

STEAM 教育を指向した探究型ものづくりの実践 II —デジタル×アナログ融合ものづくりによる鉛筆立てづくり—

Practice of inquiry-based manufacturing for STEAM education Part II
Making a pencil holder that combines digital and analog manufacturing

大 内 毅

Takeshi OHUCHI
技術教育研究ユニット

後 藤 温 人

Haruto GOTO
福岡市立高取中学校

平 田 将太郎

Shotaro HIRATA
附属久留米小学校

伊 藤 克 治

Katsuji ITO
理科教育研究ユニット

(令和6年9月30日受付, 令和6年12月23日受理)

要 約

本研究では, STEAM 教育に着目して, 鉛筆立てづくりの授業プログラムを開発し, 学校教育現場で実践した。具体的には, これまで行ってきたアナログものづくりと, 今後, 必要とされるデジタルものづくりを融合した STEAM 型による鉛筆立てづくりの学習内容を検討するとともに, 実際に小学校で授業実践し, その教育的効果を検証した。得られた主な結果として, 鉛筆立てを木材加工と 3D プリンタで同時に製作する活動を通して, 素材や製作方法について比較し, 最終的に, どちらを選択すべきか判断しようとする姿が確認できたことから, 技術を正しく評価する力が身に付いていることが示唆された。鉛筆立てを実習題材として, デジタルとアナログものづくりを体験的に学習することで, 両者を比較検討することができるようになったことから, デジタル×アナログ融合ものづくりの有用性が示唆され, STEAM 教材として適していることが明らかとなった。

キーワード: STEAM 教育, アナログものづくり, デジタルものづくり, 鉛筆立てづくり, 授業実践

1. はじめに

近年, GIGA スクール構想の実現に向けて, 児童・生徒一人ひとりにタブレット端末が配布され, デジタル機器が一般的に普及したことに伴い, 教育内容も変容しつつある¹⁾。特に, 学校教育現場でものづくりを取り扱う小学校図画工作科や中学校技術・家庭科技術分野(以下, 技術科とする)では, デジタル技術を取り入れたものづくり(以下, デジタルものづくり)や, その仕組みを取り扱う内容が増加しつつある²⁾。しかし, デ

ジタルものづくりの内容については, 未だ定まっていないのが実情である。

そこで, 筆者らは前報³⁾において, 独楽がよく回るために必要な要素を検討する科学的アプローチと, 独自にデザインした独楽を精度良く加工して製作する工学的アプローチを組み合わせた STEAM 型によるものづくりとして, 独楽づくりの授業を構想し, アナログものづくりとして木工ろくろと, デジタルものづくりとして 3D プリンタを用いた独楽づくりをそれぞれ行い, 諸性

能を比較検討・改善する授業を実践した。その結果、アナログとデジタルものづくりをそれぞれ行うことの教育的効果を明らかにするとともに、デジタルものづくりが重視される一方で、従来型のアナログものづくりの内容、すなわち、実際に手足を使ってもものづくりをする技能的な内容が重要であることを指摘した。

このような状況から、これまで行ってきたアナログものづくりと、今後、必要とされるデジタルものづくりの内容を融合させた新たなものづくり教材が、近い将来、必要になるのではないかと考えた。

そこで本研究では、この融合したものづくりをデジタル×アナログ融合ものづくりと提案し、STEAM型の学習内容を検討するとともに、実際に小学校で授業を実践して検証したので、併せて報告する。

2. デジタル×アナログ融合ものづくりの概要

本研究におけるアナログものづくりとは、手加工や機械加工で行う従来型のものづくりのことである。例えば、大内ら^{4,5)}が先行研究として行った木工ろくろを用いた独楽づくりなどが例として挙げられる。一方、デジタルものづくりとは、近年設計・製造の現場で主流になりつつあるCAEなどの情報システムの導入に加え、コンピュータ制御を用いた加工やCAD、CAMによる設計・製作など、デジタル技術を用いたものづくりであると考えられる。したがって、学校教育においても、デジタルとアナログものづくりの関係を意識した内容を導入するべきであると思われる。

そこで本研究では、デジタルとアナログものづくりの関係を意識した内容を「デジタル×アナログ融合ものづくり」として、新たなものづくり教育を検討することとし、両者の関係性を考慮した上で、図1に示すように、融合タイプ、ハイブ

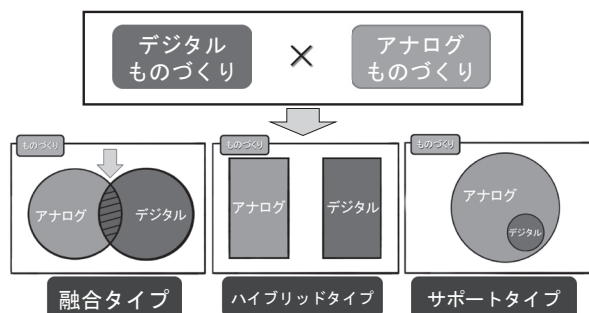


図1 デジタル×アナログ融合ものづくりの3タイプ

リッドタイプ、サポートタイプの3つに大別することとした。

まず、融合タイプとは、手書きのアナログ原画をデジタル化して、細かい書き込み処理を行うタイプであり、1つの工程でデジタルとアナログ技術が同時に用いられるタイプである。

次に、ハイブリッドタイプとは、CADなどで設計し（デジタル技術）、設計したパーツを、アナログ技術を駆使して製作するタイプであり、1つの工程でデジタルとアナログ技術がそれぞれ独立して用いられるタイプである。

最後に、サポートタイプとは、製作工程で必要となる特殊治具などを、デジタル技術を駆使して製作し、補助具として用いるものであり、1つの工程において、支援する形でデジタル技術が用いられるタイプである。

以上の3タイプから、デジタルとアナログ技術が同時に活かされていて、しかも、両者を同時に体験できる融合タイプが、学校教育現場で取り扱うことができる内容であると判断した。そこで、デジタル×アナログ融合ものづくりを指向した教材を融合タイプの視点で検討し、学校教育現場で実践することとした。

3. 授業内容の検討

デジタル×アナログ融合ものづくりを考える上で、デジタルものづくりとアナログものづくりが、どのようなものづくりであるか子どもたちに意識させる必要がある。そこで、図2に示すように、木材で製作するアナログものづくりと、3Dプリンタを用いて同じ物を製作するデジタルものづくりを同時に行うこととした。その実習題材として、実生活で使用できる鉛筆立てを製作することにした。さらに、図3に示すように、融合タイプの視点から、3Dプリンタを用いた鉛筆立ての製作においては、ソフトを用いたモデリングを

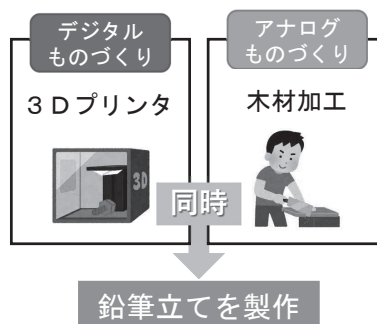


図2 デジタル×アナログ融合ものづくりによる鉛筆立て製作のイメージ図

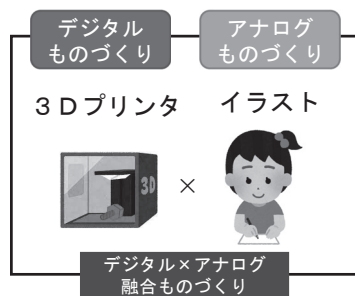


図3 融合タイプのものづくり

行った後、ペンで描いたイラストをデジタル化して取り込む処理を行うようにした。最後に、それぞれで製作した鉛筆立てを比較検討する場面を設けて、デジタル×アナログ融合ものづくりについて考えさせることを目的として、「これからのものづくりについて考えよう」をめあてに設定し、授業を実践することとした。

4. 授業実践

4. 1 対象

授業実践は、F大学附属K小学校で行った。対象者は、特別活動として行われている「ものづくりサークル（クラブ活動）」を選択した児童15名（4年生4名、5年生8名、6年生3名）である。

時数としては、45分を1コマとし、計6コマの授業を実践した。日程は、第1回を1コマ、同2回を2コマ、同3回を2コマ、同4回を1コマで、合計4回の授業を実践した。なお、同小学校の総合学習室を使用した。

4. 2 実践内容

実践内容については、6コマの授業を4回に分けて実践したので、授業実践ごとに報告する。

4. 2. 1 第1回：1コマ

表1に、第1回の指導略案を示す。まず、児童自らが事前に「安全に楽しくものづくりを行う」と目標を設定したので、安全で、しかも、短時間で加工ができることを考慮して、ミニビットと木ねじを用いた鉛筆立ての製作を行った（図4）。この活動を通して、けがき、ねじの下穴加工および接合の各工程で木材加工を体験的に学ぶことができる。製作工程としては、本体の側板の接合まで行った（図5）。図6に示すように、その接合では、ねじが外側に貫通するミスが3名確認された。授業後に修繕し、次の時間に指導を行った。

表1 指導略案（第1回）

指導略案		第1回目 ものづくりサークル（1コマ）	
本時の展開			
学習活動・内容	指導上の留意点[手だて(○)と評価(◇)]	形態	配時
1. サークル全体の流れを確認	○サークルの目標を設定する。 ○題材設定の理由を説明する。	一斉	3
2. 今日の作業の確認	○工具は全員分無いため、班で譲り合って使用してもらう。 ○工具を渡す前に説明を行う。 ○実物を前に例示しながら説明する。	一斉	5
3. けがきを行う ・板組みをし、印をつける ・穴あけの位置をけがく	○なぜその印が必要なのか説明する。 ○各材料に名前を書かせる。	班	13
4. ねじ穴を開ける	○垂直に穴が開けられるよう意識させる。 ○穴の深さが適切になるよう手本を示す。	班	15
5. 本体部組み立て	○L字組みを二つ作らせ、高さにズレが出ないよう意識させる。	班	7
6. アンケートを取る	○木材加工をして感じたことについて自由に書いてもらう。	一斉	2

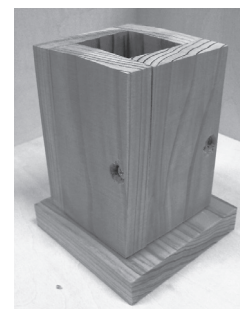


図4 製作する鉛筆立て（アナログものづくり）



図5 製作の様子



図6 ねじが外側に貫通した様子

4. 2. 2 第2回：2コマ

表2に、第2回の指導略案を示す。第1回の内容の振り返りを行った後、本体と土台の接合を行った。まず、接合前に本体の接合部の端面を揃えるために、教員の補助の下でベルトサンダーを用いて研磨を行った。その後、本体と土台を接合し、紙やすりで面取りをして仕上げた。図7に示すように、一部の児童には、本体を土台の中央部

図8 型抜き処理をイメージさせる教具

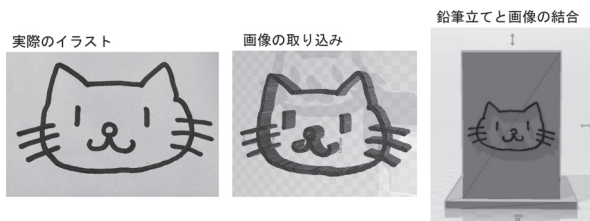


図9 融合タイプの視点で設計した鉛筆立て

ングした鉛筆立ての本体表面に挿入する（デジタルものづくり）処理を行った。児童は、タブレットで調べた絵を描いたり、オリジナルで好きな絵を描いたりしており、最終的には、描いた絵をデジタル写真としてデータ化し、モデリングした鉛筆立てと結合して完成させた（図9）。このモデリングデータを用いて、3Dプリンタで製作する。

4. 2. 4 第4回：1コマ

表4に、第4回の指導略案を示す。まず、3Dプリンタを用いた製作は、大学で行ったことを説明し、実際の授業では、3Dプリンタで製作している最中の様子を教室後方で観察してもらうとともに、最初から最後まで製作している様子をタイムラプスで撮影した動画を用いて説明した（図10）。このことで、3Dプリンタで製作していることを実感させた。そして、木材加工で製作した

表4 指導略案（第4回）

指導略案	第4回目 ものづくりサークル（1コマ）
学習活動・内容	本時の展開
1. 3Dプリンタでの出力の過程を示す。	指導上の留意点【手だて(O)と評価(D)】 ○タイムラプス動画や、途中で出力を中断した3Dプリンタを用意する。 形 態 配時 一斉 2
2. 今まで作った作品を振り返る。	○本時の活動を説明し、木材で作った鉛筆立てと3Dプリンタで作った鉛筆立てを返却する。 一斉 5
3. 本時のめあてを確認する <div>これからのものづくりを考えよう</div>	○「持って帰ってどちらを使いたい？」 一斉 2
4. 製作した二つを比較し、前2班は木材加工、後2班は3Dプリンタの特徴をポスティングに自由書き出す。	○「見える特徴と見えない特徴、それぞれどんなものがあるだろうか」 個 10 ○意見が拡散するよう、机間巡視して自由な意見を多く拾う。 ○気になる事はタブレットで調べさせる
5. 前後の班ごとに模造紙に張り出し、まとめさせる。	○班内で共有しメモを取らせる 班 8 ○良い点と悪い点を比較しながら、どの点を重視するかで考えさせる。 ○班長2人を中心に似た意見で仕分けさせる。
6. 模造紙を前に張り出し、比較項目になりそうなものを取り上げて紹介する。	○対照的な特徴や主な特徴、面白い発想のものなど簡潔に取り上げる。 全体 5
7. 自分の意見をワークシートにまとめさせる	○根拠となる要因を理由にまとめさせる 個 8 ○代表数名に発表してもらう。
8. 本時のまとめ	○木材加工と3Dプリンタにはそれぞれの良さがあることから、場面によってどちらを使うべきか判断できることが大切であることをまとめとして話す。 全体 5 ○どういった場面で木材加工、または3Dプリンタを使うべきか今後の課題として提示する。 ○使いたい、作りたいだけでなくその他の要因（廃棄など）を考えて購入、製作してほしい。

鉛筆立てと3Dプリンタで製作した鉛筆立てを同時に返却し、両者を比較検討させて、それぞれの特徴を各自でまとめさせた（図11）。その後、木材加工と3Dプリンタの2つのグループにそれぞれ分かれ、製作した鉛筆立ての特徴をブレインストーミング法で模造紙にまとめる活動を行った（図12）。まとめた模造紙を、ホワイトボードに掲示して、比較できる内容を取り上げて紹介し



図10 3Dプリンタで製作している様子



図11 比較して特徴をまとめる様子

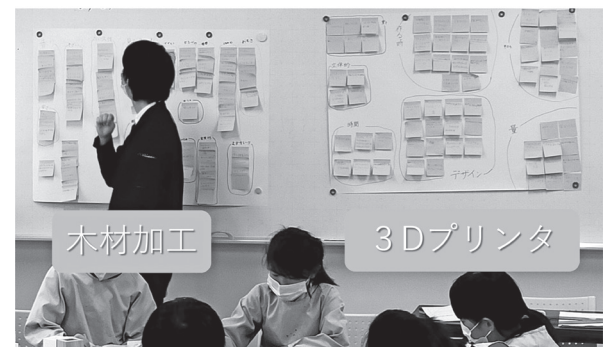


図12 ブレインストーミング法で模造紙にまとめる活動

た。その後、自分の意見をワークシートにまとめさせ、数名に発表させた後、最後にサークルのまとめを行い、アンケート調査を行った。

5. 実践授業の考察

第1回の授業では、学年が異なっていたこともあって、最初は緊張気味だったが、製作活動を通して徐々にコミュニケーションが取れるようになり、製作においては、お互いが協力して製作する場面が多く見られるようになった(図5左)。

第2回の授業では、木材加工で製作した鉛筆立てが完成しており、香りがよい、手触りがよい、他にも作ってみたいなどの多くの意見を児童から聞くことができた。また、工具を使うのが難しいなどの意見もあった。このことから、木材の特徴を体験的に捉えていることが明らかとなった。モデリングにおいては、3Dモデルを例示した時点で、多くの児童はびっくりした様子を示し、鉛筆立て以外の作品を製作したい、家のPCでも使いたいなどの意見があったことから、興味・関心が高いことが明らかとなった。また、普段からタブレットを使用しているので、3Dbuilderの使用については、最初は入力でつまづいた児童がいたものの、徐々に慣れ、問題なくモデリングすることができた。

第3回の授業では、本体のモデリングの工程に型抜きがあった。木材加工で本体を構成する場合、板を4枚接合したが、モデリングの場合は、ある塊から塊を差し引くことで構成するのが一般的である。したがって、本体の場合、外側の四角柱から内側の中空分の四角柱を差し引く、つまり型抜きすることで構成することになる(図8)。先述したように、この工程で型抜きのための教具を用いることで、比較的スムーズに進めることができたことから、型抜き用の教具としての有用性が示唆された。

第4回の授業では、製作した鉛筆立てをそれぞれ返却した直後(図11)、各自の鉛筆立てを相互に評価する姿が確認できたことから(図12)、授業に真剣に取り組んでいることが明らかとなった。

3Dプリンタに関する特徴を見てみると、「思っている形をそのまま容易に表せる」、「難しい形でも簡単に製作ができる」といった特徴を多くの児童が挙げていた。このことは、手書きのイラストを3Dモデルと結合する活動の中で、容易にイラストがデジタル化され、モデリングされることを体験的に学習したためであり、融合ものづくりであることを理解した結果であると考えられる。そ

の他にも、「木材の鉛筆立ては3Dプリンタで作るよりも安い」、「3Dプリンタで作ると屑などが出ない」など、それぞれの特徴を比較した意見も見られた。

木材加工に関する特徴を見てみると、「木目が綺麗」、「いい匂いがする」などの特徴が多く見られたことから、木材の素材としての特徴を理解し、それを評価できていることが明らかとなった。このことから、素材の特徴を自然に学習できる可能性が示唆された。

全体的に特徴をまとめると、中学校技術科で提唱されている技術の見方・考え方の4つの視点、すなわち、社会からの要求、安全性、環境負荷、経済性に該当する特徴を多く挙げており、これらの4つに整理することができた。この整理された特徴から、自身の立場で製作品を比較し、どちらがより良いものなのかを判断しようとする姿が認められたことから、小学校のクラブ活動にも関わらず、技術の見方・考え方の概念が形成され、技術を適正に評価しようとする態度が身に付いたものと考えられる。

図13に、第2回、第4回の授業で行ったアンケートの結果の一例を示す。同図は、木材加工による製作と3Dプリンタによる製作の難易度についての結果をそれぞれ示している。同図より、とても簡単だった、まあまあ簡単だったと回答した児童は、3Dプリンタによる製作の方が多く、少し難しかったと回答する児童は、木材加工による製作が僅かに多くなる結果となった。このことは、3Dプリンタによる製作の場合、本研究の授業では、工程がモデリングのみであり、3Dプリンタの製作風景を観察したものの、実際に直接操作をしていないことが影響したものと推察される。一方、木材加工による製作では、実際に加工を行っており、その中で、ねじ接合が上手くできなかったことが影響したものと推察される。

図12に示すように、ブレインストーミングによって得られた鉛筆立ての特徴の結果の一例として、木材加工の場合を図14に、3Dプリンタの場合を図15にそれぞれ示す。

図14より、児童は木材の感触についての特徴が最も多く(23枚)、一方で、図15では、感触については1枚と最も少なくなっている。これは、木材が本来持っている香りや手触りが影響したためであり、3Dプリンタでは、フィラメントに合成樹脂(PLA)が用いられ、積層されていることから、感触に対する意見が少なくなったものと考えられる。このことから、木材加工(ア

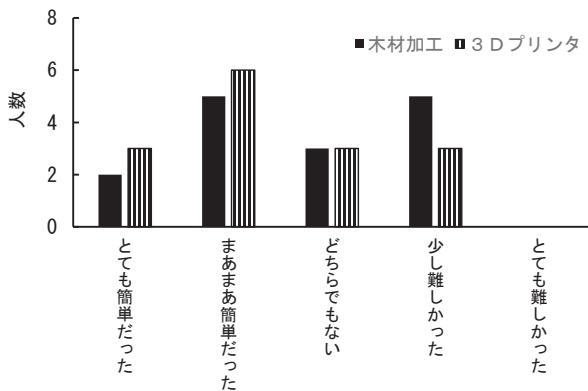


図 13 難易度に関するアンケート結果

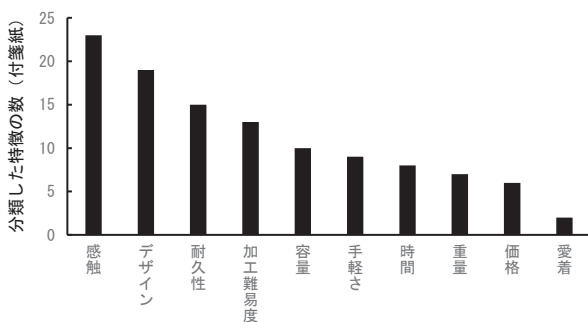


図 14 木材加工で製作した鉛筆立ての特徴

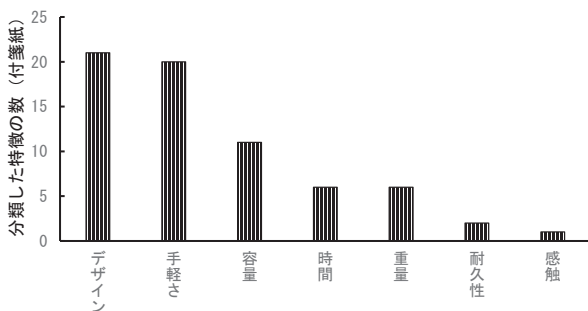


図 15 3D プリンタで製作した鉛筆立ての特徴

ナログものづくり)を通して素材の特徴を自然に学習できていることがわかる。

以上のことから、本授業実践においては、鉛筆立てを木材加工と 3D プリンタで同時に製作する活動を通して、デジタルとアナログものづくりを体験的に学習し、比較検討することができるようになったことから、デジタル×アナログ融合ものづくりとしての有用性が示唆され、STEAM 教材として適していることが明らかとなった。

6. おわりに

本研究は、デジタル×アナログ融合ものづくりを提案し、STEAM 型の学習内容を検討するとともに、実際に小学校で授業を実践した。得られ

た主な結果は以下の通りである。

- 1) 鉛筆立てを木材加工と 3D プリンタで同時に製作する活動を通して、素材や製作方法について比較し、最終的に、どちらを選択すべきか判断しようとする姿が確認できたことから、技術を正しく評価する力が身に付いていることが示唆された。
- 2) 鉛筆立てを実習題材として、デジタルとアナログものづくりを体験的に学習することで、両者を比較検討することができるようになったことから、デジタル×アナログ融合ものづくりの有用性が示唆され、STEAM 教材として適していることが明らかとなった。

今後の検討課題として、児童はノート PC よりもタブレットの方が使い慣れていることから、タブレットに対応したモデリングソフトを用いた実践が望まれる。

謝 辞

本研究は JSPS 科研費 基盤研究 (C) 24K06417 (代表：伊藤克治) の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 文部科学省、「令和の日本型学校教育」の構築を目指して、https://www.mext.go.jp/content/20210126-mxt_syoto02-000012321_24.pdf, 2024 年 9 月 30 日確認済 (2024)
- 2) 山崎恭平, 黎子椰, 教員養成における機構の設計・製作を題材としたディジタルものづくり学習プログラムの開発と評価, 日本産業技術教育学会誌, 第 58 巻, 第 3 号, pp.159-166 (2016)
- 3) 大内 毅, 平田将太郎, 伊藤克治, STEAM 教育を指向した探究型ものづくりの実践—科学的・工学的アプローチを組み合わせた手回し独楽づくり—, 福岡教育大学紀要, 第 73 号, 第 6 分冊, pp.19-25 (2024)
- 4) 大内 毅, 渡邊一祥, 牛嶋麻里子, 志賀壮史, 小型木工ろくろの製作とそれを用いた「森のワークショップ」における手回しコマ作りの試行的実践, 日本産業技術教育学会第 26 回九州支部大会 (大分) 発表要旨集, pp.75-76 (2013)
- 5) 大内 毅, 渡邊一祥, 教育用小型木工ろくろの製作とその実習題材の検討, 第 63 回日本木材学会大会 (盛岡) 発表要旨集, No.R29-10-1115 (2013)