

# フォトグラメトリにより生成した模擬患者の 3DCG モデルを用いた 術後看護演習の学習効果

## Effects of a 3DCG Educational Material Generated Using Photogrammetry Technique of Postoperative Simulated Patients on Nursing Students

松本和史\*, 佐藤琴美\*, 杉田純一\*\*

\*東京医療保健大学東が丘看護学部看護学科, \*\*東京医療保健大学医療保健学部医療情報学科  
Kazufumi Matsumoto\*, Kotomi Sato\*, Junichi Sugita\*\*

\* Higashigaoka Faculty of Nursing, Tokyo Healthcare University, Tokyo, Japan

\*\* Division of Healthcare Informatics Faculty of Healthcare, Tokyo Healthcare University, Tokyo, Japan  
連絡先: kmatsumoto-ky@umin.ac.jp

### 和文要旨

本研究では、フォトグラメトリにより生成した手術後患者の 3DCG 教材を術後看護演習に用いた際の有効性と学習効果を明らかにすることを目的とした。看護学生 13 名を 3DCG 群と 2D イラスト群にランダムに割り付け、各群に術後患者への看護に関するグループワーク演習を実施した。3DCG モデルは、医療器具を装着した人型シミュレータを多方向から撮影した写真からフォトグラメトリで生成した。対象者はウェブブラウザ上でモデルを自由に閲覧・操作でき、演習前後に学習意欲、教材評価、理解度を自記式質問紙で尋ねた。学習意欲 4 因子に有意差はなかったが、教材評価では「わかりやすい」「効率的」「簡便」「楽しめる」の 4 項目で 3DCG 群が有意に高評価だった。両群とも演習後に理解度が有意に向上したが、群間の理解度の差には有意差は認められなかった。以上より、フォトグラメトリにより生成した手術後患者の 3DCG 教材は、学習者の教材に対する肯定的評価を得ており、演習における視覚的支援教材として一定の有効性が示唆された。

### Abstract

This study aimed to clarify the educational effectiveness and learning effects of 3DCG-based material created using photogrammetry, applied in postoperative nursing exercises. Thirteen nursing students were randomly assigned to either a 3DCG group or a 2D illustration group. The 3DCG group used the 3DCG educational material, while the 2D group used textbook illustrations. Each group participated in group exercises related to nursing care for postoperative patients. The 3DCG model was generated via photogrammetry from multi-angle photos of a simulator that replicated the condition of a case study patient with medical equipment. This 3DCG model could be freely viewed and manipulated by participants via a web browser. Participants were asked about their learning motivation, evaluation of the educational material, and understanding of postoperative nursing before and after the exercises using a self-administered questionnaire. No significant differences were found between groups in learning motivation. However, in evaluating the educational material, the 3DCG group rated significantly higher than the 2D group in four out of six items: “easy to understand,” “improves learning efficiency,” “easy to learn,” and “enjoyable to use.” Both groups showed significant improvement in comprehension, but no significant difference was found between them. The 3DCG teaching material related to postoperative nursing received positive evaluations from learners, suggesting its potential usefulness as a visual support tool in nursing exercises.

### Keywords:

フォトグラメトリ, 3DCG, 術後看護, 看護学生, 学習効果  
photogrammetry, 3DCG, postoperative nursing, nursing students, learning effects

## 1. はじめに

手術を受ける患者は麻酔や侵襲の影響により全身状態が急激に変化し、合併症のリスクが高まる。看護師はこうした変化を予測しながら、バイタルサイン、覚醒状態、呼吸・循環、創部、疼痛など複数の観察項目を同時並行で評価し、即時の判断を求められる。看護基礎教育では、こうした周術期看護に必要な観察・援助能力の育成が求められており、学内演習と臨地実習を組み合わせられた教育が行われている。

しかし、学生は臨地実習で実際の患者を前にすると、術前後の変化に混乱し、行動に迷う傾向がある<sup>1)</sup>。また、患者の回復過程の速さに理解が追いつかず、実習記録が後追いになるなどの課題も報告されている<sup>2)</sup>。こうした困難を軽減するため、学内演習では模擬患者やシミュレータを用いたシミュレーションが導入されている<sup>3-5)</sup>が、時間、器材、マンパワー上の課題は大きい<sup>6)</sup>。

周術期看護の理解を促進する教材として、視覚的に患者の状態を把握できる3次元コンピュータグラフィックス (3DCG) モデルの活用が期待される。特に、フォトグラメトリ技術は複数方向から撮影した写真の視差情報を解析・統合することで、実物に近い3Dモデルを生成できる。医学分野では整形外科や脳神経外科などで応用されている<sup>7)</sup>が、看護教育への活用は未検討である。

本研究では、フォトグラメトリにより生成した手術後患者の3DCGモデルを教材として作成し、Webブラウザ上で閲覧可能な形式で提供した。この教材と従来の教科書掲載のイラスト教材を比較し、周術期看護学演習における3DCGモデル教材の有効性および演習の学習効果を明らかにすることを目的とした。教材の有効性は「学習意欲」および「教材の学習支援性」に関する主観的評価によって、演習の学習効果は「術後看護に関する理解度」によってそれぞれ検討した。

## 2. 方法

### (1) 対象者

A 大学看護学部 3 年生のうち同意の得られた者を対象とした。A 大学の周術期看護学に関する科目は、講義科目、学内演習科目、病院での臨地実習科目からなり、研究実施の時点で、対象者は、講義科目、演習科目は履修を終えていたが、臨地実習科目の履修はされていない。

検出力 80%、効果量 0.8、 $\alpha$ エラー 0.05 とした際のサンプルサイズは、片群 26 名であった。脱落を約 10% 程度として、対象数は、各群 30 名、計 60 名とした。

### (2) 3DCG 教材の作成方法

フォトグラメトリを用いて手術後患者の3DCGモデルを生成した。まず、人型シミュレータである SCENARIO ((株) 京都科学) に医療器具や手術創を装着し、事例患者の状態を再現した。患者事例は、胃がん男性患者で、手術後病棟への入室時の状態として、酸素マスク、末梢静脈輸液、心電図モニター、パルスオキシメーター、間欠的空気圧迫法を装着し、腹部正中創 (ガーゼで保護された状態) があり、腹腔内ドレーンが 2 本挿入されているものとした。Panasonic 社の LUMIX DC-G100K 標準ズームレンズキット (ミラーレス一眼カメラ) を使用し、この人型シミュレータの写真を約 100 枚程度撮影した (図 1)。撮影した写真群から、ReCap Photo (Autodesk Inc.) を用いてフォトグラメトリを行い 3DCG モデルを生成した。ReCap Photo は、クラウド上で処理を行うため PC スペックは必要としない利点がある。本研究のフォトグラメトリ解析は、CPU: Intel Core i5-1235U (1.3 GHz)、メモリ: 8 GB、GPU: Intel Iris Xe Graphics を搭載した PC (OS: Windows 11 Pro) 上で実施した。生成後の 3D モデルは、ReCap Photo のモデルの修正機能を使用して修正した。具体的には、不要な領域のカット、穴の開いたメッシュの修正である。修正作業は、5 分~10 分程度で行うことができる。生成した 3DCG モデル (図 2) は、AUTODESK Viewer (Autodesk Inc.) にアップデートし、Web ブラウザで閲覧できるようにした (図 3)。

### (3) 教育方法

教育（演習）および評価は、学生の授業などが無い2022年9月に実施した。研究への参加に同意した対象者を3DCG群と2Dイラスト群にランダム割り付けを行った。割り付けにはExcelの乱数関数を用いた。

3DCG群、2Dイラスト群で、それぞれ手術後の観察に関する演習を行った。演習の学習目標は「患者の状況、観察の方法、必要な援助を理解できる」とした。演習では、看護教員である研究者が、事例情報を紙面で配布し、ブリーフィングをした。学生は2-3名のグループで意見を出し合いながら、観察項目や手順、留意点をワークシートに整理した。その後、全体でデブリーフィングを行った。その際に、3DCG群は前述の3DCG教材を用いた。手術後患者の3DCGモデルは、学生が自分のPCのWebブラウザで自由に閲覧・操作できるようにした。2Dイラスト群では、周術期看護に関する市販の教科書掲載のイラストを教材として用いて、3DCG群と同様の演習を行った。

両群のモデルやイラストにはアノテーションは付与せず、学生に配布した事例情報に患者の術後状況を文章で記述した。演習では、学生が紙面の情報をもとにモデルやイラストを観察し、状況を読み取って必要な援助を考える構成とした。

### (4) 評価方法

教材の有効性は、学習意欲および教材の学習支援性に関する主観的評価によって検討した。演習の学習効果は術後看護に関する理解度を指標とした。いずれも無記名自記式質問紙を用いて評価を行い、教材の有効性は演習終了後に、学習効果は演習開始前および終了後に評価した。

#### a. 教材の学習意欲への影響

3DCG群および2Dイラスト群の教材の学習意欲への影響は、ARCS動機づけモデル<sup>8)</sup>に基づいた教育・教材評価ツールであるARCS評価シート<sup>9)10)</sup>を用いた。ARCS動機づけモデルでは、学習意欲は、注意（Attention）、関連性（Relevance）、自信（Confidence）、満足（Satisfaction）の4つによって

高まるとされる。「注意」は、学習者の関心を獲得し、学ぶ好奇心を刺激することである。「関連性」は、学習者の肯定的な態度に作用する個人的ニーズやゴールを満たすことである。「自信」は、成功は自分たちの工夫次第であることを確信・実感するための助けをすることである。4つ目の「満足感」は、内的小および外的報酬によって達成を強化することである。ARCS評価シートは16項目4因子、9件法からなり、演習後に尋ねた。

#### b. 教材の学習支援性に関する評価

青柳ら<sup>11)</sup>の報告を参考に、3DCGモデルと2Dイラスト教材の学習支援性に関する評価を「わかりやすい」、「学習に役立つ」、「学習の効率が上がる」、「簡単に学習できる」、「楽しみながら利用できる」、「同じ方法で他の学習もしてみたい」の6項目について、それぞれ5件法で演習後に尋ねた。

#### c. 術後看護に関する理解度

演習の学習効果として、術後看護に関する理解度を評価した。評価項目は、演習目標に基づく以下の3点：「手術後の患者の身体的状況の理解」「観察が必要な項目とその根拠の理解」「必要な看護援助の理解」である。各項目について、「5. 理解できる」から「1. 理解できない」の5件法を用い、演習前後に評価を行った。

#### d. 3DCGモデルに関する意見

3DCG群に対しては、演習後に3DCG教材に関する意見を自由記載で尋ねた。

### (4) 分析方法

各評価項目について基本統計量を算出した。演習後のARCS評価シートおよび教材に関する評価に関しては、3DCG群と2Dイラスト群の間でt検定を用いて比較した。術後看護に関する理解度に関しては、教育前後および2群間でt検定により比較した。統計学的処理は、R version 4.3.2 (R Development Core Team)を用いた。有意水準は5%とした。

### (5) 倫理的配慮

本研究は、人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針（厚生労働省）に基づき、筆者が

所属する倫理委員会の承認を受けて実施した(承認番号:教東立 022-01). 研究への協力は自由意思に基づき, 参加しなくても不利益がないこと, 途中でやめることができることを口頭及び文書で説明し, 文書で同意を得た. 研究終了後にも対象者が自己学習に活用できるように, 3DCG 群, 2D イラスト群どちらの対象者にも, 3DCG 教材にアクセスできるようにした. 本研究は, UMIN-CTR に登録した(登録番号: 000048850)

### 3. 結果

#### (1) 対象者の概要

13 名が参加し, 3DCG 群 7 名, 2D イラスト群 6 名に割り付けた. 対象者は全員女性であった.

#### (2) 学習意欲および教材の支援性

ARCS 評価シートによる演習と教材の学習意欲への影響に関しては, 注意, 関連性, 自信, 満足のいずれにおいても 3DCG 群の平均得点は 2D 群よりも高かったが, 統計的に有意な差は見られなかった(表 1). 教材の学習支援性に関する評価に関しては, 「わかりやすい」( $p = 0.005$ ), 「学習の効率が上がる」( $p = 0.009$ ), 「簡便に学習できる」( $p = 0.048$ ), 「楽しみながら利用できる」( $p = 0.025$ ) の 4 項目で, 3DCG 群が 2D イラスト群に比べ, 統計的に有意に評価が高かった.

#### (3) 術後看護に関する理解度

術後看護に関する理解度に関しては, 3 項目とも演習前および演習後いずれも 2 群間で統計的に有意な差は見られなかった. 3 項目とも両群とも演習前よりも演習後に, 統計的に有意に理解度が高かった(いずれも 3DCG 群  $p < 0.001$ , 2D 群  $p < 0.001$ ).

#### (4) 3DCG モデルに関する意見

3DCG 教材の良かった点として, 「自分で動かすことができるので分かりやすい」, 「周りの機器やその配置がリアルで考えやすかった」などの意見があった. また, 良くなかった点として, 「慣れるまで操作が難しい」, 「画像の質が良くない」などの意見があった. 他にあったほうが良い 3DCG 教

材には, 慢性疾患の患者の事例, 脳外科や整形外科の患者事例, 清拭や移乗等の援助方法, 解剖生理などが挙げられた.

### 4. 考察

本研究では, 臨地実習前の看護学生を対象に, 術後看護演習におけるフォトグラメトリで作成した 3DCG 教材の有効性と学習効果を, 従来の 2D イラスト教材と比較して検証した. 教材の有効性の評価では, 「わかりやすい」「学習に役立つ」「簡便に学習できる」「楽しみながら利用できる」の 4 項目において, 3DCG 教材が統計的に有意に高く評価された. 一方で, 学習意欲に関しては, 両群に有意な差は見られなかった. 学習効果の評価では, 両群ともに演習前後の周術期看護に関する理解度の得点に有意な向上が見られたが, 2 群間の差は有意ではなく, 学習効果の観点では 3DCG による演習の優位性は示されなかった.

本研究で実施した演習は, 術直後の患者の状態を把握する場面に焦点を当てたものであり, バイタルサイン, 覚醒状態, 呼吸・循環, 創部, 疼痛などの複数の観察項目を同時並行で評価し, 必要な看護援助を行う力を養うことを目的としている. 看護師は術後の患者に対して, 急激な全身状態の変化を予測しながら即時の判断と援助を行う必要があるが, 臨地実習で学生が実施するには複雑で難しいプロセスである<sup>12)12)</sup>. そのため学内演習で, 模擬患者やシミュレータを用いたシミュレーションが行われ, その学習効果は, さまざまな研究により示されている<sup>13-14)</sup>. 一方で学内演習では, 少数の教員が多数の学生に対し, 限られた時間や環境で実施しなければならないことから, 実施上の制約も少なくない<sup>9)</sup>.

本教材は, 術後の患者に装着される医療機器を含む人型シミュレータをモデル化し, Web ブラウザ上で自由に拡大・回転できる形式で提供した. 酸素マスク, ドレーン, 点滴ライン, モニター類などの配置や患者の体位といった要素を立体的に把握でき, 2D イラストでは困難だった視覚的理解が促進されたと考えられる. 実際, 教材の学習支援性のうち「わかりやすさ」「学習に役立つ」といった評価項目で

3DCG 教材が高得点を得たことは、こうした視覚的補助の有用性を裏付けるものである。

なお、本教材では実患者ではなく人型シミュレータを撮影対象とした。これは、撮影が容易であることに加え、プライバシーや倫理的配慮の観点からも教育現場での活用に適している。今回の演習は、患者とのコミュニケーションや心理的配慮を学ぶ目的ではないため、患者本人の再現性を求める必要はなかった。シミュレータを用いることで、教育目的に応じた安全かつ柔軟な教材開発が可能となり、学生が臨床場面をイメージしやすい環境を提供できたと考えられる。

また、教材の「簡便さ」や「楽しさ」に関する評価も高く、操作性や自律的な学習環境の提供が学生に好意的に受け止められたと推察される。Web 教材の活用による学習効果は既に報告されており<sup>15)</sup>、本研究はその応用可能性を 3DCG 教材に拡張するものである。

一方、ARCS 動機づけモデルによる学習意欲の評価では、2 群間に有意差は認められなかった。また、学習効果の評価でも、両群ともに演習前後の理解度得点に有意な向上が見られたが、2 群間の差は有意ではなかった。これらの結果は、サンプルサイズ不足による影響が考えられるが、教材の形式そのものよりも、演習の設計や指導方法、学生の事前知識など、教材以外の要因が学習成果に影響した可能性もある。

また、本教材は、術直後一時点の観察場面に焦点を当てたモデルであるが、今後は早期離床や回復過程など、経時的な観察を支援する教材への展開も可能である。複数モデルの連続提示や VR 化による動的表現を導入することで、より実践的な学習支援が期待される。

この教材による演習は、模擬患者やシミュレータを用いた実技型のシミュレーション演習にとって代わるものではないが、従来のイラストや写真教材にくらべ視覚的な理解を促進し、認知的な判断力を養う手段となりうる。一方で、本教材は身体接触や手順の習得、患者とのコミュニケーションを含む技能

訓練には適しておらず、実技型演習が担う体験的・情動的な学習までは代替できない。したがって、教育目的に応じて本教材を位置づける必要があり、観察・判断を中心とした認知的演習において有効な支援教材となる可能性がある。

教育的観点からのメリットとして、フォトグラメトリーは、写真撮影のみでモデル化が可能であり、現場のシミュレータや教育用人形を素材として活用できる。さらに、3DCG ソフトウェアによる複雑なモデリング作業が不要であるため、専門知識のない看護師でも、再現したい物体の写真を撮影することで 3D モデル化が可能である。これにより、教育現場での教材作成のハードルが下がり、現場のニーズに応じたオーダーメイド教材の開発が容易になる。

一方で、フォトグラメトリーには技術的な制約も存在する。反射や透過性のある素材（例：ガラス、水面、金属）や、模様のない白壁などでは特徴点の検出が困難であり、モデルに欠損が生じやすいという課題がある。この点はフォトグラメトリーで使用する写真の撮影方法を改善すれば、モデルの精度も向上する可能性がある。撮影角度や光源、背景の工夫により特徴点の抽出精度が高まることが期待される。これらのデメリットに対しては、近年注目されている 3D Gaussian Splatting (3DGS) 技術<sup>16)</sup>を用いることで、より安定したモデル生成が可能になると考えられる。今後は、3DGS の活用も視野に入れながら、教材の精度向上を図る必要がある。

他の 3D 教材作成技術としては、3D モデリングソフトや 3D スキャナーの活用がある。これらは高精度な形状再現が可能である一方、専門的な操作や高価な機材を要する場合が多く、教育現場での即時的な活用には制約がある。フォトグラメトリーは、低コストかつ現場での撮影のみでモデル化できる点で、看護教育における実用性が高い。

また、より没入感のある教材として VR 技術の導入も今後の展望として挙げられる。VR は視点移動やインタラクションが可能であり、臨床場面に近い体験を提供できるが、機材や環境整備の面で導入コストが高く、Web ベースで簡便に操作できる本教材

とは運用性に差がある。今後は、教材の目的や学習場面に応じて、フォトグラメトリと他技術の適切な組み合わせを検討することが望まれる。

本研究にはいくつかの限界がある。第一に、サンプルサイズが小さく、統計的検出力に限界があるため、結果の一般化には慎重を要する。対象者の募集や研究実施が学生の夏季休暇中であったこともあり、計画どおりに対象者の確保ができなかった。第二に、3DCGモデルに関する意見の中でも指摘されたように、画像の質が悪く、患者の状態の細部を識別できないことがあった。第三に、教材と演習の影響を分離できず、学習意欲や理解度の評価に混在が生じた可能性がある。さらに、動機づけや理解度の評価項目が、教材の視覚的特性や操作性を十分に反映する設計ではなかったことも、教材の効果を正確に測定する上での制約となった。これらの点を踏まえ、今後はより大規模かつ精緻な設計による検証が求められる。

## 5. おわりに

本研究では、フォトグラメトリ技術を用いて作成した術後患者の3DCGモデル教材を、臨地実習前の看護学生を対象とした周術期看護演習に導入し、その有効性と学習効果を検証した。教材に関する評価では、視覚的理解の促進や操作性の高さが肯定的に受け止められ、術後看護の複雑な状況をイメージする支援教材としての有用性が示唆された。従来の教科書掲載のイラストを用いた演習との優位性は示されなかったものの、理解度の向上も確認され、演習前後での学習効果が認められた。

また、フォトグラメトリを用いた3DCG教材は、複雑な医療機器や人体構造など、イラストでは把握しにくい対象の学習に適しており、Webベースで操作可能な形式は演習だけでなく座学や自己学習にも活用できる。専用ソフトウェアを用いたオーダーメイド教材の作成も可能であり、看護教育の多様な場面への応用が期待される。

利益相反

本論文に関して開示すべき利益相反はない。

## 文献

- 1) 高比良祥子, 吉田恵理子, 片穂野邦子, 他: 看護学生が抱く手術直後患者の観察における困難感と対処. 日本看護研究学会雑誌. 39(4): pp.115-24, 2016.
- 2) 小池邦美, 中島明美, 山崎美春, 他: 都立看護学の授業研究 4 術後の経過に焦点をあてたリアリティのある学内演習の工夫 教員による模擬患者と腹部模擬創部の装着. 看護教育. 48(1): pp.70-4, 2007.
- 3) 小澤尚子, 及川けい子: わが国の看護基礎教育課程における周手術期看護教育に関する研究の動向 2010年~2019年に発表された国内研究に焦点をあてて. 常磐看護学研究雑誌. 3: pp.45-57, 2021.
- 4) Parvis K, Badowski D, Martin D: A Simulated Perioperative Clinical Day for Prelicensure Nursing Students. J Nurs Educ. 60(7): pp.386-90, 2021.
- 5) 平川善大, 八尋陽子, 深野久美, 他: 周術期看護におけるシミュレーション学習に対する学生の評価. 日本シミュレーション医療教育学会雑誌. 6: pp.36-40, 2018.
- 6) 松井晴香, 足立みゆき: 看護基礎教育におけるシミュレーション教育の現状と課題に関する文献検討(研究報告). 滋賀医科大学看護学ジャーナル. 13(1): pp.31-4, 2015.
- 7) Ey-Chmielewska H, Chruściel-Nogalska M, Frączak B: Photogrammetry and Its Potential Application in Medical Science on the Basis of Selected Literature. Adv Clin Exp Med. 24(4): pp.737-41, 2015.
- 8) Keller JM, 鈴木克明: 学習意欲をデザインする: ARCSモデルによるインストラクショナルデザイン. 北大路書房, 東京, pp277-303, 2010.
- 9) 向後千春, 鈴木克明: ARCS動機づけモデルに基づく授業・教材用評価シートの試作. 日本教育工学会第14回全国大会. 1998.

- 10) 向後千春, 鈴木克明, 清水克彦, 他: ARCS評価シートの構造方程式モデルによる検討. 北陸三県教育工学研究会発表論文集. 1998.
- 11) 青柳寿弥, 竹内登美子: 「認知症高齢者とのコミュニケーション法」のe-Learning教材の開発. 日本看護研究学会雑誌. 40(2): pp.151-61, 2017.
- 12) Durmaz EA, Vural F, Turhan DH, et al.: The Effect of Web-Based Preoperative and Postoperative Patient Care Education on Nursing Students: A Randomized Controlled Study. *Comput Inform Nurs*. 37(10): pp.541-7, 2019.
- 13) Cant RP, Cooper SJ: Simulation-based learning in nurse education: systematic review. *J Adv Nurs*. 66(1): pp.3-15, 2010.
- 14) Görücü S, Türk G, Karaçam Z: The effect of simulation-based learning on nursing students' clinical decision-making skills: Systematic review and meta-analysis. *Nurse Educ Today*. 140: pp.106270, 2024.
- 15) Alsharari AF, Salihu D, Alshammari FF: Effectiveness of virtual clinical learning in nursing education: a systematic review. *BMC Nursing*. 24:432, 2025.
- 16) Kerbl B, Kopanas G, Leimkuhler T, et al: 3D Gaussian Splatting for Real-Time Radiance Field Rendering. *ACM Transactions on Graphics*42(4): , pp. 1-14, 2023.