

小学校におけるデジタル加工学習教材の試行について

岡村 吉永・藤田 千鶴*¹

Trial of Learning Materials on Digital Processing in Elementary Schools

OKAMURA Yoshihisa, FUJITA Chizuru*¹

(Received December 14, 2023)

キーワード：デジタル加工機、レーザーカッター、ネームプレート作り、STEAM 教育、小学校

はじめに

周知のとおり、GIGA スクール構想において「Society 5.0 時代に生きる子供たちにとって、PC 端末は鉛筆やノートと並ぶマストアイテム」であるとされ、「1人1台端末とクラウド活用、それらに必要な高速通信ネットワーク環境の実現」（文部科学省，2019a）が打ち出されている。その後の新型コロナウイルス感染症の拡大に伴い、2023 年度末までにとしていた児童生徒を対象とした1人1台端末の整備は一気に進んだが、その活用は緒に就いたばかりとあってよい。

こうしたことを踏まえ、本研究では、情報技術を生かした授業の工夫として、デジタル加工機を使った学習の提案とその実践を行った。デジタル加工機については、中学校教材整備指針の技術・家庭科（技術）（文部科学省，2019b）に3Dプリンターが載せられたように、今後学校教育用としても普及が進むと予想される。ただし、具体的な取り組みは始まったばかりとあってよく、これまでに報告された実践例をみても、生徒が数学的モデルを理解するための補助教具（濱口・高遠，2019）や立体的な地形図を3Dプリンター造形して社会科や理科で使用（川島ら，2019）といった加工完成品を使用するものが多く、加工というプロセス自体を学習に取り込むことについてはあまり意識されていないようである。

またこれに加え、情報技術に関連する教育として STEAM への関心が高まり、その推進も叫ばれるようになってきた。例えば文部科学省では、「STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) に加え、芸術、文化、生活、経済、法律、政治、倫理等を含めた広い範囲で A を定義し、各教科等での学習を実社会での問題発見・解決に生かしていくための教科等横断的な学習を推進することが重要」（文部科学省，2023）としている。STEAM 教育については、その原型である STEM 教育が、生産に関わりの深い分野で構成されていることから明らかなように、「ものづくり」すなわち加工のプロセスをして有用な学習対象あるいは手段とすることが考えられる。その際、様々な分野の融合的な学びが STEAM 教育の特徴であることを意識し、それが単なる組み合わせではなくベストミックスが図られるようにすることも重要である。また、STEAM 教育の枠組みで捉えるなら、そこでの学びが個人または一つの組織内で完結する必要もない。例えば、分業的な学びによってどのような効果や効率が得られるのかなど、新たな学びの形についても工夫、検討されるべきだろう。

以上のような課題意識をもとに、本研究では、小学校においてどのようなデジタル加工学習が可能なかを検討するため、授業実践を通してその有効性や改善点などを探ることとした。その際、学習活動におけるベストミックスを意識し、授業を実施する過程における分業とそこで必要となる連携の在り方についても実証的な取り組みを行った。

1. 目的

* 1 防府市立松崎小学校

本研究では、ギガスクール構想による1人1台端末を背景に、情報技術を生かした新たな学習教材の提案を行い、その効果や課題について検討する。提案する教材の対象者は、ある程度コンピューターの操作に慣れた小学校高学年とし、STEAM教育を意識した教材およびその授業構成の提案を目的に含める。なお、STEAM教育に関しては、その原型であるSTEM教育が生産と関わりが深いことを踏まえ、デジタル加工機を軸に据えた学習構成とする。

また、研究では、小学校と他機関（今回は大学研究室）とが連携することでどのような教育活動が可能となり、それが児童にとってどのような利点を生じるのかについても着目する。例えば、これまでの一貫作業型の学習では、いかにセンスやアイデアが良くても、加工など一部の作業が苦手だとなかなか良い作品が完成しないというように、スタートからゴールまでの全学習段階で一定レベルのスキルや能力の発揮が求められてきた。残念ながら、一部の弱点がその学習全体を苦手にさせてしまう、すなわち「角を矯めて牛を殺す」様なことが学習で起きていたかもしれない。

これへの対策として、本研究では、作業の一部を他者に委託する非一貫型（外注型）の学習を提案し、それが学習者にどのように受け入れられるのかを探らうとする。その手始めとなる今回は、デジタル加工機を用いて加工作業のみを委託する形とした。

2. デジタル加工学習用教材

本研究で用いるデジタル加工機には、加工の仕組みが理解しやすく、作品を完成させるまでの時間が比較的短いという点を考慮して、レーザーカッターを選択した。レーザーカッターは、レーザーの熱によって素材を加工する機械で、発するレーザーの強弱によって素材の表面に溝を掘ったり、溶断したりすることができる。レーザー自体に関する内容を別にすれば、加工原理そのものは比較的単純で、レーザーを発するペンを機械に持たせ、素材に絵を描かせることに近い。

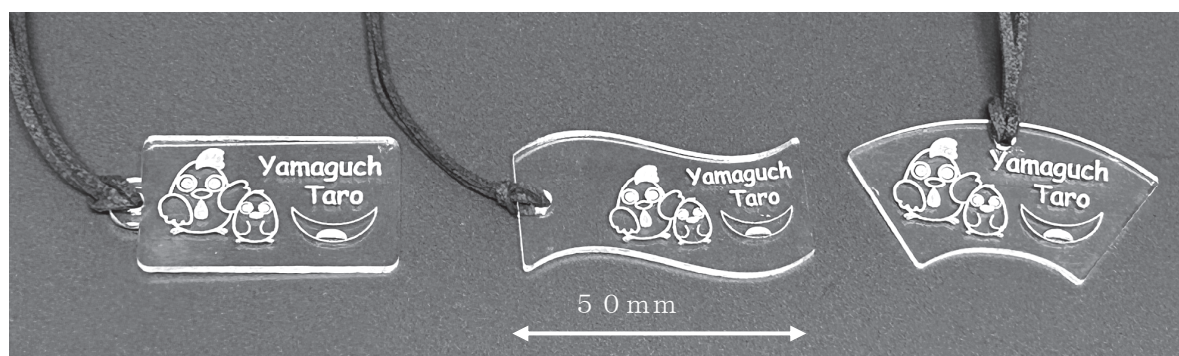
研究では、こうしたレーザーカッターの特徴を生かした学習用教材として、まずアクリル板やMDF材を用いたいくつかの試作品を製作した。これらの試作品をもとに、素材や大きさ、学習内容等を実践を行う学校側と協議し、アクリル板を用いたネームプレート教材化することにした。

2-1 教材の概要

研究に供した教材の見本を図1に示す。素材は、厚さ3mmの透明アクリル板で、外形は3種類、サイズについては、児童がランドセルなどの身の回り品に取り付けた際に邪魔にならないことを配慮した。

この教材の特徴は、「児童自身が行う作業（内製作業）」と「児童が内容を指示し、児童以外のものがそれを代行する作業（外注作業）」で構成される点にある。目的でも触れたように、小学校での“ものづくり”は、アイデアやデザインなど初期の構想から加工を経て、完成までを個人が行う一貫作業型が一般的である。その一連のどこかに苦手なものがあると、それが原因となって良い作品が完成しないという結果を生じやすい。本教材は、こうした問題の解消に向けて、加工作業部分を他者が代行する方式を試みた。

具体的には、図2に示すように、児童は、まず各自の学習用パソコン（クロームブック）を用いて、ネームプレートに刻印するデザインの作成を行う。その後、ネームプレートの外形や刻印面の選択、さらにネ



外形：四角

外形：ウェーブ

外形：扇

図1 研究に供した教材（見本）

ームプレートに付けるひもの色を選択し、それを図3の注文用紙に書き込む。いうまでもなく、現代の工業製品の多くは、複数の企業等が作業内容を分割し、最終的に一つの製品として完成させることが一般的となっている。本教材は、そうした製造におけるプロダクションモデル（ただし、金銭の授受は行わない）に対する実感的理解を育むことも意図しており、教科横断的な学びを推進する STEAM 教育の実践となるよう図っている。

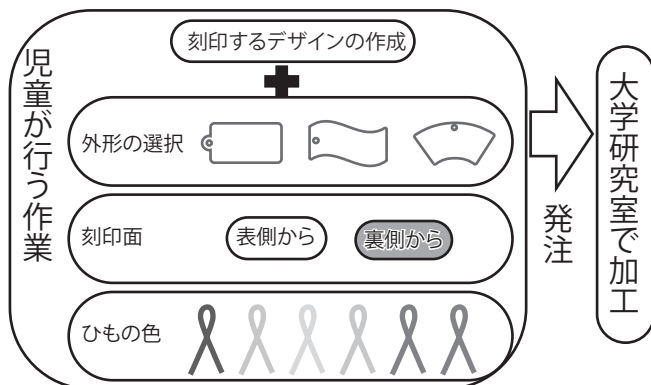


図2 授業概要

ネームプレートご注文用紙			
年	組	出席番号	名前
ネームプレートの形			
<input type="checkbox"/> ウェーブ		<input type="checkbox"/> おうぎ	
<input type="checkbox"/> 四角			
レーザープリントをする面			
		<input type="checkbox"/> 表 <input type="checkbox"/> うら	
ひもの色			
<input type="checkbox"/> 赤	<input type="checkbox"/> ピンク	<input type="checkbox"/> 水色	<input type="checkbox"/> 黄 <input type="checkbox"/> 紫 <input type="checkbox"/> 茶
完成品 貼りつけ位置			

図3 注文用紙（一部）

2-2 連携する他機関（大学研究室）での作業

連携する他機関としての大学研究室では、児童が作成したデザインデータと注文用紙をもとに、レーザーカッターでネームプレートの加工を行った。その後、完成したネームプレートおよび児童が指定した色のひもを一緒に注文用紙所定欄に貼り付けて児童に返す流れとなる。

レーザーカッターでの加工に際しては、まず児童のデザインデータをレーザーカッターで加工するための前処理が必要となる。具体的には、イラスト用アプリケーション（Adobe Illustrator）で児童のデザインデータを読み込み、これを事前に準備したネームプレート用の外形枠と合成する。その際、不鮮明だったりコントラストが不十分だったりしてレーザー加工に適さないデザインについては、児童が作ったオリジナルデザインを損なわない範囲で画像の調整を加えるようにした。

今回使用したレーザーカッターは、図4に示す FLUX 社製の CO2 レーザー加工機 Beambox で、その諸元および加工条件を写真右に載せる。この機の特徴は、比較的コンパクトであるにも関わらず、加工に十分な出力があり、加工エリアも広いことがあげられる。加えて、レーザーヘッド部に備えた HD カメラで材料を確認し、これに合わせてデザインデータの位置や角度を調整することができる。複数の作品を配置して一度に加工できるのは勿論、材料の無駄を減らすこともできる機能は、学校教育用として望ましいといえよう。



使用したレーザーカッター



加工中のレーザーヘッド部

図4 使用したレーザーカッターおよび諸元

機械の諸元

CO2 レーザー加工機
FLUX Beambox 40W (水冷)
加工エリア 縦375 横400 高80 mm

ネームプレート加工条件

彫刻 出力 25%、速度 150 mm/s
切断 出力 60%、速度 8 mm/s

3. 授業実践および結果

授業は、山口市内の公立Y小学校の5, 6年生（各4学級、全247名）を対象に、令和4年12月15～22日の間で実施した。授業は、著者の一人が主に担当し、各学級とも実施回数は1回のみ、最初の説明から注文書の記入、デザインデータの提出までを1校時（45分）内で行った。

3-1 授業実施上の工夫

授業実施に際してまず問題となったのは、レーザーカッターを用いた加工を体験したことが無い児童に、どのようなイラストデータを作成すると良いのかを説明することであった。レーザーカッターは、レーザーの熱で材料を瞬時に焼くことで表面に極小さなスポット孔（今回の機械では約 0.2 mm）を作り、その連続や粗密で線や画像を描くため、その元となるデザインデータは、白（焼かない部分）と黒（焼く部分）の 2 色で作成しなければならない。これを直感的に理解しやすくするため、イラストの濃淡が不鮮明で細かい線が多いイラストおよびそれをレーザーカッターで加工した後の仕上がりイメージ（図 5）を作成し、授



図 5 元画像（上）とレーザー加工後の仕上がり（下）イメージ

（画像元：AdobeStock_229637822）

業の間、黒板に掲示するようにした。また、作成したイラストデザインをどの外形と組み合わせるのか、あるいは逆に外形枠に合わせてどのようにイラストの配置を決めるかという作業を容易にするため、図 6 のような外形をくりぬいた位置合わせプレートを用意した。プレートにあけた穴を通してパソコン画面を覗くというシンプルな方法のため、比較的多くの児童が上手く使えた一方、中には全く使いこなせない児童もいたことからさらに工夫が求められる。

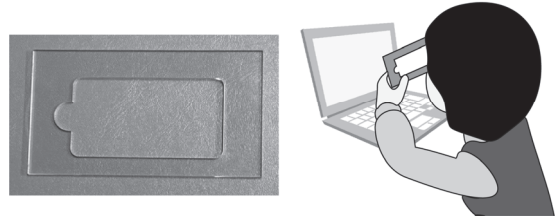


図 6 位置合わせプレートと使い方

3-2 結果および考察

図 7 に、完成したネームプレートの一例を紹介する。デザインに関する分析は行えていないが、この例からも伺えるように、5 年生はインターネットから得たテレビアニメなどのイラストをそのまま貼り付けたものが多く、あまり工夫はみられない。これに対し 6 年生は、自分の名前とのバランスをとりながら比較的シンプルなイラストを配置しているものが少なくない。作業の手間や難易度は、当然ながら 6 年生の方が上であり、デザインとしてみた場合の工夫や創意も 6 年生が勝っているように思われる。1 人 1 台端末が導



図 7 児童の作品例（上段は 5 年生、下段は 6 年生） ※ 白で隠した部分は名前

入されたばかりにも拘らず、既に5年生と6年生との間でコンピューター活用能力に差が生じている点は興味深い。

授業から約一週間後、完成した作品を児童に返却した際に行ったアンケートの結果を図8に示す。まず、「授業は楽しかった」については、5年生の方が「とても思う」と答えた割合が多かったものの、「そう思う」を加えた割合は両学年とも約9割と肯定的であった。加工作業が苦手な児童にとっても苦痛にならない授業であったことが伺われる。また、これに関連し、樋口が開発したKHコーダー（樋口・中村・周，2023）を用いて、児童の自由記述を基に作成した共起ネットワークを図9に示す。これをみると、「レーザープリント」や「キャラクター」「作れる」といった、初めての学習に対する興味や自分だけのネームプレートを作れるといった期待も伺われる。今回、児童が直接レーザーカッターを使ったわけではないが、新しいものへの好奇心が学習を楽しいと感じさせた一因であると思われる。

「作業は難しかった」については、「とても思う」「そう思う」の割合が、両学年とも20%強に留まっており、「ふつう」または難しいと感じなかった児童が約7割を占めた。初めて経験する授業であることに加え、十分慣れているとはいえない難しいノートパソコンを使うことから、難しいと感じる児童が多いのではと危惧していたが、結果は予想を覆すものであった。図9の共起ネットワークをみると、大学生（著者の一人である藤田は、当時大学生であった）の授業が児童にとって分かりやすいものであったこと、「可愛い」「満足」といった作品の仕上がりが作業の難しさを忘れさせたことなどが推察される。少なくとも、言葉による説明をできるだけ減らし、直観的に理解しやすいよう、多様な教具を準備した効果はあったといえよう。ただし、どういった教具がその効果を発揮したのかは不明であり、今後明らかにしていきたい。

作品の出来上がりについては、両学年とも8割前後が肯定的な回答をした。実際の加工という主要な作業の一部を外注したにも拘らず、児童が作品を自分のものとして満足している点は注目に値する。作品の元となるアイデアあるいは最終組み立て者が児童自身であることが、重要なポイントであるのかもしれない。

「つぎにやってみたい工夫がある」については、「とても思う」と「そう思う」を足した割合が、両学年とも6割前後となった。授業自体が新たな取り組みであり、比較すべき具体的な指標を持たないが、つぎの工夫に思いを巡らせる児童が半数を超えたことは、ある程度学習への興味や意欲を喚起できたと評価してよいだろう。今後、学校現場への普及が予想されるデジタル加工機を用いた授業やSTEAM教育を考える上でヒントを提供するものとする。

上でも触れたが、図9は、児童の自由記述（232件）を元にKH Corderを用いて作成した共起ネットワークである。これをみると、大きく6つのグループに分類され、最も分類される単語が多いのは、授業に関する

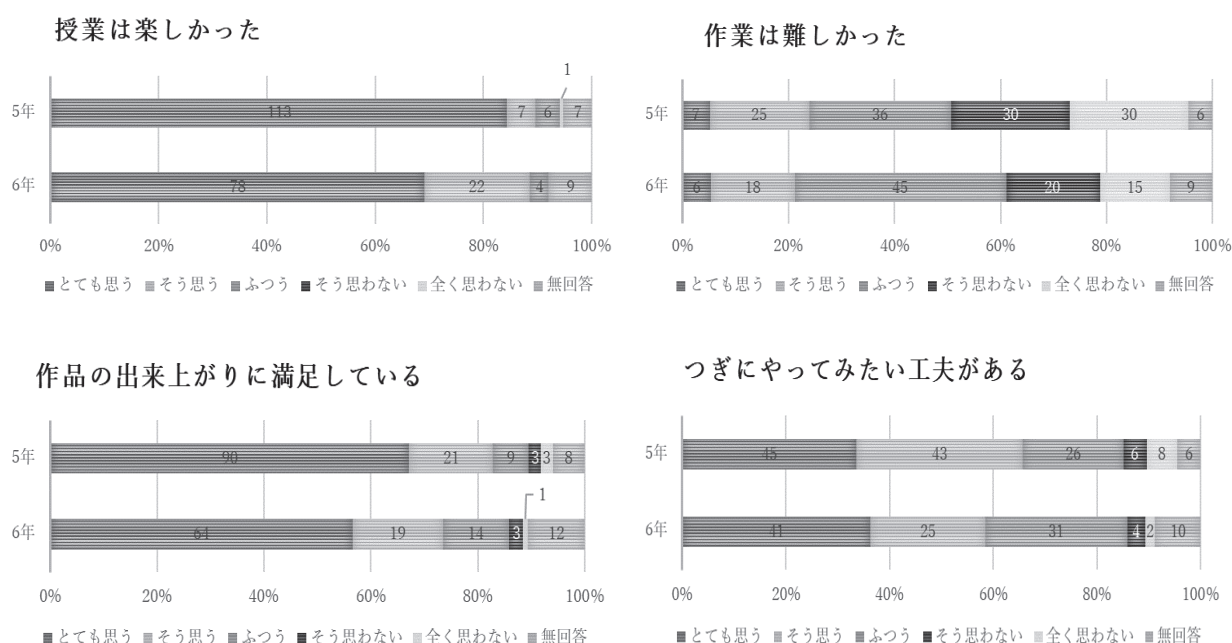


図8 授業に参加した児童の感想
（グラフ中の数字は、回答した児童の数）

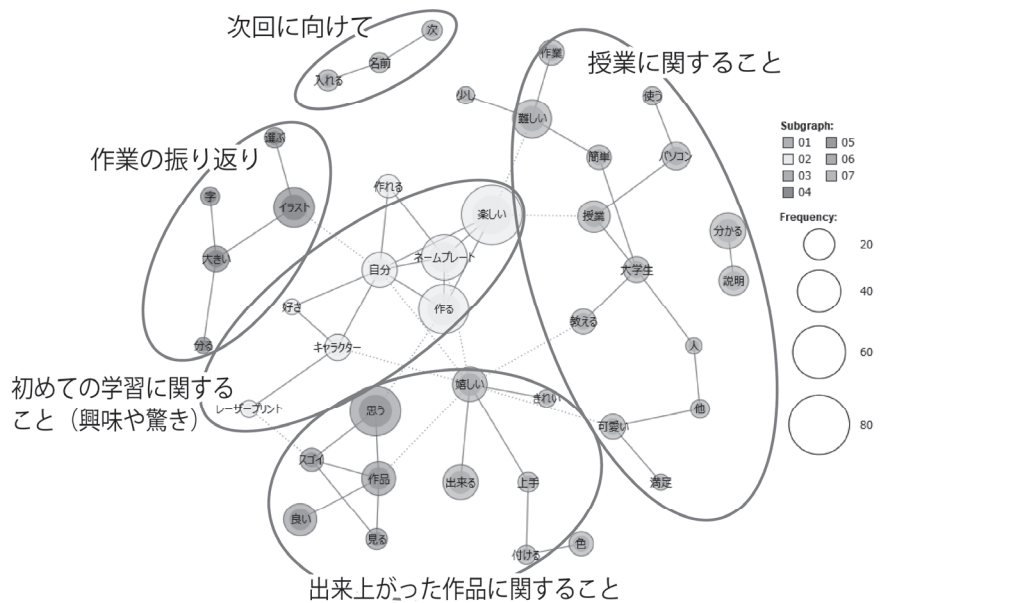


図9 児童の感想（自由記述）の分析（共起ネットワーク）

ることであった。なお、グループの名称は、児童の自由記述を元に筆者が命名したものである。今回実施した授業の内容が網羅されると同時にその性格がよく表されており、本質を見抜く児童たちの能力に驚かされる。さらに試行を重ね、授業方法ならびに評価についても検討を進めたい。

おわりに

急速に普及が進むデジタル加工機の教育利用に関する基礎的な資料を得る目的で、レーザーカッターを使った授業試行した。テレビアニメのイラストを使用する児童も多く、著作権を含めた授業計画等に関する課題もあるが、授業自体の受け入れに問題はなさそうである。STEAM 教育を推進する上では、今回試行したような作業の一部を外注する授業も積極的に検討されてよいだろう。3D プリンターはじめ、今回使用しなかったデジタルファブリケーション機器についても研究を進めたい。

なお、本研究は、JSPS 科研費 20K03065 の助成を受けて実施した。調査に当たっては、人を対象とする一般的な研究に関する審査（国立大学法人山口大学 管理番号 2022-059-01）の承認を得た。

文献

- 川島紀子ほか（2019）：3D プリンタを活用した教材を用いて地域の地形や防災について考えを深める授業実践，日本科学教育学会研究会報告，Vol. 34，No. 3，pp. 269-274，
- 濱口直樹，高遠節夫（2019）：数学教育における立体モデル教材の効果的利用，日本科学教育学会第 43 回 年会論文集，pp. 165-166
- 樋口耕一・中村康則・周景龍（2022）：動かして学ぶ！初めてのテキストマイニング，ナカニシヤ出版
- 文部科学省（2019a）：https://www.mext.go.jp/content/20191225-mxt_syoto01_000003278_03.pdf，最終閲覧日2023. 12. 12
- 文部科学省（2019b）：https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afieldfile/2019/08/06/1316723_4_2.pdf，最終閲覧日 2023. 12. 12
- 文部科学省（2023）：https://www.mext.go.jp/content/20230515-mxt_kyouiku01-000016477.pdf，最終閲覧日 2023. 12. 12