

学校教育における 3D ゲルプリンタを活用した 立体造形の学習に関する一考察

An Examination of Learning to Create 3-D Works Using GelPiPer in Japanese School Education

臼井 昭子¹, 登本 洋子², 櫻井 佑真³, 渡邊 洋輔⁴, 古川 英光⁴

Shoko USUI¹, Yoko NOBORIMOTO², Yuma SAKURAI³, Yosuke WATANABE⁴, Hidemitsu FURUKAWA⁴

¹山形大学有機エレクトロニクスイノベーションセンター,

²東京学芸大学大学院教育学研究科,

³山形大学工学部,

⁴山形大学大学院理工学研究科

¹Innovation Center for Organic Electronics (INOEL), Yamagata university,

²Graduate School of Teacher Education, Tokyo Gakugei University,

³Faculty of Engineering, Yamagata university,

⁴Graduate School of Science and Engineering, Yamagata university

【要約】

3D プリンタを学校の授業で活用するための探索的な実践として、高校生を対象にワークショップを行い、美術科の立体造形の学習における Tinkercad と 3D ゲルプリンタの有用性について検討した。その結果、3D モデリングソフトウェアの操作経験がない高校 2 年生の場合、Fusion360 に比べ Tinkercad の方が操作の習得にかかる時間は短い傾向が見られた。また、生徒らはゲルという材料と 3D ゲルプリンタという造形方法に向き合い、その特徴をいかすような工夫を重ね立体造形に取りくむ様子が確認された。こうした生徒らの学習態度からは、3D ゲルプリンタが美術科の立体造形における学習目標の達成を支援できていたと考えられた。

キーワード: 3D ゲルプリンタ, ゲルパイパー, 初等中等教育, 立体作品, 美術科

【Abstract】

We conducted a workshop for high school students to exam whether Tinkercad and 3D gel printer could support the learning of creating 3D works in Japanese school education. We found that the second-year high school students who had no experience in operating 3D modeling software tended to take less time to learn Tinkercad than Fusion360. The students were seen to be creative in making use of the softness of the gel material and the unique features of the 3D gel printer modeling method. The students' creative activities and learning attitudes suggest that the 3D gel printer was able to assist them in achieving the learning objectives of the art classes.

Keywords: 3D Gel Printer, GelPiPer, Primary Secondary Education, 3D Works, Art Classes

1. 序論

1.1 学校教育の情報化と 3D プリンタ活用の課題

文部科学省の GIGA スクール構想により 1 人 1 台端末の整備が進められ、2021 年 7 月の速報値によると、全国の 96.1% の小・中学校で端末の整備が完了している[1]。小学校ではプログラミング教育が導入されたほか、総合的な探究(学習)の時間や STE(A)M 教育といった教科横断型学習の広がりが見られ、学校教育における学びは情報化とともに大きな転換期を迎えている。3D プリンタはこうした新しい学びを支援する技術の一つになると期待されており[2]、アップル社の元教育部門担当ジョン・カウチは「3D プリンタは子供たちの学習を根底から変える可能性を秘めている」と述べている[3]。

しかしながら、筆者らが日本における 3D プリンタの教育的な活用の研究事例を調査したところ、表 1 に示した

通り、高等専門学校や大学など対象の年齢層が高くなるほど研究事例が多く、小・中・高等学校といった初等中等教育での研究事例は少ないことが確認された[4]。

表 1. 3D プリンタの教育的活用の研究事例数(件)

校種	研究事例数
小学校	4
中学校	9
高等学校	11
高等専門学校	25
大学	47
校種がまたがったもの	13
教員を対象にしたもの、そのほか	24

*J-STAGE において「3D プリンタ」という語で検出された研究事例数 2,570 件のうち、学校教育における活用の研究と判断した 133 件をさらに校種で分類した(2020 年 9 月時点)。

現時点では、日本の初等中等教育において 3D プリントが活発に活用されている状況とは言えない。その原因の一つに、3D データを作成するモデリングソフトウェア(以降、3D ソフト)の操作の習得が難しいことが指摘されている[5]。例えば、筆者らが 3D ソフト未経験の高校 2 年生 5 名を対象に行なったワークショップでは、Fusion360 をダウンロードしセットアップするのに約 45 分かかり、さらに、「ゆるキャラをつくろう」というテーマのもと 3D データを作成するのに要した時間は表 2 の通りであった[6]。生徒イの場合、セットアップ(45 分)後に操作を習得し 3 個のデータを作成するには 735 分を要した。735 分は 50 分授業の場合 15 時数弱に相当する。年間の授業時数が 35(中学 3 年生の技術・家庭科, 中学 2・3 年生の美術科)や 70(高校の情報科, 高校の美術科)であることを考慮すれば、3D プリントの授業への導入は慎重にならざるを得ない。今後は、初等中等教育の授業で使いやすい 3D ソフトを検討していく必要がある。

表 2. Fusion360 でデータ作成にかかったおおよその時間(分)

	生徒ア	生徒イ	生徒ウ	生徒エ	生徒オ
1 個目	180	300	120	120	300
2 個目	120	180	30	30	90
3 個目	—	210	30	30	—

1.2 美術科の学習目標の設定例における 3D ゲルプリンタの有用性

学校教育(本稿では初等中等教育を指すこととする)で行われる指導内容は、法的拘束力を持つ「学習指導要領」によって示されている。学習指導要領とは、全国の学校でも一定の水準が保てるよう、文部科学省が定めている教育課程(カリキュラム)の基準のことであり、これを逸脱して授業を組み立てることはできない[7]。

そのため、3D プリントを授業で活発に活用してもらうためには、3D プリントが学習指導要領で示されている各教科の学習目標の達成を支援する教具になり得ることを具体的に示していくことが求められる。例えば、高等学校の情報科に 3D プリントなどのデジタル工作機械を用いた STE(A)M 教育を導入し、生徒らがアイデアを形にするプロセスに一定の有効性を確認した松浦らの実証実践[8]のように、3D プリントの活用がどの教科のどんな学習目標の達成を支援できるかについて実践と検討を重ね、知見を得ていく必要がある。

現時点で、立体物を造形する学習活動が明確に関係している教科は、技術・家庭科のほか小学校の図画工作科と中・高等学校の美術科などがある。このうち、美術科では、学習指導要領に準じた教科書(日本文教出版『美術 2・3 下』)において、学習目標の設定例(表 3)とその題材例(図 1)が提示されている。題材例「想像の動物を打ち出そう」では材料に銅板を用いているが、学習指導要領解説では、使用するべき材料は指定されておらず、「より自由で多様な価値やイメージの可能性を考えて材料や方法を選び、新しいことに挑戦して創造

表 3. 美術科の学習目標の設定例

学習目標
(発想・構想) 生き物の持つ豊かな形や色からイメージを広げよう
(創造的な技能) 材料を生かし、方法を工夫して効果的に表そう
(鑑賞) 自然や作品の造形的な美しさを感じ取り、幅広く味わおう



図 1. 表 3 の学習目標に基づく題材例「想像の動物の形を打ち出そう」(教科書から転写)

的に表すこと」とされている。つまり、教員や生徒が材料や造形方法を選択することができる。

そこで、筆者らは、この学習目標(表 3)を達成するためには、3D ゲルプリンタ(別称, GelPiPer)[9]が有用であると考えた。なぜならば、ゲルという材料から生まれる唯一無二の造形は非常にユニークであり、粘土や石膏、銅板といった既存の材料と違い、より生き物に近く構想時のイメージも広げやすいと思われたからである。さらに、印刷後に時間経過とともに変化する材料で立体作品を創作する学習活動はこれまでにほとんど見られず、生徒らの興味・関心を高め、創作意欲を刺激することが期待できる。加えて、コンピュータを用いた 3D ソフトでの立体造形は、新しいことに挑戦して創造的に表すという点で期待が持てる。

1.3 目的と方法

3D プリントを学校の授業で活用してもらうための探索的な実践として、本稿では、直観的な作業ができると言われている 3D ソフトの Tinkercad とゲル状の柔らかい立体造形ができる 3D ゲルプリンタに着目する。

高校生を対象に、表 3 の学習目標を設定したワークショップを行う。ワークショップのテーマは、想像の動物を造形する題材例(図 1)から着想を得て、「3D ゲルプリンタで『世界にひとつだけの海洋ゲル生物』をつくろう」とし、Tinkercad の操作の習得にかかる時間を計る目安として、(1)1 個目の 3D データ作成にどれくらいの時間を要したか、(2)美術科の学習目標の達成を 3D ゲルプリンタが支援できていたかについて元美術科教員の第一筆者が考察し、美術科の立体造形の学習における Tinkercad と 3D ゲルプリンタの有用性を検討した。

2. ワークショップの実践

期間は 2021 年 8 月の 3 日間で、場所は Z 大学であった。ワークショップの概要を表 4 に示した。Y 高校の高

校 2 年生 4 名 (A~D) が参加した。Y 高校は工業高等学校で、3 名が情報系の学科、1 名が化学系の学科であった。全生徒に 3D プリンタの印刷をした経験や 3D ソフトの操作経験はなかった。適切な感染対策を行い、Z 大学の学生 3 名と第一筆者の計 4 名が実践補助者としてワークショップをサポートした。

表 4. ワークショップの概要

テーマ	3D ゲルプリンタで『世界にひとつだけの海洋ゲル生物』をつくらう	
学習目標	表 3 の通り	
内容	ゲルの特性を生かしながら水流に漂う海洋生物を Tinkercad でデザインし、3D ゲルプリンタで印刷する。水槽に浮かべ観察・鑑賞する。	
生徒の活動	1 日目 午後	・アイスブレイク ・ゲルの特性や 3D ゲルプリンタに関する講義 ・Tinkercad の操作の習得
	2 日目 から	・Tinkercad でデザインする ・3D ゲルプリンタで印刷する ・水槽に浮かべ観察・鑑賞する ・改善点を探る
	3 日目 午前	
	3 日目 午後	・完成した作品の発表会 ・質問紙記入

1 日目、生徒らは水流にゲル片を漂わせる実演を見たり、Tinkercad と 3D ゲルプリンタの説明を受けたりした。3D データを作成するためのパソコンは各生徒に 1 台準備した。Tinkercad の操作を習得する際には、最初、補助者の大学生が Tinkercad を操作するパソコンの画面を大型モニターに映し出し、基本的な操作方法について説明した。

3D ゲルプリンタについては、光造形方式のいわゆるバスタブ型でサポート(材)が発生しない構造であることなどの特徴に加えて、印刷後 1.5 倍ほどに膨潤することや 4D プリンティング[10]の概念について簡単に説明した。さらに、データを作成する際のコツとして「中空のデザインのよしあし」や「底面を安定させると印刷が成功しやすい」などについて補助者の学生が説明した。

探索的な実践のため、作成する 3D データの目標個数や完成時間の設定はしなかった。最終日は、「工夫したところ」「印刷後に膨潤することを意識して創作したか」などについて質問紙に記述してもらった。

3. 結果と考察

生徒らが 3D データ作成にかかった時間を表 5 に、作成した 3D データと実際の印刷物、質問紙の記述文を表 6 に示した。データの完成は生徒自身が完成と判断した時点とし[11]、作成にかかった時間は生徒の自己申告でおよそで報告してもらった。生徒らは各自 3~4 個の 3D データを作成した。





表 5. Tinkercad でデータ作成にかかったおよその時間(分)

	生徒 A	生徒 B	生徒 C	生徒 D
1 個目	75	120	90	60
2 個目	60	180	75	180
3 個目	60	120	80	120
4 個目	—	—	120	60

3.1 操作の習得に要した時間

操作の習得に要した時間を 1 個目のデータ作成にかかった時間で考察した。表 5 にあるように、1 個目のデータ作成に、各生徒は 60~120 分かけていた。ワークショップのテーマが違うため一概に比較はできないが、同じ条件のもと(3D ソフトの操作経験のない高校 2 年生が Fusion360 で作成した際にかかった時間 120~300 分(表 2)に比べ短いことが読み取れる。3D ソフトの操作経験のない高校 2 年生にとっては、Tinkercad の方が Fusion360 に比べ操作の習得が容易であることがうかがえた。一方で、Fusion360 では、2 個目以降のほとんどを 1 個目より短い時間で作成しているものの、Tinkercad の場合は、生徒 B の 2 個目、生徒 C の 4 個目、生徒 D の 2, 3 個目の作成時間が 1 個目より長くなっていた。表 6 の記述文に「(生徒 B)ヒレの形は scribble tool を使って

表 6. 生徒らが作成した 3D データと実際の印刷物、工夫したところなどの記述文(原文のまま転載)

	生徒A		生徒B		生徒C		生徒D	
	3Dデータ	印刷物	3Dデータ	印刷物	3Dデータ	印刷物	3Dデータ	印刷物
	工夫したところなど		工夫したところなど		工夫したところなど		工夫したところなど	
1 個目								
	甲羅を立体的につくった、ひれをうすくした		首を長くし過ぎず、頭の大きさ角度を調整し、造形しているときに形が崩れないようにした		本物のエイに近くなるようにできるだけこまくした、ひげをつかってヒレをつくった		波で動いているのが分かりやすいように骨にした	
2 個目						印刷できず		
	下が平面になるようにヒレの位置を変えた		ヒレの形を scribble tool で自分で描き作成した、尾びれが崩れないように形を斜め上と平行にした				もともと透明な生物を作るとキレイになると考えてつくった	
3 個目				印刷できず				
	うすく平べったくした		下に接する面積が小さかったため形が崩れ印刷が上手くいかなかった、尾びれが斜め上になっていたので印刷できなかった		アザラシにはねをつけた		Mを使ってタコの足を再現した	
4 個目								
					押し出しを使ってハサミを上手く作ることができた		ハサミは押し出しを使って再現した、左右微妙に違う足になるよう1本1本工夫してつくった	

自分で描き」「(生徒 C)押し出しを使って」などとあるように、生徒らは各々で工夫をしていた様子がわかる。Tinkercad は円柱や立体文字など既存データを使えるため操作が容易である一方で、シェイプジェネレーターの押し出し機能などを使い、ある程度自由な曲線を描くことができオリジナリティを出しやすい。そのため、2 個目以降の作品に時間をかけていた背景には、高校生らがオリジナリティを求めて様々な表現に挑戦していた可能性がある。

また、Tinkercad は、ソフトのダウンロードを必要としないため Fusion360 に比べて授業に導入しやすいと考えられた。ブラウザで保存したデータを後日どのパソコンでも開いたり編集したりできる点は、学校教育においても利点の一つであると思われる、参加した生徒からも「後日また修正を加えてみたい」といった声が聞かれた。

3.2 学習目標の達成

生徒らは操作をある程度習得した後は、自身のスマートフォンなどで調べものをして、例えばクリオネなど既存の動物の形を注意深く観察し自分の作品にいかそうとする姿勢が見られた。こうした様子からは、美術科の学習目標(表 3)の【(発想・構想)生き物の持つ豊かな形や色からイメージを広げよう】が達成されていたことが読みとれた。

【(創造的な技能)材料を生かし、方法を工夫して効果的に表そう】については、全生徒が印刷後に膨潤することを意識して創作したと答えており、表 6 にある「(生徒 A)下が平面になるようにした」や「(生徒 B)下に接する面積が小さかったため形が崩れ印刷が上手くいかなかった」といった記述からは、造形方法を工夫して効果的に表そうとしていた姿勢が見られ、この学習目標も達成できていたと考えられた。

また、【(鑑賞)自然や作品の造形的な美しさを感じ取り、幅広く味わおう】については、図 2 のような水流に漂う作品を鑑賞しながらお互いの作品を評価し合ったり、自身の作品について説明したりするなど幅広く味わおうとしている様子が見られた。

学習目標はいずれも達成されていたと読み取ることができ、3D ゲルプリンタが美術科の学習目標の達成を支援する教具になり得ることが示されたと考えられる。

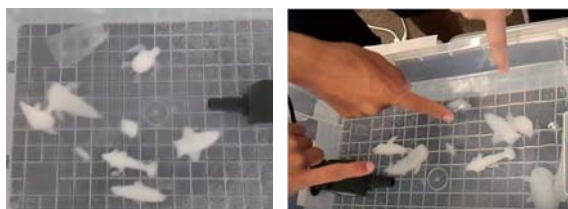


図 2. 水流に漂う印刷物とそれを指す生徒らの手

4. 結語

高校生を対象に 3D ゲルプリンタのワークショップを行った結果、主に以下の事柄が確認された。

(1) 3D ソフトの操作経験がない高校 2 年生の場合、

Fusion360 に比べ Tinkercad の方が操作の習得にかかる時間は短い傾向が見られた

(2) 生徒らはゲルという材料と 3D ゲルプリンタという造形方法に向きあい、その特徴をいかすような工夫を重ね立体作品を創作しており、美術科の学習目標は達成されていた

参加生徒の人数と属性から結果が示す範囲は限定的であるものの、以上の結果から、美術科の立体造形の学習における Tinkercad と 3D ゲルプリンタの有用性を示すことができた。

これまで美術科の題材では平面作品を取り扱うことが多く、立体作品を取り扱うことは少ない傾向が見られた[12]。コロナ禍のオンライン授業では、材料の配布という課題も生まれ、美術科の立体造形の学習がより敬遠されていることが推察できる。こうした点からも、立体造形の学習に 3D ソフトと 3D プリンタを導入する意義はより高まっていると考えられる。

5. 謝辞

生徒に楽しいお話をしてくださった川上勝先生、小川純先生、ワークショップを補助してくださった鈴木康海さん、落合俊樹さんに深く感謝します。科学研究費補助金(課題番号 20K12883)の助成を受けて発表しました。

参考文献

1. 文部科学省初等中等教育局, “端末利活用状況等の実態調査(令和 3 年 7 月末時点)(速報値)”, https://www.mext.go.jp/content/20210830-mxt_jogai01-000009827_10.pdf
2. 門田和雄, “門田先生の 3D プリンタ入門 何を作れるのか, どう役立つのか”, 講談社, 2015.
3. ジョン・カウチ, ジェイソン・タウン, 花塚恵(訳), “Apple のデジタル教科書”, かんき出版, 2019.
4. 白井昭子, 登本洋子, 渡邊洋輔, 古川 英光, “3D プリンタを活用した学校教育における研究の傾向と児童を対象にした研究事例の考察”, CIEC 春季カンファレンス論文集 Vol.12 (2021), pp.80-85.
5. 鈴木二正, 芳賀高洋, 大川恵子, 村井純, “小学校低学年における 3D プリンタ学習の可能性”, 情報処理学会論文誌 教育とコンピュータ, 2(2) (2016), pp.10-18.
6. Shoko Usui, Yoko Noborimoto, Yosuke Watanabe, Hidemitsu Furukawa, “An Examination of Learning 3D Modeling Software and Creating 3D Data Using Online Video in a 3D Printer Workshop for High School Students”, 10th International Congress on Advanced Applied Informatics, (2021), pp.924-925.
7. 奥村高明, “美術教育課程論への焦点, 美術教育学叢書 1”, (2018), pp.45.
8. 松浦李恵, 岡部大介, 渡辺ゆうか, “高等学校における FALAB の公教育導入実証実践の事例報告”, 日本教育工学会論文誌, 44(3) (2020), pp.325-333.
9. GelPiPer, <https://gelpiper.cc/>
10. <https://doi.org/10.15108/stih.00258>
11. 浅野恵治, “立体造形における 3 次元スキャナ活用の諸問題”, 美術科教育学会誌, 33 (2012), pp.1-12.
12. 村上佑介, “児童を対象とした立体造形ワークショップの実践”, 美術教育学研究第 52 号 (2020), pp.337-344.