



Title	手技に応じた生体反応を呈する看護シミュレータESTE-SIMと人工呼吸器シミュレータSimmarの統合
Author(s)	小水内, 俊介; 二宮, 伸治; 金井, 理; 近野, 敦; コリー, 紀代
Citation	計測自動制御学会システムインテグレーション部門学術講演会予稿集, 24, 3839-3841
Issue Date	2023-12-16
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/92767
Rights	この論文の著作権は公益社団法人計測自動制御学会が保持しており、学会の許諾を得て掲載しています。
Type	proceedings
Note	第24回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2023). 2023年12月14日～16日 朱鷺メッセ新潟コンベンションセンター, 新潟県.
File Information	3G4-12.pdf



[Instructions for use](#)

手技に応じた生体反応を呈する看護シミュレータ ESTE-SIM と人工呼吸器シミュレータ Simmar の統合

○小水内俊介（香大），二宮伸治（広国大），金井理，近野敦，コリー 紀代（北大）

Integration of ESTE-SIM, a nursing simulator that exhibits vital reactions according to procedures, and Simmar, a ventilator simulator

○ Shunsuke KOMIZUNAI (Kagawa Univ.), Shinji NINOMIYA (Hiroshima International Univ.),

Satoshi KANAI, Atsushi KONNO and Noriyo COLLEY (Hokkaido Univ.)

Abstract: This paper describes a nursing simulator developed by integrating two systems. In previous research, a nursing simulator ESTE-SIM that exhibits vital reactions according to procedures and a ventilator simulator Simmar have been developed. By integrating these functions and sharing the data in both systems, the nursing simulation system was created in which Simmar's behavior changes according to the user's procedures and can also record the history of ventilator operation. This enables comprehensive simulation that includes not only endotracheal suction but also ventilator operation. The practicality and educational significance of this system was investigated through a user test conducted by 7 teachers.

1. 緒言

人工呼吸器を必要とする患者の看護において，気管内に溜まった痰の吸引除去は，実施頻度の高い日常的なタスクでありながら，侵襲が高く熟練を要する高度な手技である．しかしながら，リアリティの高い看護シミュレータ^[1,2]は少なく運用コストも高いことから，標準的な看護教育では胸像型のマネキン^[3]が広く用いられている．著者らはこれまで，低コストなマネキンベースでありながら手技に対する生体反応を呈示できる看護シミュレータ ESTE-SIM を開発・運用し^[4]，看護実態に近い訓練の提供を模索してきた．しかしながら，人工呼吸器装着中の気管内吸引を想定すると，従来の選択肢では人工呼吸器は実物を用いるしかなかった^[1]．

本論文では，この ESTE-SIM と，別の経緯で開発されてきた人工呼吸器シミュレータ Simmar とを統合した多機能な看護シミュレータシステムについて述べる．訓練可能な項目が増えることで，柔軟で現実的な看護シナリオの構成が可能となる．また，教員 7 名によるユーザテストおよびアンケート調査を通して考察した本システムの現実性や教育的意義について述べる．

2. 二つのシミュレータの統合

2.1 手技に応じた生体反応を呈する看護シミュレータ ESTE-SIM^[4]

Fig. 1 にこれまで開発してきた二つのシミュレータ，すなわち手技に応じた生体反応を呈する看護シミュレータ ESTE-SIM と人工呼吸器シミュレータ Simmar とを統合した，インタラクティブな多機能シミュレータ ESTE-SIM+Simmar の外観を示す．同図右側にある上半身マネキンとプロジェクタおよび同図左寄りにある制御用 PC が ESTE-SIM を構成する機材である．なお，同図中央にあるタブレットが Simmar，同図左側にある諸々の物品は通常の看護用具である．

ESTE-SIM は，上半身マネキンの胸部に内蔵された気管模型を保持するセンサにより，吸引カテーテルが気管へ与える力を計測することができる．また，カ

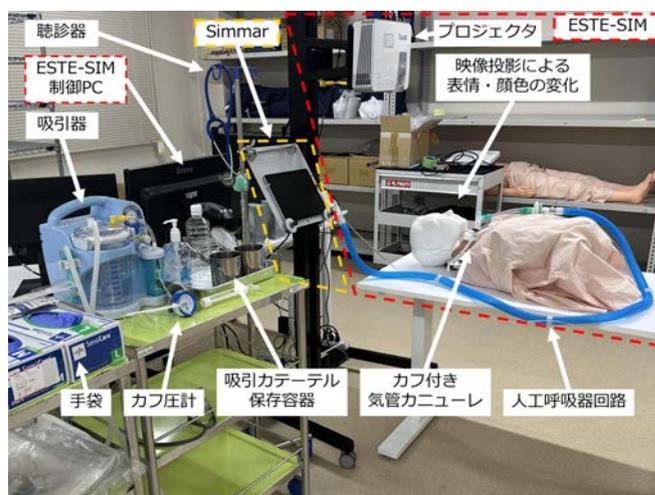


Fig.1 An overview of the experimental setup

ニューレに内蔵されたセンサにより人工呼吸器の脱着が検出される．これらのセンサ情報がマイコンを介して制御用 PC ヘシリアル通信で送信される．PC 上では 3D ゲームエンジン Unity を用いて，センサ情報に基づいて評価された苦痛度に応じた表情の映像や声（咳嗽音）が出力される．また，生体反応モデルに基づいて生成されたバイタルサイン（酸素飽和度：SpO₂，心拍数：HR）から顔色の変化が設定される．マネキンの上部に設置されたプロジェクタからこの映像を投影することで表情や顔色の変化が呈示される．併せて，ケア提供者が注意を払う要素の一つとして，パルスオキシメータにより計測されるバイタルサインのモニタ（アラーム音付き）も表示することができる．長時間の吸引や無理なカテーテル操作が行われた際には，苦痛の表情やチアノーゼ，バイタルサインの低下などを呈示することで，インタラクティブな看護体験を提供する．

2.2 人工呼吸器シミュレータ Simmar

Simmar (Simulator for the management of artificial respiration) は，体外循環教育用仮想患者シミュレータ

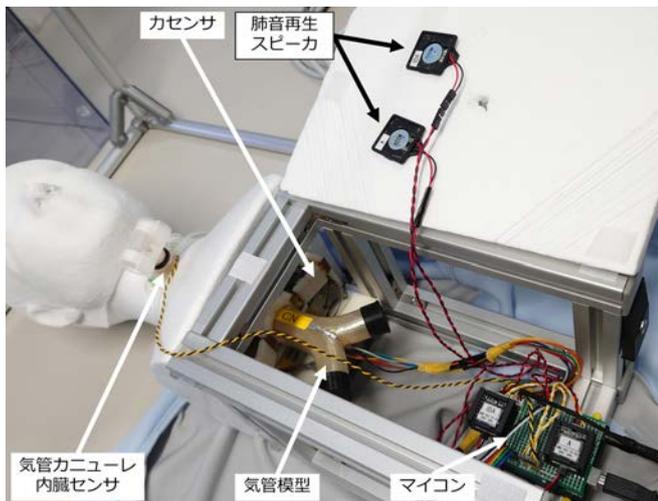


Fig.2 Inside of ESTE-SIM

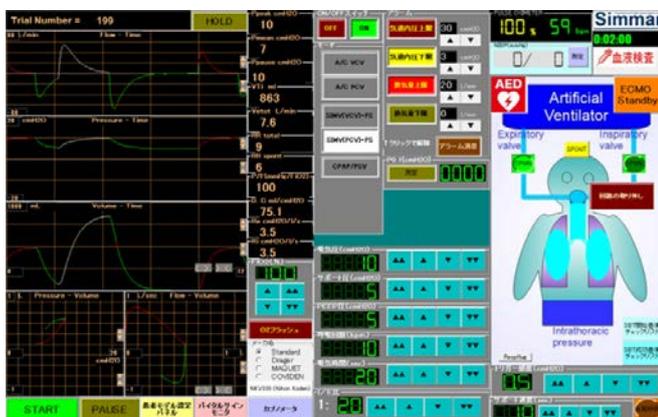


Fig.3 An example of Simmar's UI

ECCSIM^[5] の患者モデルをベースとして、主要な人工呼吸モードの動作とそれに伴う生体反応を再現する機能を持った人工呼吸器シミュレータである。Fig. 3 に示すように、標準的な人工呼吸器の操作項目を備えた UI をタッチパネルで操作する Windows タブレットアプリとして実装されている。Fig. 3 とは別の画面である患者設定パネルにて患者の気道抵抗、肺コンプライアンス、呼吸数、呼吸振幅（胸腔内圧曲線）、肺のガス交換率などの生体パラメータを設定する。それらのパラメータと呼吸器の設定から、気道内圧、流量、血液ガス値 (SpO_2 , pH, PaO_2 , $PaCO_2$ など) をリアルタイムに計算、表示する。また、シナリオ機能により生体パラメータの時間経過に対する変動をプリセットすることが可能である。実行された結果はトレンドグラフとして振り返り学習時にユーザに提示される。

2.3 両シミュレータ間のデータ共有と連動

二つのシミュレータの連動にあたってポイントとなるのは、人工呼吸器脱着の検知と生体反応の変化の共有である。いずれも従来は ESTE-SIM の機能だが、前者は Simmar の挙動変化のトリガーとなる情報であり、後者は Simmar の挙動にも依存して変化する。そこで、ESTE-SIM に内蔵されているマイコンと Simmar に増設された USB-UART アダプタとの間のシリアル通信によりこれらの情報を共有する。また、ESTE-SIM のバイタルモニタ表示機能および生体反応モデルは使用せ



Fig.4 Procedures 9) and 13) in user test

ず、Simmar が生成した SpO_2 と HR の値を ESTE-SIM でも利用する。これにより、人工呼吸器が脱着されると Simmar の挙動が変化し、それに応じて患者の苦痛表情も変化する、といった連動が実現される。ESTE-SIM と Simmar の動作ログはともに ESTE-SIM 制御 PC へ送信され、ファイル出力される。

3. ユーザテスト

教員7名（臨床経験8~32年）を対象に ESTE-SIM+Simmar のユーザテストおよび使用感のアンケート調査を行った。脳性麻痺にて誤嚥性肺炎を繰り返す40代男性を患者設定とした。本システムを用いた人工呼吸器装着中の気管内吸引の手順を下記に示す。

- 1) 呼吸のアセスメント（患者の全身状態や人工呼吸器画面から吸引の必要性を判断）、 SpO_2 /HR/呼吸音・型の観察、肺音の聴診（今回は吸引前に左肺に副雑音を聴取）
- 2) 患者へ吸引の必要性を説明
- 3) 手指消毒
- 4) 必要物品の準備
- 5) 吸引機の吸引圧を設定 20 [kPa] (150 [mmHg]) 以下
- 6) 気管切開チューブの固定、カフ圧の確認
- 7) 個人防護具の装着
- 8) 吸引カテーテルの準備
- 9) **非利き手で人工呼吸器のアラーム消音ボタンを押す (60 [s] で復帰)**
- 10) 患者へ吸引カテーテルの挿入のタイミングを説明
- 11) **非利き手で人工呼吸器回路を外す**
- 12) 利き手で吸引カテーテルの挿入
- 13) 吸引圧をかけ喀痰を吸引
- 14) 吸引した分泌物と患者の観察
- 15) **非利き手で人工呼吸器回路を再装着する**
- 16) **人工呼吸器モニタ画面、患者の変化を観察**
- 17) 吸引カテーテルの消毒・洗浄
- 18) 再吸引の必要性を患者に確認（あるいは看護師が判断）
- 19) 再吸引の必要性を患者に確認（あるいは看護師が判断）
- 20) 個人防護具を外し、手指消毒
- 21) 実施後の評価（**自発呼吸数**, SpO_2 , **HR**, 表情, 左肺の副雑音の消失, 顔色, 咳嗽音など）

太字部が本論文の統合により新たに訓練可能となっ

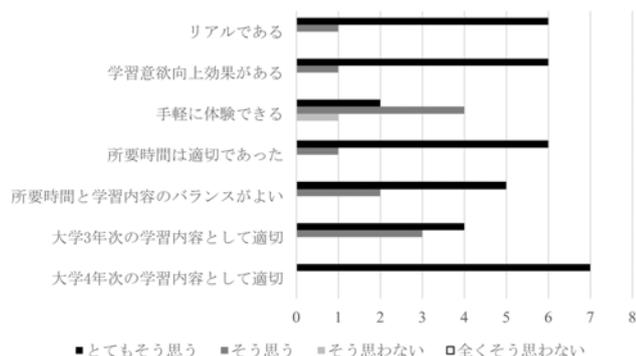


Fig.5 User comments for ESTE-SIM

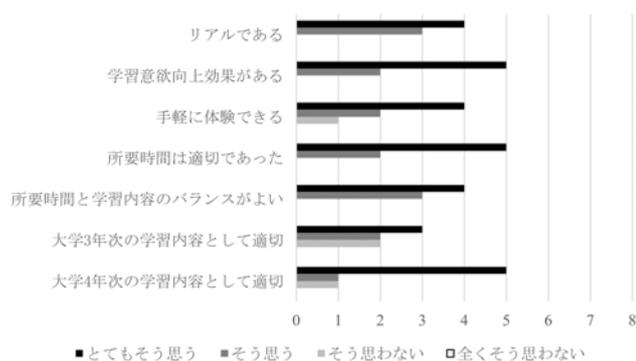


Fig.6 User comments for Simmar

たスキルである。ESTE-SIM による Psychomotor skill development (肺音聴取, 気管内吸引カテーテル操作など) だけでなく, 疾患や病態に関するアセスメント (喀痰増加の原因, 貯留位置など), リスクマネジメント (気管カニューレの実物を用いたバンド固定, カフ圧確認, 個人防護具着用など), Simmar による人工呼吸器モニタ画面の判読・操作のトレーニング機能が統合され, より複雑で幅広い知識やスキルの訓練が可能となった。Fig. 4 にユーザテストにおける手順 9) と 13) の様子を示す。

4. 結果と考察

4.1 アンケート調査

アンケート調査の結果を Fig. 5, 6 に示す。リアルさに関しては, 患者の瞬目や口の動きがある ESTE-SIM に対して驚きの回答が多数を占めた。顔色に関しては変化が少ないというコメントもあったが, 反応のあるシミュレータに対する学習意欲効果や所要時間の適切性, 所要時間と学習内容のバランスについて高い評価が得られた。一方で, ESTE-SIM にはプロジェクタやオペレータが必要という点で「手軽に体験できる」という回答が少なかった。Simmar に関しては, タブレット端末を利用して本物の人工呼吸器と同様にタッチパネルとしたことで, 設定値や測定値の表示, 波形やアラーム鳴動などのリアルさ, 学習意欲向上効果, 手軽さ, 所要時間や学習内容とのバランスのいずれの項目においても高い評価が得られた。学習するタイミングとして, ESTE-SIM は 7 名全員が 4 年次の学習内容として適切と回答し, Simmar に関しても 4 年次の学習内容として適切と回答した者が 5 名と過半数を占めた。

4.1.1 考察

従来の気管内吸引のパートタスクトレーナーでは吸引を安全に行うことが到達目標とされている。ESTE-SIM+Simmar のユーザ評価を踏まえると, 気管内吸引時の SpO₂ 低下や換気量低下によるアラーム鳴動もリアルに再現でき, トラブル時の迅速な対応も学習できるようになったため, 実習前・卒業時到達目標の高度化が期待できる。加えて, 操作ログが残るため, 学習者が実施したケアを省察することも容易となった。人工呼吸器装着中の気管内吸引は瞬時の判断力を必要とし, 様子を見るか, すぐに対処を必要とするかの判断が患者の生命に直結する。本システムは, 基礎教育期に学習可能なスキルと新人看護師が病棟で求められるスキルの差 (教育と臨床の乖離) の縮小に寄与することで, リアリティショックによる新人看護師の退職率の低減も期待しうる。

5. 結言

本論文では, ESTE-SIM と Simmar の統合について説明するとともに, そのユーザテストの結果について述べた。技術的には, 気管内吸引だけでなく人工呼吸器操作も含めた総合的でインタラクティブなシミュレーションを低コストで可能とした。人工呼吸器の実物を用いずに人工呼吸器装着中の気管内吸引が訓練できるシミュレータが開発された意義は大きい。教員 7 名によるユーザテストから本システムの現実性や教育的意義について高い評価を得た。

今後は, オペレータを必要としない運用を可能にするとともに, 編集機能を含めた看護シナリオの充実を図り, 教員や学生による反復的な利用を支援する。その利用データの蓄積や分析を通して, 本システムの学習効果や利用者の熟練度の評価を試みる。

謝辞

本研究は JSPS 科研費基盤研究 (B)(22H03701) の支援を受け, 中国労災病院のご協力を得て行われた。

参考文献

- [1] Laerdal Medical: *SimMan 3G*. Accessed on 25.10.2023. URL: <https://laerdal.com/jp/products/simulation-training/emergency-care-trauma/simman/>.
- [2] OLBA: "生命"感じるロボット *mikoto*. Accessed on 25.10.2023. URL: <https://www.olba.co.jp/action/medieng/achievements/mikoto.html>.
- [3] 京都科学: 吸引シミュレータ "Q ちゃん". Accessed on 25.10.2023. URL: https://www.kyotokagaku.com/jp/products_introduction/m85/.
- [4] Shunsuke Komizunai et al.: *An Interactive Endotracheal Suctioning Simulator which Exhibits Vital Reactions: ESTE-SIM International*. Journal of Automation Technology, vol. 13, no. 4, pp. 490–498, (2019).
- [5] Shinji Ninomiya et al.: *Virtual Patient Simulator for the Perfusion Resource Management Drill*. Journal of Extra Corporeal Technology, vol. 41, no. 4, pp. 206–212, (2009).