

【報告】

保健学系学生向け 3D モデリング技術教育プログラムの検討 —臨床検査専攻学生における教育効果評価と学習意欲の調査—

野坂大喜*¹ 藤岡美幸*¹ 中野学*¹ 葛西宏介*¹ 山形和史*¹

(2020年9月29日受付, 2021年1月18日受理)

要旨: 医療における 3D プリンタの利用は医療資材製造から再生医療へと拡大しており, 3D 製造も医療系企業から病院内へと移行しつつあることから, 保健学系学生を対象とする 3D データ設計教育が今後必要となると考えられる。そこで本研究では保健学系学生向け 3D モデリング技術基礎教育プログラムを開発し, その実践と評価を行った。臨床検査専攻学生 42 名を対象とした受講前後でのアンケート調査の結果, 3D モデリング技術に対する興味を示す学生割合は, 40.5%から 87.9%へと有意に上昇した。また臨床検査技師教育において 3D モデリング技術の習得が必要と回答した割合は 81.8%であった。教育プログラムの検証においては, 技術的要件基準を満たした割合は 95.2%であった一方, プロセス要件基準を満たした割合は 54.2%にとどまり, ユーザー視点から課題を捉え技術的課題解決を図る教育プログラムへの改良が必要であると考えられた。3D モデリング技術は医療専門分野を問わず広く適用される可能性が高いことから, 各専門領域に応じた医用 3D モデリング技術の体系的な教育プログラムの確立が求められる。

キーワード: 3D モデリング, 3D プリンタ, 医用工学

I. はじめに

近年, 3D モデリングデータを容易に造形可能な 3D プリンティング技術が確立され, 業務用から家庭用まで多くのハードウェア製品が市販されたことにより, 3D プリント品はプロトタイプ開発にとどまらず実製品製造まで多くの産業分野で活用されている^{1,2)}。また 3D プリンティング用素材についても, Poly-Lactic Acid 樹脂や Acrylonitrile Butadiene Styrene 樹脂を原料とする硬質 3D プリンティング素材から, Thermo Plastic Urethane を原料とする軟質 3D プリンティング素材や金属素材に至るまで造形素材が多様化したことでその産業応用範囲も拡大している³⁾。医療分野における 3D モデリングや 3D プリンティング技術の利用も年々拡大しており, 従来 Computer Tomography や Magnetic Resonance Imaging などのモダリティで撮影した 3 次元画像データの閲覧は 2 次元モニター上で擬似的に 3 次元表示を行うに過ぎなかったが, 軟質素材を用いた 3D プリンティング造形技術の確立によって, 個々の患者データに基づいた立体オブジェクトを得ることが可能となり, 術前シミュレーションモデルやトレーニング用モデルとして既に臨床応用化がなされている⁴⁾。近年では, Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) を原因ウイルスとする Coronavirus disease 2019 (COVID-19) が 2020 年 1 月に中国・武漢においてアウトブレイクし, 世界中に本疾患が拡散したことによって, 個人感染防御資材 (PPE) や人工呼吸器用接続部品が世界中で逼迫したが, 日々増加する需

要に対する供給量不足分を 3D プリント品で賄った事例が数多く報告されている⁵⁾。米国 National Institutes of Health (NIH) は N95 マスクやフェイスシールドの 3D モデルデータを公式ウェブサイトで公開しているほか, 米国 Food and Drug Administration (FDA) は公開データの一部モデルについて COVID-19 対策用 3D プリントマスクとしても認証しており, 我が国においても工業系大学や企業から種々の 3D モデルデータが提供されたことで 3D プリンティング技術や 3D プリント品の有用性は高く評価されている^{5,6)}。3D プリンティングによる製品開発は, 使用者自らが多様な形状をモデリングし, 低コスト・短時間・小ロットで製造可能な点において他の製造技術に比較優位であり, 今後多くの産業分野において「ものづくり」技術のデジタル化やテラメイド化が加速化することから関連人材の育成が急務となっている。2014 年 2 月にまとめられた経済産業省「新ものづくり研究会」報告書によると, 大学などの高等教育機関において, 各専門分野と融合させたハイブリッド人材育成の重要性が述べられている⁷⁾。工学分野では既に 3D モデリング技術者育成のための教育プログラムが開始されているものの, 医療用資材等のデザインを医療者自らが 3D モデリングするための医用工学技術教育は我が国の医学教育においては開始されておらず, 体系的な医療者向け 3D モデリング技術教育プログラムも確立していない。医療における 3D プリンタの利用は医療資材製造から再生医療へと拡大しており, 3D 製造も医療系企業から病院内へと移行しつつあることから, 保健学系学生を対象とする 3D データ設計教育が今後必要となると考えられる。そこで本研究では, 保健学系学生向けの 3D モデリング技術教育のため, プロトタイプング手法を用いた基礎教育プログラムを開発し, 臨床検査学生を対象とした医用工学教育において実践

*1 弘前大学大学院保健学研究科
Hirosaki University Graduate School of Health sciences
〒036-8564 青森県弘前市本町 66-1 TEL:0172-39-5918
66-1, Honcho, Hirosaki-shi, Aomori, 036-8564, Japan
Correspondence Author hnozaka@hirosaki-u.ac.jp

と検証を行ったので報告する。

II. 医療系学生向け 3D モデリング基礎教育プログラムの開発

1. 医療系学生向け 3D モデリング基礎教育プログラム構成

本研究では基礎レベルの医療用 3D モデリング技術習得を目的として、モデリングからプリンティングまでのプロセスを学習する講義・実習・課題学習の 3 部から構成される 3D モデリング技術基礎教育プログラムを開発した。表 1 に本教育プログラムの構成内容を示す。

2. 医療系学生向け 3D モデリング基礎教育カリキュラム

(1) 講義

講義は 3 回 (40 分/回)、合計 2 時間で構成される。図 1A に講義内容の一部を示す。第 1 回目は 3D モデリング技術の概要および 3D スキャナの原理と特徴を学習する。第 2 回目は 3D プリンティングにおいて使用される各種出力用ハードウェアの原理と特徴を学習する。また 3D プリンティングにおいて使用される代表的な原材料とその特性 (耐熱性、強度、温度特性など)、特性に応じた素材の選択、取扱い方法についての学習を行う。第 3 回目は 3D モデリング技術とプリンティング技術の医療分野への応用として、医療向け 3D プリント素材のオートクレーブ滅菌や消毒薬耐性の有無など特性を学習するとともに、培養細胞や接着材料などの生体由来素材の利用について学習する。また実例として、全身 3D スキャンニングによる健康管理技術、患者データからのシミュレーション用立体モデルの作製技術、バイオプリンティング技術を学習する。

(2) 実習

実習は 4 回 (90 分/回)、合計 6.0 時間で構成される。図 1B に実習の様子を示す。受講者は第 1 回目において 3D モデリングソフトウェアの基本的な操作として、簡単な形状の 3D モデルを作成し、モデリング加工・修正技術を学習する。第 2 回目は 2 次元データである写真やイラスト画像

を基にマウスまたはスタイラスペンでスケッチを行い、下絵からの 3D モデリングと加工・修正技術を学習する。第 3 回目は簡単な形状の医療用資材について、学生自身がオリジナル 3D モデルを作成する。第 4 回目は 3D プリンタからの出力方法として素材選択、造形方法の選択、出力条件設定 (スライス厚さ、速度など) について学習する。第 1 回から 2 回目までの実習は、指導者が練習課題と模範操作を提示した後、受講者全員が同一操作を行うことで基本操作を学習し、類似練習課題をトレーニングすることで操作方法を習熟させた。

(3) 課題学習

受講者には各実習終了後に実習内容に沿った追加トレーニング課題が提示される。受講者は課題学習成果として 3D モデリングデータをレポートとして提出する。指導者はモデリングデータとレポートを基に 3D モデリング技術の操作技術習熟度や設計プロセスの確認を行い、技術的仕様基準や使用基準または運用基準に達していないと判断された受講者に対しては復習課題を提示する。

III. 医療系学生向け 3D モデリング基礎教育プログラムの実践と評価

1. 対象

H 大学医学部保健学科検査技術科学専攻に在籍し、医用情報機器工学実習を受講する学生 42 名を対象とした。

2. 教育方法

本研究において開発した 3D モデリング基礎教育教材を使用し、表 1 に示す教育カリキュラムに沿って講義、実習、課題学習を行った。3D モデリングソフトウェアは Fusion 360 (Autodesk 社) を 3D プリンタは Dreamer (Flashforge 社) を使用した。調査期間は 2020 年 6 月から 7 月までの 2 ヶ月間である。

表 1 3D モデリング基礎教育プログラムの構成

回	区分	内 容
1	講義	3Dモデリング技術の概要(3Dスキャナの原理など)
2	講義	3Dプリンティング技術の概要(プリント原理と素材など)
3	講義	3Dモデリングとプリンティング技術の医療応用 (患者臓器モデル製造やバイオプリンティングなど)
4	実習	3Dモデリングソフトウェアの基本操作の修得 課題学習とレポート作成1
5	実習	スケッチ画像からの3Dモデリング方法の修得 課題学習とレポート作成2
6	実習	医療用資材の3Dモデリング実践 課題学習とレポート作成3(最終課題)
7	実習	3Dスキャナと3Dプリンタの操作トレーニング

A 3Dスキャナーによる計測原理

非接触式3Dスキャナー

- 光線を対象物に当てて反射する時間差や照射角度を解析して3次元形状を取得
- 圧倒的に高速

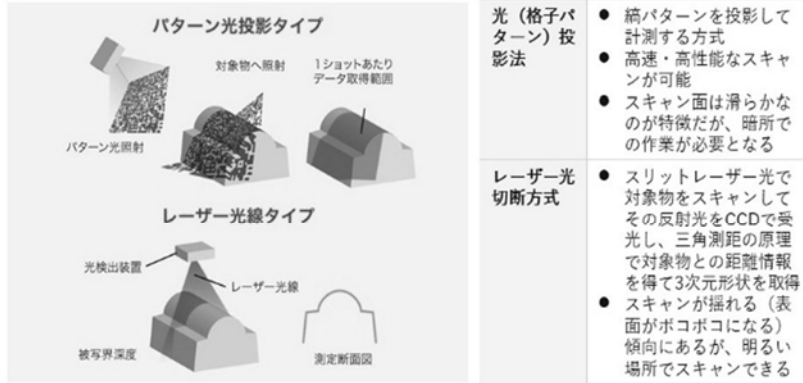


図1 3Dモデリング基礎教育プログラム講義内容と学生実習の様子

1A：3Dモデリング基礎教育講義スライドの一例 1B：3Dモデリング実習（上）とプリンティング操作実習（下）

A

- Q1. 3Dモデリングの経験と興味についてお答えください
- 過去に3Dモデリングの経験がある（学校の授業 自分自身の興味から 両方）
- 使用経験はないが今後3Dモデリングソフトウェアの勉強をしてみたい
- 使用経験はなく興味もない
- Q2. 3Dプリンタの使用経験と興味についてお答えください
- 過去に3Dプリンタの使用経験がある（学校の授業 自分自身の興味から 両方）
- 使用経験はないが今後3Dプリンタで造形してみたい
- 使用経験はなく興味もない
- Q3. 3Dプリンタがどのようにして立体的な造形を行うのか、原理を知っていますか？
- 知っている 知らない
- Q4. 3Dモデリングや3Dプリンタの利用について、あなたが知っている実例がある分野を選択してください（複数回答可）
- 一般工業製品 衣料・アパレル 航空・宇宙 農業
- 建設 食品 医療・保健 その他（ ）
- Q5. 【Q4で医療・保健を選択した方のみ】医療分野で3Dプリンタの利用例について、あなたが知っている実例があれば選択してください（複数回答可）
- 医療用消耗品材（マスク、ゴーグル、コネクタ部品など）の製作
- 医学教育での講義・実習用モデル教材の製作
- モダリティ（CT・MRI・超音波）で撮影した患者臓器のリアルシミュレーションモデルの製作
- カスタムメイド医療器具（人工関節など）の製作
- バイオプリンティングによる人工臓器の製作

B

- Q1. 3Dモデリング実習への興味についてお答えください。
- 4:非常に興味がわいた 3:少し興味がわいた 2:あまり興味はわかかなかった 1:まったく興味はわかかなかった
- Q2. 3Dモデリング実習の難易度について
- 5:非常に難しかった 4:やや難しかった 3:ちょうど良い(普通) 2:やや簡単であった 1:非常に簡単であった
- Q3. 臨床検査技師に3Dモデリング・3Dプリンティングに関する講義や実習は必要と思いますか
- とても必要だと思う 必要だと思う
- あまり必要はないと思う まったく必要ないと思う アンケートは終了です
- 【以下はQ3で『とても必要だと思う』『必要だと思う』を選択した方のみ回答ください】
- Q4. 医用工学での3Dモデリング実習の内容はどのレベルが必要だと思いますか？
- LV1:初級レベル(簡単な形状の医療用資材の設計・造形(本実習レベル))
- LV2:中級レベル(モデル臓器やオリジナル部品など形状が複雑な医療用資材の設計・造形)
- LV3:上級レベル(医療用画像からの3Dモデリングやバイオマテリアルの設計・造形)
- Q5. 医療分野での3Dプリンティングについて、将来興味がある又は試してみたいものはありますか(複数回答可)
- 医療用消耗品材(マスク、ゴーグル、コネクタ部品など)の製作(LV1)
- 医学教育での講義・実習用モデル教材の製作(LV2)
- モダリティ(CT・MRI・超音波)で撮影した患者臓器のリアルシミュレーションモデルの製作(LV3)
- カスタムメイド医療器具(人工関節など)の製作(LV3)
- バイオプリンティングによる人工臓器の製作(LV3)
- 特になし

図2 3Dモデリング基礎教育プログラム受講前後でのアンケート調査項目

2A：受講前アンケート調査項目 2B：受講後アンケート調査項目

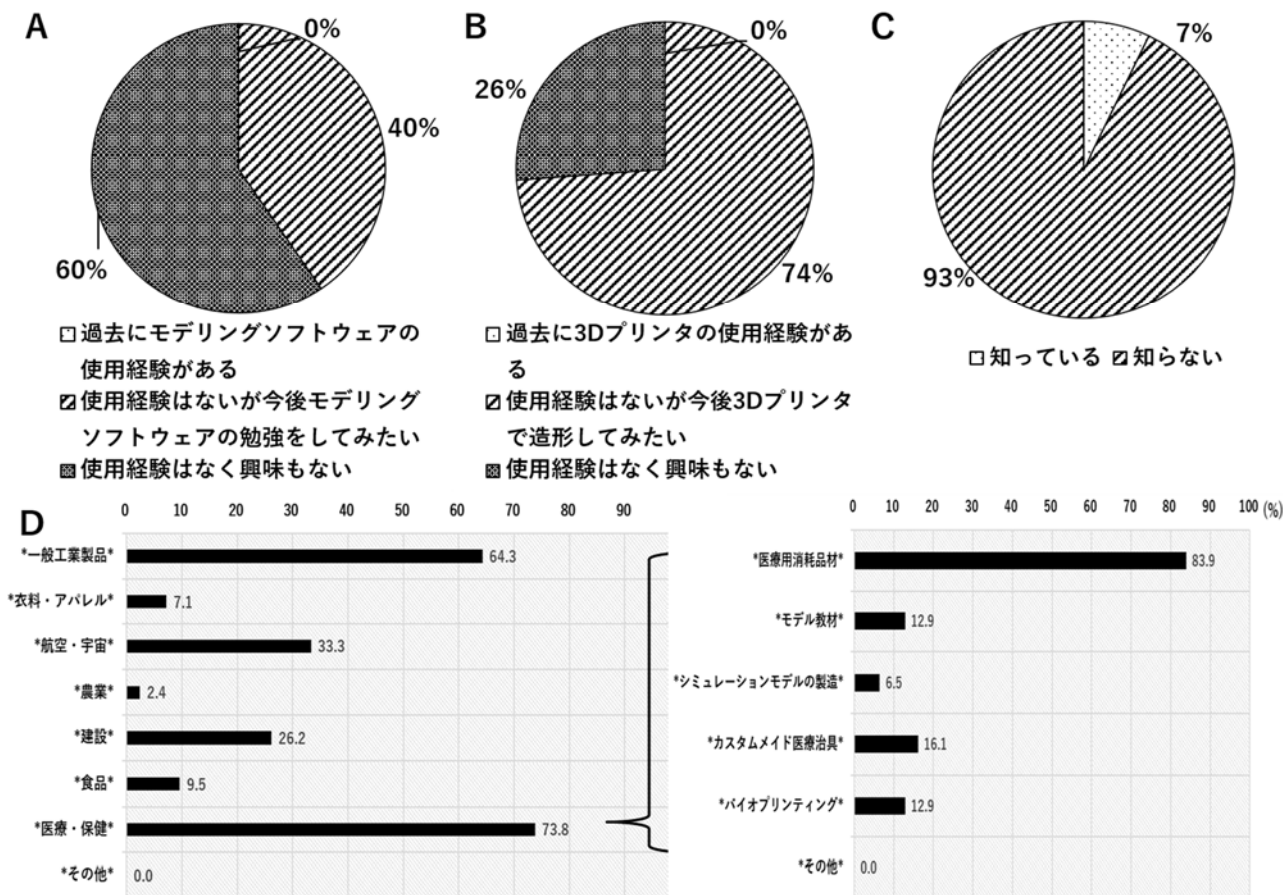


図3 3Dモデリング教育プログラム受講学生の学習経験と興味・知識

3A：3Dモデリング技術に対する興味の有無 3B：3Dモデリング・プリンティング学習経験の有無
 3C：3Dプリント原理に関する知識の有無 3D：臨床検査分野での3Dモデリング技術活用意欲の有無
 3E：3Dプリント技術の利用分野に関する知識 3F：医療分野における3Dプリント技術利用に関する知識

3. 評価方法

受講者の研修効果の評価は、カークパトリックの4段階評価⁸⁾に基づき、レベル1(反応)とレベル2(学習)について検証した。レベル1(反応)では、受講前後において無記名のアンケート調査によって評価した。教育プログラム受講前アンケート調査項目と受講後アンケート調査項目を図2に示す。本調査において3Dモデリングおよび3Dプリンティングに関する受講前スキルと知識を確認するとともに、受講前後での意識変化、受講後の習得技術の活用意欲について検証した。レベル2(学習)では提出された最終課題学習モデリングデータをもとに、①技術的要件(技術力):デザインは提示条件を満たしたモデリングデータであるか②プロセス要件(思考力):デザインは非提示要件(形状や強度など)を考慮し実利用条件を満たしたモデリングデータであるかの2項目について検証した。

4. 倫理的配慮

本研究は、弘前大学大学院保健学研究科倫理委員会の承認を得て行われた(承認番号2020-043)。調査時に対象者に対して調査の趣旨を説明し同意を得たほか、調査結果の

回収段階において匿名化し、個人特定情報については一切収集しないことで個人情報保護に配慮した。

IV. 結果

1. 3Dモデリング教育プログラム受講学生の受講前スキル分析

図3に受講学生の3Dモデリングおよび3Dプリンティングに関する学習経験、興味、知識に関する調査結果を示す。3Dモデリングおよび3Dプリンティングに関しては全員が未経験者であった。3Dモデリング・プリンティング技術の習得に興味を示した学生は全体の40.5%、臨床検査において3Dモデリング・プリンティング技術を活用してみたいと考える学生は45.2%であった(図3A, 3B, 3D)。3Dプリント技術の原理を知っている学生の割合は7%であった(図3C)。3Dプリンタの利用分野については全学生がいずれかの産業分野についての実例を知っていた一方、医療分野での実例を知っている学生の割合は73.8%であった。またその内訳は、医療用消耗剤の製造が83.9%であり、他の

図は細菌検査で使用される『プラスチック製白金耳』である。細菌検査において培地に検体を塗抹するために使用されている。3Dプリンタでのフィラメントとして主に使用される素材はPLA(ポリ酪酸)であり、この素材は熱に強い耐性を示す(融解温度190°C以上)。そのため、オートクレーブでの121°C、2気圧条件下での高圧蒸気滅菌にも対応している。以下の条件でオリジナル白金耳の2次元データをスケッチし、3Dモデルを作成せよ。出力データは、STLファイル形式とする。

【指定モデリング条件】

- 1) フィラメント素材：PLA樹脂(融解温度190°C)
- 2) ループ部を含まない持ち手部分の長さ
・15cmであり断面形状は任意とする
・但し四角形以下は不可
- 3) ループ内径：4.0mm(およそ10μL)
- 4) ループ部の断面形状は円であり断面直径は1mm
その他の条件は想定される使用環境に合わせ任意に設定することとする。

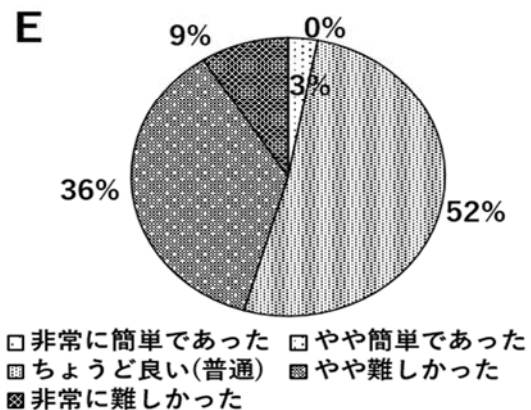
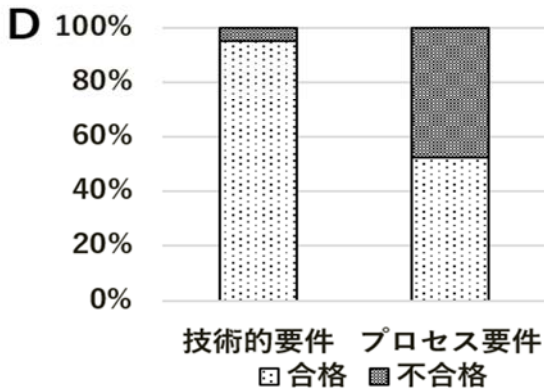
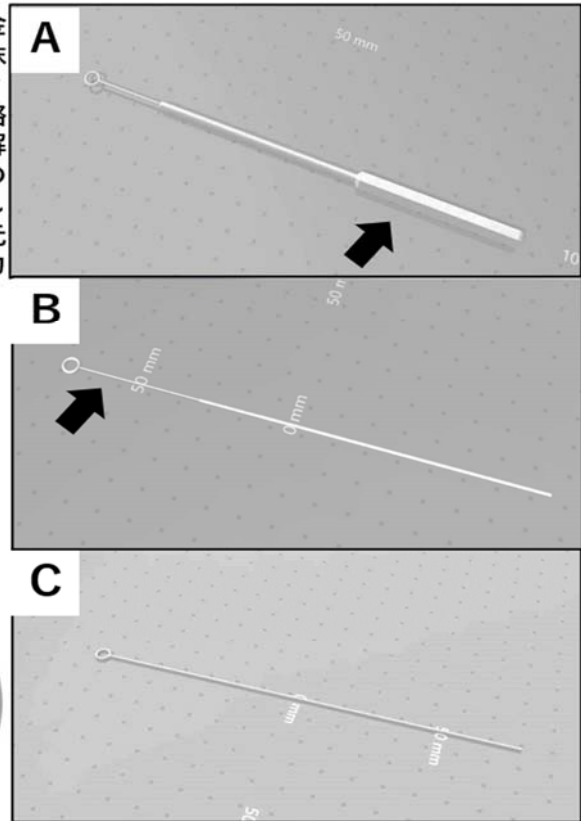
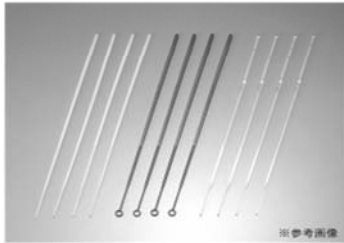


図4 3Dモデリング課題と学生のモデリングスキル評価結果

4A：技術的要件とプロセス要件の双方の基準を満たしたモデリングデータの例

4B：技術的要件は満たしているが、ループ部手持ち部分間が細く(0.5mm)、塗抹操作時に必要な強度が不足しており、プロセス要件を満たしていない。

4C：技術的要件は満たしているが、全体の太さが1mmであるために持つことが出来ない上、持ち手部分が明示されていないため、手が細菌汚染される危険性がある。

4D：受講後の3Dモデリングスキル評価結果

4E：本教育プログラムに対するユーザー難易度評価

医療分野利用に関してはいずれも20%未満であった(図3E, 3F)。

2. 3Dモデリング教育プログラムでの学生習熟度と難易度分析

図4に課題学習の例と学生が作成したモデリングデータ例、スキル評価結果を示す。課題例は細菌検査に使用される白金耳であり、設計基準仕様として使用素材、ループ内

径などの最低限遵守すべきモデリング条件が明示される(技術的要件)。その他の設計条件については明示されず、学生は臨床検査での使用環境を踏まえてデザイン設計を行う(プロセス要件)。図4Aは技術的要件とプロセス要件を満たしたモデリングデータ、図4Bと4Cは技術的要件を満たしたが、プロセス要件を満たしていないモデリングデータである。評価の結果、技術的要件を満たすモデリングデ

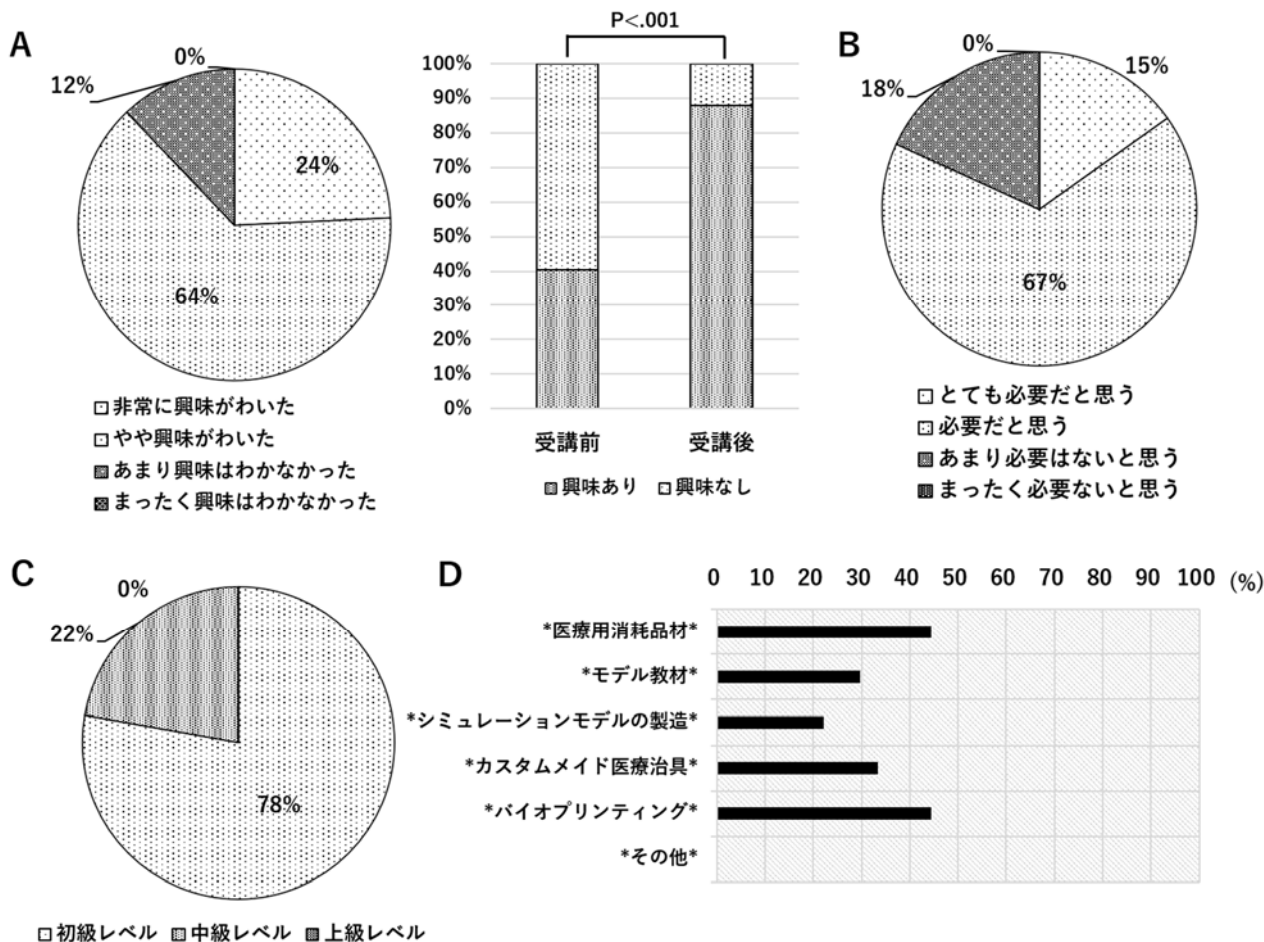


図5 3Dモデリング教育プログラム受講後の学生意識の変化

5A：3Dモデリング技術への興味と受講前後での変化 5B：臨床検査技師教育における3Dモデリング技術の必要性
 5C：臨床検査技師教育において習得すべきスキルレベル 5D：取り組んでみたいと考える3Dモデリング医療分野

ータを作成した学生は95.2%であったが、プロセス要件を満たすモデリングデータを作成した学生は52.4%であった(図4D)。本教育プログラムの5段階での難易度評価(図4E)においては、「3:ちょうど良い」を回答した学生の割合は51.5%、「4:やや難しかった」を回答した学生の割合は36.4%、全体の5段階評価ポイントは 3.48 ± 0.66 ポイント(平均±S.D.)であった。

3. 3Dモデリング教育プログラム受講学生の受講前後での意識変化と将来への活用意欲分析

図5に3Dモデリング教育プログラム受講後の学生意識の評価結果を示す。受講後に3Dモデリングに「非常に興味がわいた」または「やや興味がわいた」と回答した学生は87.9%であり、興味を持つ学生の割合は受講前と比較して χ^2 検定において有意($p < .001$)に上昇した(図5A)。臨床検査技師教育において3Dモデリングや3Dプリンティングに関する講義や実習が必要と考えた学生は82.8%であり(図5B)、必要と考えるスキルレベルとして87.8%が初級レベルを選択した。一方、将来において興味があるまたは

試してみたい分野として医療用消耗剤(44.4%)とバイオプリンティング(44.4%)が最も高い回答を示した(図5C, 5D)。

V. 考察

3Dモデリング技術教育に対する受講者の意識調査においては、受講前時点で全員が3Dモデリングや3Dプリンティングの未経験者であり、3Dモデリング技術に対して興味を有する学生は4割に過ぎなかったのに対し、受講後は8割以上の学生が興味を示しておりその活用意欲が明らかになった。工学系分野における楠林の取り組み⁹⁾でも、同様の効果が報告されており、臨床検査技師としての知識や技術の新たな活用場面が示されたこと、目に見えた形で成果物が得られることにより学習意欲の向上につながった可能性が考えられ、本教育プログラムはモデリング技術力の習熟のみならず学生の意識変化を促す手段としても有効であるといえる。一方、今回我々が行った保健学系学生向け3D

モデリング基礎教育プログラムにおいて、検証の結果、技術的基準を満たすことができた学生は 95.2%であったのに対し、プロセス基準を満たすことが出来た学生は 52.4%にとどまることが明らかとなった。このことは学生が 3D モデリングソフトウェアの操作技術に関する習熟度はその多くが基準レベルにまで至っている一方、形状を思考する過程において使用場面を充分想定出来ず、ユーザー視点が設計に反映できていないことを示している。辻らによると、プロトタイプング手法を用いた技術実践教育は、プロトタイプを用いて問題点を発見して早急に改善をはかることが基本的な考えにあるとしており、取り組みの成果として受講者の自発的な学習意欲を引き出し、課題発見能力や課題解決能力の向上が伺えたことを報告している¹⁰⁾。今回我々が行った教育プログラムの目的の1つは、保健学系学生自身がニーズや使用環境を踏まえて、医療業務において理想的なツールを得ることにあることから、プロセス要件対応スキルの向上は、本教育プログラムが解決すべき課題であるといえる。プロトタイプング手法の適用に際して辻らは、「開発に対する目的や目標を明確にする」、「プロトタイプの製作に十分な時間を確保する」、「対象に合わせてレベルを調節する」、「短い期間内にフィードバックをして改善をはかる」ことが重要であるとしており、加えてプロトタイプング手法において理想的な講座に近づくためには、多くの試行錯誤が伴うとしている。辻らが示した4つのポイントと本アンケート結果とを照らし合わせた場合、難易度設定においては半数が「ちょうど良い」を選択し、復習のための短期間内のフィードバック学習機会を教育プログラム中に含んでいることから、本教育プログラムにおいては、「開発に対する目的や目標を明確にする」点が改善すべき課題と推察される。保健学系学生において「目的・目標を明確にする」ことは、自身の専門分野業務における利用目的を明確に位置づけることであることを踏まえると、本教育プログラムを改善するための方法の1つとして、実践的技術教育を他の臨床専門実習教育と有機連携させることによる改良の可能性が考えられる。今回我々が実施した教育プログラムは、独立した医用工学実習の範囲内で設計・製作までの過程を行ったにすぎず、モデリング者自身が実環境下で評価し、その評価に基づいて再設計を行ったものではない。日本産業技術教育学会が示す「21世紀の技術教育」¹¹⁾によると、技術教育固有の方法知として「設計・計画」、「製作・制作」、「成果の評価」の各プロセスにおいて評価と修正がなされるべきであることが示されており、臨床専門実習教育との連携により自身の製作物を実習で使用することで、「評価と修正」が加えられ、技術的課題解決能力や思考力向上が図れるものと考えられる。一方、スキル以外において考慮すべきプロセスの1つとして安全性の検証が残されている。3D プリント品の安全性に対しては蛭原¹²⁾は、安全性・有効性担保の評価方法に加え、医療機器のカテゴリの判断について

の課題を提起している。これは従来的一般医療機器は製品出荷段階で品質チェックがなされるのに対し、3D プリント品は臨床現場での製作となり従来品質チェックは適用不可能なことにある。我が国では医療用品の安全性に関して「医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律」に基づいて認定を受けた医療用品に関する事故や障害発生は、日本医療機能評価機構によってデータベース化され、安全性情報として医療職団体や各医療機関に対して通知されているものの、2020年7月時点において3Dプリント品に関する報告はなく、製造ガイドラインも経済産業省が示した「積層造形医療機器ガイドライン2015(総論)」¹³⁾に限定されており、未だ明確なガイドラインは示されていない。米国においては、FDAは3Dプリント品開発ガイドライン「Technical Considerations for Additive Manufactured Medical Devices」¹³⁾において設計・製造・試験・バリデーションまでを示していることから、医療でのカスタムメイド品に関して設計・製造者のスキルレベル評価方法についても教育プログラム内に含めるべく検討する必要があるものと考えられる。

VI. 結語

3Dモデリング技術基礎教育プログラムにより、保健学系学生の操作技術に関する習熟度は基準レベルを満たしたと考えられる一方、製作されたモデルは医療環境下を想定した設計プロセス思考には至っておらず、今後臨床専門実習科目との連携を通じて、自身の製作物を評価・修正するなどし、ユーザー視点からの技術的課題解決能力や思考力向上を図る教育プログラムへの改善が必要と考えられた。3Dモデリング技術や3Dプリンティング技術は、医療分野において職種を問わず共通スキルとして必要となる可能性を有しており、これらの技術教育は学生の学習意欲向上にもつながる有用な教育であると考えられていることから、基礎教育プログラムに加えて、3Dモデリング技術教育プログラムと臨床専門実習との連携による各医療職の特性を考慮した発展的専門教育プログラムの確立が必要であると考えられる。

利益相反 開示すべき利益相反はありません。

引用文献

- 1) Ziyaur Rahman, Sogra F. Barakh Ali, Tanil Ozkan, Naseem A. Charoo, Indra K. Reddy, Mansoor A. Khan. Additive Manufacturing with 3D Printing: Progress from Bench to Bedside. The AAPS Journal, 20: 101, 2018.
- 2) N. Shahrubudina, T.C. Leea, R. Ramlana. An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications. Procedia Manufacturing, 35: 1286-1296, 2019.
- 3) Tuan D. Ngoa, Alireza Kashania, Gabriele Imbalzanoa, Kate T.Q. Nguyena, David Hui. Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges.

- Composites Part B, 143: 172-196, 2018.
- 4) Andrea Pietrabissa, Stefania Marconi, Andrea Peri, Luigi Pugliese, Emma Cavazzi, Alessio Vinci, Marta Botti, et al. From CT scanning to 3-D printing technology for the preoperative planning in laparoscopic splenectomy. *Surg Endosc*, 30: 366-371, 2016.
 - 5) Armijo PR, Markin NW, Nguyen S, Ho DH, Horseman TS, Lisco SJ, et al. 3D Printing of Face Shields to Meet the Immediate Need for PPE in an Anesthesiology Department during the COVID-19 Pandemic. *Am J Infect Control*, In Press, 2020.
 - 6) Manero A, Smith P, Koontz A, Dombrowski M, Sparkman J, Courbin D, et al. Leveraging 3D Printing Capacity in Times of Crisis: Recommendations for COVID-19 Distributed Manufacturing for Medical Equipment Rapid Response. *Int J Environ Res Public Health*, 17(13): 4634, 2020.
 - 7) 「新ものづくり研究会」報告書, 経済産業省, 2014. https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/seisan/new_mono/report01.html (2020-08-18)
 - 8) Donald L. Kirkpatrick, James D. Kirkpatrick. *Evaluating Training Programs: The Four Levels*. Berrett-Koehler Publishers, San Francisco, 2006.
 - 9) 楠林 拓. 3DCAD と 3D プリンタを組み合わせた教育の予備研究. *日本デザイン学会研究発表大会概要集*, 59(0): 233, 2012.
 - 10) 辻 明典, 川上 博. プロトタイピング手法を導入した実践的な技術教育とその成果. *徳島大学開放実践センター紀要*, 25: 55-63, 2016.
 - 11) 21 世紀の技術教育, 日本産業技術教育学会, 2012. <http://www.jste.jp/main/data/21te-n.pdf> (2020-08-18)
 - 12) 蛭原 善則. デジタルデンティストリーの将来展望と企業の役割. *日本歯科理工学会誌*, 39(1): 64-69, 2020.
 - 13) 積層造形医療機器開発ガイドライン, 経済産業省, 2015. https://www.meti.go.jp/policy/mono_info.../201512.30.pdf (2020-08-18)
 - 14) Technical Considerations for Additive Manufactured Medical Devices, Food and Drug Administration, 2017. <https://www.fda.gov/files/medical%20devices/published/Technical-Considerations-for-Additive-Manufactured-Medical-Devices---Guidance-for-Industry-and-Food-and-Drug-Administration-Staff.pdf> (2020-08-18)

【Report】

Examination of a 3D modeling technology education program for health sciences students -Evaluation of educational effectiveness and motivation to learn among clinical laboratory students

HIROYUKI NOZAKA^{*1} MIYUKI FUJIOKA^{*1} MANABU NAKANO^{*1}
KOUSUKE KASAI^{*1} KAZUFUMI YAMAGATA^{*1}

(Received September 29, 2020 ; Accepted January 18, 2021)

Abstract: The use of 3D printers in medicine is expanding from medical parts manufacturing to regenerative medicine. 3D manufacturing is shifting from medical companies to hospitals, and it is expected that 3D modeling education for health science students will be necessary in the future. In this study, we developed a basic education program of 3D modeling technology for health science students and evaluated it in practice. As a result of a questionnaire survey of 42 clinical laboratory students before and after our program, the percentage of students who were interested in 3D modeling technology increased significantly from 40.5% to 87.9%. 81.8% of the respondents thought that 3D modeling technology is necessary for clinical laboratory technologist education. In the verification of the educational program, 95.2% of the participants satisfied the technical standards, while only 54.2% satisfied the process standards. It was considered necessary to improve the educational program to understand the issues from the user's point of view and to solve technical problems. There is a high possibility that 3D modeling technology will be widely applied in the medical field in the future, regardless of specialty. Therefore, it is necessary to establish a systematic educational program for learning 3D modeling technology for each specialized field in the future.

Keywords: 3D modeling, 3D printing, Medical engineering

*1 Hirosaki University Graduate School of Health Sciences, 66-1, Honcho, Hirosaki-shi, Aomori 036-8564, Japan
E-mail: hnozaka@hirosaki-u.ac.jp