシミュレータに統合したことで、臨床と同様なシミュレーション訓練で用いることが可能となった。今後、シミュレーション訓練における計測実験を行うことで、インタラクティブ・チュートリアル・システムとしての理想的な評価関数の調査やフィードバック手法の検討を行う。

3. 共同研究者

梅津光生（早稲田大学理工学術院 教授）

伊関 洋（早稲田大学理工学術院 教授）

石井裕之（早稲田大学理工学術院 准教授）

Sarah Cosentino（早稲田大学理工学術院 准教授）

Zecca Massimiliano（理工学術院総合研究所 招聘研究員，ラフバラー大学（UK） 教授）

槇 宏太郎（理工学術院総合研究所 客員上級研究員，昭和大学 教授）

高信 英明（理工学術院総合研究所 客員上級研究員，工学院大学 教授）

4. 研究業績

4.1 学術論文

- [1] 桃井啓伍, 武部康隆, 小川駿也, 片山保, 影山稔, 高西淳夫, 石井裕之, “新生児蘇生法トレーニング・システムの開発—自発呼吸と陥没呼吸の再現が可能な新生児シミュレータの設計・製作—”, 第 38 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 1H1-06, 2020.

4.2 総説・著書

4.3 招待講演

4.4 受賞・表彰

- [2] 桃井啓伍, 武部康隆, 小川駿也, 片山保, 影山稔, 高西淳夫, 石井裕之, “新生児蘇生法トレーニング・システムの開発—自発呼吸と陥没呼吸の再現が可能な新生児シミュレータの設計・製作—”, 第 38 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 1H1-06, 2020, **第 2 回優秀講演賞**.

4.5 学会および社会的活動

高西淳夫, IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) フェロー

高西淳夫, 日本 IFToMM 会議, 実行委員長

高西淳夫, 日本咀嚼学会, 常任理事

5. 研究活動の課題と展望

今後は, 各診療科の指導医と連携し, 開発したシミュレータの妥当性の検証を進める. 新生児シミュレータについては, トレーニングカリキュラムへの導入について, 詳細に検討する. その結果をもとに, 株式会社京都科学と共同で研究成果の早期実用化を目指す.