

論文

小学校低学年における3Dプリンタ学習の可能性

鈴木 二正^{1,a)} 芳賀 高洋² 大川 恵子³ 村井 純⁴

受付日 2015年8月14日, 再受付日 2016年1月18日,
採録日 2016年7月9日

概要: 昨今, 3D プリンタの教育利活用が注目されている. 数年前までは非常に高価で, 工業高校や専門学校, あるいは大学でなければ購入が難しかった 3D プリンタも, いまでは, 個人で手軽に購入が可能となっている. しかし, いまのところ, 3D プリンタ学習は, 中学校技術科や高校, 専門学校, 大学が中心で, 小学校低学年で実践された例は確認できていない. そこで本稿では, 小学校 2 年生に 3D プリンタ学習を実践し, 小学校低学年では, どのような学習が可能かを検討した.

キーワード: 3D プリンタ, 小学校 2 年生, ICT スキル, 情報教育, ものづくり

A Study of the Potential of 3D Printing in the Lower Grades of Elementary School

TSUGUMASA SUZUKI^{1,a)} TAKAHIRO HAGA² KEIKO OKAWA³ JUN MURAI⁴

Received: August 14, 2015, Revised: January 18, 2016,
Accepted: July 9, 2016

Abstract: In recent times, the training and application of 3D printing has become increasingly noteworthy. Until recently, 3D printers were extremely expensive, and thus difficult for industrial and vocational schools, or even universities, to purchase. Nowadays, even individuals are able to buy them with relative ease. However, at present, the educational use of 3D printing is concentrated in junior high school industrial arts classes, high schools, vocational schools, and universities; whereas examples of their application in the lower grades of elementary school cannot be found. Accordingly, this manuscript examines the study and application of 3D printing in the second grade of elementary school, as well as what kind of learning is possible more generally in the lower primary grades.

Keywords: 3D printing, second grade students, ICT skills, information technology education, manufacturing technologies

1. はじめに

3D プリンタの教育利活用はここ数年急速に注目を集めている.

たとえば, 2012 年 4 月以降, 茨城県立日立工業高等学校では, 小型 3D プリンタによる設計実習を開始している^{*1,*2}. モデルや部品製作に 3D プリンタを用い, その出力によって実際の形状を確かめるといった実践である.

平成 25 (2013) 年 6 月 14 日, 「世界最先端 IT 国家創造宣言」が閣議決定された. その中で, 教育環境の IT 化として「新しいモノづくりであるデジタル・ファブリック (3D プリンタ等) やロボティックス, プログラミング, 情報セキュリティ, コンテンツ作成等, 学生等が, 将来を展望した技術を習得できる環境整備を教育環境の IT 化とともに

¹ 慶應義塾幼稚舎
Keio Gijyuku Yochisha Primary School, Shibuya, Tokyo
150-0013, Japan

² 岐阜聖徳学園大学教育学部
School of Education, Gifu Shotoku Gakuen University, Gifu
501-6122, Japan

³ 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科
Graduate School of Media Design, Keio University,
Yokohama, Kanagawa 223-8526, Japan

⁴ 慶應義塾大学環境情報学部
Faculty of Environmental and Information Studies, Keio
University, Fujisawa, Kanagawa 252-0882, Japan

a) deniro@yochisha.keio.ac.jp

*1 茨城新聞, “3D プリンター企業, 学校へ導入促進”, 2014 年 1 月 19 日

*2 茨城県立日立工業高校, “情報電子化ホームページ”, URL http://www.hitachi-th.ibk.ed.jp/?page_id=87 (参照 2016-04-30)

に進める」[1]とされており、教科書の電子化、電子黒板やタブレット端末などの導入とともに、3Dプリンタの教育利用が提示されている。また、大阪府教育委員会は、平成27年度以降、大阪府立佐野工科高等学校に、3Dプリンタを活用する新課程の設置を発表した*3。

しかし、これら3Dプリンタの活用事例の多くは中学校の技術科*4、あるいは、高校の情報科や工業高校など職業教育の一環として実践されることが多い[2]。小学校の低学年層を対象とした3Dプリンタの活用実践は、民間団体が開催するものづくり教室*5や学習塾*6などでの事例がいくつか見られる程度である。

そこで、小学校低学年では、3Dプリンタを活用してどのような学習が可能かを検討するために、慶應義塾幼稚舎(以下、「幼稚舎」とする)*7の小学2年生に3Dプリンタ学習を実践した。

2. 採用した3Dプリンタ

3Dプリンタの学習では、3D作品の出力そのものよりも、3Dモデル(3Dデータとも呼ばれるが、本稿では3Dモデルという呼称で統一する)の作成が非常に重要であると考えられる。この点について、山口は、「3次元の造形を行うためには、3次元データが必要であるということは、意外に忘れがちである。3Dプリンタを購入すれば何でも作れるように錯覚しがちだが3Dデータがなければただの箱である」と指摘している[3]。また、さらに「CGソフトから3Dプリンタによる造形までのソフトウェアやデータの扱いにはまだ煩雑な部分が残されており、改良の余地がある」との問題提起がなされている[3]。このことから、現段階では、3Dプリンタの造形データ形式や、造形方法自体が、いまだ発展途上の段階にあるといえる。

はじめて3D制作に挑戦する子どもたちにとって、3Dプリンタを使うことは「難しく、苦手だ」と意識してほしく



図1 3D Magic Egg

Fig. 1 3D Magic Egg.

ないという考えから、今回、小学校低学年が初めて学習で使用する3Dプリンタとして、ムトウエンジニアリング社製のパーソナル3Dプリンタ「3D Magic Egg」*8(図1)を採用した。

国内メーカー製3Dプリンタであるためサポートを受けやすい点や、複雑な3D CADシステムなどを使用しなくても、シンプルに3Dモデルのデータ作成が可能となるよう開発された3Dモデル作成ソフトウェア「Sunny 3D」がバンドルされている点が採用の決め手となった。「Sunny 3D」は標準的、一般的な機能を十分備えているうえ、非常にシンプルな操作性を備えているため、小学校低学年生が扱うには適切な製品であると考えた。

3. 授業実践

本章では、授業実践を行ったクラスの児童のICTスキルと、学習活動の設計に関する説明、そして、具体的な授業の実践内容(活動指導案)について述べる。

3.1 児童のICTスキル

本研究で取り上げる教育実践は、筆者(鈴木)が担任する小学2年生:男子24名、女子12名の計36名(本稿執筆時点)クラスの実践である。

当該クラスの児童は、1年生のときから(2013年9月)1人1台ずつのタブレット端末を利用した授業実践を行っている。これまで、1年生のときに合計18時間(2013年9月~2014年3月)授業実践を行った[5]。主には、お絵描き、写真撮影、計算練習アプリや漢字練習アプリの利用、音声録音、Webサイトの閲覧などの活動である。

*3 大阪府, “府教委ニュース第147号”, URL <http://www.pref.osaka.lg.jp/kyoikusunomu/news/news147-1.html>(参照2016-04-30)

*4 伊丹市立総合教育センター, “平成25年度研究集録第54報, 中学校教科等研修講座(技術科)”, URL http://www.itami.ed.jp/h25/shuroku/h25_no54/pdf/3kensyuu/zippann-kensyuu/1kyoukatou-kensyuu/1kyoukatou-kensyuu-kouza/1-1-17j-gijyutsu.pdf(参照2016-04-30)

*5 かわさきサイエンスチャレンジ, “3D スキャナ・プリンタ体験教室”, URL <http://ksp.jp/science/event/163d.html>(参照2016-04-30)

*6 IT とものづくり教室, “「Qremo(クレモ)」でお子さんに二十一世紀の教育を”, URL <http://qremo.jp/lp/sp14001/index2.html>(参照2016-04-30)

*7 なお、慶應義塾幼稚舎は、入学以降6年間担任持ち上がり制となっており、クラス替えがない。鈴木(筆者)担任の現在小学校4年生(児童数36名)についても入学時からの担任である。6年生の卒業時まで原則、同一の担任が指導する。この鈴木担任クラスは、各種ICT機器を新しい文房具の1つとして子どもたち自らが様々な学習場面で上手に活用することを目標に、慶應義塾大学環境情報学部ならびに同大学院メディアデザイン研究科との共同研究プロジェクトとして、1年生時の平成25(2013)年9月から児童1人1台のタブレット端末を配布している[4]。

*8 ムトウエンジニアリング, “3D Magic Egg”, URL <http://www.mutoheng.com/~drafter/device/3d.html>(参照2016-04-30)

小学校2年生に進級後の2014年4月からも継続してタブレット端末を活用した実践授業を13時間(2014年4月～2015年1月)行っている。1年生から引き続き、算数の計算アプリの利用、動画撮影、パラパラ漫画作成、そして、SNS(Social Networking Service)アプリの活用などに取り組んでいる。児童たちは、タブレット端末を活用した一連の学習活動を通じて、写真・動画撮影やWebの閲覧、スタイラスペンを使用してお絵描き、フリック入力による文字の入力・送信するなどの経験を積んでいる。

また、筆者(鈴木)の担当する授業のほかに、本実践を行う幼稚舎では2000年度から全学年を通じてPCの活用などを学ぶ「情報科」(専科)を設置し、専任教員による情報教育指導を行っている。低学年生の情報科の授業では、国語や算数、生活科といった教科学習では取り上げにくいPCのマウス操作の練習や、ローマ字入力によるタッチタイピングの習得、パズルゲームを使つての論理的思考体験、ファイルを開く・保存するといったPC基本操作などの学習活動を行っている[6]。

3.2 学習活動の設計

前節で述べている実践クラスの児童たちは、低学年生の段階から、タブレット端末とPCを身近な文房具(ツール)の1つとして、様々な学習場面で上手に活用できる情報活用能力の基礎・基本は身につけているといえる。しかし、3Dプリンタは、初めて授業で紹介・導入する情報機器であり、題材である。また、3Dモデル作成ソフトウェア「Sunny 3D」に関しても、児童が初めて触れるソフトウェアであることから、低学年生の子どもたちがどの程度使いこなせるかは未知数である。

そこで、小学校低学年の一斉授業において、3Dプリンタを活用して、国語や算数、生活科といった教室での教科学習の授業内容と今後どのような連携・連動が可能かを検討することを目的に、本時の授業では、「クラスの児童全員を対象に、3Dプリンタ出力のための3Dモデル作りに初めて挑戦する」を学習活動の目当てとして位置付け、学習活動の設計を行った。

3Dプリンタの学習(3Dモデル作成)の計画は、これまで筆者(鈴木)が情報科の教員(1998年～2006年)として指導開発にあたってきた指導経験、および、現在の幼稚舎で行われている情報科の授業カリキュラム、そして、担任授業で行っているタブレット端末の活用の様子などを背景に置いて構成した。実際に、中学校や高等学校において実践されている学習活動やワークショップの報告・研究手法も参考にとりいれた[7], [8], [9]。親子を対象としたフィギュアを自作するワークショップ[7]では、3Dプリンタとモデル作成の説明・制作部分と、3D作品の出力の2回に分けて体験講座を実施している事例や、中学生を対象とした3Dプリンタでの出力デモと作品紹介をする講座[8]の

事例などが本授業の設計に応用できるものとして実践内容を検討した。学習の進め方として、3Dプリンタの機器の紹介や、3Dモデル作成ソフトウェアの操作説明は簡単に済ませ、1コマの授業時間(40分間)内で児童が3Dモデルの作成を何度も繰り返し取り組める時間を多くするような授業展開を立案した。

具体的には、授業の導入部分である3Dプリンタの特徴と利用方法については簡単な説明にとどめる。次に、児童のクリエイティビティ(創造性)を刺激して高めることを期待して、3Dプリンタ作品をいくつか提示した後、自分たちならどんなものを作りたいか意見交換させて、3Dモデルの作成方法について知らせる。そして、実際の3Dモデルの作成段階では、失敗しても初めからやり直すこと、また友だち同士でも教え合ったり、相談できたりするような環境にするために作業スペースを近くするよう工夫を施した。次節では、実際に行った3Dプリンタ学習(3Dモデル作成)の授業内容について、具体的な学習活動案を提示する。

3.3 授業の実践

表1のように2015年1月23日(金)、筆者(鈴木)が担当する慶應義塾幼稚舎の小学2年生(児童数36名)で3Dプリンタ学習(3Dモデル作成)を1時間行った(5時間目:13:30～14:10)。場所は、ふだん、専科・情報科の授業を行っているコンピュータ教室を使った。本授業実践の学習活動案を表1に示す。

表1の学習活動案に沿い、授業の導入では3Dプリンタの紹介を行った(図2)。

この際に、「3Dプリンタについて知っているか、聞いたことがあるか」の問いかけに対し、ほぼ全員の児童から「知っている、聞いたことがある」との反応があった。また、テレビなどの報道からも知っているとの声があがった。

しかし、このように3Dプリンタの存在については既知であるものの、実際に体験したことがある児童は1人もいなかった。



図2 3Dプリンタの紹介

Fig. 2 Introduction of the 3D printer.

表 1 3D モデル作成の学習活動案

Table 1 Description of the 3D model creation.

学習活動	活動・指導上の留意点	評価（観点）[評価の方法]
<p>【指導目標（教員）】クラスの児童全員を対象に、3D プリンタ出力のための 3D モデル作りに初めて挑戦する。</p> <p>【活動の目当て（児童）】自分だけのオリジナル立体物を 3D プリンタ（3D モデルソフト）を使って制作することで、3D プリンタに興味を持ち、アイデアを立体的に表現することを楽しみながら理解することができるようになる。</p>		
(1) 立体を作る 3D プリンタを体験する授業であることを知る。	児童の好奇心を引き出すために、あらかじめ作成しておいたサンプルの 3D モデルをいくつか提示する。	作品に興味を持ち、楽しみながら、観察しているか（関心・意欲・態度）。[行動観察]
(2) 実際の 3D プリンタ作品を観察し、知る。		
(3) 作品の面白いところや、不思議なところを発表する。	立体的なものが作れる点に着目させる。	3D プリンタ作品の面白さや不思議さに気づいたか（気づき）。[発表、つぶやき]
(4) 自分で作るとしたら、どんなものを制作するか想像し、構想する。	十分な活動時間を確保するため、作成方法の説明を短時間で行う。	3D プリンタの作品づくりに興味を持ち、進んで活動し、学習に積極的に参加しているか（関心・意欲・態度）。[行動観察・つぶやき]
(5) 3D モデルの作成方法、約束事を理解する。	活動中の児童が気づきを自覚できるように、児童の行動・つぶやきなどにはたらきかけ、意味付け・価値付けをする。	
(6) 3D モデルを作成する。		
(7) 3D モデルを作成して気づいたことを発表する。	3D モデル作品が 1 つ完成したら、2 つめを作成してもよいことを伝える。	気づいたことを他者に伝えることができる（思考・表現）。[発表]
<p>【事後】児童が作成した 3D モデルのデータをもとに、事後授業までに 3D プリンタで児童全員の作品をプリント（出力）しておく。次回の授業では、児童が作成した 3D プリンタ作品の紹介・発表を行い、感想や気づきを他者に伝えることを主な学習とする。</p>		

つづいて、今回、3D プリンタで立体造形物を作成すること、そのためには PC で 3D モデルを作成する必要があることを伝えた。「Sunny 3D」の起動や操作方法についてス

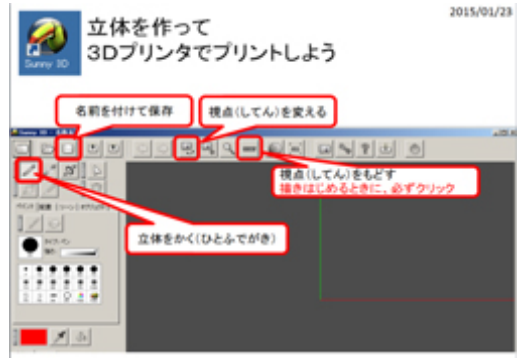


図 3 3D モデルソフト説明用スライド
Fig. 3 Slide for the 3D model software.

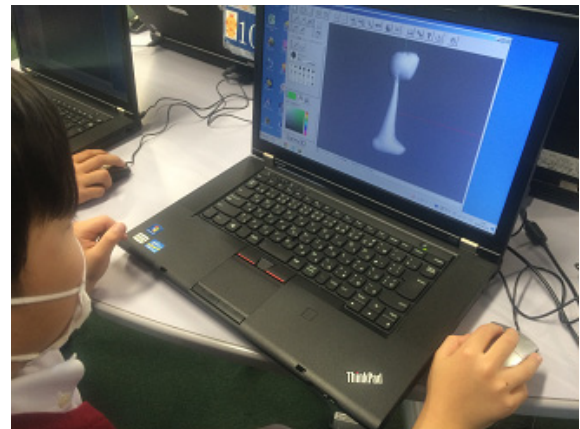


図 4 3D モデル作成の様子
Fig. 4 3D model creation.



図 5 3D モデル作成の様子
Fig. 5 3D model creation.

ライド（図 3）を使用しながら実演した。3D モデル作成中の児童の様子を図 4、図 5 に示す。専科・情報科の授業で、タイピングソフトウェア、お絵描きソフトウェアの起動・操作・保存などをすでに学んでおり、ソフトウェアの扱いに慣れているため、「Sunny 3D」の起動まではスムーズに展開した。しかし、モデル作成のデモンストレーションでの「視点を変える」操作に関しては児童の理解に時間を要した。

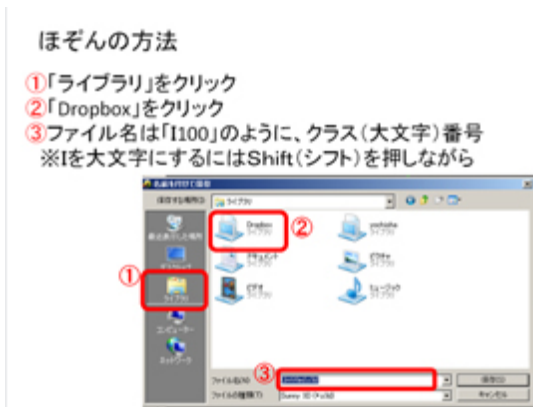


図 6 保存の仕方の説明スライド
Fig. 6 Slides of how to save.

特に「描いている自分の目を動かす」という視点の移動の把握が難しい。そのため、「視点を変える」を丁寧に繰り返し説明し、頻繁にデモ操作を実演した。

その一方で、3D モデルの作成は、児童がこれまで未知の体験であったため、作成をすすめていくうちに、徐々に興味・関心が高まっていく様子が見られた。

2次元のお絵かき作品制作や用紙へのプリントアウトには慣れている児童たちも、3次元の立体については、あまり想像が働かないようであった。そこで、教員側からアイデアを生むヒントとなるように、「一筆書き」のように描くことがポイントであることを伝えた(本操作は、「Sunny 3D」特有の操作方法である)。たとえば、一筆書きで、ひよこや、うさぎ、自分の名前などのイニシャルなどが描けることを示し、同じように、自分ならば、どのような立体物を作りたいかを考える時間をとった。

こうした過程を経て、実際に3Dモデルの作成を自由に行わせた。完成した作品ファイルはDropbox上に保存(アップロード)させた。また、作成時間に余裕のある児童は、2つ以上の作品もアップロードしてよいこととした(図6)。

作成活動開始時には「Sunny 3D」の操作方法や視点を変えてどのような厚みを出すか、といったことに戸惑う様子の児童も数名見られたが、10分ほど経過すると、教員が指導をしなくても児童自ら工夫し、作成を進めることができた。授業終了前に、クラス全員(36名)の児童が作品を完成し、アップロードを完了した。

授業後半は、3Dモデル作品を完成させた児童が、他の友だちに操作方法を教えたり、アイデアを提供したり、協働する様子も見られた。友だち同士で作品を見せ合うなど共有する場面も多く見られ、3Dプリンタ作品を巡る協働的な学びが実感できる時間となった。また、作品づくりに対する児童のモチベーションは非常に高く、完成した自分の作品を他者に見せたい・見てもらいたい気持ちも強く感じられた。このようにして児童が作成した3Dモデル作品を図7に示す。

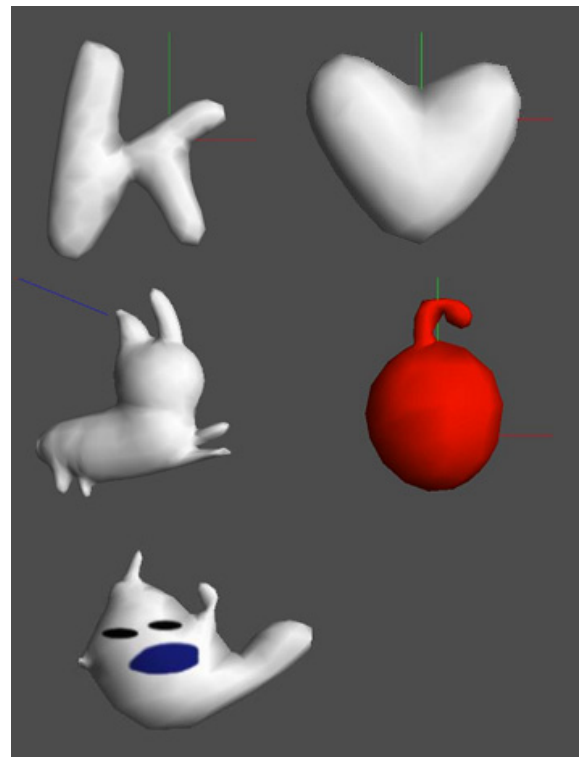


図 7 児童の作成した 3D モデル作品
Fig. 7 3D model works created by the students.

授業の最後に、3Dモデルのデータをもとに、どのように3Dプリンタが出力(プリントアウト)を行うかの様子のデモンストレーションを行った。出力(プリントアウト)は、本時の授業時間内では、作品すべて(計36個)を出力・作成するのに時間が足りないことを児童に説明した。児童たちが作成した3Dモデル作品は、事後の授業までに全員の作品をプリント(出力)しておくことを確認し、本時の授業を終了している。また、次回の授業では、児童が作成した3Dプリンタ作品の紹介・発表を各々が行き、感想や気づきを他者に伝えることを主な学習目標とすることを予定している。実際に出力した作品が図8である。

4. 児童の手応え

本章では、3Dモデル作成の学習に対して児童がどのように感じたのか、児童の手応えについて検討する。

3Dモデル作成学習を体験した児童36名に対して2015年3月16日(月)に4つの質問の調査を行った。

質問1は「あなたは、これからも学校のじゅぎょうで3Dプリンタをつかいたいですか?」として学習に対する関心・意欲を、質問2は「3Dプリンタでなにを作りましたか?」として創意工夫点を、質問3は「作るときにくふうしたことやむずかしかったところを教えてください」として学習に対する自己評価を、質問4は「つぎの3Dプリンタをつかったじゅぎょうではどんなことがしたいですか?」(自由記述)として今後の3Dプリンタ学習に対する意欲と児童のアイデアを調査した。



図 8 児童の 3D プリンタ作品 (出力)
Fig. 8 Printer works created by the students.

この調査から、まず、「1. あなたは、これからも学校のじゅぎょうで 3D プリンタをつかいたいですか?」という問いに対する結果は、「はい」と回答した児童が 33 名 (92%), 「どちらともいえない」と回答した児童が 3 名 (8%), 「いいえ」と回答した児童が 0 名という結果となった。おおむね 3D プリンタの活用が、学校で学ぶ学習行為であると認知されたようである。

この結果は、3D プリンタに魅力があるというだけではなく、同児童たちが普段の教科学習でタブレット端末など ICT を活用した学習を重ねてきていることにも要因があると考えられる。

同児童たちが小学校 1 年生時には、タブレット端末を学校の学習で使うことを知らせ、タブレット端末に関する意識調査を行っている [5]。この調査の中でタブレットを学校で使うことが「はずかしい」ことであると回答する児童が複数おり、タブレット端末は自宅でゲームや遊びに使うものであって、学校で使うものではないとの認識をする児童が複数いることが明らかとなった。しかし、現在はタブレット端末などの ICT を教科学習などで日常的に活用しており、教科書を読んだり、ノートに字を書いたりすることだけが学校の学習ではないという認識が浸透してきており、3D プリンタの活用も同様の認識を持ったものと

表 2 どのような 3D モデルを作成したか

Table 2 What have you created in the 3D model.

動植物	チューリップ, 緑のウサギ, きょうりゅう, 犬, 小さい羽がついているもの, 小さなカメ, くり, 鳥, ネコ
道具・キャラクター・その他	水鉄砲, 車, ウィスパー, 岩, 人間, うちでの小づち, 小人用の剣, ボール
食べ物	みたらしだんご, バナナ, いちご犬がくわえる骨, たまご, トマト
文字	H (名前のイニシャル), I 組の I
マーク・サイン	ペンマーク (慶應義塾校章), 手のチョキの形, ハート型, ギザギザの形

表 3 工夫点と難しかったところ (自己評価)

Table 3 Devised point and difficult point.

形作り・パーツ作り	<ul style="list-style-type: none"> ● 頭と体とおしりにわかれていのであいだがわかれなくようにすること ● 耳などを作るときに丸がうまく描けない ● りんかくなど足や頭が、はなれてしまった
ソフトウェアの使い勝手	<ul style="list-style-type: none"> ● コンピュータで作るとき、線と線がこうさして、エラーが発生した ● コンピュータでかくときに分けてかくと、こわれる可能性があるので、つなげてかくときがちよっと難しかった ● 交差しちゃって消えてずっとやりなおした ● 思ったより難しかった。 ● マウスでやったからむずかしかった
視点 (回転) 操作	<ul style="list-style-type: none"> ● まわしてやって、くねくねさせるところ ● くふうしたのは、かくどをかえて、どういう感じになるのか確かめたところ

考えられる。

次に、「2. 3D プリンタでなにを作りましたか?」の質問では、表 2 のような結果となった。このように抽象的なものよりも、児童に身近なもの、今現在興味関心が高いものなど具体的なものをテーマにしたモデルが多かった。つづいて「3. 作るときにくふうしたことやむずかしかったところを教えてください」の質問については、表 3 のような結果となった。工夫した点の記述は少なく、難しかった点が多くあげられた。

このように、Sunny 3D は子ども向けにシンプルな操作性を備えているものの、情報科で一定の ICT スキルを身につけている小学 2 年生でも難しく感じる操作はあった。自分の頭の中のイメージどおりに作品を描くことができず、

ストレスに感じた児童もいたようである。特に Sunny 3D では飛行機、ロボットなど、後工程でパーツを追加する 3D モデルの作成は、以下の点で、やや高度なスキルの習得が必要となる。

- 犬や猫のように四肢をきっちり描く場合、長くなりすぎたり、もしくは短すぎたりする。四肢のバランスをとるのが難しい。
- 部品を後工程で作成し、本体と部品をつなげる工程が難しい。

この点から、思い描くイメージどおりに作品が仕上がらないことがある。そのため、パーツの多い複雑なモデルの作成には経験の積み重ねが必要である。

一方で、このような学習は、小学校 5 年生の算数で登場する「立体」の理解に有効な学習であるため、算数科の学習に役立つツールの 1 つとして位置づけることも可能である。最後に、小学校 3 年生に進級後も引き続き 3D プリンタを授業で活用していくことを想定し、児童が 3D プリンタの活用に対してどのようなアイデアを持っているかを把握するために、「4. つぎの 3D プリンタをつかったじゅぎょうではどんなことがしたいですか?」の質問を行った。主な回答を表 4 に示す。

表に示したアイデアの他にも、授業中の児童の発言の中でもより本物志向で、大きなサイズのものを作りたいという発言がみられ、3D プリンタを活用した学習が児童に抵抗なく受け入れられている様子が見えられた。

一方で、小学校 2 年生なりに様々なアイデアを巡らせて

表 4 児童のアイデア
Table 4 The idea of students.

実際に出力可能と考えられるアイデア	<ul style="list-style-type: none"> ● クラスの壁に飾るもの (みんなで合体した何か) ● 色々な色をかさねた虹 ● 羽を動かせる蝶々 ● 起動装置を中に入れたりモコンで動くもの ● 動く犬 (目) ● 千手観音さまと家 ● 自分のマネキン ● ペンマーク ● 緑色の虫取りあみ ● 手じょう ● 部品を作って、組み合わせて動かすもの ● 大きい作品 ● 大きなアクセサリ ● モノを見ながらそっくりなモノ
実際には出力不可能と考えられるアイデア	<ul style="list-style-type: none"> ● 国語の教科書 ● 赤白ぼうし ● セーター ● I 組の緑の本物の大きなすべり台 ● 本物サイズのボーダーコーラー

いるものの、3D モデル作成の学習を一度行っただけでは、現状の 3D プリンタでは出力不可能か、あるいは、3D モデルのみ作成可能なものが多くある。表のように赤白ぼうし、セーター、国語の教科書など、現状の 3D プリンタ出力の素材に合わないものや、大型のすべり台のように物理的に不可能と思われるものである。児童が 3D プリンタを使えば何でも作ることができると錯覚してしまう実態が浮かび上がったといえる。3D モデル作成と、作品のプリントアウト (出力) を切り離れたかたちでの学習ではなく、最初から最後まで児童自身で取り組むことができる連続性のある学習活動を計画し実践することが必要と感じた。

このように 3D モデル作成を行った後に、教員 (筆者、鈴木) が出力 (プリントアウト) をし、その完成品を児童たち全員に配布した際には、「コンピュータでデザインした立体のものが、実際に手に触れるモノとなって、出来上がってうれしい。作ったモノは、大事にします」、「私はトマトを作りました。とてもかたくて、プラスチックみたいでした。これを使って、遊んでみたいです」といった感想が寄せられている。3D モデルを作成し、その設計図をもとに出力 (プリントアウト) されることで、自分のデザインしたモノが実物の造形物として目に見えるかたちで表現されたことで「ものづくり」の楽しさを実感できた様子が見えられた。

5. 考察と結語

5.1 3D プリンタ学習の可能性に関する考察

以上の実践や調査から、指導者としての教員が感じる手応えとして、小学校低学年における 3D プリンタ学習の課題と可能性は、以下のことが明らかとなった。

- (1) 小学校低学年生で 3D モデル作成は可能である。
- (2) 3D プリンタ出力を低学年の児童に行わせるには継続的な学習経験と教員のサポートが必要である。
- (3) 出力のデモンストレーションを行う程度で 3D プリンタによる「ものづくり」の一連の工程を理解することはできる。
- (4) 3D プリンタの仕組みの理解、材料に関する科学的理解については概要程度の理解はできる。たとえば、3D プリンタで出力 (プリントアウト) するには、PC でのお絵描きを印刷するように短時間で出力できるわけではないといった程度である。
- (5) 3D モデル作成のみの学習 (出力のデモンストレーションのみ) では、実際の出力を想像できない児童もいる。そのため、実現不可能 (3D モデルでは可能) と考えられるものを作りたいという欲求が生まれる傾向がある。3D プリンタによる「ものづくり」学習では、モデル作成だけでなく、出力についても児童に行わせたり、仕組みや材料に関する連続性のある学習をしたりすることが必要になると考えられる。

- (6) 3D モデル作成の「描いている自分の目を動かす一視点を変える」という空間認知は、1 時間程度の経験でおおむね理解できる。また、後工程でパーツを追加する 3D モデルの作成はやや高度なスキルが求められるものの、継続的な学習によって可能であると思われる。
- (7) 「ものづくり」学習のほかにも、視点を変えるという空間認知の観点から、小学 5 年生で学習する算数の「立体図形」の単元において有効かもしれない。また、創意工夫や表現力を身につけることに重点を置く学習であるならば、必ずしも出力しなくても、自由な発想で 3D モデル作成のみを行うカリキュラムが有効であると考えられる。
- (8) 3D モデル作成を通じて、児童たちが自主的に他の友だちに操作方法を教えたり、アイデアを提供したりするなど協働する様子がみられた。
- (9) 3D プリンタ学習に対する関心・意欲は非常に高い。
- (10) 抽象的なものよりも、児童に身近なもの、今現在興味関心が高いものなど具体的なものをテーマにした作品が多くなる傾向がある。また、よりリアルなもの、自分の手のひらサイズ以上の大きなサイズのものを作りたい、様々な素材のものを作りたいという欲求が増える傾向がある。
- (11) 3D プリンタ学習は、PC で作成したモデルを出力することによって、実物を手にとることができるため、タブレット端末などによる学習では得られない喜びを感じることができる。

5.2 3D モデリングソフトウェアに関する考察

本実践では、3D モデリングソフトウェアとして、Sunny 3D を使用した。実践クラスの児童たちは、低学年生の段階から、タブレット端末と PC を身近な文房具（ツール）として、様々な学習場面で活用できる情報活用能力の基礎・基本は身につけている。しかし、初めて触れる Sunny 3D は、子ども向けにシンプルな操作性を備えている点と、児童にとっては、難しく感じる点の両方があったといえる。

Sunny 3D に関する考察は以下のようにまとめられる。

- (1) 操作開始の段階では、自分の頭の中のイメージどおりに作品を描くことができず、ストレスに感じた児童もいたようである。
- (2) 一筆書きの要領で、描画できる立体物の作品には向いている。たとえば、バナナ、ハート、ボール、丸みのある生き物などのシンプルな造形物の制作については、2 つ目の作品として複数の児童が簡単に制作を行っていた。
- (3) お絵描きソフトウェアのような感覚で、フリーハンドで描いたものを自動的に立体へと補正してくれる機能が備わっている。これは、小学校低学年生でも簡単に立体物を制作できるという意味では、本ソフトウェア

の特徴的な機能といえる。

- (4) 一方で、直線、平面、円などの図形を描く機能、いわゆる図形描画ツールがないため、直線、平面、円などの基本的な立体を描画することはできない。
- (5) 部品を後工程で作成し、本体と部品をつなげる工程には、高度なスキルの習得が必要である。たとえば、飛行機、ロボット、文字やマークなどのパーツの多い複雑なモデルの作成には、経験の積み重ねが必要である。

5.3 3D プリンタ学習に必要となる ICT スキル

本研究では、クラスの児童全員を対象に 3D プリンタ出力のための 3D モデル作りに初めて挑戦する実践授業を行った。結果として、小学校低学年の一斉授業において、3D プリンタを活用して、国語や算数、生活科といった教室での教科学習の授業内容と今後どのような連携・連動が可能かを検討することを目指したものである。これらの目的群をふまえたうえで、実践の前に習得しておくべき ICT スキルは、以下のように整理できる。いずれのスキルや知識も、3D モデリングソフトウェアで描画する際に必要となる項目であり、小学校低学年生であっても経験を積むことにより、習熟が可能な基礎・基本的なスキルである。

- PC のマウス操作の習熟
 - たとえば、「ポケモン PC チャレンジ」*⁹ PC 教材ソフトを使ってのマウスの操作練習
 - 論理パズルゲーム「ズンビーニ」*¹⁰を使ってのマウスの操作練習
 - マウスを使っての Web サイトの閲覧など
- お絵描きソフトウェアの起動と描画
 - たとえば、Windows の「ペイント」の使用
- 様々なお絵描きソフトウェアを使って繰り返し描画する練習
 - たとえば、フリーウェアの子ども向けお絵かきソフトウェア「PenFun」*¹¹の使用
- ローマ字入力によるタッチタイピングの習得
 - 自分の名前や、友だちの名前をローマ字で入力できる
 - タッチタイピング練習ソフトウェアの使用
- 描画した作品にファイル名をつけて所定のフォルダに保存する
 - 指定したフォルダに、自分の名前をファイル名として保存することができる
- 保存したファイルを再度、「開く」操作と、「別の名前を

*⁹ 株式会社ポケモン, “ポケモン PC チャレンジ”, URL https://www.pokemon.co.jp/corporate/press/objects/pdf/poke_140320.pdf (参照 2016-04-30)

*¹⁰ インターチャネル・ホロン, “ズンビーニ”, URL <http://www.itmedia.co.jp/pcupdate/articles/0505/12/news071.html> (参照 2016-04-30)

*¹¹ nappa (Nakano Hiroyuki), “PenFun”, URL <http://www.kisnet.or.jp/nappa/software/penfunwin/penfun.html> (参照 2016-04-30)

つけて保存する」操作などのファイルの基本的な操作

5.4 結語

本授業実践では、小学2年生を対象に、クラスの児童にとって初めての3Dモデリングの学習活動を行い、40分間の授業時間内に全員が3Dモデルを完成させることができた。小学校低学年生の一斉授業において、3Dプリンタ出力のための3Dモデル作成の学習活動は可能であったということが出来る。

学習活動の目当てである「自分だけのオリジナル立体物を3Dモデリングソフトウェアを使って制作することで、3Dプリンタに興味を持ち、アイデアを立体的に表現することを楽しみながら理解する」ことが達成できたといえる。

3Dプリンタをはじめとするデジタル・ファブリケーション機器の活用可能性は幅広い。もちろん、3Dプリンタ学習を中学校技術科や高等学校のように「ものづくり」学習として位置づけるか、それとも、小学校の教科の一般的评价観点である思考力・判断力・表現力や創意工夫し、(技能として)表現する力を身につけるための学習として位置づけるかによって、その取扱いは変わるだろう。

本実践校では、公立校にはない専科・情報科を設置しており、PCの基本的な使い方やお絵かきによる表現などは学んでいる。この情報科で3Dプリンタ学習を実践する場合にはどういったねらいやカリキュラムを組むかについては今後の検討課題である。また、国語、算数などでも日常的にタブレット端末などのICTを児童が活用している。しかし、3Dプリンタ学習は、児童にとって、こうしたICTの利活用とはまた別の新しい経験であり、児童のモチベーションも高いようである。

今後は、情報科やものづくり学習のような特別な学習としての教材開発・授業デザイン研究を進めるとともに、算数科などでの3Dプリンタ学習についてもカリキュラム開発を進めていく予定である。

参考文献

- [1] 首相官邸：世界最先端 IT 国家創造宣言 (online), 入手先 (http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/pdf/it_kokkasouzousengen.pdf) (参照 2016-04-30).
- [2] 佐藤 博, 山主公彦：3Dプリンターとものづくり教育, 山梨大学教育人間科学部附属教育実践総合センター研究紀要, Vol.19, pp.13-25 (2014).
- [3] 山口修一：3Dプリンタ最前線—技術概要 情報産業へのインパクト最新動向(後編), 情報処理学会誌, Vol.56, No.4, pp.386-392 (2014).
- [4] 鈴木二正, 西山由麻, 大川恵子：慶應義塾におけるタブレット授業の実践, 日本デジタル教科書学会 2014 年度年次大会(新潟)発表原稿集, Vol.3, pp.21-22 (2014).
- [5] 鈴木二正, 西山由麻, 芳賀高洋, 大川恵子, 村井 純：小学校1年生におけるタブレット端末を活用した授業実践と評価, 情報処理学会論文誌 教育とコンピュータ, Vol.1, No.4, pp.21-37 (2015).
- [6] 原田恵理子, 森山賢一, 鈴木二正ほか(著)：ICTを活用

した新しい学校教育, 北樹出版 (2015).

- [7] CNET Japan：「3D プリンタ」を教育分野へ—メーカー主体で進む事例づくり (online), 入手先 (<http://japan.cnet.com/sp/3Dprinter/35051425/>) (参照 2016-04-30).
- [8] 神戸電子専門学校：インダストリアルデザイン学科教員が中学生向け 3D プリンターセミナー (online), 入手先 (<http://www.kobedenshi.ac.jp/whatsnew/2015/09/%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%83%80%E3%82%B9%E3%83%88%E3%83%AA%E3%82%A2%E3%83%AB%E3%83%87%E3%82%B6%E3%82%A4%E3%83%B3%E5%AD%A6%E7%A7%91%E6%95%99%E5%93%A1%E3%81%8C%E4%B8%AD%E5%AD%A6%E7%94%9F%E5%90%91%E3%81%91>) (参照 2016-04-30).
- [9] i-MAKER.news：オーストラリアの教育機関が 3D プリンターを導入 (online), 入手先 (<http://i-maker.jp/3D-print-australia-education-586.html>) (参照 2016-04-30).



鈴木 二正 (学生会員)

1998 年慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科修士課程修了。現在、慶應義塾幼稚舎教諭。慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科博士課程在籍。



芳賀 高洋 (正会員)

1993 年千葉大学教育学部卒業。1997 年同大学大学院修士課程修了。教育学修士。2007 年お茶の水女子大学附属中学校教諭。2012 年岐阜聖徳学園大学教育学部准教授。2015 年電子情報通信学会技術と社会・倫理研究会

(SITE) 幹事。



大川 恵子 (正会員)

2000 年慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科博士課程修了。博士(政策・メディア)。2008 年慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科教授。



村井 純 (正会員)

1979年慶應義塾大学工学部数理工学科卒業。1981年同大学大学院修士課程修了。1987年同大学院博士(工学)。1984年東京工業大学助手。1987年東京大学助手。1990年慶應義塾大学助教授を経て、1997年より同大学教授。

1999年より2005年まで慶應義塾大学SFC研究所所長。2003年よりAuto-IDラボジャパン所長。2005年より2009年まで慶應義塾常任理事兼慶應義塾大学環境情報学部教授。2009年慶應義塾大学環境情報学部長・教授。