
小学生の表現とものづくりにおけるICTの 活用に関する考察

—放課後クラスでの3Dプリンタおよびカッティングマシン導入—

亀井美穂子

宮下十有

加藤良将

鳥居隆司

1. 背景

近年、3次元（3D）プリンタなどのデジタル工作機械は、小型化、低価格化により普及段階に入り、個人でも利用可能となってきた。3Dプリンタは、その技術の可能性から、諸外国でも学校教育に導入されている（Sylviaら 2012）。3Dプリンタを支える技術は、「デジタルデータから直接様々な造形物を作り出す」という付加製造技術により、精密な工作機械としての発展可能性と、個人も含めた幅広い主体のものづくりツールとしての発展可能性の2つの方向性を持つと考えられている（経済産業省製造産業局・産業技術環境局 2014）。また平成28年度情報通信白書（総務省 2016）には、この技術のメリットとして「製造技術では作製困難なものが作製できる点」だけでなく、「個人レベルでの新しいものづくりが可能となり、これまでものをつくる行為に携わっていない人々のものづくりへの参画や、組織に属さずとも高度な工作機器を使用した自由なものづくりが可能」になるとも指摘されている。個人レベルで製造ができるようになると、必要なものを必要なだけつくることもでき、これが社会全体で実行可能になると、現在の消費社会を見直す具体的な方法となる可能も持つ。3Dプリンタは、それほど社会全体と個人の双方に大きな影響を与える技術として捉えられているのである。

この個人のものづくりを支援している取り組み

の一つとして「ファブラボ」(渡辺 2014)がある。永井 (2014) は、3Dプリンタの技術が関わるものづくりは「製造産業」だけでなく、「個人のライフスタイル」「芸術」の3つの主要な場があるとした上で、ファブラボなどに見るマインドは製造産業の場と異なり、「ミッションというより作ることそのものの喜びや楽しさ、あるいは市場からの解放を実現する自律、自由を求めるマインドが中心」になると指摘する。製造産業における3Dプリンタの活用は、学校教育では中学校の技術・家庭科の中で今後実践が行われていくだろう。一方で、作ることそのものの喜びや楽しさは、図画工作科の作ることに對する考えが重要になってくると考える。平成29年度改訂の学習指導要領の中で、小学校での図画工作科の目標として、「表現及び鑑賞の活動を通して、造形的な見方・考え方を働かせ、生活や社会の中の形や色などと豊かに関わる資質・能力」の育成の一つに「つくりだす喜びを味わうとともに、感性を育み、楽しく豊かな生活を創造しようとする態度を養い、豊かな情操を培う」ことを目指すとある。また、コンピュータに関する記述でも、「コンピュータは、その特長を生かして、何度でもやり直したり、色を変えたりするなど、様々に試しながら表現の可能性を広げていくことができる」とあるように、図画工作科の造形表現の授業では、これまでも、子どもたちの表現やものづくりに資するコンピュータの可能性を検討する研究が学校現場で行われてきた。小学校でのコンピュータを用いた描画を行った研究では（降旗ら 1996、1997）、コ

コンピュータの可能性について、子ども自身の自主的な学習活動が促されるとともに学習意欲が高まること、絵の具や筆と同じような新しい表現媒体としての可能性を持つこと、またディスプレイ上で試行錯誤が容易であることから、絵画に伴う時間的な労力や忍耐や表現上の苦勞の少なさ、さらに複数人での協同で学習活動を行う場合の新しいコミュニケーションの場をあげられている。一方でコンピュータを使うことのマイナス面も指摘されてきた。地道に取り組む表現過程の欠落による時間や労力をかけること、ものに関わらないことによる身体性の欠如が指摘されている。しかし、デジタルデータから実在のものを作る3Dプリンタやカッティングマシンを用いる場合については明らかではない。

そこで本研究では、デジタル工作機器の中でも3Dとプリンタやカッティングマシンなどのデジタル工作機械を用いた実践を行い、子どもたちが作りたいものを制作できるよう支援を行い、その中で、デジタル工作機械が自発的なものづくりをいかに支援できるのか、また活用の際の学習環境がどうあるべきかを検討する。子どもたちがデジタル工作機械を用いてもものづくりをする機会は、現時点ではまだ限定的である。しかしこのような社会と個人双方に関わってくる技術革新であれば、学校教育だけではなく、社会全体で学習機会の提供を考える必要がある。学校教育の技術・家庭科や、図画工作や美術の方向性を見据えつつも、技術の変化がめまぐるしい中で、授業では補えないことは何か、このような技術の進展が、社会と個人にどのようなインパクトをもたらすか検討しながら、子どもたちがデジタル工作機器でものづくりを通じた表現活動の可能性を探る。

2. 放課後クラスにおける実践

2.1 研究の目的と方法

本稿では、子どもたちがものづくりを通じた表現に取り組む際に、3Dプリンタやカッティングマシンといったデジタル工作機械を用いた際、道具や素材にいかに関わりながら表現を行うのか、放課後クラスにおける実践と観察を通して、その可能性および導入する際の課題を検討することが目的である。

対象としたのは、愛知県名古屋市にある私立小学校で、筆者らが運営する週に1回年間30回、放課後の午後16時から50分間、「デジタル・クリエーション」という名称の放課後クラスである。希望して参加した3年生から6年生までの児童20人（全て女兒）が所属する。本稿では、デジタル技術を活用した活動の中から、2015年および2017年および2018年に行った3Dプリンタとカッティングマシンを取り入れた制作活動を対象とした。

2.2 放課後クラスの概要

本クラスでは、PCや道具を使いこなすことが目的ではなく、ものづくりや遊びを通して、道具やものづくりの工程に慣れ、いずれ独自で表現したい、作りたいものを実現できるようになることが目的である。映像を撮影して編集、あるいはストップ・モーション・アニメーション、プログラミングによるアニメーションなどの映像制作、電子工作や電子部品を用いた紙工作に加え、2015年以降、3Dプリンタやカッティングマシンを使った制作を思い思いに取り組める場としている。全員が一度に取り組む場合もあるが、どのようなものが作れるか、どんな技術が必要か、ということを紹介した後、子どもたちは自由に制作に入っていく。

体制は、亀井美穂子、宮下十有が実践者としてデジタル・クリエーションの運営を担当し、3Dプリンタに関する技術提供およびサポートは加藤良将、鳥居隆司が担当した。また常時参加する学生サポーターは、2016年度は文化情報学部から塚崎美緒、新美瑛里子が、教育学部から阿部眞子が、2017、2018年度は文化情報学部の大崎彩花、高橋佑果が、藤田美樹が2018年度から、年間を通してサポーターを担当した。

毎時活動が終わったらリフレクションを行い、気付いたことを共有し合う。本稿では、子どもたちが自由に制作する中、3Dプリンタと2Dカッティングマシンを導入し、子どもたちが自主的に取り組んできた児童とその活動の中から、特徴的な児童の様子について検討した。

3. 実践の結果

3.1 3Dプリンタ活用

2015年にはXYZ Printing社製のダヴィンチ1.0 AiO (3Dスキャナ付) を1台持ち込みで使用、2017、2018年は、常設としてXYZ Printing社製のダヴィンチMini wの3Dプリンタを1台導入した。いずれも取り扱いが容易な熱溶解積層タイプのものであり、またフィラメント素材はとうもろこしを原料としたPLAを選定した。2015年は白色と黄色のフィラメントを、2017年以降は、透明、白、ピンク、グリーン、ブルーを用意した。

事例1 (2015年)

3Dプリンタを導入した2015年には、子どもたちが3Dプリンタで立体的に印刷したいものを、まず紙粘土を使って作り、それを実践者が1週間かけて3Dスキャンを使ってデータ化した(宮下ら 2016)。3Dスキャンと3Dプリンタは美術品のレプリカを作る際などで美術館でも利用される方法であり、PCでのモデリングに慣れない児童

でも3Dデータを作成することができた。児童らは、動物やキャラクター、果物や食べ物(寿司など)、球体を作成した。そのデータをもとに、実物大での印刷の他、拡大したものと縮小したものを印刷した(図1)。



図1 紙粘土からスキャンして出力した作品(手前右はマジックで着色した作品)



図2 発表会で3Dプリンタを紹介

子どもたちそれぞれのデータを全て目の前でスキャンし出力する時間はなかったため、一部の作品のスキャンと印刷の様子を見せた。見

童の中には印刷中、タブレットで終始撮影するなど、強い興味を示す様子が観察された。この児童は、白と黄色の単色のフィラメントで印刷したものに、マジックで色を塗り、色に対してもこだわりをもって取り組んでいた。また、年度末のクラスの発表会では、どうやって3Dプリンタで作品を作ったのか、そのプロセスをテーマに発表した(図2)。

その他の児童も、3Dスキャニングによりデジタル化することで複製や大きさの変更が可能であることを知ると、拡大や縮小して印刷するよう希望する児童も出てきた。

年度末の作品発表会で、「ほんものはどっち？」と題して、紙粘土とプリントアウトしたものを同時に展示したところ、鑑賞する側の児童は、白いフィラメントでできた方を本物と答えていた。紙粘土が本物であることを伝えると、信じがたい様子であった。素材となるフィラメントと出力したものと、紙粘土の手触りを確認したり、出力したものを複数個見せて説明したりすると、納得した様子であった。

事例2 (2017年)

3Dデータの作成は、XYZ Printig社提供の専用のアプリケーションXYZ makerを利用して3Dモデリングを行った。3Dモデリング用ソフトウェアの中には、球や三角錐やアルファベットなどのデータが用意されており、これを組み合わせて作品を作ることが可能である。このサンプルを使って単体で印刷した例としては、二人の児童N(4年生)は、学校のクラス担任にプレゼントするための担任のイニシャルと、当時制作していたアニメーションに登場させるための自身のイニシャルのアルファベット文字を印刷した。児童H(5年生)は、円柱と四角とを組み合わせたカメラを模したオブジェクトの上に自身のアルファベットを組み合わせて印刷した。児童R(4年生)は、親戚の結婚式にプレゼントとするための作品とし

て、輪と数字を用いて結婚記念日を示す日付の入ったものを制作していた。児童KW(4年生)は、ドーナツ型と多面体を組み合わせて指輪を制作した(図3)。しかしサイズの調整に手間取っていた。指のサイズを測らずに制作してしまい、指輪が大きすぎたためである。事前にサイズを測る必要があること、また画面でのサイズ設定を確認する必要があることを、失敗を通して気付いていた。

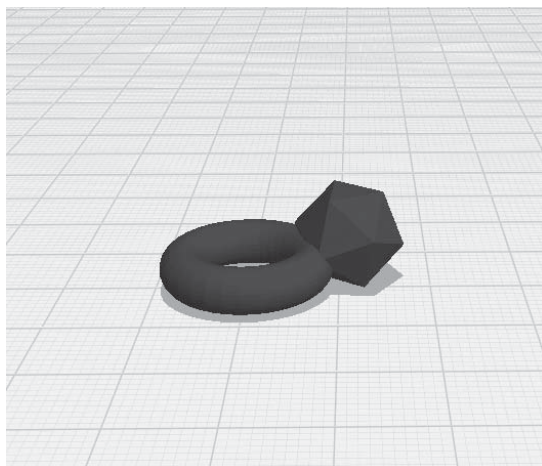


図3 児童KWの作品装飾品をモデリング

事例3 (2018年)

近年は、インターネット上に制作したモデリングデータをアップロードし、規約に基づきながらデータをダウンロードして印刷できるサービスがある。3Dでどのようなものが制作可能なのを知り、また近年のデジタルファブリケーションを支えるサービスについて知る上でも、3Dプリンティングのためのクラウドサービス(Thingivers)を紹介し、印刷そのものは実践者らが代行することを伝え、制作してみたいものや印刷したいものを申請してもらった。申請する際には、そのデータの作者を書くようにした(図4)。このような制作物には著作権があることを知っておくためでもある。また、キャラクターの出力を求めてきたことから、この作者が著作権の許諾を得ているか

どうかを考えてもらうということもあった。

その結果、児童が選んだものは、動物やキャラクターなどのいわゆるフィギュアや、本を模した小箱、スマートフォンスタンドやスマートフォンのカバー、また指輪やペンダントトップのようなアクセサリー、コマなどの遊ぶ道具を選んだ。事例1と同様、色のこだわりを見せた児童は、直接、マジックで着色をしていた。



図4 出力したい3Dデータワークシート
(デザイン：大崎)

3.2 カuttingマシンの活用

カuttingマシンでは、紙やポリプロピレン材 (0.2mm程度) のもの、シール紙などを切って、切り絵のように絵画的なものを出力することもできる。アプリケーションシートと呼ばれる透明なシールを使えば、カッターであれば切り取られて使えなくなるパーツを残すことができるため、二通りの表現も可能である。また箱の展開図などを出力し、立体作品にすることができる。導入したブラザー社のScanCut CM300は、専用ソフトウェアでデータをPCで作成し、そのデータをマシン

に接続して出力したり、マシン内臓データを用いて紙を出力したりすることもできる。また、本体のみでスキヤニング機能や簡単なデータ変換処理もできるため、PCを使わずに画像を読み込み、デジタル化したデータを白と黒に変換して、切り取り線を指定し出力することが可能である。

中でも児童M (3年生) は、2年間にわたってカuttingマシンへ強い興味を示した。

事例4 (2017年)

児童Mは、カuttingマシンに内蔵されているデータを頻繁に出力していた。最初は、カッターで切り抜くと時間がかかると思われるような複雑な図案を選んで出力していたが、出力するにも、またカットされたものを台紙から取り除くのにも時間がかかることに気付き、その後は単純な図案を選んで出力するようになった。また学生サポーターが、スキャン機能を活用して雑誌から図案を直接切り抜いていたのを見て、A0の模造紙に、大きな木を描き、切り抜いた写真を葉っぱに見立てて貼り、コラージュ作品を完成させていた。

事例5 (2018年)

実践4の児童Mは、4年生になると準備も一人でできるようになり、他の児童に比べてマシンの使い方に慣れていった。ほぼ毎回クラスが始まる前からカuttingマシンを取り出して使うようになっていった。しかしマシンに内蔵されている簡単な図案を何枚も出力する様子が二週間にわたって観察されたため、その理由を尋ねたところ、「お友達からお願いされたから」「お友達にあげたい」と答えている。他者へのプレゼントが、制作の動機となることも尊重することも必要ではあるが、コンピュータを活用する既知の欠点の一つ、こだわりの欠如とも捉えることもできる。他の素材を出力することを提案したところ、大量に出力する様子は見られなくなった。カッターやはさみに比べてきれいに切れ、また一度に同じものが複

数枚、出来上がるので、一つのものに時間がかかることもない。手づくりでは実現しなかったことが魅力に感じたようである。その後、この児童は、次の事例6でも紹介する6年生が、映像制作で用いるロゴを手描きし、カッティングマシンでスキャンし、出力していたのを見て、「絵を描くのは苦手」と言いながらも絵を描いたり、家族にプレゼントするために家族の名前をシールに出力し制作したりと、他の使い方へと広がりを見せた。

事例6 (2018年)

児童S(6年生)は、年間を通して映像制作に取り組むことが多い児童である。その中で映像制作の撮影対象として、カッティングマシンを体験した。カッティングマシンを始めた当初は、インターネット上からダウンロードできる図案の中から気に入ったものを、そのまま印刷していたが、箱の展開図を二例出力した後、自身で絵を描いて、スキャンニングによりデータを作成し、オリジナルのステッカーを出力した。事前に、文字を使ったステッカーを例に見せたが、実際にこの児童が制作したのは、映像制作をしているグループで

作ったロゴマークであった。スキャンしてデータを作成する基礎的な操作を一通り理解すると、よりデータ化(二値化)に成功しやすい線の太さを試行錯誤した(図5)。また、作業のプロセスそのものを撮影し、映像作品に取り入れていた。グループのメンバー分だけ、シールを出力して、プレゼントしていた。

3.3 考察

①道具と素材の可能性

3Dプリンタは、粘土からスキャンして出力することについては、初めて3Dプリンタを使う児童にとっては興味を持って作品を制作することができた。素材に対しては、壊れやすい紙粘土から、固い素材となったなどの気付きもあった。また複製したり縮尺を変えたりするなどのデジタルの特性も確認することができた。出力されたものに着色をしたいという欲求も確認されたことから、素材や色へのこだわりを支援することが必要である。モデリングについては単純な組み合わせから制作への継続や広がりが見られず、またフィラメントの色や質感から制作が引き出されることはなかった。他者が制作したデータの出力へは興味を示し、出力したいものへの傾向が示されたが、制作したいのか出力したいだけなのかについては明確になっていない。

次に、カッティングマシンを活用したものづくりでは、特定の児童が、継続的に活用して制作を進める様子が観察された。はさみやカッターを使い慣れていない3年生にとっても仕上がりがきれいで、その素材も薄いものであれば紙やクリアファイル、シールなど、異なる素材を切ることができる。子どもたちは素材や色を変えながら制作に取り組んでいた。また、クリアファイルとシールなど異なる素材を組み合わせた制作も行っていった。選定したマシンが多様な形やアルファベットのデータを内蔵していること、また、スキャン機能の内蔵していること、またPCでインター

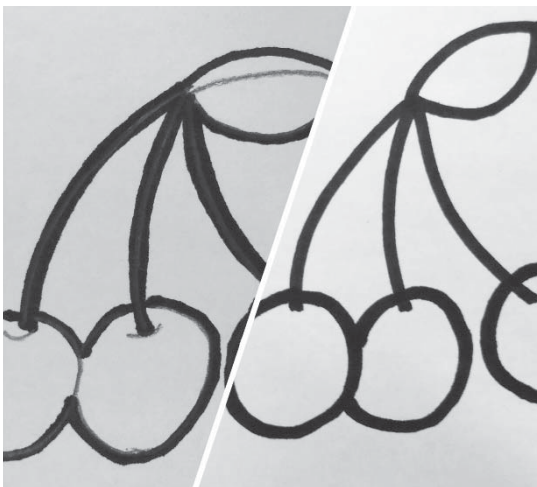


図5 スキャンニング用に線の太さを試行錯誤(最終的に右の線でスキャンニング成功)

ネットに接続して複雑な図面を入手したものを出力できたことなどの複数の方法でデータを準備できたことが、子どもたちの継続的なものづくりを支援した可能性がある。一方で、オリジナルデータを画面上だけで作ることに對しては、時間をかけて制作する様子は見られなかった。この点については仕掛けの開発は今後の課題である。

このようなデジタル工作機械を用いた制作を行う中で共通して観察されたことは、作品が仕上がると、子どもたちは作品を持って帰りたいと希望したということである。データを持って帰るのではなく、出力された、つまり制作した「作品」を持って帰ることを楽しみに取り組んでいる様子であった。もちろん「もの」だから持って帰ることができるから、持って帰りたくなるということは考えられる。しかし児童の様子を見ながら、制作に際しては試行錯誤や失敗や成功を体験していたり、プレゼントしたい相手や、見せることで喜ばれることを想定しながら制作をしていたり、触れることができるものづくりという身体性を伴う活動であったことが背景にあると考えられる。構想したものが画面の中だけで終わるのではなく、形となって存在するものづくりに、楽しさや喜びを感じていたと言えるのではないだろうか。

しかし、形になることによるものづくりの難しさも示すケースもあった。二次元であれば気にしなくてもよかったものの寸法、すなわち長さや高さが、出力時には重要な要素となる。データ化と出力を繰り返し、調整ができるという体験を重ねていくことが、特に小学校段階では必要となろう。

②学習環境についての検討

工作機械の台数は、20人に対して決して十分とは言えない。カッティングマシンも3Dプリンタも、1台ずつで待ち時間も生じた。しかし一方で共有することによって他の児童が何に取り組んでいるのか、自分の作品を離れて垣間見ることができるようになっていると考えられる場面も観察され、他の児童が制作する様子が、他の児童の発想

に影響を与えていることも示唆された。時に、マシンの扱いが得意な児童の独り占めも起こった。「やってあげよう」と言って慣れた児童が代わりにやろうとすることもあった。しかし実践者やサポーターが、「譲り合ってね」「みんなができるようにしてね」という言葉かけをしたり、児童の制作の進捗状況を確認したりすると、子どもたち同士で状況の把握をしたり、譲り合ったり、技術提供をしたりといった場面も観察された。実践者にもサポーターにも、そして児童らにも、協同でものづくりをするという意識を持つための言葉かけが必要であろう。

4. まとめと今後の課題

デジタル工作機器の中でも3Dとプリンタカッティングマシンを用いた実践を通して、子どもたちが作りたいものを制作できるよう支援を行ってきた。子どもたちは、新しい道具と素材を使って、デジタルデータによるものづくりの過程を体験していた。カッティングマシンによるものづくりは、カッターやはさみを超え、ものづくりを支える道具として活用していた。一方で3Dプリンタによるものづくりは、思うように制作をすすめることは難しいと感じつつも、魅力を感じており、他者が制作したデータを出力することは特に身近に感じられたようである。しかし、これらの仕組みは、他者がどのようなデータを作成しているか、またどのようなものが作成可能なのか、ヒントになることもあるが、制作プロセスが含まれていない。そのため、単にダウンロードして印刷して終わり、ということにもなりかねない。創作意欲を高めるデジタルデータの制作への仕掛けは、今後の課題である。

謝辞

本研究を実施するにあたり、椋山女学園大学附

属小学校アフタースクールに関わる先生・事務職員の方々、受講児童の皆さん、学生サポーターの皆さんに深謝いたします。

本研究は平成30年度相山女学園大学大学活性化経費「地域連携による情報化社会を支える子どもたちの学習環境の構築」助成を受けたものです。

参考文献

- 経済産業省製造産業局・産業技術環境局（2014）「新ものづくり研究会」報告書
(http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/seisan/new_mono/pdf/report01_02.pdf 2018/12/31アクセス)
- 降旗孝（1996）コンピュータと造形美術教育：小学校の実証研究から その1、美術教育学：美術科教育学会誌、17：209-218
- 降旗孝（1997）コンピュータと造形美術教育II：児童の創造過程におけるコンピュータの可能性と課題、美術教育学：美術科教育学会誌、18：267-27
- 永井由佳里（2014）3Dプリンターが変えるものづくりのマインド、日本ゴム協会紙87(9) 369-375
- 宮下十有、加藤良将（2015）小学生の表現活動を促進する映像制作～視覚遊び、ものづくりの連携から。2015年度日本映像学会中部支部第3回研究会 発表資料より
- 文部科学省（2017）小学校学習指導要領（平成29年告示）
- 文部科学省（2017）中学校学習指導要領（平成29年告示）
- 総務省（2016）平成28年度情報通信白書
- Sylvia Libow Martinez, Gary Stager (2012) Invent to Learn—Making, Tinkering, and Engineering in the classroom. Constructing Modern Knowledge press. 阿部和広監修、酒匂寛訳（2015）『作ることで学ぶ—Makerを育てる新しい教育のメソッド』
- 渡辺ゆうか（2014）ほぼあらゆるものをつくるファブラボファブラボ鎌倉における実践とその可能性、情報管理、57(9) 641-650

かめい・みほこ / 文化情報学部准教授

E-mail : kamei@sugiyama-u.ac.jp

みやした・とあり / 文化情報学部准教授

E-mail : toarim@sugiyama-u.ac.jp

かとう・よしまさ / 文化情報学部助手

E-mail : ykato@sugiyama-u.ac.jp

とりい・たかし / 文化情報学部教授

E-mail : torii@sugiyama-u.ac.jp