
小学生の「ものづくり」を知る教材開発と検証

—アフタースクールセミナー「デジタル&クラフト」での実践から—

宮下十有 亀井美穂子 楊 寧 鳥居隆司

1. はじめに

本研究は2022年度の椋山女学園大学附属小学校アフタースクールのクリプトメリアンセミナー¹⁾「デジタル&クラフト」活動から、小学生のものづくり教材の開発と実践的検証を行う。研究のフィールドであるアフタースクールのセミナーは、2013年度以降、1年のブランクを除いて9年目の取り組みとなる。2020年のコロナ禍の状況変化に対応しながら進めたデジタル創作活動後、感染対策も考慮に入れ、2021年も2020年度と同様の活動を行って来た。

2022年度は、参加者が、2021年度までの20名前後から、38名へと倍増した。加えて、感染対策のための会場構成の変更も行わなければならなくなった。こうした事情に伴って、「児童たちの自由な創作活動を支援する」活動から、「児童たちが、ものづくりの技術を体験から学ぶ」活動へと、カリキュラムを変更することになった。

これまでの教材を活かし、改変しながら、アフタースクールでの「ものづくり」教材開発のプロセスを提示し、今回の取り組みの成果と今後の課題を指摘する。

1.1. 研究背景

2020、2021年度は、コロナ禍での活動は感染対策に留意しながら活動を進めた。学年ごとのグループに分かれ、それぞれ距離をとりながら活動

を行ってきた。いずれも教室の収容人数と、児童たちが互いにある程度のコミュニケーションが可能な距離を保ちつつ実施してきた。宮下ら(2021)が報告したように、2020年度の活動は、6年生のみ、タブレット端末を使わない創作活動を実施した。この際、ものづくりを支援する機材としてデジタルファブリケーションのバリエーションを担保することや、素材研究の重要性を指摘している。加えて、2020年度、21年度はコロナ禍で、オンラインの併用によるワークショップでの可能性があったため、対面の学生サポーターに加え、オンラインでの学生メンターの支援も実施、検証したものの、オンラインの支援には課題が残っていた。

2021年からは、芸術工学・デザイン学を専門とする楊がアフタースクールの講師に参加することで、カッティングマシンをはじめとする機械や道具の使い方を伝え、子供たちを支援する人材を得ることができた。また、素材への知識やデザインに関する知見は、児童たちの活動を支援し、創作活動を後押しする助けとなった。

2022年度は、オンライン実施を想定する必要性が下がり、2020年度以前の状況へと次第に戻ることが予想されていた。2021年度終了時に「デジタル&クラフト」の応募者が、例年の倍以上となった。小学校側との相談の上、できるだけ児童の希望を叶えることを念頭に、応募者42名全員を引き受けることとし、実際に39名の参加となった。このため、2019年までの児童たちが選択するものづくりを支援する運用が、どこまで可能かが予測できない状況となった。児童たちの希望を

ききつつ、会場割り振りを考え直し、カリキュラムの組み直しが求められることになった。

1.2. 本論文の目的と方法

2022年度以前に実施していた、児童たちが既知の教材やアプリケーションを選択し、ものづくりをする活動とマインドを育成してきた。一方で、「児童自身がしたいこと、作りたいものを自由に作る」環境は、児童同士の友人関係や児童自身の経験や知識への依存など外在的・内在的要因があり、児童たちが「新しい技術を知り、知らないことにも挑戦する機会」を阻害しているという問題も起こっていた。

2022年度は児童たち自身がこれまで体験していない「技術」を知り「ものづくり」に取り組むことができるよう、グループ構成とカリキュラムの再設計を行っている。実践的な教材開発が可能な環境で、児童たちが「ものづくり」に取り組む素地をつくる学びの場づくり、教材作りおよびそれらの記録など検証し、考察する。

アフタースクールの実施は、亀井美穂子、楊寧、宮下十有が担当し、全ての日程を運営している。また、学生サポーターとして椋山女学園大学文化情報学部メディア情報学科4年生水野文葉、山内伊織3年生久保涼香、小島陽翔、田中あおいの協力を得て、運営している。

2. カリキュラムの再編の試み

4月よりスタートしたアフタースクールは39名となった。学年ごとの人数構成は、3年生16名、4年生8名（うち経験者1名）、5年生12名（うち経験者5名）、6年生3名（うち経験者1名1年ブランクあり）である。39名中32名が「デジタル&クラフト」が初めての参加となった。

事前の説明動画で、3Dプリンタやカッティングマシン、電子工作をすることは伝えていたもの

の、どの参加者も友人関係の情報からマイクラフトの活動もしていることを知っていた

2.1. 自己紹介動画の制作と環境の再考

2022年4月11日よりアフタースクールが開始された。大学から20台のiPad miniを持ち込んだ。開始時より39名の児童が参加することがわかっていたが、一人1台のiPadがなくてもグループで自己紹介動画を作ることができるため、まずは動画作りを行った。学年ごと、児童が協力し「今年作りたいこと」の動画を作成した。

3年生は「なにかをつくること」「いろいろなものを作りたい」「やりたいことはものづくり」「いろいろ作ることが好きだから」「面白いものをつくりたい」など、具体的に作るものはイメージせず話す児童もいた。一方で、「作るのが好きで家で作れないものを作ってみたかったから」「機械を使って作品を作ること」など、機械や道具への期待、「光るものをつくること」「光るものや難しいもの、やって楽しいものを作りたい」「ハンコウ（スタンプ）を作りたい」など、やや具体的な情報も交えた希望があった。光るものはおそらく電子工作、ハンコウはカッティングマシンのスポンジで作ったスタンプであると推定される。

今回初めての4年生は「ロボットを作りたい」「3Dの作業やキーホルダーを作りたい」「糸でセーターを作りたい」「布でマスクを作りたい」「ビーズでキーホルダーを作りたい」としていた。昨年度の参加した4年生は「マイクラでもっと大きい建物を作りたい」と、昨年度からのステップアップを提示していた。

5年生は昨年の経験者3人を含む撮影チームが「マイクラで豪邸を作りたい」「3Dプリンタでビーズを作りたい」「マイクラじゃなくて違うことをやりたい」としていた。映像も編集し、映像のカットつなぎ、トランジション、字幕、BGMの追加など、これまでも行って来た技術を遺憾なく発揮した自己紹介動画になっていた。もう一人の経

験者は「去年と同じでカッティングマシンで箱を作ったりすること」と昨年度からの継続を提示していた。5年生の初心者は「3Dプリンタでオリジナルキャラクターを作りたい。マイクラフトで世界に一つだけのワールドを作りたい」「3Dプリンタで亀の模型を作りたい。マイクラフトに興味があったから」「オリジナルキャラクターを3Dプリンタで立体を作る」と、3Dプリンタへの興味を示している児童もいた。他にも、自己紹介はしていたが、「本を読むことが好き」「プレスレットを作る。本を読むことが好き」と、まだ具体的なイメージができていない児童も存在していた。

6年生は経験者1名が「マイクラフトをやりたい。UVレジンと3Dプリンタを作りたい」と話したことからか、2名の初心者も、ほぼ同じ内容を話していた。

動画制作の様子から、5年生の2021年度からの継続者たちは、動画制作等も慣れており、すでに「マイクラで豪邸を作る」「マイクラとは違うものを作りたい」などはっきり決まっているようであった。一方で初心者はまだ作りたいものが事前に示された3Dプリンタやカッティングマシンで作ったスタンプ、光るものなど、具体的にイメージできていないことがわかった。

1回目の欠席者もいたため、全員の意向はわからなかったが、ものづくりとともにマイクラフトを楽しみにしている児童がいることは認識できた。

2回目は、全員で自己紹介を見直した後、欠席者分の自己紹介の撮影を行った。また、学年ごとに4、5名のグループをつくって、逆再生動画を作る取り組みを行った。過去での映像制作は、児童たちが楽しんで何度も取り組む傾向にあったが、今年度の児童は撮影や映像を見ることは楽しむものの、さらに発展した映像表現につながる活動が観察できなかった。

2.2. 児童の割り振りとカリキュラムの再編

2回の活動を経て、自己紹介でも映像作りを希望している児童はいなかったこと、映像制作等にこだわる児童がいなかったことから、過去に行っていたストップモーションアニメーションの制作やScratchを使ったプログラミング等は実施しないことにした。

その上で、タブレット端末があれば制作可能な「動画制作」と希望者が多かった「マイクラフト」による「iPadを使ったものづくり」(全14回)、3Dプリンタとカッティングマシンのデジタルファブリケーションを利用した「デジタルものづくり」(7回)、アナログ基板を使った電子工作を「アナログものづくり」(7回)として、3つのカリキュラムを立てた。それぞれ1つの期間を7回ずつのプログラムで構成する。

学年混成された9-11名で構成された4チーム(チームA/B/C/D)に分け、4つの期間をそれぞれの種類のものづくりができるようにスケジュールを提示した。(表1)

表1 チームごとのスケジュール

	チームA	チームB	チームC	チームD
4/25 5/2, 9, 16, 30 6/6, 13	iPadを使ったものづくり	iPadを使ったものづくり	デジタルものづくり	アナログものづくり
6/20, 27 7/4, 11 9/12, 26, 10/3	アナログものづくり		iPadを使ったものづくり	デジタルものづくり
10/31 11/7, 14, 21, 28 12/5, 12	デジタルものづくり	アナログものづくり	iPadを使ったものづくり	iPadを使ったものづくり
12/19 1/23, 30 2/6, 13, 20, 27	iPadを使ったものづくり	デジタルものづくり		

新型コロナウイルス感染症の感染対策も測るため、実施する部屋も分けて、室内換気等に配慮し活動することとなった。アナログものづくりは「会議室」、デジタルものづくりは「図書室」、iPadを使ったものづくりは「メディア室」に割り振り活動する。

2.3. 2022年度以前のマイクラフト内での創作活動

デジタル&クラフトは、2013年より開始したアフタースクール事業である。2013開始時には、逆再生動画やブロック玩具と切り紙工作の素材を使ってiPadのアプリを利用したストップモーションアニメーションなど表現活動や、Scratchによるプログラミングを援用したアニメーション作りを実施してきた。

その後、タブレット端末が一人一台ずつ小学生にも普及する中、アフタースクールで活動する児童たちにとって、タブレットは日常の文房具のような存在になっている。しかし、当該のアフタースクール事業では、小学校で利用しているタブレット端末やPCとは異なり、アプリが自由にインストール可能で、検索等に強固な制約のかからない環境のタブレット端末やPCを持ち込み、それを児童たちに貸し出すことで、表現活動、創作活動を支援している。

2016年から、教育機関向けの「Minecraft: Education Edition（教育版マイクラフト）」が提供されるようになり、その後の開発でタブレット端末にも実装できるようになった。一般的には、ゲームとしての認知度が高いが、多くの小学校で利用されるようになった。なかには、幼稚園の時からマイクラフトに親しんでいる児童もいたこともあり、アフタースクール内でも導入している。

過去のアフタースクールにおいて、マイクラフトが人気のコンテンツではある。子供たち同士の作り込みなど、デジタル世界の中でのクリエーションを、対面で対話しながら行っている姿が観察されている。

2.4. 2022年度の「iPadを使ったものづくり」

「iPadを使ったものづくり」の実施にあたっては、学生サポーターによる運営がなされた。昨年

度より継続して参加している4年生水野文葉、山内伊織が児童たちのサポートに入っていた。その後、3年生久保涼香、2022年度後期から3年生の小島陽翔が学生サポーターに参加している。

児童たちは「動画制作」は行わず、もっぱらマイクラフトでの創作活動を行っている。多くの児童は、同学年の友人と共に世界を共有し、建物などの構築を行っている。現実空間で会話をしながら、仮想空間での活動を楽しむ姿がこれまで同様に観察されている。

一方で、ネットワークの接続でのトラブル、OSのバージョンの不一致、アプリのアップデート等の状況によって、友人たちと一緒に活動できないことに困難や不満を感じるケースもあった。学生サポーターが接続状況確認やアプリや機器の再起動など、トラブルシューティングを行いながら、児童への観察と声がけをし、適切な活動を行っている。

後期に入り、マイクラフトから、iPadからThinker CADを利用し、「デジタルものづくり」に参入する児童も観察された。

3. デジタルものづくりのカリキュラム

デジタルものづくりでは、カッティングマシンと3Dプリンタを使って作れるものを紹介し、デジタルファブリケーションを使ったものづくりを学ぶカリキュラムとなっている。

1つのチームを半分に分け、4、5人の小グループでカッティングマシンと3Dプリンタに分かれて、各3回のカリキュラムで操作方法を学び、制作を行う。「デジタルものづくり」の最後の1回は児童自身がカッティングマシンか3Dプリンタかを自由に選択し、それぞれの作りたいものを制作するという構成になっている。

3.1. カuttingマシンでデジタルものづくり

カuttingマシンは、楊寧が担当し、カリキュラムを考案、運用している。カuttingマシンはブラザー工業株式会社のScaNCut²⁾シリーズを導入している。



図1 カuttingマシンによる工作

1回目は「カuttingマシンを知る」とし、カuttingマットと、カuttingマシンのモニターで表示されるマス目の対応関係を説明する。さらに、児童たちに最終的な制作物大きさの把握と、縮尺操作の情報提供を行う。

その後、実際にマシンを動作させ、1度目のカットでは、単体で、貝殻や星など、一つの形状が切り出せることを試す。その後、2度目のカットでパーツを切り出して組み合わせる。(図1)

2回目「素材を知る」とし、素材への研究を促す。カットする材料には、色画用紙やEVAスポンジ

などを切ることができる。ただし、これらは自動で素材を選別して切断するマシンもあるが、そうでないマシンも混在している。児童のものも含め、異なる素材をカットする場合は、刃先の設定、素材を抑える圧力の設定を変更することが必要性を実践の中で学ぶ。自ら設定の操作、確認して、異なる素材に挑戦する。

3回目は「自由に制作」とし、技術的な理解、素材の理解を踏まえ、児童が「自分で切りたいもの」を決め、クリアファイルへの配置をデザインし、デコレーションする。(図2)



図2 自分でデザインしたクリアファイルの作品

カuttingマシンの制作物は、自分用だけでなく、保護者をはじめとする家族に対するプレゼントとして制作する場合や、友達に対して制作する事例が見られた。

3.2. 3Dプリンタでデジタルものづくり

3Dプリンタでのデジタルものづくりは亀井美穂子が担当し、カリキュラムを考案・運営している。機器の導入、素材の知識等のアドバイスとサ

ポートを鳥居より得ている。

3Dプリンタは小学校の実機はXYZ PRINTING³⁾のminiシリーズを準備し、大学よりnanoシリーズを持ち込んで利用する場合である。大学で印刷する場合は、XYZプリンティングのマシンに加えて、FRASHFORGE⁴⁾のマシンを利用する場合もある。

モデリングは、WindowsのPCを利用して、Thinkercad⁵⁾によるモデリングを行っている。児童たちにはXYZプリンティングより提供されているアプリケーションXYZ Makewareでオブジェクトデータをスライスし、プリンタ出力の操作を伝えている。

3Dプリンタを利用にあたり、1回目は「道具を知る」を目的に、3Dデータの準備を行う。ここでは最初にThinkercadを使って、3Dモデリングを体験する。Thinkercadで既存のオブジェクトを配置、縮尺の仕方、移動、組み合わせを学ぶ。特にモデルは提示せず、児童が自由にオブジェクトを組み合わせせて造形を制作する。

既存のオブジェクトに用意されている文字を利用する児童に対しては、立方体と組み合わせ、オブジェクトがバラバラにならないよう工夫することを伝える。

2回目は、3Dオブジェクトの確認と、さらなる制作を行う。1回目の時間内に印刷結果を出すことが困難である。このため、小さなサイズの造形物でない限りは、自分が制作した3Dプリンタで出来上がるオブジェクトを即時に確認することが難しい。このため、1週間で複数台の3Dプリンタを活用して出力し、印刷結果を持ち込み、児童たちに確認を促す。実際のオブジェクトを見ながら、積層の簡単説明と、印刷にかかった時間や、出力時の形状に伴い自動で追加されるサポートの意味を知らせる。また、3Dプリンタ出力時に、1層目に安定して定着させることを目的に造形台にマスキングをする方法も伝える。

その後、児童はここから概ね自ら自由な制作を

進める。完成したデータを3Dプリンタに出力して印刷の様子観察する場合もある(図3)。サイズの大きなもの場合は、1週間後に出力を渡して確認する。

第3回：自由制作をして、さらに作品制作を進める。毎回、一人あたり2、3個、モデルを作成する。印刷の時間がないことがわかっているため、印刷部分は講師側に任せることも多い。

制作物の傾向としては、飼っているペットなどをモデルに、球体を組み合わせて動物の造形物を制作する児童が観察されることが多い。また、文字と立方体を組み合わせて名前プレートを制作する児童も複数名存在する。

制作物は自分用だけでなく、家族用、友達用など、人間関係の広がりが見られる。2回目以降は、制作物の実態を把握した上で、他者へのプレゼントとして制作されるが多い傾向がある。

PCだけでなく、タブレット端末からでも



図3 3Dプリンタで出力を観察する

Thinkercadを利用することができるようになったため、iPadでものづくりをする児童のなかにはデジタルものづくりに参入する児童も複数名存在する。また、複数年の経験者のなかには、アナログものづくりの隙間時間を縫って3Dプリンタへの造形を行う児童も観察された。

4. アナログものづくりのカリキュラム

4.1. 電子工作

電子工作は見た目から、デジタルなものづくりと考えられがちではあるが、今年度はデジタルファブリケーションを「デジタルものづくり」とし、デジタルな道具を利用しないものづくりを「アナログものづくり」とし、実施している。電子工作では、ブレッドボードやアナログ回路のプリント基板を用いた7回で構成するプログラムとなっている。

ブレッドボードやアナログ基板の制作を通して、電子工作を楽しむプログラムを実施した。

「デジタル&クラフト」に参加する児童は3年生から6年生としている。当該の学年の学びを参照すると、平成29年告知の小学校学習指導要領では、教科「理科」での学びの内容に第3学年より「電気の通り道」、第4学年「電流の働き」、第5学年「電流が作る磁力」、第6学年「電気の利用」が定められている。

小学校学習指導要領（平成29年告示）解説「理科編」には、3年生の「電流の通り道」の内容において、「児童が、乾電池と豆電球などのつなぎ方と乾電池につないだ物の様子に着目して、電気を通すときと通さないときのつなぎ方を比較しながら、電気の回路について調べる活動を通して、それらについての理解を図り、観察、実験などに関する技能を身に付けるとともに、主に差異点や共通点を基に、問題を見いだす力や主体的に問題解決しようとする態度を育成することがねらい」

としている。

「アナログものづくり」は、それぞれの学年の理科の学びの内容も想起させながら、全7回でものづくりを行う。基板や部品等のサポートを鳥居から得て、カリキュラムの考案・運営は宮下が行っている。

4.2. 初めてLEDに触れるLEDチャレンジ

1回目は、発光ダイオード（以降LEDと示す）が、電池で光ることを確認し、どれだけたくさんのLEDを光らせることができるか挑戦する。(図4)



図4 LEDチャレンジ

3年生の「理科」の「電流の通り道」で用いられる豆電球とは異なり、LEDには極性がある。同様に、電池にも極性がある。最初に、ボタン電池を渡し、LEDを1つ選んで「どうやったら光らせることができるか」に挑戦する。3年生の学びの内容を伝え、4年生以上の児童では授業の際の「電球が光る」実験を思い出すことも多い。同じように電流を流すにはどうしたらいいか、児童たちの試行錯誤がはじまる。特に指示せず、自分たちで光らせることができた児童が2、3人出

現するタイミングで、LEDの足の長い方がアノード（+）端子であることを図示して確認する。さらに、電池のプラス極面に「+」と刻印されていることを確認し、これらを合わせることで、発光することを全員で確認する。

最初は全員が1つのLEDを光らせてみるため、20種類程度の発光色や5mm、8mm、10mmとサイズの異なるLEDバリエーションを提供する。実際に発光できるようになると、大きさのバリエーションを楽しみながら、次第に好きな発光色を見つけるようになる。

その後、「1つの電池でできるだけたくさん光らせてみる」という課題を提示すると、できるだけたくさんのLEDを光らせるような工夫がはじまる。最初は、2、3個を光らせて、「これだけ光る」を報告していた児童も、周りが光らせる個数に触発されて、より多くのLEDの発光に挑戦する。

単純に好きな発光色を組み合わせや、大きなサイズのLEDを試しているが、できるだけ多く光らせる課題に対して適切な、サイズ、発光色の組み合わせを試行錯誤して見つけることになる。これまでで最大41個のLEDを発光させた児童もいた。(図5)

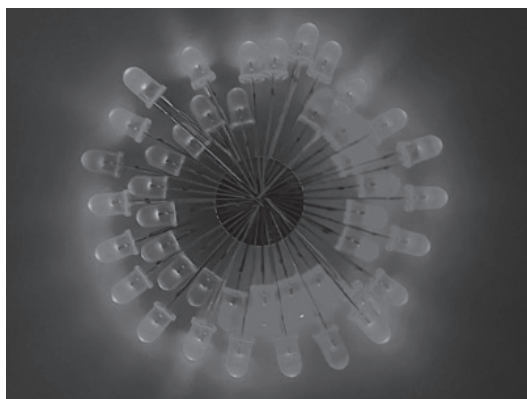


図5 LEDを最も多く発光させたセット

複数年アフタースクールに参加している児童の中には、これまでの経験でLEDが光ることを理

解し、どうすれば光るのかを理解している児童もいる。しかし、記憶が曖昧で、LEDが光ったことと、そのために気をつけることが、身体的に理解できていない場合が散見された。経験者にとっても、これまでは自己選択的な創作環境を決定していたため、電子工作そのものに挑戦してこなかった児童もいる。

今回全員が、自分なりにできるだけ多くのLEDを点灯させることに、45分をかけてじっくり取り組むことで、児童自身が楽しみながら、学びを確実にしていたことが確認された。

どの学年でも、まずは材料としての電池とLEDを知ることによって時間をかけることで、極性も理解できた様子が見て取れた。

4.3. ブレッドボードでLEDチャレンジ

ギャル電(2021)の『ギャル電とつくる! バイブステンアゲサイバーパンク光り物電子工作』においても、まずは電子工作の基本として、ブレッドボードで砲弾型LEDを光らせることから始めている。

特に3年生のみで構成されたチームDでは、つなぎ方をじっくり確認することを目的として、ブレッドボードを用いたLEDチャレンジを行った。ブレッドボードを用いることで、自分たちがLEDを自分で支えなくても光らせることができること。スイッチをつけることができることなどを伝えることを目指した。(図6)

過去のブレッドボードでの教材は、LED回路を制作後にカッティングマシンのランタンでの利用を考慮し、170ピン35mm×47mm×8.5mmサイズのミニブレッドボードを採用していた。前述のギャル電の事例でも、同サイズのブレッドボードでスイッチと、電池ボックスと1つのLEDを光らせる回路を作成している。今回は、電子工作のプログラム内で制作が完結することが見込まれたことや、1つ以上のLEDを光らせたいこと、多くのLEDをつけるスペースを確保するために、例



図6 ブレッドボードに設置するLEDを選ぶ

年よりも大きい830ピンの標準的なブレッドボードを採用した。182mm×143mm×20mmサイズのため、リチウム電池CR2032の電池ボックスと複数のLED、抵抗器を複数利用して、多くのLEDが光るブレッドボードを制作した。

児童たちは、抵抗器を使ってつないだことで、前回のLEDチャレンジの時と同じ個数のLEDが光らないことも発見していた。また、回路を作る際に相互に助け合いながら、全員が回路を作ることができていた。

経験者を含む、チームAでは、ブレッドボードに挑戦するかを尋ねても特に希望者はなく、LEDGUNに進む場合が多かった。また、スイッチと抵抗器の仕組みを伝えるためにブレッドボードを使って回路を再現することをチームBで試みたが、そうした意味で、つなぎ方をじっくり理解する初学者向けの教材であると言えるだろう。

4.4. LEDGUNで初めてはんだ付け

学年構成により、回数は前後するが、LEDチャレンジの後、LEDGUNで初めてのはんだ付け2回にわたり挑戦した。

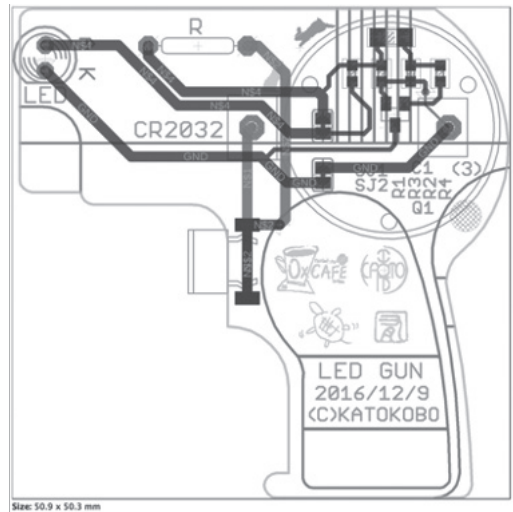


図7 LEDGUNの回路図

LEDGUNは鳥居と加藤良将氏（現・名古屋芸術大学講師）が制作したオリジナルのプリント基板である。愛知ワークショップギャザリングなどのワークショップイベントで「電子工作」プログラムを出展する際に、初めて電子工作をする場合、最初の1作目として推奨する基板である。（図7）

1回目は、事前にタクトスイッチだけをはんだ付けしたLEDGUN基盤を用意し、制作する。

最初の15分を使って、延長コードを利用して、電源を確保、養生テープで固定し、はんだ、はんだこて、こて台、ニッパについて説明しながら渡して、はんだ付けをする準備をする。

その後、LEDGUNの基板、330Ωの抵抗器、CR2032電池と電池ボックスを配布する。LEDチャレンジを思い出し、LEDの発光色を確認して1つLEDを選ぶ。その後、はんだ付けを行うという手順で勧めた。

実質的に抵抗器とLED、電池ボックスをはんだ付けするだけで、あとはキーホルダー部品をつけて完成となる。1回目では、恐る恐る取り組んでいたはんだ付けも、完成すると、「来週もう1度作る」との発言が多くあった。2回目から、複数個を制作する児童も多く、制作に慣れ、作ることを楽しむ姿が観察された。一方で、2回目ではタクトスイッチのはんだ付けも児童が挑戦するようにしたが、スイッチの足を基板に挟むには手の力が足りない児童も散見された。部分的にはサポートは必要としながらも、ほとんどの児童が自身の力で制作し成功できたことから、電子工作に対して苦手意識なく進めることができた。

「アナログものづくり」終了後も、自分のきょうだいとの遊びでLEDGUNのLED折れてしまった場合に修理を依頼する児童が複数あった。ここから、修理すればまた使えることを理解していることがわかる。また講師に依頼をすれば修理される児童と講師との信頼関係が構築できている。さらに、修理してまた使いたいというLEDGUNそのものへの愛着も観察できた。

4.5. ネコ基板制作でセンシングを理解する

チームにより、回数は前後するが、3、4回目にLEDGUNの次にはネコ基板Mark Iを制作した。3年生のみのチームDは3回をかけて、ネコ基板を作るようになった。それ以外のチームは2回をかけて作成した。

2020年でも6年生が制作している。その際、6年生の児童たちは、目と見立てる2つのLEDの発光色を「色」として捉え、色に対してこだわる発言が多かった（宮下ら：Ibid.）。2022年度は、資料に添付されたラベルの色情報だけでなく、実際に発光色を確認、選択することが多かった。

4年生以上の学年を含むチームでは、ネコ基板の制作に取り組むときには、電源周りの配線の固定、はんだこてや道具の配布、抵抗器や部品の配

布をチーム内で協力しながら行っていた。例年通り、ネコの眉間に配置されたフォトトランジスタで、明るさを感じて、光ることなどはどの学年も問題なく確認ができた。次週に「デジタルものづくり」を始める際に、楊、亀井にネコ基板のセンシングの機能について説明している場面も複数回観察され、内容を理解し、他者に表現する力を身につけたことが見て取れる。

一方で、今回大きな問題となったのが、場の設定である。特に、3年生のみで構成されていたチームは、スケジュールの都合で、メディア室の一部を利用することになったため、児童同士が一列に並んで工作を行うことになった。スペースを確保しながらも向かい合って取り組んでいた際には、互いの状況を把握しながら、相互に助け合って制作していたが、このレイアウトでの制作の進捗が格段に悪くなった。加えて、サポート側の目の届き難さから、適時適切なサポートが困難であった。このため、「はんだ付けが難しい」「熱くて怖い」などの苦手意識を持たせてしまう要因にもなったと考えられる。

最終的に、完成したネコ基板を手にすることで、満足な様子は見られたが、LEDGUNの時のように「もう1度作りたい」という発言はなかった。制作する場のデザインも重要であることが認識できた。

4.6. 抵抗値の違いを発見しながら制作したVUメーター

6年生を含むチームAは、児童たちの希望もあり、全体の進行を早めて3回かけてVUメーターに挑戦した。

VUメーターは、アナログ基盤の中でも部品点数が多く、複数の部品を一度に渡すことになるため、部品と鳥居の制作した説明書を観察しながら制作することになる。

回路で5つのLEDに異なる抵抗器を配置することで、音の大きさに反応してLEDの光る個数

が変わる仕組みとなっている。それぞれの抵抗器の値が異なることは児童たち自身が説明書を見て発見し、抵抗器のカラーコードを確認しながらはんだ付けする姿が観察された。また、誤って別の抵抗器を付けた児童も、どの抵抗器を間違えていて、正しいのはどれか、自分で説明できる児童が多かった。抵抗は中学校「理科」の内容となっているが、数値や完成品を観察し、互いに、「違うこと」を確認しあいながらはんだ付けを行ったことが、発見につながった様子が見て取れた。

LEDの色は児童が選択する際、単色で選ぶことを勧めていたが、4個の単色LEDと1個のイルミネーションLEDを組み合わせて、わずかな音でも收音できれば、イルミネーションLEDが光るVUメーターになる工夫をしていた。LEDの特性や、マイクのセンシングの仕組みと音の大きさの提示の仕組みをよく理解できていたからこそこの工夫であると言える。

完全に独力で完成させた児童は11名中2名であった。複数学年混成チームだったことで、チーム内での協力体制に偏りがあったことに加え、部品点数の多さ、複数回に跨った制作で欠席者もあり、全員が全ての時間で集中力を保つことが困難だったことが要因と考えられる。

一方で、一度うまくできなかつたものの、修理して翌週に手渡し、続きを作成することができ、最終的に完成仕切れなかつたものも、完成させて渡したことで、児童自身が納得して持ち帰る姿が観察された。完成品を自分で完全に作り切らなくても、途中のプロセスを理解することに、学びの可能性を見出すことができた。

4.7. 表面実装アクセサリ基板の挑戦

4・5年生で構成されたチームBでは、表面実装に2回挑戦した。通常の教室から移動したことや、学内での準備に時間がかかったこと。初回のLEDチャレンジの前に、「基板の形をつくりたい」という児童たちの要望があり、ホワイトボード

いっぱい「あったらうれしい基板の形」を描きこんでいた。児童たちには、短期間で基板を作ること自体は難しいことは伝えた。しかし、児童たちの要望に応える一つの方策として、レーザー加工機でアクリルキャストの彫刻と切断し、児童たちが独自にデザインしたキャラクターやクラゲ、ロゴなどを作成し、光らせる方法を模索した。

1回目は表面実装でLEDを配置できるユニバーサル基板で作ったアクセサリを見本に、それに載せたいアクリルキャストのデザインと、表面実装への挑戦を行った。アクリルキャストのデザインは全員が完成させた。しかし、はんだこてのこて先が太かったため、表面実装のはんだ付けは児童たちにとってさらに難しい作業となった。

2回目には、制作してきたアクリルキャストを手渡し、表面実装用のこて先に変更したはんだこてと、ピンセットなどの道具を準備し、表面実装の続きを促した。しかし、1回目の苦手意識は払拭できず、最終的に表面実装LEDを完成できた児童は1名のみだった。児童自身が「LEDGUNはいいけど、小さいのは苦手」など「難しさ」を強く印象付けてしまったことが問題である。

児童の要望と教材としての難易度とを考慮すれば、表面実装の基板を使わない空中はんだ付けのアクセサリ制作も可能であった。また、同じ基板を利用して制作する場合は、より付けやすいチップLEDのサイズを試行、3216から1608と変更も考えられる。

児童たちの作りたいものとのすり合わせ、道具や素材への配慮と、多くの課題のある教材となった。今後の課題として、さらに改善・開発を進めたい。

5. 考察と検証

5.1. 実践の検証

2022年度の「デジタル&クリエイション」は、

これまでの「児童たちの自由な創作活動を支援する」活動から、「児童たちが、ものづくりの技術を体験から学ぶ」活動へと、カリキュラムを変更することになった。2章以降で示したように、「iPadでのものづくり」「デジタルものづくり」「アナログものづくり」とものづくりで使う道具立てを意識させながら、「作る方法を知る」プログラムを、参加者全員が体験できるようなカリキュラムになった。

今年度でも、選択的に「作りたいもの」が明らかになった児童は、個別に制作する場面もあったが、次年度以降の継続した活動のなかで、今年度の経験と知識をどのように活かすか、長期的に観察することが重要であろう。

今後の複数年の運用の中で、「作り方を知る・学ぶ」と、「作りたいものを作る」がうまく接合されることで、より創発的な学びへとつながることが期待できる。

5.2. 今後の展望

今後の改善には、活動環境の整備へのきめの細かな対応が重要になると考える。

木原ら（2017）でも、実施環境に関して「机と椅子の種類や配置方法が重要」と指摘しているように、児童たちが対面で、お互いの様子を観察しながら、対話できるレイアウトが重要であることが確認できた。4章4項でも前述したが、「アナログものづくり」での、メディア室の一部を利用するレイアウトでは、児童の相互のサポートも、講師側のサポートも困難であった。電子工作の作業も滞り、児童自身も注意散漫となっていた。この環境を改善するため、小学校に配慮を願い、教室移動が必要な場合は、より広い場所として、図工室を利用して実施することとなった。

会議室にせよ、図工室にせよ、事前の設営において、児童同士が助け合う様子が観察された。特に複数学年で構成されたチームA、Bでは、どの会場でも設置準備から道具の配布まで、児童自身

が周りを見ながら自ら役割を発見し、電源を固定する係、道具を配布する係など、学年をこえて協力する様子も観察できた。

単に電源の確保とスペースがあれば、活動ができるわけではなく、どの環境で創作活動をするか、重要であることが再確認された。

もう一つ重要だったのは、道具の選定である。今年度より、小学校ではんだこてとこて台が準備されたことで、児童自身で設営・準備ができるようになった。こうした環境も自分たちの作業に意味付けを持たせることが見て取れた。

スルーホールで導線をカットするニッパには、常時TRUSCOエレクトロニッパ125mm TBEN-125を利用しているが、1度だけ別種のニッパを準備したところ、道具の使い難さや、それが原因となつてうまく作業ができないことなどを訴える児童が多かった。これは表面実装のはんだこて先の導入も同様であった。使って、比べることで道具の快適さが作るマインドを促進することがわかる。

一方で、これまでから改善されたのは、1巻ずつ渡していたはんだを、30センチほどに切断して渡す方式にしたことである。1巻を持つには児童たちの手の大きさに余る場合や、はんだをケースからごくわずかしか出していなかったことで、うまくはんだ付けできなかった児童が観察されていた。短く切って渡すことで、握りやすくなり、またはんだの持ち手もコントロールも容易になった様が観察できた。

適切なタイミングで、適切な道具が必要であることが明らかである。こうした発見と問題解決は、継続的観察と小さな取り組みの積み重ねにある。「アナログものづくり」においては、再検討する教材もあったが、既存の教材も含め、今後さらに改善に加え、課題として再認識された場づくり、環境整備、道具面の配慮と研究も含め継続的に検討していく。

注

- 1) <https://www.sugiyama-u.ac.jp/primary/life/afterschool/seminor/>
- 2) <https://www.brother.co.jp/product/cuttingmachine/index.aspx>
- 3) <https://www.xyzprinting.com/>
- 4) <https://flashforge.jp/>
- 5) <https://www.tinkercad.com/>

引用・参考文献

- 木原民雄 星ひかり2017「電子工作と手芸を融合したデザインワークショップの企画運営方法」『学苑環境デザイン学科紀要』No. 921 pp. 43～46
- ギャル電2021『ギャル電とつくる！パイプステニアゲサイバーバンク光り物電子工作』オーム社
- 宮下十有・亀井美穂子・鳥居隆司2021「小学生のデジタル創作活動支援環境・教材の開発—コロナ禍の状況変化を想定した継続的創作活動支援のあり方—」『文化情報学部紀要』20 pp. 1-12
- 文部科学省2019『小学校学習指導要領』https://www.mext.go.jp/content/1413522_001.pdf
- 文部科学省2019『小学校学習指導要領（平成29年告示）解説「理科編」』https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387017_005_1.pdf

みやした・とあり / 文化情報学部准教授

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

かめい・みほこ / 文化情報学部准教授

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

よう・ねい / 文化情報学部講師

E-mail : yang@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