HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	プロジェクションマッピングシミュレータ教育におけるモーションキャプチャを用いた看護技術評価
Author(s)	コリー, 紀代; 小水内, 俊介; 金井, 理 他
Citation	高等教育ジャーナル : 高等教育と生涯学習, 29, 61-67
Issue Date	2022-03
DOI	https://doi.org/10.14943/J.HighEdu.29.61
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/84350
Type	departmental bulletin paper
File Information	HighEdu_29_061.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

10.14943/J.HighEdu.29.61
J. Higher Education and Lifelong Learning **29** (2022)
〈Research Paper〉

Development of Nursing Skill Proficiency Criteria for Dynamic Projection Mapping Simulator Using Motion Capture System

Noriyo Colley[1)*], Shunsuke Komizunai[2)], Satoshi Kanai[2)], Atsushi Konno[2)], Sozo Inoue[3)], Misuzu Nakamura[4)] and Shinji Ninomiya[5)]

1) Faculty of Health Sciences, Division of Nursing, Hokkaido University
2) Faculty of Information Science and Technology, Hokkaido University
3) Graduate School of Life Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology
4) Graduate School of Nursing, the JIKEI University
5) Department of Clinical Engineering, Hiroshima International University

プロジェクションマッピングシミュレータ教育におけるモーションキャプチャを用いた看護技術評価

コリー紀代[1)**]，小水内俊介[2)]，金井　理[2)]，近野　敦[2)]，井上　創造[3)]，中村　美鈴[4)]，二宮　伸治[5)]

1) 北海道大学大学院保健科学研究院創成看護学分野
2) 北海道大学大学院情報科学研究院
3) 九州工業大学大学院生命体工学研究科
4) 東京慈恵会医科大学大学院看護学専攻
5) 広島国際大学保健医療学部

Abstract ― This study aims to evaluate nursing skill proficiency criteria using a motion capture system. We have developed a dynamic projection mapping simulator for tracheal suctioning that enables nursing students to practice lung drainage and to observe changes in facial expression, as well as cough, lung, and bronchial sounds as biological reactions depending on suctioning catheter control. The performance time, travel distance of bilateral dorsum manus (BDM), posing frequency of the BDM, posing duration of the BDM, and average travel speed of the BDM were calculated and statistically analyzed using the independent t-test and two-way analysis of variance. The results indicated that performance time, total travel distance of the BDM average travel speed of the BDM, and posing frequency can be adequate proficiency evaluation criteria.

(Accepted on 13 January 2022)

*) Correspondence: Faculty of Health Sciences, Divisions of Nursing, Hokkaido University, Sapporo 060-0812, Japan
E-mail: noriyo@med. hokudai. ac. jp
**) 連絡先：060–0812　札幌市北区北 12 条西 5 丁目　北海道大学大学院保健科学研究院

1. はじめに

2019 年 12 月に始まった COVID–19 パンデミックは，人工呼吸器等の高度医療機器を扱える看護師の不足（日本赤十字社 2021）という，我が国のヘルスケアシステムの脆弱性を露呈した。他方，一般社団法人日本看護系大学協議会が 2020 年 10〜11 月に実施した調査によると，看護系大学の 83.4%が実習変更を予定し，うち 79.8%が日数・時間短縮，36.4%が学内実習への変更と回答しており（日本看護系大学協議会 2020），看護学生の卒業時到達度の低下が危惧されている。国際的には病棟実習の代替として生体反応を示すシミュレータを用いた教育実践の報告も増え（Plotzky et al. 2021；Chen, et al. 2020），近年では，仮想現実（Virtual Reality：VR）を用いた人工呼吸器や COVID–19 患者シナリオのあるシミュレータの開発が著しい。本邦においては，人工呼吸器ケアに関する技術習得のための国産シミュレータはなく，海外製の 1,000 万円を超える高機能マネキン型シミュレータを用いる必要がある（宮川ら 2021）ため，看護学生が主体的に使用可能なシミュレータとはなっていない。

そこで本研究では，人工呼吸器ケアの一部を成す気管内吸引の訓練が可能なシミュレータ（小水内ら 2018）を用い，モーションキャプチャとアンケートを用いた看護技術の客観的評価を目的とした。

2. 研究方法

2.1 対象者

対象は 3 年以上の気管内吸引の経験を有する看護師 12 名, A 大学看護学専攻 3 年の学生 12 名である。包括基準は利き手が右であること，看護学生は臨床経験を有しないこととした。看護師の経験病棟を以下（表 1）に示す。実験前に実験内容の説明を行った上で，書面にて実験参加の承諾を得た。看護師 12 名を N1〜N12，学生 12 名を S1〜S12 とナンバリングし匿名性に配慮した。

表 1. 看護師の経験病棟

番号	経験病棟
N1	ICU，呼吸器内科，腎臓内科，重症心身障害児
N2	外科（重症心身障碍児）
N3	循環器
N4	脳外科，内科
N5	外来全般，内科，精神科
N6	内科，リハビリ病棟
N7	外科，内科，呼吸器内科
N9	ICU，循環器内科，呼吸器内科，神経内科
N10	精神科，小児科，重症心身障害児
N11	小児科，重症心身障害児
N12	脳外科，呼吸器科，外科

2.2 使用したシミュレータ

我々が開発したプロジェクションマッピングシミュレータは，気管内吸引カテーテル（気管内に貯留した喀痰を陰圧で吸引するための管）の操作と人工呼吸器回路の着脱をトリガとし，生体反応をプロジェクションマッピング（咳嗽，痛がる表情，呼吸苦表情の映像投影）と内臓スピーカ（気管支音，肺雑音音声），タブレット上の模擬パルスオキシメータ（脈拍数・酸素飽和度の波形）で呈示する（図 1）。患者モデルの前胸部と左側胸部に貼付した AR マーカを，上部に設置したカメラによって認識することにより患者モデルの体位を識別し，正面あるいは横

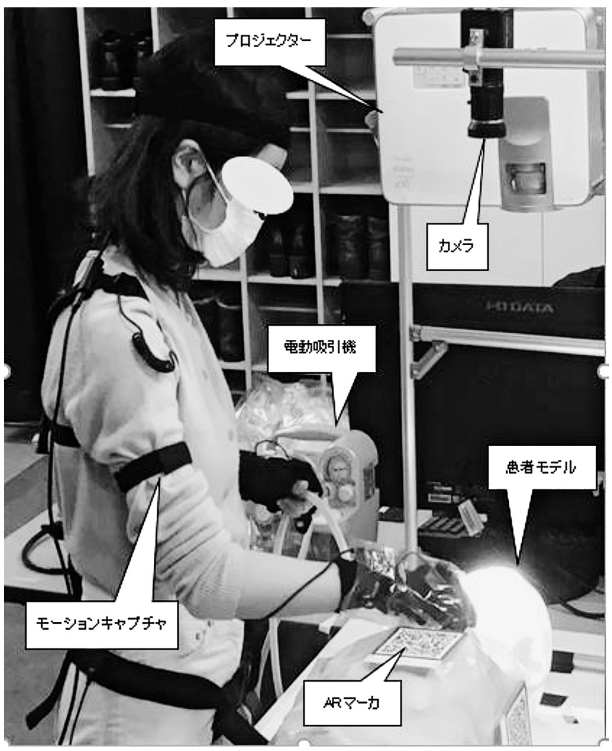


図 1. プロジェクションマッピングシミュレータ

顔の映像がマネキン上に投影される。患者モデルの動きに追従し，継続的に映像を投影するため，プロジェクションマッピングの中でも，ダイナミックプロジェクションマッピングに分類される。

2.3　対象タスク

測定したタスクは，患者モデルが右側臥位の状態での気管内吸引，仰臥位への体位変換，肺音聴取，気管内吸引，肺音聴取である。体位ドレナージ（重力を用いた排痰介助）のため右側臥位になっている患者モデルに対し気管内吸引を実施し，仰臥位への体位変換後，肺音聴取し，必要時，再度気管内吸引を行う，というシナリオを 1 回の施行とし，1 人当たり 2 回ずつ実施してもらった。シナリオ中の 2 回目の気管内吸引が必ず実施されるよう，肺音聴取時には必ず肺雑音を再生するように設定した。

2.4　モーションキャプチャ方法

モーションキャプチャは，身体の動きを三次元で計測するシステムである。近年，看護学分野でも腰痛予防や習熟度評価に用いられるようになった。

本研究では，Perception Neuron（NOITOM. USA）を用い，頭部，背部，腰部，両上腕，両前腕，両手背，両大腿中央，両下腿中央，両足背の計 18 か所のセンサを用いた。患者モデルの顔を見て両上肢を下げた立位を基本姿勢とし，基本姿勢から右肘を屈曲し，右前腕を左から右に扇状に動かし，開始の合図とした。対象タスクを実施してもらい，対象タスク終了時にも同じ動作を行い基本姿勢に戻ることで終了の合図とした。先行研究と同様，サンプリングレートは 60Hz とし，停留の定義は 1cm/秒以下とした。物品の配置は固定し，研究協力者の身長が異なっても高さの調整は行わなかった。

2.5　アンケートによる評価

対象タスクの計測が 2 回終わった時点で，対象者に無記名自記式アンケートへの回答を依頼した。質問項目は「生体反応を示すシミュレータを使った経験の有無」「シミュレータの生体反応に気が付いたか」「患者モデルは臨床現場の実際の患者に近いと思うか」「生体反応を示すシミュレータは技術の習得に役立つと感じたか」「今回のシミュレータを用いた気管内吸引の練習の難易度はどの位か」「今回使用したシミュレータの改善点」の 6 項目である。

2.6　データ解析

測定結果は，Microsoft Excel2016，データ解析ソフト MATLAB（R2014a）を用い，所要時間に対しては対応の無い t 検定を行った。続いて，群（看護師/学生）と手背（右/左）を二要因とした繰り返しのある二元配置分散分析を行った。

3. 結果

3.1　対象者

看護師 8 名，学生 8 名のデータを有効として分析を行った。測定に来られなかった者（N8）のほか，分析に影響があると考えられるカテーテル操作が左だった者（N9），余計な動作が含まれていた者（N6, N12, S1, S2），自己練習を繰り返してきていた学生（S4, S11）のデータは共同研究者 2 名で確認し除外した。対象者の属性を表 2 に示す。

学生群と看護師群の身長に大きな差はなく，利き眼が左眼の対象者が学生群には 0 名，看護師群では 2 名（25%）が該当した。

表 2. 対象者の属性（平均値±SD）

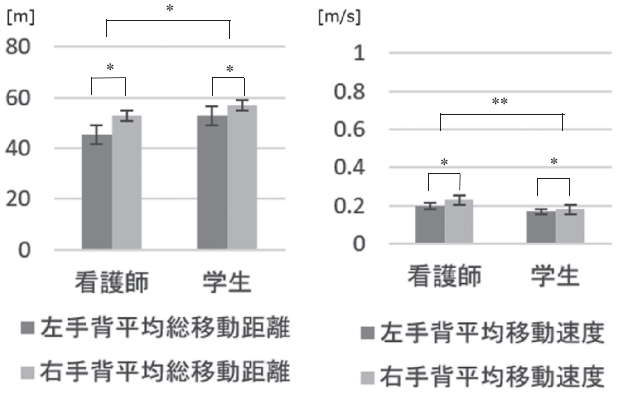
項目	学生群（S）	看護師群（N）
人数（n）	8	8
身長（cm）	161.38±8.34	160.69±8.17
経験年数（年）	0	17.00±6.67
利き眼が左眼の割合（%）	0	25.00

3.2　対象タスク 1 施行当たりの所要時間

看護師群の 1 施行当たりの平均所要時間は 260.60±46.41 秒，学生群の平均所要時間は 353.53 ±48.15 秒であり，看護師群の所要時間は学生群の約 7 割であった。対応の無い t 検定の結果，看護師群の所要時間が有意に短かった（$p<0.01$）。

3.3　両手背の平均総移動距離と平均移動速度

続いて，図2に**両手背平均総移動距離と平均移動速度**の結果を示す。対象タスク1施行当たりの左手背総移動距離は，看護師群45.50±6.59 m（平均値±SD，以下同様），学生群が52.87±4.24 mで看護師群のほうが7 m程度短かった。右手背総移動距離は看護師群52.80±6.95 m，学生群57.03±3.78 mで看護師群のほうが5 m程度短かった。「群（看護師/学生）」と，「手背（右/左）」を二要因とする二元配置分散分析の結果，交互作用は認められず（$F(1,14)=4.20$，$p=0.46$），群要因で$p<0.05$，手背要因で$p<0.05$の主効果が認められた。対象タスク中の平均移動速度の平均は，左手背で看護師群0.20±0.03 m/s，学生群0.17±0.03 m/sで，看護師群が0.03 m/s程度速く，右手背では看護師群0.23±0.03 m/s，学生群0.18±0.03 m/sで看護師群が0.05 m/s程度速かった。二元配置分散分析の結果，交互作用は認められず（$F(1,14)=4.19$，$p>0.1$），群要因で$p<0.01$，手背要因で$p<0.05$と主効果が認められた。



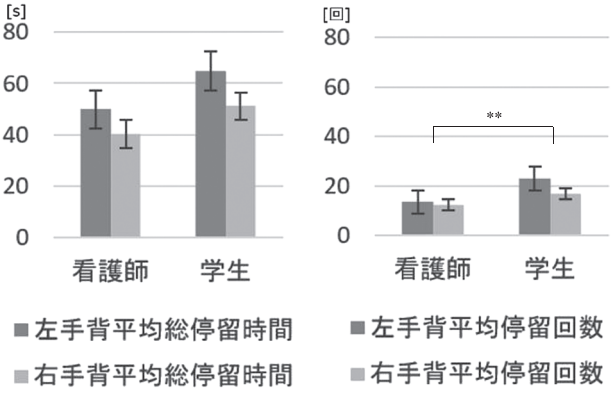
$p<0.01$：＊＊，$p<0.05$：＊

図2．両手背平均総移動距離と平均移動速度

3.4　両手背の平均停留回数と平均停留時間

図3左に，両手背の平均総停留時間の結果を示す。左手背では看護師群49.83±17.57秒，学生群64.94±20.95秒で看護師群が15秒程度短く，右手背では看護師群40.25±16.95秒，学生群51.16±19.02秒と看護師群が11秒程度短かった。二元配置分散分析の結果，交互作用はなく（$F(1,14)=4.20$，$p>0.05$），群要因（$p>0.05$），手背要因（$p>0.05$）共に主効果も認められなかった。

図3右に，両手背の平均停留回数の結果を示す。左手背では看護師群13.50±4.24回，学生群23.00±7.40回であった。右手背では看護師群12.50±4.30回，学生群16.88±4.48回で両手背共に看護師群において停留回数が少なかった。二元配置分散分析の結果，交互作用はなく（$F(1,14)=4.20$，$p>0.05$），群要因で$p<0.01$と主効果が認められたが，手背要因では主効果は認められなかった（$p>0.05$）。



$p<0.01$：＊＊，$p<0.05$：＊

図3．両手背の平均停留回数と平均停留時間

3.5　両手背の移動タイプ

本研究では，図4のように右手背の総移動距離が左より長い右優位タイプ（上図），左右が同程度であった等距離タイプ（下図）があり，右優位タイプが8名（N1，N3，N4，N5，N7，N10，S7，S8），等

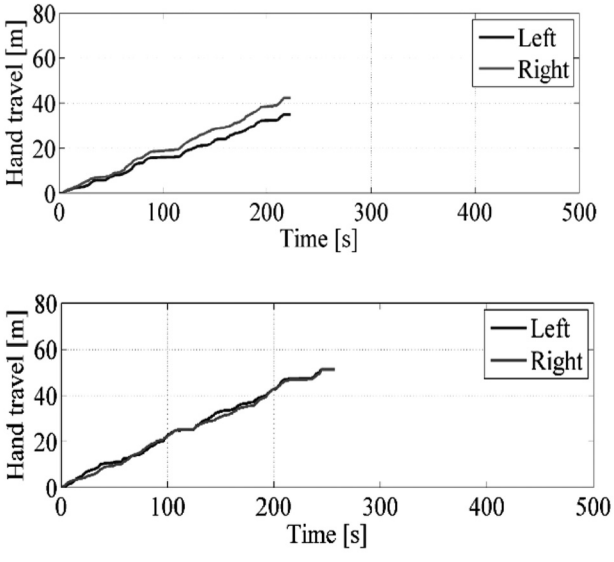


図4．左右手背の移動の類型　N1（上図），N2（下図）

距離タイプが 8 名（N2，N11，S3，S5，S6，S9，S10，S12）であった。左優位タイプは 0 名であった。等距離タイプには看護師が多く，左優位タイプには学生が多い結果となった。

3.6　アンケート結果

図 5 にアンケート結果を示す。記載内容に不備のあった 1 名を除き，看護師 11 名，学生 12 名を有効とした。生体反応を呈示するシミュレータの使用経験がある者は看護師群が 5 名（45%），学生群は 0 名であった。

シミュレータが示す生体反応の少なくとも 1 つに気づいたと回答した者は，学生 1 名を除いた 9 割以上であった。肺音聴取の際，肺雑音に気づいた者の割合が看護師群では 10 名（90.9%），学生群では 7 名（58.3%）であった。脈拍数，SpO_2（酸素飽和度），呼吸器表情については看護師群で気づいた者の割合が高い傾向が認められたが，痛がる表情，咳嗽に関しては学生群の割合が高かった。

「患者モデルは臨床現場の実際の患者に近いと思うか」という質問に対して，「とてもそう思う」「ややそう思う」と回答した人は看護師群が 8 名（72.7%），学生群が 11 名（91.7%）であった。理由として，「表情に変化が出たから」「表情変化によって様子がよくわかった」「生体反応（肺音，呼吸音，呼吸苦，咳嗽）がリアルだから」などが挙げられた。「あまりそう思わない」と回答した人は看護師群が 3 名（27.3%），学生群が 1 名（8.3%）であった。その理由として，「咳嗽がなかった」「各々の患者さん特徴に沿った吸引の仕方があるように思う」「痰の吸引音が聞こえなかった」などが挙げられた。

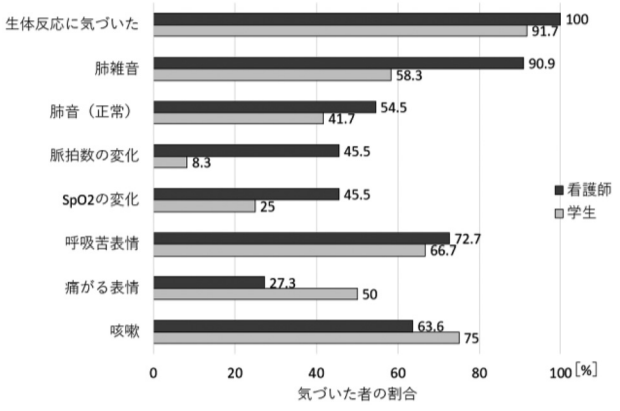


図 5. アンケート結果

「生体反応を示すシミュレータは技術の習得に役立つと感じたか」という質問に，「とても感じた」「やや感じた」と回答した人は看護師群が 9 名(81.8%)，学生群が 11 名(91.7%)であった。その理由として，「表情があるので声かけしやすい」「患者さんの表情や SpO_2 など客観的な観察ができる」「反応がないものより変化がある方がリアルで良い」「どの程度で苦痛を取り除けるのかわかる」「臨床現場で行っているような緊張感があった」などが挙げられた。「あまり感じなかった」と回答した人は看護師群が 2 名（18.2%），学生群が 1 名（8.3%）であり，そのように感じた理由として，「痰のとれた量や性状がわかりにくい」「臨床現場の患者さんと遠く感じた」などが挙げられた。

「今回のシミュレータを用いた気管内吸引の難易度はどの位か」という質問に対して 10 段階で回答を得た。独立 2 群の t 検定を行った結果，看護師群の平均は 4.54±1.78，学生群は 5.41±0.95 であり，有意に看護師群の方が低く（$p<0.05$），看護師群の方が難易度は低いと感じていた。今回使用したシミュレータの改善点に対しては，「映像が顔にさらに合っていると表情が分かりやすい」「苦痛表情，咳嗽，肺音，吸引音などをもっとわかりやすくするとよい」「呼吸による胸の動き」「痰の取れる感覚が分かりにくいので，取れたら音の強弱や重さがつくとよい」「周りの環境を見ることが出来るとよい」などの回答が得られた。

4. 考察

気管内吸引カテーテル操作と人工呼吸器回路の着脱をトリガとし，ダイナミックプロジェクションマッピングによって体位ドレナージを目的とした体位変換にも表情変化等の映像が追従するシミュレータを使用し，モーションキャプチャで習熟度を評価した。その結果，看護師群の所要時間は学生群の約 7 割であった。看護師群と学生群で総移動距離，移動速度，総停留時間，停留回数を測定し，総移動距離と移動速度，停留回数において群間で有意な差が認められ，総移動距離と移動速度で有意な左右差が

認められた。すべての項目において群要因と手背要因の交互作用はなかった。

以下，習熟度，生体反応の気づき，生体反応を呈示するシミュレータの有用性の 3 つに分けて考察する。

4.1　看護師群と学生群の習熟度の差

長内ら（2019）の先行研究と異なり，開発されたシミュレータにおいて気管内吸引の無菌操作に加え，体位変換と肺音聴診が追加された。そのため，長内ら（2019）が 1 タスクあたりの所要時間を看護師群 84.15±18.01 秒，学生群 115.30±13.78 秒と報告しているのに対し，本研究では約 180 秒長いという結果となった。ただし，看護師群と学生群で有意差が認められたため，体位変換と肺音聴取というタスクが追加された条件においても，所要時間は習熟度を反映する指標として有用と考えられた。

看護師群において有意に総移動距離が短く，移動速度が速く，停留回数が少ないという結果から，臨床経験における学習により看護師の身体に適切な動作が内在化され，無駄の少ない効率的な動作をしていると考えられた。有意差は認められなかったが，効率的な操作は，総停留時間の短さとしても現れていた。

手背要因に関しては，総移動距離と移動速度において左右差が認められた。停留時間と停留回数に左右差が認められなかった要因として，本研究の対象タスクが連続タスクであったため，熟練者も初学者も停留時には両手背が同時に停留していたことが考えられた。また，気管内吸引単独タスクでは，「利き手温存の法則」により右手背移動量が少ない方が清潔操作ができていると判断できる。しかしながら，本研究では肺音聴取と体位変換が加わったため，右手背の移動量が増えたものと考えられる。

本研究では左利きの者を対象としていなかったため，今後は，左利きの者を含めた調査により，左利きであっても適切な習熟度評価が可能であるかを確認する必要がある。

4.2　シミュレータの生体反応の気づきの差

アンケートの結果より看護師群の 100%，学生群の約 92%がシミュレータの生体反応に気づいたと回答した。脈拍数，SpO_2（酸素飽和度），呼吸器表情については看護師群で気づいた者の割合が高く，痛がる表情，咳嗽に関しては学生群の割合が高かった。加えて，気管内吸引前後の肺雑音，気管内吸引後の脈拍数，酸素飽和度の変化に気づく者の割合は看護師群で多く，看護師は，肺音聴取による痰貯留の部位・程度や，聴覚による喀痰吸引音から吸引量をアセスメントしていること，気管内吸引後の生体反応として脈拍数・酸素飽和度を確認していたと考えられる。一方で，咳嗽と苦痛表情は学生群が多く気づいていた。本研究で用いたシミュレータは，気管内吸引カテーテル先端が気管モデル内壁に与える圧や，人工鼻を外している時間が長い場合に苦痛表情や顔色変化を呈し，咳嗽音を再生する設計であった。そのため，学生群の方が多くこれらの反応に気づいていたことは，看護師群の方が人工鼻の着脱時間が短く，カテーテル操作が適切だったため生体反応が生じていなかったことが示唆され，看護師群の方が患者の負担が少ない方法で気管内吸引を行っていたことが考えられる。桂川ら（2009）の先行研究では，新卒看護師の技術習得の特徴として，技術の実施に精一杯となり観察やアセスメントが不十分となることが挙げられている。カテーテル操作とアセスメントという複数タスクを総合して評価可能な習熟度評価方法の検討が今後の課題である。

4.3　生体反応を呈示するシミュレータの有用性

アンケート結果から，表情の変化や生体反応の変化のリアルさなどから，より臨床に近いシミュレータとなり，客観的な観察も行えることから，技術の習得に役立つとの評価を受けた。一方で，改善点として，咳嗽音が小さく分かりにくかった点，模擬痰を使用しなかったことによる吸引中の触感のなさが挙げられた。これらの意見を今後のシミュレータ開発に生かしていきたい。

シミュレーション教育は，学習者が主体的に思考し，自らの判断で行動する学習経験である（阿部

2016)。また，失敗が許される環境下で，思考方法や判断，問題解決を体験できるという利点がある（玉井 2015)。より臨床に近い環境で何度も練習ができ，技術習得に加え，能動的に学ぶ姿勢やアセスメント能力を養い，臨床に出た際に，ある程度の自信をもって安全で効果的な技術を提供できるようになると考える。そのような学習環境が提供できるよう，今後も研究開発を続けたい。

5. 結論

本研究では，ダイナミックプロジェクションマッピングによって体位変換にも表情変化等の映像が追従するシミュレータを使用し，モーションキャプチャで看護師群と学生群の習熟度を評価した。その結果，「患者モデルが右側臥位の状態での気管内吸引，仰臥位への体位変換，肺音聴取，気管内吸引，肺音聴取」という連続タスクにおいても，所要時間，総移動距離と移動速度，停留回数において群間に有意な差が認められ，総移動距離と移動速度では有意な左右差が認められた。すべての項目において群要因と手背要因の交互作用はなく，総移動距離と移動速度は，右利きという条件下では適切な習熟度評価が可能な指標と考えられた。今後は，左利きの条件における習熟度評価方法の検証が課題である。

謝辞

本研究にご協力いただきました看護師，学生の皆様に感謝申し上げます。

本研究は，JSPS 科研費（JP19H03877）の助成を受けたものです。

文献リスト

阿部幸恵（2016），「医療におけるシミュレーション教育」，『日本集中治療医学会雑誌』23 (1)，13–20

長内真理乃，コリー紀代，小水内俊介，二宮伸治，金井理，浅賀忠義，中村美鈴，井上創造，村田恵理，萬井太規，近野敦（2019），「気管内吸引技術における動作分析を用いた習熟度評価の検討：前屈姿勢，手背移動，停留，NASA–TLX を指標として」,『日本小児呼吸器学会雑誌』30 (2)，172–180

桂川純子，松田日登美，柿原加代子（2009），「新卒看護師が気管吸引を習得するうえで困難と感じる要因の検討」,『日本赤十字豊田看護大学紀要』4 (1)，7–13

小水内俊介，近野敦，金井理，二宮伸治，浅賀忠義，髙橋望，コリー紀代（2018），「生体反応を呈示する看護シミュレータのためのプロジェクションマッピング/拡張現実による視覚提示」，『日本シミュレーション医療教育学会雑誌』6，99–103.

玉井和子(2015),「看護教育におけるシミュレーション教育の研究」，『佛教大学大学院紀要．教育学研究科篇』43，19–34

日本看護系大学協議会（2020），「COVID–19 に伴う看護学実習への影響調査」，2020 年 12 月，https://www.janpu.or.jp/2020/12/11/17860/（2021 年 9 月 29 日閲覧）

日本赤十字社（2021），「大阪コロナ重症センターで働く日赤看護師：『患者さんを助けたい』その一念で富山から大阪へ」2021 年 7 月，https://www.jrc.or.jp/about/publication/news/20210706_019435.html（2021 年 9 月 29 日閲覧）

宮川操，田村幸子，猪子美由紀，谷川仁美（2021），「付属病院を併設しない看護大学の学生のための高機能シミュレータを使用したシームレス教育の有効性」，『徳島文理大学研究紀要』101，43–49

Chen F, Leng Y, Ge J, Wang D, Li C, Chen B, Sun Z (2020), “Effectiveness of Virtual Reality in Nursing Education: Meta-Analysis”, *Journal of Medical Internet Research,* **22** (9) , e18290.

Plotzky, C., Lindwedel, U., Sorber, M., Loessl. B., König, P., Kunze, C., Kugler, C., Meng, M., (2021), “Virtual reality simulations in nurse education: A systematic mapping review”, *Nurse Education Today,* **101**, 104868