

実践的課題解決能力を育てる

遠隔操作ロボット教材の開発と教育的効果

～レーザーカッターと3Dプリンターで自分の想像をカタチにする～

佼成学園中学校高等学校

山本 享

ほか2名

1. はじめに

1958年、「職業・家庭科」から「技術・家庭科」という分野が創設された。これは、当時の日本が高度経済成長期に入り、科学技術の発展と産業構造の変化が急速に進展していたことを背景に、次代を担う生徒に対して基礎的な技術や創造的な問題解決能力を育成する必要性が高まったことによるものである。従来の職業的教育から脱却し、より広く一般的な生徒に対して生活に関わる技術の理解や実践的な能力を身につけさせることを目的としたものであった。特に、電気・機械・材料加工・住生活といった日常に関わる技術を学ばせることで、科学技術と人間生活との関わりについての理解を深め、将来的な職業選択や市民としての資質の育成を図ろうとする意図があった。さらに、2000年代以降の急速な情報化社会の進展を受けて、技術・家庭科においても「情報」という領域の重要性が増していった。ICTの普及により、日常生活や産業活動における情報の活用が不可欠となる中、生徒が情報を主体的に収集・整理・発信し、その活用方法を判断する能力を育成することが求められるようになった。また、プログラミングやデータ処理といった情報技術の基本を学ぶことは、将来の進路においても重要な素養と位置づけられた。そのため、技術科の中で情報を扱う学習内容が整備され、実社会での活用を見据えた「問題解決」や「ものづくり」と連動させた学習活動が導入されていったのである。このような中、新学習指導要領において「総合的な学習の時間」における「探究的な学び」の重要性が明確に打ち出された。ここでは、主体的・対話的で深い学びが重視されているが、こうした学びは「総合的な学習の時間」に限らず、日常の教科学習においても求められるようになってきている。そこで、技術科においても探究的なサイクルを意識した授業を構築し、生徒が日常的に問題に向き合い、発見し、解決する力を養うことを目指し、中学1年生を対象とした研究に取り組むこととした。小学校と比べて、中学校では「問題を発見する」こと自体が難しい側面もあるが、そうした経験を積ませることで、「総合的な学習の時間」における探究的な学びの質的向上にもつながると考え、本研究を行うに至った。

本研究では、「遠隔操作ロボットの教材開発」を通じて、「計測・制御に関するプログラミングによる問題の解決」「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツに関するプログラミングによる問題の解決」「材料と加工の技術」という技術分野の要素を融合

させたロボット教材を開発し、その中に主体的な学びの要素を組み込むことで、限られた指導時間の中でも高い教育効果を発揮するタイムパフォーマンスの高い PDCA サイクル型授業の実現を目指した。遠隔操作ロボットは近年、操縦者の安全性確保の観点から災害現場や医療現場など、様々な領域で活用が進んでいる。こうした社会的背景を踏まえ、ミニチュア化した教材を通じて、生徒に実社会とのつながりを実感させることもねらいの一つである。本教材では、リモートコントローラを用いてロボットを遠隔操作し、磁石の有無によって物体を識別させる。磁気を検知した場合は操作者によってロボットアームの先に取り付けられたロボットハンドで物体を掴み、指定の位置へ運搬するという一連の動作をプログラムさせる構成とした。また、ロボットハンドについては初期状態ではうまく物体を掴めないように設定し、あえて不便さを感じさせることで、生徒自身に問題を発見させる仕掛けとした。その上で、生徒がレーザーカッターや 3D プリンターのいずれかを選び、自ら理想とするロボットハンドの形状を設計・制作するというプロセスを取り入れることで、探究的な学びの実現を図った。

以上の研究は、本校技術科教員 1 名と情報科教員 2 名の計 3 名により共同で実施したものである。本取り組みは、試行錯誤の連続であり、決して洗練されたものとは言えないが、少しでも参考にしていただければ幸いである。

2. 本校の『技術』の授業

本校は、中高一貫の男子校であり、中学校においては中学 1 年生、中学 2 年生、中学 3 年生の各学年で技術の授業を 1 単位ずつ履修している。技術科では、学年間で内容が断絶しないよう配慮しつつ、学年進行に応じて扱う技術分野を段階的に配置している。中学 1 年生では、主に「情報の技術」と「エネルギー変換の技術」を扱い、情報機器の基礎的な理解と、身近な機構や制御への関心を育成することを重視している。中学 2 年生では、「材料と加工の技術」と「生物育成の技術」を中心に、ものづくりに必要な材料特性や加工方法、生物の育成を通じた継続的な観察活動を行っている。中学 3 年生では、再び「材料と加工の技術」を扱い、設計から制作、評価、改善までを意識したより発展的なものづくり学習を行っている。

中学 1 年生の「情報の技術」の授業では、1 学期の途中まではタブレット端末が配布されないため、コンピュータの仕組みや情報の表現方法、情報モラル、著作権など、情報社会を生きる上での基礎的な内容を中心に扱っている。タブレット配布後は、デジタル化の仕組みや情報セキュリティなど、実際の端末操作と結び付けた学習へと移行している。2 学期は年間を通して最も授業時間を確保しやすいため、これまでは市販のロボット教材を用いて「計測と制御」に関するプログラミング学習を行ってきた。具体的には、ライントレースや赤外線センサ、フルカラーLED を活用し、条件分岐や繰り返し処理を体験的に学ぶ授業を実施していた。3 学期には、micro:bit を用いた「双方向の通信」を扱い、

無線通信によるデータ送受信や相互作用を通して、ネットワーク的な考え方に触れさせてきた。

しかし、2 学期に実施していた市販のロボット教材を用いた授業において、クラスの半数程度のロボットが故障し、継続的に使用できなくなるという問題が発生した。この経験から、市販教材に依存した授業構成の脆弱性や、教材そのものを学習対象として捉え直す必要性を強く認識するに至った。そこで、新たに教材を開発し、これまで分野ごとに分断されがちであった学習内容を再構成することとした。具体的には、「計測・制御に関するプログラミングによる問題の解決」「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツに関するプログラミングによる問題の解決」「材料と加工の技術」を同時に扱い、2 学期から 3 学期にかけて連続した授業として設計した。さらに、レーザーカッターや 3D プリンターといった最新の加工機を活用し、制作体験を通して、構想、制作、実践、評価、改善という一連のサイクルを繰り返す授業を構築することで、より探究的で実践的な技術学習の実現を目指した。

3. 今回の研究の目的

近年の教育法を踏襲しつつ、技術に対応する教材を作ることが目的だが、学習指導要領、探究的な学びや本校の生徒像をおさえることも重要である。まずは、その点を整理していく。

3.1. 学習指導要領

平成 29 年に告示された新学習指導要領における技術分野は、「グローバル化の進展や絶え間ない技術革新といった社会の急速な変化に対応し、よりよい生活や持続可能な社会を構築するための資質・能力を育成すること」を大きな目標としている[1]。そのため、単に「ものを作る」ことにとどまらず、技術を多面的に評価し、社会の中で適切に活用・創造する力の育成に重点が置かれている。技術分野では、「技術の見方・考え方」を働かせながら、実践的・体験的な活動を通して、以下の三つの柱に基づく資質・能力を育成することが求められている。

「知識及び技能」…生活や社会で活用されている「材料と加工」「生物育成」「エネルギー変換」「情報」の 4 領域について、その仕組みや原理を基礎的に理解し、関連する技能を習得する。また、これらの技術が社会や環境にどのように関わっているのかについても理解を深める。

「思考力、判断力、表現力等」…生活や社会における技術的課題を見だし、課題設定・解決策の構想・具体化・評価・改善という一連の問題解決能力を育成する。これは、予測困難な未来において多様な課題に主体的に対応するために不可欠な力である。

「学びに向かう力，人間性等」…よりよい生活や持続可能な社会の構築に向けて，環境負荷や安全性，作り手と使い手の両方の視点を考慮しながら，誠実に技術を活用・創造しようとする実践的な態度と倫理観を養う。

技術分野の学習の核となるのは，「技術の見方・考え方」である。これは，生活や社会の事象を技術との関連で捉え，社会からの要求，安全性，環境負荷，経済性など，時に相反する複数の条件の中で最適解を見いだしていく思考枠組みを指す。この視点を働かせることで，技術は単なる科学の応用ではなく，社会と深く結びついた人間的営みであることを理解できるようになる。学習内容は，「A 材料と加工の技術」「B 生物育成の技術」「C エネルギー変換の技術」「D 情報の技術」の4領域に整理され，全ての生徒がこれらを履修することとなっている。各領域は問題解決的な学習過程を重視しており，次の3つの段階で構成されている。

生活や社会を支える技術：既存の技術の仕組みや原理・法則を理解し，「技術の見方・考え方」に気付く段階。

技術による問題の解決：習得した知識・技能を活用し，実際の課題解決に取り組むことで理解を深め，技能を習熟させる段階。

社会の発展と技術：問題解決を振り返り，技術の概念を深く理解した上で，評価・改良・応用について考える段階。

特に今回の学習指導要領の改訂では，急速な進化を遂げている「D 情報の技術」の充実が図られた。小学校におけるプログラミング教育の成果を受け継ぎ，従来の計測・制御に加えて，ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミングにも対応している。本研究では，このような技術分野の理念に基づき，生徒が「知識を覚える」ことだけにとどまらず，「知識をどのように使うか」までを深く考え，主体的に学びに向かう姿勢の育成を目指す。また，知識を活用する上で不可欠な「粘り強い試行錯誤」の経験を重視し，たとえば，3D プリンターやレーザーカッターを一度だけ使って終わるのではなく，その特性を理解した上で改善を重ねる活動を通して，探究心の向上を図る。このような過程を通して，生徒が「能動的に学ぶ力」を育むことを本研究の重要な目標としている。

3.2. 探究的な学びとの接続

現在，多くの学校において「総合的な学習の時間」の中で「探究的な学び」が導入されている。本校でも，学校全体で探究学習に取り組んでおり，その成果は対外的なコンテスト等での表彰実績にも現れている。しかし近年，校内研修等を通じて，「探究的な学び」

は「総合的な学習の時間」だけで完結するものではなく、日常の各教科の授業の中でも積極的に取り入れていくべきであるという意見が多く聞かれるようになってきた。これを受けて学校全体としても、各教科での授業設計において「探究的な学び」の要素を意識的に取り入れることが強く求められている。こうした背景のもと技術科においても、探究的な学びの視点を取り入れた授業づくりが必要であると考えに至った。すなわち、単なる知識の習得にとどまらず、生徒が自ら問題を発見し、それに対して試行錯誤しながら解決を図るような「課題解決型の学び」が求められている。現在、探究的な学びのレベルは、Banchi & Bell (2008) [2]によって以下のように4段階のモデルとして整理されている(表1)。

表1 探究レベル Banchi & Bell (2008)

	探究レベル	問い	手続き	解
1	確認としての探究 (Confirmation Inquiry) 学習者は、結果が事前にわかっている活動を通して原則を確かめる	✓	✓	✓
2	構造化された探究 (Structured Inquiry) 学習者は、教師が提示した問いについて、決められた手順によって調査する。	✓	✓	
3	導かれた探究 (Guided Inquiry) 学習者は、教師が提示した問いについて、自ら設計・選択した手続きで調査する。	✓		
4	開いた探究 (Open Inquiry) 学習者は、自ら立てた問いについて自ら設計・選択した手続きで調査する。			

今回の研究に当てはめて考えてみれば、問いは、「どのようなプログラムであれば、ロボットは操作しやすくなるのか?」と「どのような構造をしたロボットハンドであれば、物体を効率よく掴み、運ぶことができるか?」である。この問いに対して、生徒はプログラミングのパラメータを変えたり、あるいは、自らロボットハンドの構造を設計し、その制作手段としてレーザーカッターあるいは3Dプリンターのいずれかを選択して実行に移すという手続きを踏む。したがって、この学習活動はレベル3:導かれた探究(Guided Inquiry)に該当すると考えられる。中学1年生においてこのレベルの探究的学びを行うことは、一見すると難易度が高いように思えが、このような経験を早期に積むことで、技術科における学びをより深く実感させるとともに、将来的には「開いた探究」へとつながる探究的姿勢の育成にも繋がると考えている。

3.3. 新・技術分野(仮称)への対応

現在、2030年度から現行の「技術・家庭科」を分離し、情報教育の一層の充実を図ることを目的として、「新・技術分野(仮称)」の創設が文部科学省により検討されている

[3]。文部科学省はこの新たな枠組みにおいて、「ものづくり」と「実社会」との接続を意識した探究的な学びの充実を掲げており、その理念や実施方針の概要は、以下の資料に示されている（図1）。

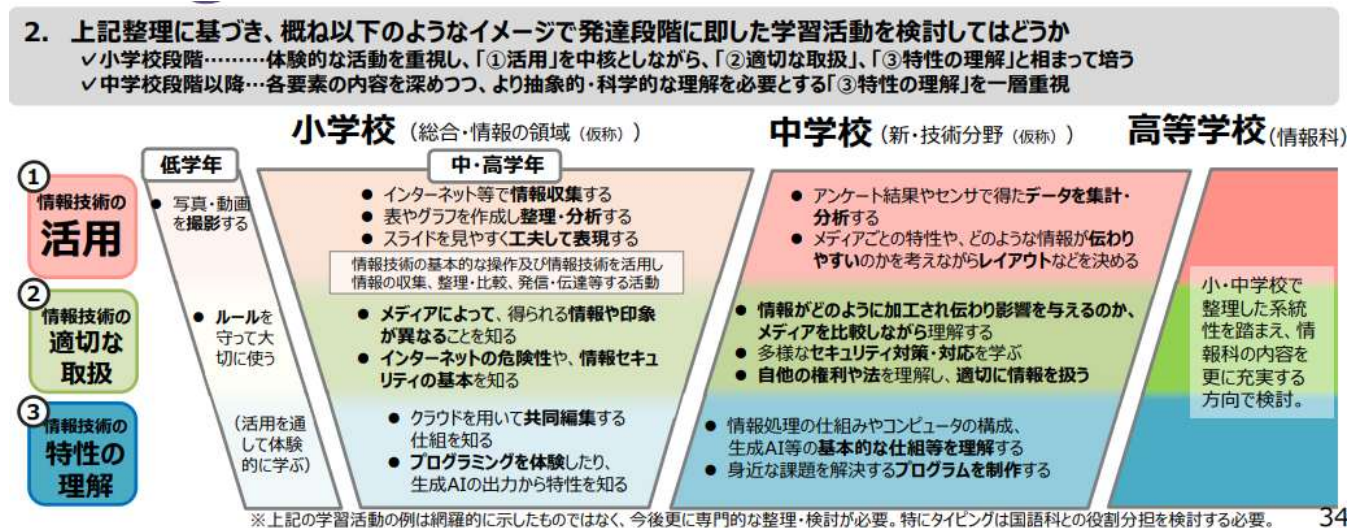


図1 新・技術分野のイメージ

※本図は文部科学省が新たに提示する「新・技術分野」の教育イメージを視覚化したものであり、今後の技術科の方向性を理解するうえで重要な資料である。

この「新・技術分野」では、メディアの扱いや身近な課題を解決するプログラムを制作するといった内容が記載されている。レーザーカッターや3Dプリンターといったデジタル工作機器も、広義の意味での「表現メディア」と捉えることが可能である。実際、文部科学省が示す方向性の中には、以下のようなメディア理解に関する学習観が明記されている。

「メディアごとの特性や、どのような情報が伝わりやすいかを考えながら、レイアウトなどを決める」

「情報がどのように加工され伝わり影響を及ぼすのか、メディアを比較しながら理解する」

これらの視点は、本研究で実施している学習活動とも深く関係している。すなわち、立体造形メディアとしてのレーザーカッターや3Dプリンターの活用を通して、生徒自身が「どちらの加工手段を選ぶか」「どのような形状・構造にすれば、物体をより確実に・効率的に運べるか」といった問いに向き合いながら、設計・試作・検証・改善のプロセスを繰り返しながら材料を加工していくことが、まさに探究的な学びそのものであると考えられる。このように、課題発見から解決に至るまでの思考を、実社会で用いられる道具や手

法を通じて実践的に学ばせる試みは、今後創設される「新・技術分野」が目指す課題解決型の学びや社会参画につながる資質・能力の育成を、先取りするものであると言えるであろう。

3.4. 高校「情報Ⅰ」への接続

現在、高等学校「情報Ⅰ」では、micro:bitを用いてPythonを用いたテキストプログラミングによる授業実践が進められており、本校においても、ロボット教材を活用したプログラミング学習がその中心的な活動の一つとなっている。特にこのロボット教材は、本校教員である岡野および萩原が4年前に私立学校研究助成事業（東京都私学財団）の支援を受けて開発・研究を行った成果であり、現在も継続して授業に活用されている。ロボットという視覚的・身体的に操作可能な教材は、生徒の興味・関心を高める効果が大きく、抽象的なプログラミングの概念を具体的な動作として理解するために極めて有効である。実際、生徒は自らの操作によってロボットが動く様子を通じて、アルゴリズムの構造や処理の流れを自然に理解しようとする傾向が見られる。

本研究では、特に中学校段階においてブロックプログラミングを活用しながら、テキストプログラミングへの橋渡しを意識したカリキュラム設計を行っている。ブロックプログラミングは、初心者にも視覚的に分かりやすく、命令の構造や順序性、繰り返しや条件分岐といった基本概念を直感的に学習できる利点がある。これにより、順次処理・分岐処理・反復処理といった基本構文の理解を無理なく進めることができ、その後のテキストプログラミング（Python）への移行を円滑にする足がかりとなる。また、ロボット教材との組み合わせにより、学習者が「自分の作ったプログラムで現実世界が動く」という体験を通して、論理的思考力や問題解決力を育む機会を提供できる点も大きな意義である。中学校段階でこのような探究的・実践的なプログラミング経験を積むことは、高校「情報Ⅰ」における学習内容の土台を形成し、生徒の意欲と学習効果の双方において良好な影響を与えると考えている。

3.5. 本校の生徒像

最後は本校の生徒像に関しても考察する。今回の研究授業にあたり、173名にアンケートを行った。まず、「日常生活や学校生活の中で、不便だな、困るなどと思うことを見つけるのは楽しいですか？」という問いに対して、「全くそう思わない」「あまり思わない」の合計の割合が、73%であった（図2）。また、「日常生活や学校生活の困りごとを解決するためのモノづくりをしたことはありますか？」の問いに対していいえの割合が79%となっており、ほとんどがものづくりの経験をしたことがないという結果になった（図3）。また、あると答えた21%の生徒の中を限定してどのような方法で、ものづくりをしたかという質問を試みたところ、文房具のみで解決した生徒がほとんどであった（図

4)。このことから、レーザーカッターや3Dプリンターといった最新の加工機に触れて問題を解決するプロセスを踏むことにはとても有意義な活動であると思われる。

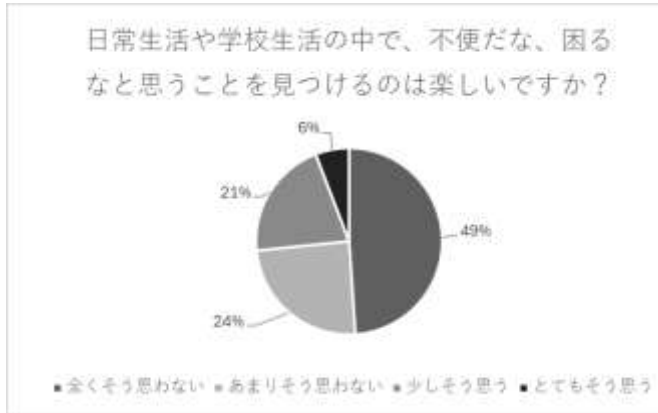


図 2

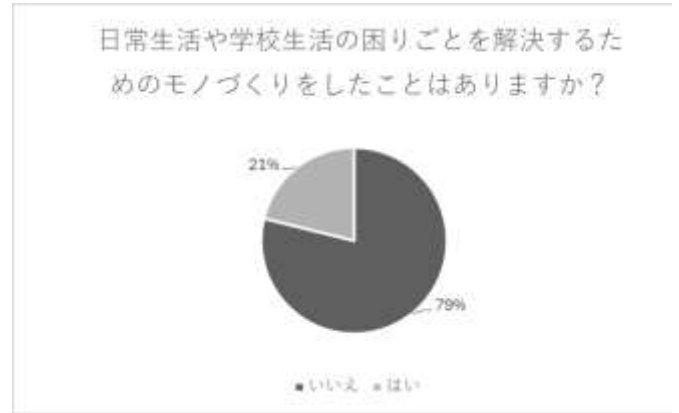


図 3

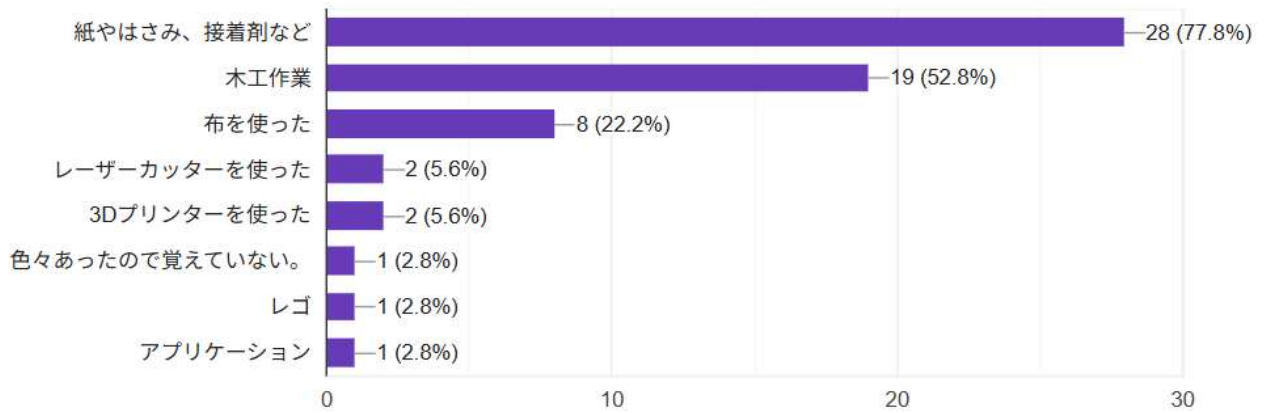


図 4

また、プログラミング経験に関してもアンケートをとったところ、図5のようになった。

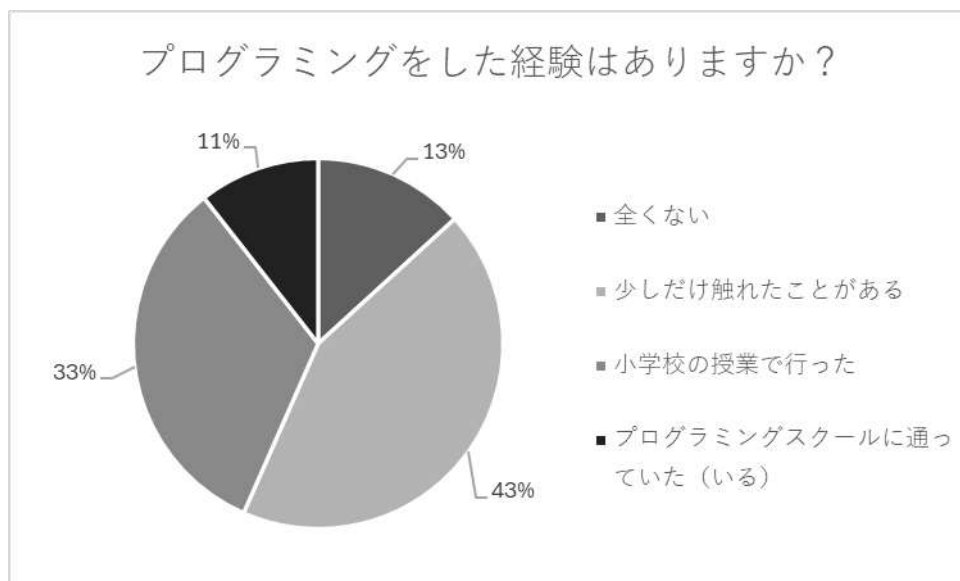


図 5

そして、最後に、「遠隔操作ロボットのような、人の指示や周りの状況に合わせて動く仕組みに、どのくらい興味がありますか？」という問いに対しては、69%が興味があると回答した（図 6）。本校は男子校なので高くなる傾向にあるが、これから授業を行い、この割合の変化をみていくこととする。

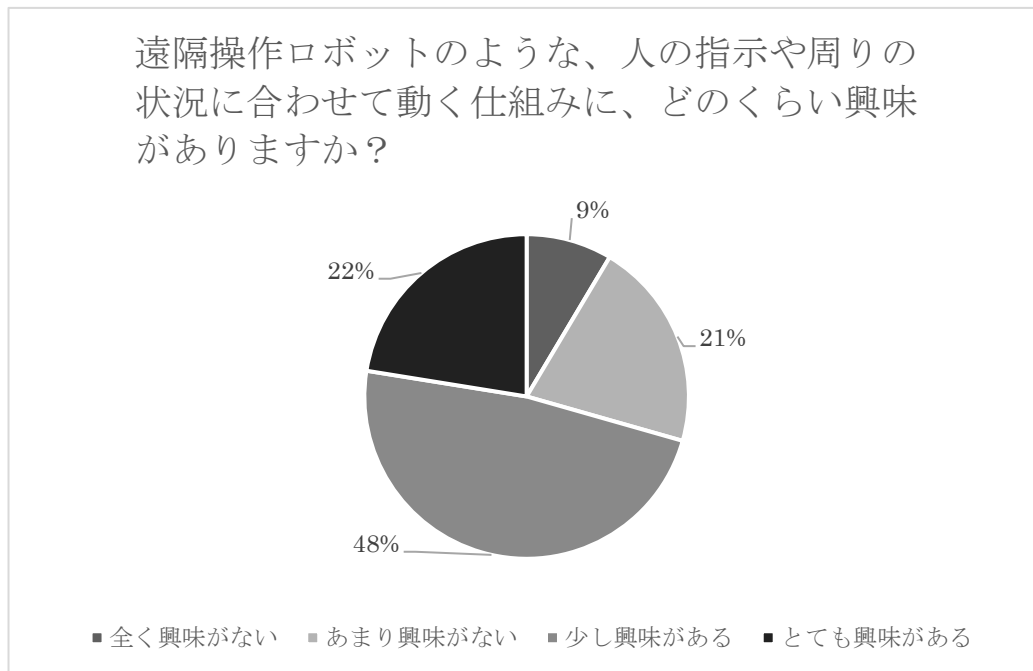


図 6

このように事前アンケートでまとめた結果を見ていくと、本校の生徒は「困りごとの発見」と「ものづくり経験」が薄いので、失敗を前提とした探究的な授業と加工機で改善という設計が妥当ではないかと考えている。

3.6. まとめ

今回の研究の目的をまとめていくと、文部科学省の学習指導要領や新技術に対応した授業教材を研究していくことはもちろんではあるが、以下の項目が研究課題のリサーチクエストとして捉えている。

- ・探究（PDCA）として A→P→D→C を回せたか
- ・遠隔操作ロボットへの興味は事前事後で変化したか
- ・加工機選択（レーザー／3D）が試行錯誤にどう影響したか

これらの3つを技術の授業で扱えたかという点を深く研究していくこととする。

4. 授業設計

4.1. 社会的背景

近年、デジタル技術の進化とともに、私たちの社会は急速に変化している。産業界では自動化・省人化が進み、ロボット技術やAI（人工知能）、IoT（Internet of Things）といった新しい技術があらゆる分野に浸透している。特に遠隔操作ロボットは、災害対応や医療、建設、物流など、人が容易に立ち入ることができない環境下での作業を安全かつ効率的に行う手段として注目されている。近年では、災害現場での瓦礫撤去や被災地調査、感染症対策における医療支援ロボットなど、遠隔操作を前提としたシステムの社会実装が急速に進んでいる。また、これらの技術は単に機械工学的な仕組みにとどまらず、情報通信技術との連携により、クラウド上でデータを共有しながら遠隔地から複数の機体を制御するような複合的システムへと発展している。すなわち、ロボット技術は、機械・電子・情報の境界を越えた総合的な技術領域として位置づけられるようになってきている。このような社会の変化に対応するためには、単なる操作技能の習得ではなく、「課題を発見し、テクノロジーを活用して解決策を創造する力」を育成する教育が求められている。文部科学省が掲げる新学習指導要領においても、「持続可能な社会の構築に寄与する資質・能力の育成」が明確に示されており、技術科の学習では、実社会の問題と関連づけながら探究的に学ぶことが重視されている。しかしながら、現場の授業では依然として知識伝達型の学びが多く、プログラムを「書く」「動かす」という表層的な体験にとどまるケースが少なくない。特に中学校段階では、ネットワークやセンサー、制御といった抽象的概念を、具体的な実体験として結びつける教材が不足している現状がある。その結果、生徒が「なぜこの技術が社会で必要なのか」「技術をどのように活用できるのか」を実感する機会が限られていた。

そこで本研究では、遠隔操作ロボットという実社会との接点をもつ教材を開発し、生徒が自らの手で「社会を支える技術」を体験的に理解できる授業を設計した。本教材は、災害現場や医療分野などで活用される遠隔操作の仕組みをミニチュア化したものであり、リモートコントローラとロボットを無線通信で接続して操作する。さらに、ロボットアームの先に装着されたロボットハンドを生徒自身がレーザーカッターや3Dプリンターを用いて設計・制作することで、「ものづくり」と「プログラミング」を融合した学びを実現した。この過程で、生徒は自ら課題を発見し、構造を改善するという探究的なサイクルを体験することができる。こうした学習は、単にプログラムを実行する技能にとどまらず、試行錯誤を通じて自ら考え、判断し、改善していく「実践的課題解決能力」を育成する点において極めて重要である。

このように、社会の変化が求める新たな学びに応えるためには、技術を「知識」として教えるのではなく、「社会とつながる学び」として体験的に扱う教材開発が不可欠である。本研究は、その一つの具体的事例として、遠隔操作ロボットを用いた授業実践を通して、

生徒の主体性と創造性を高めることを目的としている。

4.2. 学習指導要領とのかかわり

本教材は、「計測・制御に関するプログラミングによる問題の解決」と「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツに関するプログラミングによる問題の解決」を中心に位置づけながら「材料と加工の技術」を融合させたものとなっている。

「計測と制御」では、micro:bit を用いて磁気センサーにより物体の磁気情報を計測し、その結果を基にアクチュエータを制御する活動を行う。リモートコントローラ側では、ボタン操作によってロボットを遠隔的に動かす制御プログラムを作成し、センサーから得た情報をもとに自律的に判断させる仕組みを組み込んでいる。これにより、生徒は入力（センサー）・処理（プログラム）・出力（モータ制御）の関係を体験的に理解することができる。

また、「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツ」に関しては、Bluetooth 通信を用いて micro:bit 同士がデータをやり取りする構成とした。遠隔操作ロボット側からは磁気検知の情報をコントローラへ送り、リモートコントローラ側からは動作命令を返すという双方向通信を通じて、データの送受信の仕組みやネットワーク構造の基礎を学ばせている。この活動は、単に一方的な制御ではなく、現代社会の情報通信の仕組みを簡易的に再現した学習として位置づけられる。

さらに、「材料と加工の技術」の要素として、レーザーカッターや 3D プリンターを活用したロボットハンドの設計・制作を取り入れた。自ら設計した形状を加工機で出力する過程を通して、素材特性や構造の工夫、安全性への配慮といった技術的判断を伴う活動を行わせた。このように、情報技術と加工技術を統合的に扱うことで、学習指導要領が掲げる「技術の見方・考え方を働かせ、生活や社会の課題を解決する資質・能力の育成」を実現する教材として機能したといえる。

4.3. 教材概要

本研究で用いる教材は、2 台の micro:bit（マイクロビット）を活用して構成される。micro:bit は、イギリスの BBC が教育目的で開発した、手のひらサイズの小型コンピュータである。LED ディスプレイ（5×5）やボタン、温度センサー、加速度センサー、地磁気センサー、無線通信機能など、豊富な入力・出力装置を内蔵している。これらを活用することで、身の回りの情報を取得・処理・出力する一連の操作を体験的に学ぶことができる。特に micro:bit は初心者でも扱いやすく、Microsoft MakeCode for micro:bit（図 7）[4]を用いることで、ブラウザ上で視覚的に操作できるブロックプログラミングが可能である（図 8）。また、テキストベースのプログラミング言語である Python にも対応しており、中学校から高校まで継続的に活用できる教材として注目され

ている。micro:bit は単体でも LED の点灯やセンサーによる情報取得などが行えるが、2 台を連携させることで無線通信による双方向のやり取りが可能となる。これにより、たとえば一方を「ロボット本体」、もう一方を「リモートコントローラ」として使用し、遠隔操作やセンサー連動による動作制御といった応用的な学習展開が可能となる。

本研究では、まず単体でのブロックプログラミングによる基礎的な操作学習から始め、次第に無線通信を伴う双方向通信や、外部デバイスとの接続を通じた高度なものづくり・探究的学習へと段階的に発展させていく構成を採用している。このように、micro:bit は拡張性と発展性を兼ね備えた教育用コンピュータとして、探究的な課題解決学習の媒体として非常に有効であると考ええる。

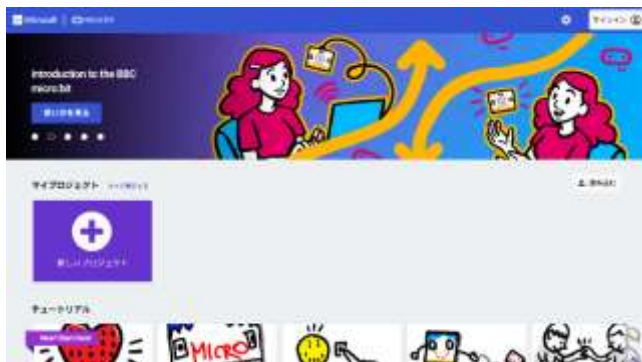


図7 トップページ



図8 プログラミング画面

4. 4. プログラミング学習法

プログラミング経験がそう高くない中学1年生に対しては、コードを丸写しする写経型学習から始めていく。また、一連のコードを理解したら自分で考えながらプログラムを書く学習もあとの方に設定し、興味がある生徒にはより深く学習してもらうような学習設定にした。これにより、初学者は基本的なことを学び、より自信のある生徒は自ら主体的に学ばせる構成とした。

4.5. 授業時間の設計

授業時間の設計は、全体の構成を考える「全体設計」と、1回の授業内での時間配分を考える「授業内設計」の二つに分けられる。全体設計については、全8回で構成し各回の概要は以下の表2の通りである。

表2 全体設計

回	タイトル	説明
1	プログラミングの基礎	計測制御システムについて学ぶ。センサーやアクチュエータの利用について学ぶ
2	リモートコントローラ同士の無線通信	プログラムの基本構造やフローチャートについて無線の双方向通信を用いながら学ぶ
3	遠隔操作ロボットの制御	遠隔操作ロボットの車をプログラミングで走行させ、任意の動作を指示させる
4	リモートコントローラと遠隔操作ロボットによる通信と計測・制御	リモートコントローラによって遠隔操作ロボットを操作させるプログラムを扱う
5	双方向通信とロボットアームの制御	遠隔操作ロボットが磁気近づいたらリモートコントローラへ情報を送るプログラムを学び、サーボモータによってロボットアームを制御する仕組みについて学ぶ
6	競技一問題の発見一	磁石が入ってるブロックと入っていないブロック合計8個を使い、3分間競技を行い、既存の問題を発見する
7	ロボット改善一3DCADによるロボットハンドの設計一	競技で発見した問題点を踏まえ、自分でロボットハンドを設計する
8	再び競技	生徒自ら設計したロボットハンドを印刷あるいは加工して渡して再び競技を行う

次に授業内設計については、理論と実践のバランスに配慮した。そのため、本授業では、授業の冒頭で約5～10分間程度知識や理論的内容を確認し、残りの時間で実践的な活動に取り組む構成とした。

4.6. グループによる協働学習と個別最適化学習のバランス

学習をする形態について、グループによる協働学習と、個人の能力に合わせる個別最適化学習が存在する。グループによる協働学習のメリットは、他者との意見交換や共同作業を通して多様な考え方を学び、思考の幅を広げられる点である。自分とは異なる視点に触れることで新たな気づきを得られ、他者に説明する中で自分の理解をより深めることもできる。また、グループ内での対話や役割分担を通じて、コミュニケーション能力や協調性、問題解決力などの社会的スキルを育むことができるという利点もある。さらに、互いに助け合いながら学ぶことで学習意欲が高まり、学びの継続にもつながる。一方で、協働学習にはいくつかの課題もある。グループ内で理解度や進度に差がある場合、学習が一部の生徒に依存したり、逆に意見のまとまりが悪くなったりすることがある。また、積極的に参加しない生徒が生まれると、学習効果にばらつきが生じやすい。さらに、個々の貢献度を

正確に評価することが難しく、公平性の確保が課題となることもある。

これに対して、個別最適化学習のメリットは、生徒一人ひとりの能力や興味、理解度に
応じて学び方や進度を調整できる点である。自分のペースで学習を進めることで、苦手分
野の克服や得意分野の伸長が図れ、効率的な学びが可能になる。また、学習履歴や成果を
もとに、個々に合わせた学習環境を構築できる。しかしその一方で、他者と関わる機会が
少なくなり、協調性やコミュニケーション能力を育みにくいという課題がある。また、自
分で計画を立てて学習を進める自己管理能力が求められるため、主体性が弱い生徒にとっ
ては学びが停滞する可能性もある。

このように、協働学習と個別最適化学習はいずれも長所と短所を持っている。つまり、
どちらか一方に偏るのではなく、状況や目的に応じて両者を組み合わせることが、より効
果的な学びにつながるといえるので、これらのバランスを考え、双方を融合したカリキュ
ラムで構成することにした。

4.7.3D プリンターやレーザーカッターによる加工機の利用

そして、本研究の中核となるのが、3D プリンターおよびレーザーカッターの活用であ
る。3D プリンターはさまざまな種類があるが、今回、使用するものはデジタルデータ
をもとに樹脂などの素材を一層ずつ積み重ね、立体物を造形するタイプの 3D プリンターで
ある。従来の切削加工とは異なり、複雑な形状を短時間で正確に再現できることから、設
計から制作までのプロセスを一貫して体験できる教育用ツールとして注目されている。一
方、レーザーカッターとは、レーザー光を用いて木材やアクリル板などの素材を高精度に
切断・彫刻する機器である。デジタルデータをもとにした加工が可能であり、短時間での
試作やデザイン変更に対応できる柔軟性を備えている。

これら二つの加工機は、生徒が自ら設計した構造を具体的な形として具現化することを
可能にし、探究的な学びを支える中核的な教材である。通常、3D プリンターは造形に時
間を要するが、本研究ではロボットハンドの形状制作に用途を限定することで設計を簡略
化し、小型化による短時間出力を実現させる。その結果、多人数分の制作にも対応できる
効率的な運用が可能となる。また、レーザーカッターとの併用により、加工方法や素材の
違いを比較しながら学ばせることができ、生徒が最新のデジタル工作技術に触れる機会を
提供することにもつながる。

5. 授業

授業は全クラス月曜日に設定されていた。しかし、2 学期の月曜日は休日が多く、授業数も4クラスが最大で8コマ、2クラスが最大で7コマであった。そのため、凝縮した内容で進んでいく必要があった。

5.1. 第1回目（プログラミングの基礎）

micro:bit の基礎を知り、無線通信を行う。学校所有の micro:bit を1台ずつ生徒に配っていき、授業を開始する。課題1では、順次処理、反復処理を扱い、課題2では、センサーを利用した分岐処理の内容を扱った。課題3では、ペアを決めて無線グループ通信を行った。制作したプログラムは自分の iPad で写真を撮ってロイロノートに送るという方法をとった。課題3は相手が必要なため、課題1課題2が終わった生徒から手をあげさせ、手をあげた者同士、micro:bit の無線 ID を同一にしてペアを組ませた。これを行うことによって、課題1と課題2の処理スピードが同じ生徒同士を結び付けることができるので、生徒の能力差を同じレベルに保つことができる良さがあった。

5.2. 第2回目（リモートコントローラ同士の無線通信）

「双方向性のあるコンテンツ」を扱うために、無線通信を学習した。今回から遠隔操作ロボットのリモートコントローラを扱うことにし、micro:bit をリモートコントローラに差して通信し合う方法にした（図9）。また、これには通信を伴うためグループが必要であったので、生成 AI（ChatGPT）を使って、ペアを決める HTML ファイルを作り、ペアを決めた（図10）。Excel から出席番号付きの名簿を貼り付け、当日欠席者の出席番号を入力すると、ペアを自動的に決める Web ページである。



図9 micro:bit をリモートコントローラに接続した状態



図 10 ペアを決められる Web ページ

このシステムを構築したことによって、簡単にペアを決めることができる。しかし、実際に行ってみたところ、能力差がある者同士がペアとなってしまう確率も高くなってしまった。生徒からも不満が上がり、なかなか進まないグループも見られたのも事実であった。

5.3. 第 3 回目 (ロボットの制御)

この回は個人活動で行った。プログラム例をプリントに記載しておき、それを見ながら表 3 のように、課題 1～課題 5 を行っていく。そして、クリアすると教員に報告していく。教員はチェック表を持ちながら机間巡視し、課題のチェックをしたり、質問対応したりした。生徒たちの反応もよく、主体的に学習していたといえる。協働学習は相手の生徒の能力によって左右されてしまうところがある。そのような中、個人活動のものを組み合わせることで、主体性を再び戻すことができると考えている。この回では個別最適化学習には対応できたと考えている。

表 3 課題内容

	課題内容
課題 1	まっすぐ 5 秒間、前に進んだ後にとまる。
課題 2	まっすぐ 5 秒間前に進み、右折して、まっすぐ 5 秒間前に進み、とまる。
課題 3	まっすぐ 5 秒間「前」に進み、まっすぐ 5 秒間「うしろ」に進み、とまる。
課題 4	まっすぐ 100 ミリ秒間前に進むことを 50 回繰り返し、とまる。
課題 5	まっすぐ 5 秒間前に進み、旋回して、まっすぐ 5 秒間進んで元の位置に戻ってきて止まる。

5.4. 第4回目（リモートコントローラとロボットによる通信と計測・制御）

ここではリモートコントローラと遠隔操作ロボットの制御のプログラムを学習する。この回はリモートコントローラと遠隔操作ロボットが通信するため、2つの micro:bit が必要になる。二つのプログラムを同時に扱おうと、ブラウザでのコーディング画面など別々となり、どちらのプログラムを micro:bit に転送しているか生徒が混乱してしまうため、リモートコントローラ側のプログラムのみを扱い、ロボット側のプログラムはあらかじめ教員のほうで入れておくことにした。ほとんどの生徒は、リモートコントローラにプログラムを入れることができた。しかし、少し時間が余ってしまったため、遠隔操作ロボットの制御をする練習時間に充てるための何かのコースを用意してもよかったのではないかと反省した。

5.5. 第5回目（双方向通信とアームの制御）

ここでは物体に磁力があるかを計測し磁力情報を通信する方法と、物体を運ぶためのアクチュエータであるサーボモータの制御を学習した。micro:bit は標準で磁力センサーが本体についている。これを使い、物体に近づくとその情報を送るように設計した。また、運ぶ物体は以下の図 11 のブロックを制作した。このブロックを裏側から見ると磁石がないものとあるもの（図 12）があり、センサーによって磁気の有無を検知できる仕掛けとし、同じ数分だけ作った。また、これら物体を運ぶ方法として、ロボットハンドの形状を突き刺し方式（図 13）、底持ち上げ方式（図 14）、吊り上げ方式（図 15）の3つを考えた。



図 11 運ぶ物体



図 12 磁石がないタイプ（左）と磁石があるタイプ（右）



図 13 突き刺し方式



図 14 底持ち上げ方式



図 15 吊り上げ方式

以上のことを受けて、今回は3つの課題を設定した。ひとつは、ロボットに磁石を近づけることでロボット側の磁力センサーの値をリモートコントローラ側で受信して表示できるという課題である。ふたつめは、物体を運ぶためのアクチュエータであるサーボモータの制御信号をリモートコントローラから送信し、ロボットが受信することでロボットアームが上下するという課題である。なお、前者にあたってはロボット側で10段階に変換したものを1秒ごとに送信するプログラムを、後者にあたってはサーボモータの電流出力端子の指定と出力する電流量をアームが0～100度となるように制限するプログラムを授業前にあらかじめ実装し、生徒はリモートコントローラでの制御プログラムのプログラミングに集中した。最後の課題は第6回目以降の競技に向けたロボットの制御の操作練習である。緑のブロックをフィールド外に運ぶという今後の競技の基本形を示した上で、自由に操作をさせた。その中でいかに多くブロックを運ぶために部品やモーターの速さを自主的に設定させた。しかしながら、実際はロボットが動くとそのこと自体に夢中になってしまう生徒が多く、ロボット同士を衝突させて相撲を取るなど、競技の意図とは外れた操作を行う生徒が多かったのは反省材料であった。

5.6. 第6回目（競技—問題の発見—）

ここでは第5回までに学習した事項および第5回で行った操作練習の結果をもとに、各生徒が競技を行う。競技フィールドは、物体を押して運ぶことを防ぐため、溝を越えて物を渡す越境搬送案（図16）と高台に持ち上げないと運べない昇段搬送案（図17）の競技フィールドの2種類を用意した（図18）。今後、どちらを採用するかを研究するため、同一競技フィールドに両方設置することにした。

次に競技のルールについてである。3分間の中でロボットのアームおよびロボットハンドを用いて、フィールド上にランダムに配置された緑のブロックを図19のように指定したエリアに運んだ数を点数化して競う。ただし、磁石があるブロックを運んだ場合は2点、ないブロックを運んだ場合は-1点として点数化する。加えて、生徒は第5回で示したロボットハンドの3つの部品のうち、生徒自身が運びやすいと感じるものをはじめは選択してロボットアームに装着して競技を行う。

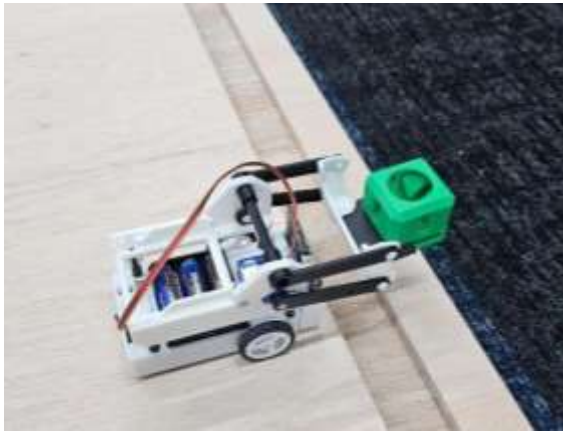


図 16 越境搬送案（溝がある）

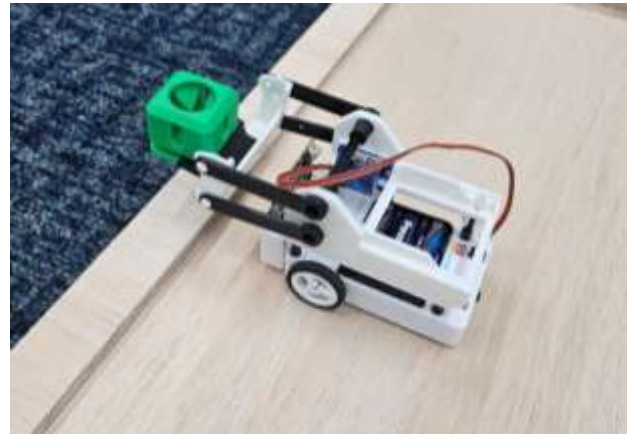


図 17 昇段搬送案（高台になっている）



図 18 競技フィールド

上側が高台，右側が溝になっている

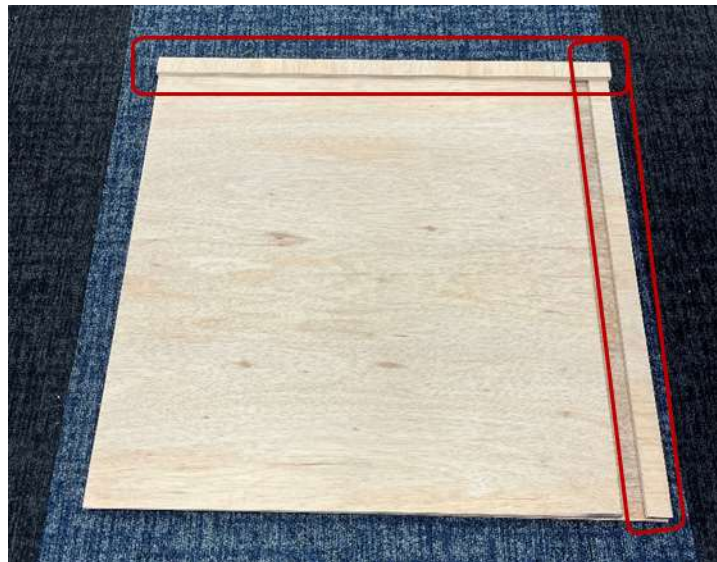


図 19 囲まれている場所がブロックを運ぶ場所

そして問題の発見であるが、二つをこちら側で設定した。一つはモーターの速さであり、もう一つは、掴むロボットハンドの設計の不十分さである。

まず一つ目のモーターの速さについて、100 をデフォルト値として設定している。このようにすると、中1の男子生徒は、100 より早く設定したくなり、その設定をする生徒が多かったが、100 以上に設定しても速さは変わらないように裏で設定している。逆に、100 であると、操作が機敏になりすぎ、遠隔操作ロボットが操作しづらくなる。実際モーターは 10~20 ぐらいにしたほうがロボットは動きが鈍くなるが、操作しやすくなりブロックを掴みやすくなる。このトレードオフをどれくらい感じ取って問題を発見してくれるかを設計した。

二つ目のロボットハンドの設計の不十分さである。突き刺し方式、底持ち上げ方式、吊り上げ方式は、すべて取りにくくするようにこちら側で設計した。例えば、突き刺し方式（図 13）については、突き刺す棒を短くし、磁気ブロックを検知しにくいようブロックまでの距離を持たせた形にした。次の底持ち上げ方式（図 14）については、底を持ち上げる幅を一定にして持ち上げにくい設計にし、なおかつロボットハンドの長さを短くした。そして最後の吊り上げ方式（図 15）については、コの字型にして、返しがついていないようにして、持ち上げるとずれ落ちてしまうようにし、フックの大きさも運ぶ物体の穴ギリギリになるように設計した。

5.7. 第7回目（ロボット改善—加工機による材料加工）

ここでは、個人で 3D モデリングを行った。制作には Tinkercad（図 20）[5] というアプリケーションを利用した。パソコンもしくはタブレットとインターネットの環境があれば、誰でも 3D モデリングができる無料のアプリケーションである。このアプリケーションは 3D プリンターとレーザーカッター両方の印刷に適したファイル形式で出力することができ、初学者でも簡単に制作することができる。ロボットアームとのインタフェース（接続部分）は 40mm×15mm×3mm で作られており、このオブジェクトを個人 ID とともに配布して制作を開始する内容にした（図 21）。



図 20 Tinkercad

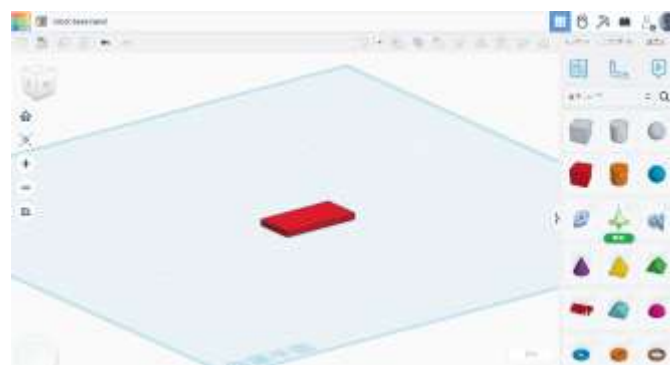


図 21 インタフェース付きのファイル

まずは、運ぶブロックや、プリセットされているロボットハンドの設計図を見て、プリセットされているロボットハンドを制作のサンプルとして全員で作り、そこから各自が自分の理想とするロボットハンドを制作する時間にあてた（図 22～図 23）。最大 8 コマある 4 クラスの授業のうち、最初の 1 クラス目は制作の提出方法を事前確認したにも関わらず、制作した作品が提出できない現象がおきてしまった。これは当初提出に使用したロイロノート・スクールというアプリが 3D プリンターやレーザーカッターで出力されるファイル形式にロイロノートでは対応していないことに問題があった。PC で事前検証して大丈夫だったものの、iPad では対応していなかった。そこで、2 クラス目から提出場所をロイロノートではなく、GoogleDrive に変更し、提出してもらった。

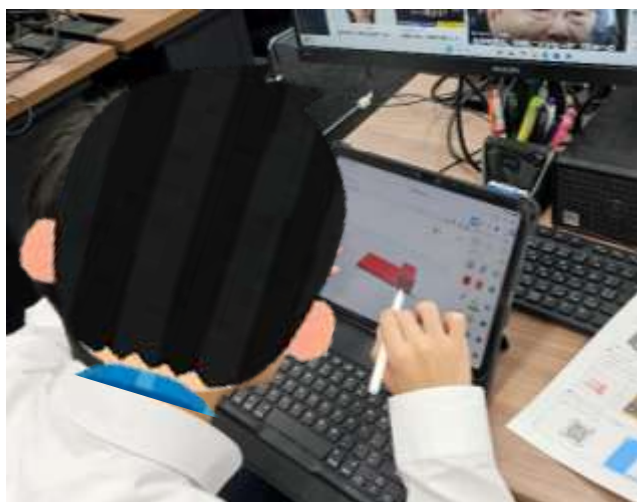


図 22 生徒による制作の様子 1
※いらすとやにて加工[6]

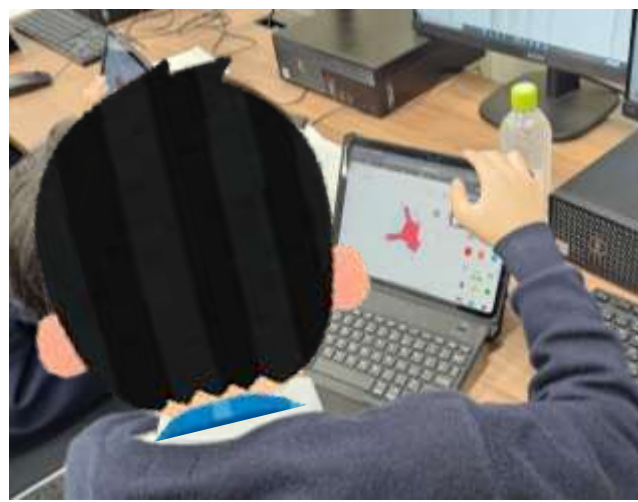


図 23 生徒による制作の様子 2
※いらすとやにて加工[6]

5.7.1. 印刷業務

一番苦勞をした業務であった。レーザーカッターのほうは、xTool の M1 Ultra を購入し、利用した。3mm の MDF 材にカッティングしていくため、複数生徒の作品を一度に行うことができた。しかし、3D プリンターの方は、時間がかかった。FLASHFORGE の Adventurer5M Pro を購入し、利用したが、最大印刷サイズを超えるものを制作する生徒がいたり、3D プリンターの設定がうまくいかず、なかなかきれいに印刷できない場合もあった。一人の印刷に 3 時間かけた場合もあった。しかし、慣れると効率的に印刷することができ、時間はかかるが時々 3D プリンターをチェックしに行くことでクラスの全員の分を印刷することができた。また、養生テープに番号と名前を書いて工具箱に並べていった（図 24）。



図 24 生徒の作品の一部

5.8. 第 8 回目（再び競技）

7 回目の授業で提出方法にトラブルがあった関係で、独自のロボットハンドを制作して、印刷できたクラスは 3 クラスに絞られた。前回、一番最初に授業を行って、提出方法に失敗したクラスは、再度ロボットハンドの制作に時間をあてた。また、最大 7 コマの 2 クラスに関してもロボットハンドの制作をここで行った。授業が始まる前から、生徒が続々と PC 教室に入ってきて、印刷された各自のロボットハンドを渡したところ、「きたー。俺の最強だと思ってるやつ」や「これはやばいって」という声が飛び交うほど嬉しそうな生徒たちの姿があった。

さて、ロボットハンドを装着して再び競技に挑む。ロボットアームとの接続部分にうまくはまらないロボットハンドも 2 割ほど存在した。その生徒は既存の黒いロボットハンドを使い行うことにした。しかし、3 クラスの中、最初の 1 クラスはロボットが思うように動かず、クラスの半分しか競技を行うことができなかった。そのため、最後まで到達できたクラスは 2 クラスにさらに絞られた。

そして競技が始まった。生徒作品は以下の図 25～図 28 のものを一例として紹介する。レーザーカッターを使ったものや 3D プリンターをつかったものなどいろいろな作品ができあがり、生徒が思い思いに操作しているのが印象的であった。

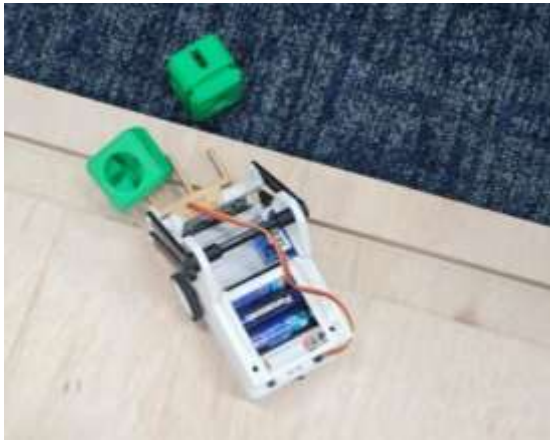


図 25 生徒 1 のオリジナルロボットハンド
(レーザーカッター)

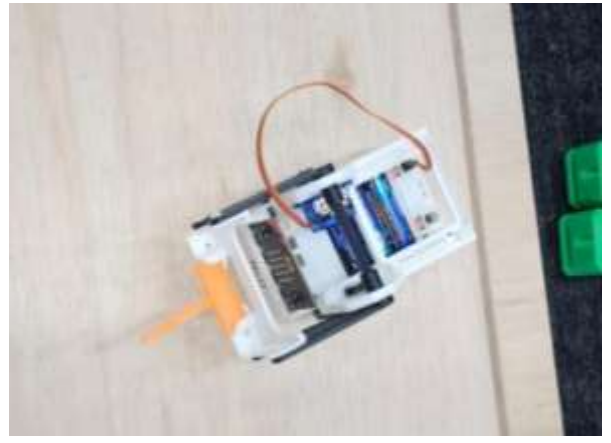


図 26 生徒 2 のオリジナルロボットハンド
(3D プリンター)

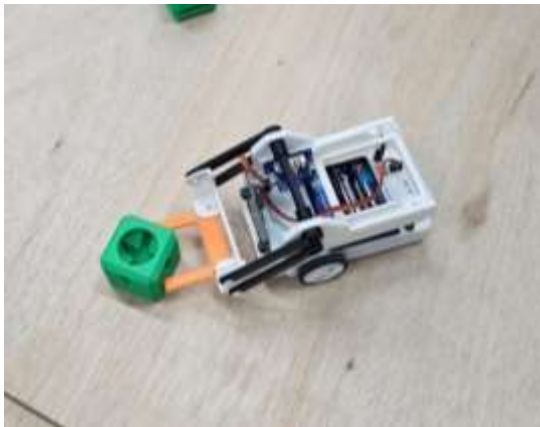


図 27 生徒 3 のオリジナルロボットハンド
(3D プリンター)



図 28 生徒 4 のオリジナルロボットハンド
(3D プリンター)

さて、今回一番点数がよかったものは図 28 のロボットハンドであった。押すという単純な構造のものであったが、越境搬送の方法ですべてのブロックを短時間で運べることに成功した。イメージ的には図 29 のように、溝にはまったあと、再び押すことでブロックが回転し、向こうまで運べるというアイデアであった。このロボットハンドは一度に複数のブロックを運ぶことができるため、最も優れたものであった。

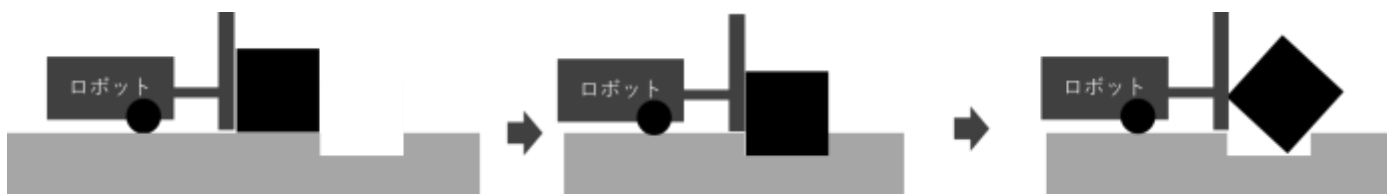


図 29

しかし、本来教員が越境搬送で想定した運び方でなかったため、来年度以降は昇段搬送案の方を採用しながら、進めていきたいと考えている。

6. 分析と考察

ここからは、これまでに行ってきた遠隔操作ロボットに関する分析と考察を行っていく。

6.1. 事後アンケート定量的分析

授業が一通り終了した後、再度アンケート調査を実施し、180名から回答を得た。

まず、全員に対して「最初に配布された既定の黒いロボットハンドで、思うようにブロックを運ぶことができましたか」という質問を行った。その結果、「運べなかった」と回答した生徒が43%を占めた（図30）。

一方で、「とてもよく運べた」と回答した生徒も14%存在した。授業中の様子を踏まえると、実際の操作状況としては、この割合ほど円滑に運べていた印象はない。しかし、本アンケートは自己評価によるものであり、生徒自身が操作経験を通して「できた」と感じた割合として捉えれば、この結果は一定の妥当性を有していると考えられる。このことから、初期段階においては操作に困難を感じた生徒が一定数存在する一方で、成功体験を得たと認識している生徒も存在しており、ロボットハンド操作が生徒の技能差や自己評価の差を可視化する教材として機能していることが示唆される。

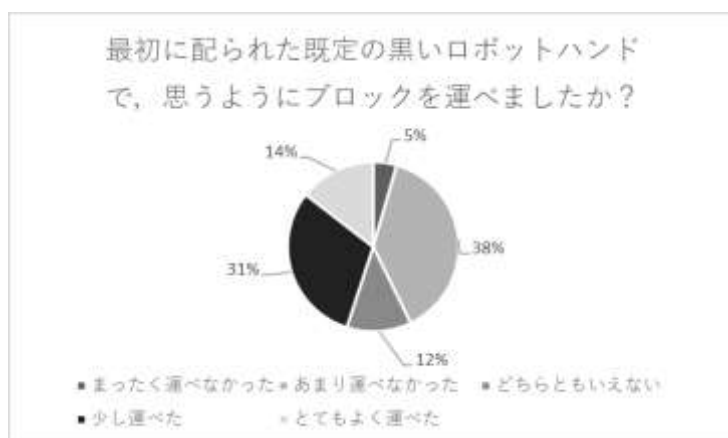


図 30

次に、「黒いロボットハンドの悪いところや改善したいところを自分で考えることができましたか？」との質問に対して、82%が考えたとの回答があった（図31）。この割合が前問のPDCAのAの改善からの問題発見ができた割合といえるだろう。多くの生徒が実際の操作経験を通して課題を自覚し、次の改善に向けた問題発見へとつなげており、本教材が探究的な学びを促進する構造を有していることが定量的にも確認された。

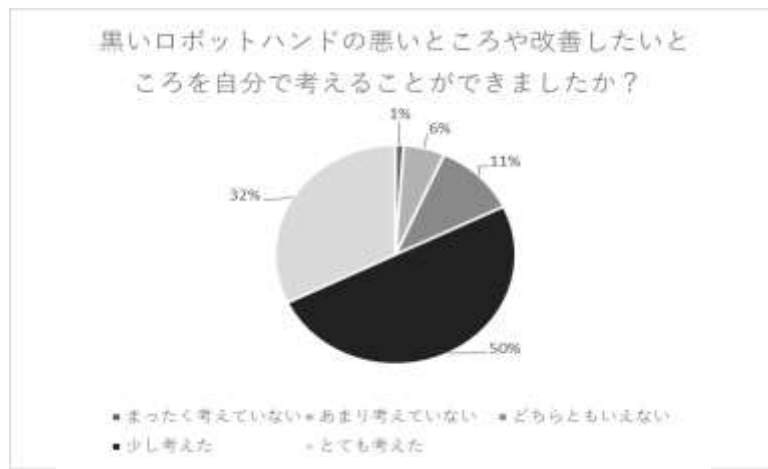


図 31

次に、「自分でロボットハンドを作る授業では、黒いロボットハンドの改善点を形にしようとしたか？」に関しては、81%の生徒が形にしようとして試みていた（図 32）。この割合が PDCA の P の割合だと考えている。多くの生徒が課題の発見にとどまらず、それを実際のものづくりに反映させようとする意識をもって授業に取り組んでいたことが定量的に確認された。

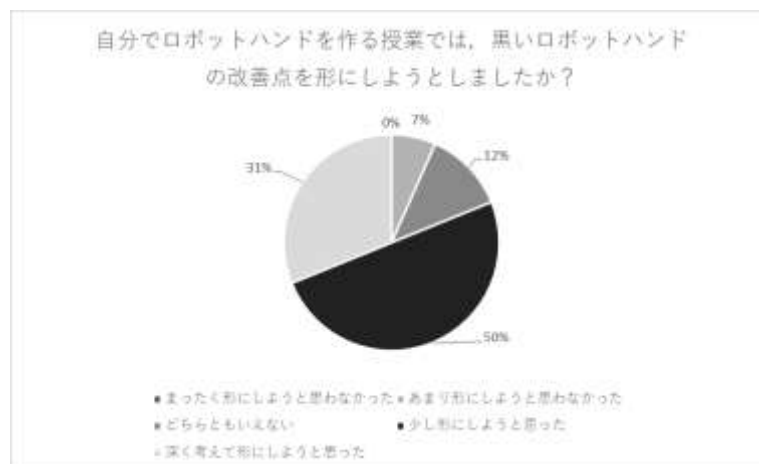


図 32

次に、最後までたどり着いた 2 クラス（65 名）に対して、「自分でロボットハンドを作る授業では、黒いロボットハンドの改善点を形にできましたか？」との質問に対して、59%が形にできたようであった（図 33）。この割合が PDCA の D の割合だと考えている。計画段階で構想した改善点を、実際の制作活動を通して具体的な形として実現できた生徒が一定数存在しており、本実践が「考える」段階から「実行する」段階へと学習を深化させる構造を有していることが定量的に示された。

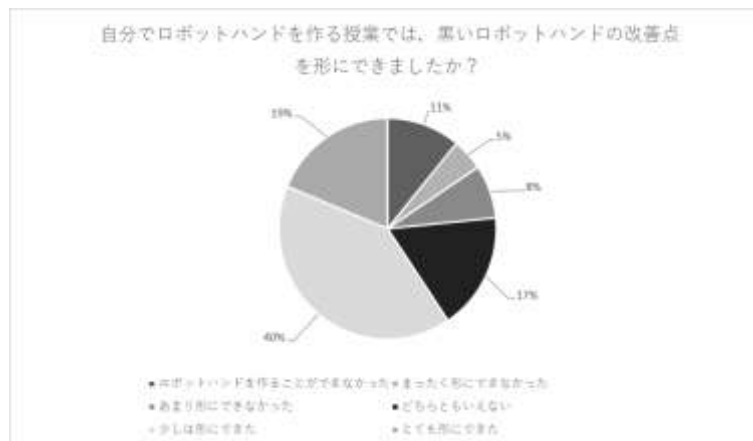


図 33

そして、次に最後までたどり着いた 2 クラス（65 名）に対して、「自分で作ったロボットハンドは、ブロックを安定して運ぶことができましたか？」との質問に対して、51%が運べると答えた（図 34）。この割合が PDCA の C の割合といえるだろう。一方で、授業中の観察からは、この割合ほど安定した操作が達成されていたとは言い難い場面も見受けられた。そのため、本結果については、客観的な達成度というよりも、生徒自身の主観的な達成感や手応えを反映した自己評価として捉える必要がある。

しかしながら、自ら設計・制作したロボットハンドによって「運べた」と感じた生徒が半数以上存在したことは、試行錯誤を通して一定の成功体験を得られたことを示しており、本実践が学習意欲や自己効力感の向上に寄与している可能性を示唆している。

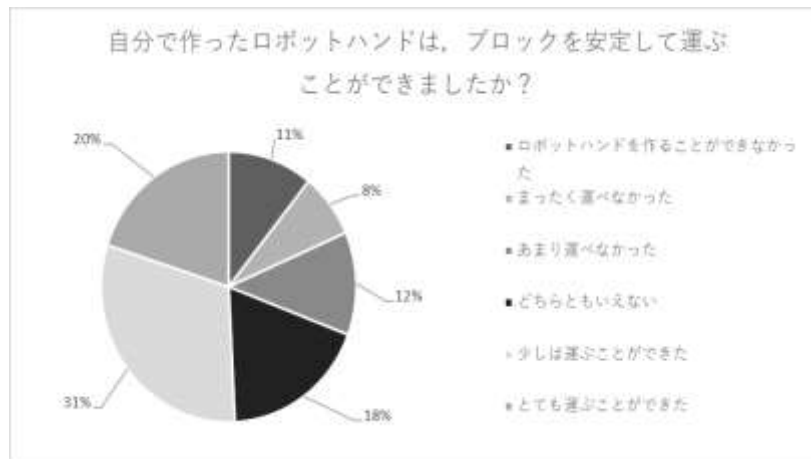


図 34

そして、次に、最後までたどり着いた 2 クラス (65 名) に対して、「再び自分のロボットハンドを改善したい場合、自分のロボットハンドの問題点や改善点が頭に浮かびましたか？」との質問に対して、67%が次に向けて改善のアイデアが浮かんだと回答した (図 35)。この部分が PDCA の 2 回目の A の割合といえるだろう。本研究において特に重要なのは、制作と評価を一通り経験した後でも、多くの生徒が自らの成果物を再度見直し、次の改善を構想できている点である。67%という高い割合は、学習活動が一過性の体験にとどまらず、次なる探究プロセスへと着実に進んでいることを示す定量的な指標であるといえる。

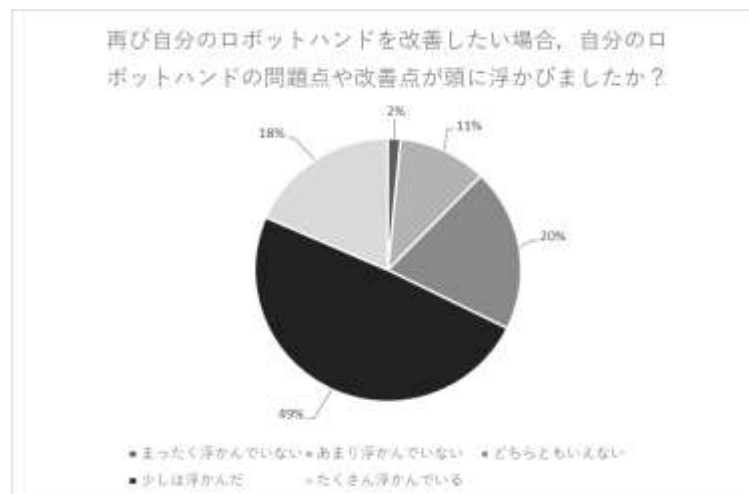


図 35

そして、最後に、「遠隔操作ロボットのような、人の指示や周りの状況に合わせて動く仕組みに、どのくらい興味がありますか？」と、事前アンケートと同じ質問をし、その差分を図ったところ以下の図 36 のようになった。男子校のため、ロボットへの興味が高い

が、より向上したのは一定の成果があったといえるだろう。

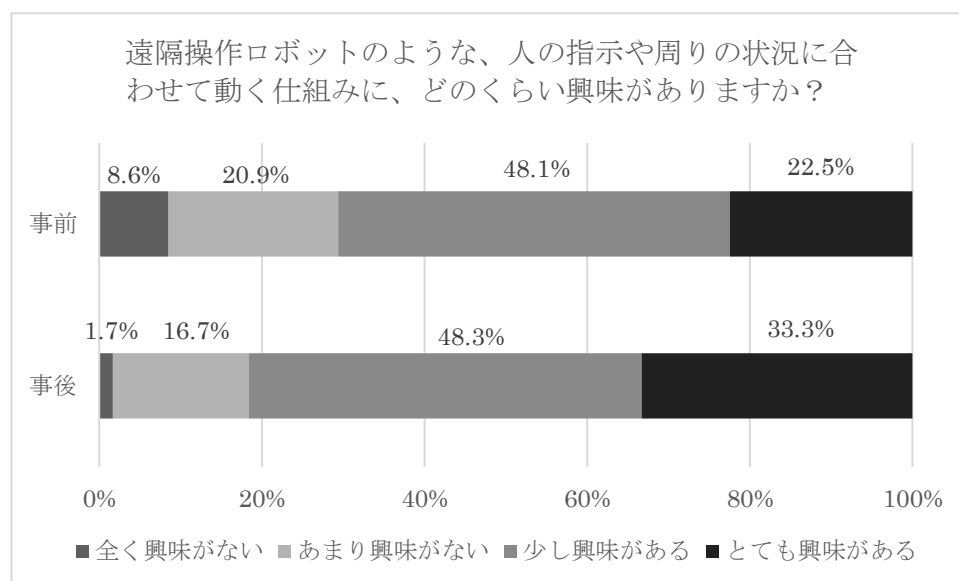


図 36

6.2. 事後アンケート定性的分析

また、自由記述において、生徒たちの感想を以下にまとめた。

① 今回の授業の良かったところ、楽しかったところを教えてください。

- ・ブロックを溝に入れないように動かすことが、とても難しかったけど楽しかったです。
- ・ロボットを使っての対戦ゲーム
- ・改めてプログラミングがどうゆうものなのかを学べたから良かった
- ・自分で操作するのが楽しかった
- ・自分で操作するのが楽しかった
- ・バトルをしたところ
- ・ゲームみたいで面白かった
- ・対決したところ
- ・全員が楽しく授業ができていた
- ・ロボットを動かすところ
- ・ロボットで運ぶところ。
- ・ロボットを操縦するところ
- ・こーゆう授業が楽しい
- ・ロボットハンドを考えることが楽しかった
- ・自分でどうすればブロックを運べるか考えながら作ったこと。3Dプリンターの初体験が楽しかった
- ・試合をしたのがよかった
- ・ロボットで対戦をできること
- ・ロボットについて楽しく学べた
- ・楽しくプログラムが学べること。
- ・車みたいなものを動かせたこと。
- ・みじかで3Dプリンターに触れる事がない為触れられてよかったです。
- ・難しかったけど、集中して取り組めてよかった。3Dプリンターを使ったのがとても楽しか

った。

- ・プログラミングしたこと
- ・対決なども楽しかった。自分で作ったもので運ぶという作業が楽しかった。
- ・戦闘形式にしているのが良かった。
- ・プログラミング
- ・色々な人と一緒に競争しながらやるのがとても楽しかった。
- ・ロボットハンドを自分で作れたところ
- ・ブロックがちゃんと取れて嬉しかった
- ・自分で何かを遠隔で操作するという点が、楽しかった。
- ・いろいろな人のアームを見ることができたこと
- ・クラスの人とブロックと一緒にロボットで運んだこと
- ・自分たちで設計したところ
- ・自分でリモコンを操作した所が楽しかった。
- ・ロボットで対決するところが楽しかった。
- ・ロボットの対決が面白かった
- ・ロボットで対決するところが楽しかった。
- ・自分で考えてパーツを作ることができた
- ・やはり面白くスムーズに授業が進んだ自分で考えたことが形になったことが嬉しかった
- ・一からロボットハンドを作れるところ。自由度が高く、面白かった
- ・機械を操作できた。
- ・ゲームみたいだった
- ・自分が考えた物を形に出来る事
- ・自分達が考えた 3D プリンターの作品でプログラミングをできたこと
- ・自分で考えながらできる所
- ・自分でロボットハンドの形を決められて、実際に 3D プリンターで作り、それで運んだのが楽しかったです
- ・自分でロボットハンドをつくること
- ・車で自分が操作してブロックを運んだこと
- ・車を動かしたところ
- ・いろいろのひと時協議ができた。
- ・プログラミング
- ・ロボットを使ってみんなで競うのが楽しかった。
- ・自分で考えてロボットハンドをデザインできる点
- ・自分で作って操作するのが楽しかった
- ・みんなで楽しくできた
- ・自分でロボットハンドを作って遊んだこと。
- ・自分で作ることが楽しかった
- ・みんなで対戦できたこと
- ・ロボットを動かせるのが楽しかった
- ・プログラミングを作成してそれでロボットを動かしたところ
- ・ロボットハンドを 3D プリントで作るのが楽しかった。
- ・自分でどのような形のものを作ったり、どのようなプログラムをすれば良いかを考えたりできるようになった
- ・対決をやったのがとても楽しかったです
- ・友達と対戦したところ
- ・自分で工夫できた
- ・自分で多くポイントを取れる方法を考えて他の人と勝負できたところ。
- ・ロボットを動かすところ
- ・ロボットを動かすところ
- ・ラジコンみたいで楽しかった
- ・自分で作ったアームでみんなで遊んだこと
- ・ロボットを動かすのが楽しかった
- ・みんなで一緒に面白いことができたこと
- ・自分で設計したこと

- ・自分のアイデアをうまく使えて楽しかったです
- ・自由にロボットハンドをつくれたところ
- ・ロボットを実際に使えて楽しかった。
- ・授業がゲーム形式でとても面白かった
- ・ラジコンを動かすみたいで面白かった
- ・みんなでロボットの車をプログラミングし走らせたこと。
- ・マイクロビットを使ってプログラミングするのが楽しかった。
- ・自分が思った通りにロボットハンドを作るのが楽しかったし少し違うなみたいになって楽しかった
- ・自分で考えて作る点
- ・僕が興味を持っている部分であったので色々面白く感じた
- ・とくになし
- ・プログラミングを通して、どうロボットを動かすのかを考えるのが楽しかった。このボタンを押したらこっちに進むというのを反射的にできなくて、難しかった。
- ・自分でアームを作れたところ
- ・さらに改善点が浮かんだところ
- ・アームを作ること。
- ・ラジコンのように自分の思うままに物体を動かすことができたこと
- ・自分で操作や自分でロボットハンドを作るところが楽しかった
- ・グループに分けて活動をする時にすぐに行動できた
- ・ブロックを運ぶ工夫をするのが楽しかった。
- ・クラスメイトで対戦できたところ。
- ・友達と点数を競うというルールになっていた点。
- ・自分でアームを作ること
- ・自分で動かして改善するところが楽しかった
- ・プログラミングもプリントのおかげでスムーズにできた
- ・自分でプログラミングやマイクロビットを動かせることが楽しかった。
- ・ロボットで磁石の箱を運ぶこと
- ・自分でプログラムしてロボットハンドを作ることができてとても楽しかった。
- ・自分で設計したものが形になることが楽しかった
- ・3Dでモデルを作るのが楽しかった
- ・自分で課題を見つけてより良くしていくのが楽しかった
- ・自分でモデリングして改善できたこと
- ・自分で考えたものがすごく上手く運べたこと
- ・座学とゲームをどちらもできたこと
- ・ロボットを動かすこと
- ・ロボットをうまくうごせた時楽しかった
- ・他の人と点数を競うところ
- ・磁石に反応すると数字が表示されるプログラミングの授業
- ・自分で考えたのが作れるところ
- ・自分で作ってそれを使ってロボットを動かすのが良かった。
- ・遠隔操作してロボットを操作すること
- ・自分で操作もできた
- ・自分が思うように動かせられたところ
- ・自分で操作してみんなでポイントを競い合うこと
- ・操作するのが楽しかった
- ・アームが不調だったが楽しかった。
- ・プログラムを組む時ゲーム感覚で出来て面白かった。
- ・ロボットハンドをうまく動かせると、気持ち良かった
- ・お手本を前で見ってから実際に行くこと
- ・初めて 3D プリンターで作れて楽しかったし、自分のアイデアをそのまま作れて面白かった
- ・プログラミング
- ・ブロックを運ぶ作業

- ・ロボットアームでブロックを運べたことです
- ・ロボットアームを作ること
- ・ブロックをつなげてプログラミングをしていくところ
- ・どうすれば運ぶことができるか
- ・自分でどうするか決めて形を変えられるところ
- ・自分で工夫することが楽しかった
- ・実際にロボットを動かせたところ
- ・プログラムを自分で打ったこと
- ・みんなで対戦などがあったところ
- ・そもそもロボットを動かせたところ
- ・自分でロボットハンドを作れて改善点を表現できて楽しかった
- ・他の人ののだが、初めて3Dプリンターで作ったものを見ることができた。
- ・今回の授業でロボットハンドを使って自分でロボットをプログラミングして、動かせるのが楽しかった。また、自分でロボットハンドを作れて楽しかった。
- ・コントローラーにプログラムを入れる時や、そのコントローラーで車を動かす時などが楽しかったです。
- ・自分で評価をし、改善することができたところがとても楽しかったです。（ロボットハンドを作ったところ）
- ・自分で考えてハンドを作るところ。
- ・自分でアームを考えて作るのが楽しかった
- ・自分でロボットハンドを作ったり操作すること
- ・自分が動かしたいところにうまく動かすことができて楽しかった
- ・自分で考えることが楽しかった。
- ・クラスメートとロボットを通じて話し合えた
- ・クラスメートと話し合えた
- ・言われたようにロボットを動かす力や想像力を働かせる授業だったので面白かった。
- ・自分で設計して考えてロボットを作れたところが楽しかった。
- ・設計するのが楽しかった
- ・自分で持ち手を作って試してみることに。
- ・自分で改善点を見つけ自分で考えることが良かったです
- ・今回の授業はプログラムなどを使って普段できない事をして、とても興味が引っ張られ、深くなりました、特に車を操作するところがとても楽しかったです。
- ・今回の授業では、自分でどのように簡単に運べるかをしっかり考えながら取り組むことができました。
- ・ロボットを実際にコントローラーで動かすことが出来て楽しかった。
- ・ボールを何個運んだか競い合ったところ
- ・自分の考えたことを形にできたこと。（試行日欠席）
- ・プログラミングを楽しく学びながら、自分で考えて作ったプログラムで、他の人と戦えて、とても楽しかったです（-9だったけど…）。
- ・自分で作ったものを使うところ
- ・今回、自分でどのように改善して上手く作れるかを考えて作るものが楽しかったです。
- ・みんなと一緒にロボットハンドを考えられたこと
- ・ロボットの動き方が自分で決められて楽しかった
- ・実際にリモコンを使って車を動かしてたのがよかったです。

「楽しかった」「面白かった」といったコメントから、授業そのものに対する肯定的感情が強く喚起されていることが分かる。特に、ロボット操作やものづくりを伴う活動は、生徒にとって非日常性が高く、「技術の授業＝楽しい」という印象を形成する要因となっている。これは、学習指導要領が求める「主体的に学習に取り組む態度」の育成という観点からも、重要な成果である。

②今回の授業の悪かったところ、改善してほしいところを教えてください。

・「なし」「特にない」「ない」「ないです」等に集約される回答数：71件

その他のコメント

- ・ちょっと操作が難しかった
- ・楽しみすぎて少しうるさすぎた
- ・難しいところ
- ・ロボットハンドに大きさの制限がある
- ・ロボット操作の説明
- ・ロボットを買い換えてほしい，誤作動があった
- ・少し声が小さい
- ・いまいちルールがわからなかったのもう少しわかりやすくして欲しかった。
- ・サイズが分からなくて，苦戦していた。
- ・あまり理解ができなかった
- ・少しブロックを運ぶことの難易度が高かった
- ・人に多く頼ってしまったこと
- ・もう少し，競争がしたかった。
- ・先生が話をしている時にもかかわらずパソコンで関係ないものを調べている人がいた
- ・集中できてなかった
- ・機械音痴には至極難しい
- ・操作が少し複雑（保存する時）
- ・落ち着いて授業をしたい
- ・ラグが多かったこと
- ・ロボットのコントローラーがなかった
- ・動かないラジコンカーがあった点
- ・いきなり作れと言われてどうすればいいかわからなかった
- ・もっとたくさんやりたい
- ・15番のパソコンが使えなかったこと
- ・授業の進むスピードが早かった。
- ・ロボットハンドの幅や，薄さをうまく作れなかったので，もっと考えて次は作りたい
- ・授業を2回くらい休んでしまったこと
- ・少し時間が短かったから，もう少しブロックを運ぶ対決の時間を長くして対決したかった。
- ・ロボットが動かなかったりすることがたまにあった
- ・送り方がわからなくて自分のアームができなかった
- ・ロボットが動かなかった時がある
- ・個人が悪いことだがロボットハンドを作って欲しい
- ・マイクロビットの通信が悪いところ
- ・ちょっとダウンロードをするのが難しかったのでわかりやすくしてほしいです
- ・先生を呼んでも全然来てくれなかった
- ・使えないロボットを直して欲しいです。
- ・ロボットの調子を少し改善してほしい
- ・一個しか作れないところ
- ・ロボットの数を増やして欲しい
- ・あまりブロックを運べなかったこと。
- ・自分のロボットハンドがなかったところ。
- ・壊されたか，壊れたのでロボットアームを個人で分けて欲しい
- ・プログラミングをするところが開かなかったこと
- ・ロボットハンドをもっとしっかりしたのを作りたい
- ・動かす機械の充電がなかったことがあった。
- ・早い人と遅い人の差があった
- ・ロボットを走らせる場所がとても混んでいて走らすことが大変だった。

- ・ロボットの動きが悪かった
- ・アームの不具合などあり，難しかったこと
- ・アームの不具合
- ・各ロボットハンドの使い方
- ・授業のスピードが早かった
- ・計画的にできなかった
- ・ロボットなどの役割などはわかったが場所がわかりにくかった
- ・隣の席の人とちょっと話してしまった
- ・一つ一つの器具に個人差があってエラーが起きたりうまくできない時があった
- ・ロボットハンドの設計をするときにブロックによって同じ数字を入れても大きさが変わってしまうことがあって，うまくいかないところがあった。
- ・ロボットハンドを使って取る四角形のものが軽くてうまく乗らなかった。
- ・提出方法があまりわからなかった。
- ・もう少し時間があると，もっと楽しくなると思いました
- ・プログラミングが多く，アームを作る時間が少なかった
- ・難しすぎる
- ・ルール違反をしてる生徒がいた
- ・ルール違反してる者がいた
- ・提出方法を簡単にしたい
- ・授業のテンポが悪く，みんなが騒いでしまっていたこと
- ・少しブロックが小さかったり，ロボットの操作方法が少し悪かったところ。
- ・操作することが難しい
- ・全体的に楽しかったが，敏感度をもうちょっと改善してほしいです。
- ・授業内でロボットハンドでブロックを運ぶ時にターンを無視している人がいた
- ・機械の反応が悪くて，何もできなかったこと
- ・モデリングがやりにくかったこと。
- ・もう少し運びやすく，簡単めなロボットハンドをデフォルトで用意して欲しかった。
- ・今回はラジコンやコントローラーがなかなか動かないことや動きが悪いことが多かったの
で，そこを改善してもらいたいです。
- ・設計に慣れるのが少し難しい
- ・少しうるさかった
- ・プログラミングが難しいところがあったので，もう少しわかりやすくしてほしいです。

このように，中学1年生男子ならではの特性もあり，管理することは難しい側面もあるが，「なし」「特になし」といったコメントを鑑みると，概ね生徒達にこの授業が受容されていることを示している。

7. まとめ

本研究は、中学校技術科において遠隔操作ロボット教材を用い、ものづくりとプログラミングを融合させた探究的な学びを実践したものである。中学1年生の段階から最新の加工機に触れさせ、簡易であっても探究的プロセスを授業内に位置付けることを目的として教材開発を行った。計測・制御、ネットワークを用いた双方向的なプログラミング、材料と加工の技術を統合した授業構成により、生徒が自ら課題を見だし、解決策を構想する姿が多く確認され、探究的学びの導入として一定の成果を得ることができた。

特に、ロボットハンドという小型部品に制作対象を絞ったことで、3Dプリンターの造形時間という制約を克服し、レーザーカッターと併用することで短時間でも多くの生徒に制作体験を提供できた点は大きな成果である。また、教員が想定した「解」をあえて提示しなかったことで、約85%の生徒が自ら設計に挑戦し、主体的に試行錯誤する姿が見られた。クラスメイトの作品を相互に参照することで新たなアイデアが生まれるなど、学びの広がりも確認できた。実際に、「技術の時間が一番楽しいのに、月曜日で授業が少ないのがすごく残念」という生徒の声も聞かれ、授業への高い関心と意欲がうかがえた。

一方で、いくつかの反省材料も明らかになった。第一に、授業が月曜日に設定されていたため祝日の影響を受けやすく、探究を深めるための十分な時間を確保できなかった点である。生徒の声に見られるように、学習意欲が高まる中で授業回数が限られていたことは、本実践における大きな課題であった。今後は、最低でも10時間程度の授業時間を確保し、PDCAサイクルを回すことで、より深い探究的学びへと発展させたい。3学期は3DCADによる設計と印刷、そして競技をもう一度行い、同一課題に対してPDCAサイクルをもう一度回す授業構成を予定している。これにより、試行錯誤を重ねる中で生徒にどのような変化が生じるのかを検証していく予定である。

第二に、モデリングに関する技術的支援が十分とは言えなかった点が挙げられる。授業時間の制約から自由な発想を重視した結果、CAD操作の基礎や3Dプリンターの造形特性について十分な理解が得られないまま制作が進む場面が見られた。今後は、制作に先立って基礎的な操作や加工機の特徴について段階的に指導する時間を確保する必要がある。また、レーザーカッターおよび3Dプリンターの選択が試行錯誤にどのような影響を与えたのかを分析することは、本研究のリサーチクエスションの中で十分に検証できず、今後の課題として残った。

第三に、評価が成果物や活動の様子に偏り、試行錯誤の過程や思考の変化を十分に捉えきれなかった点も反省点である。設計意図や改善点を記録させる振り返り活動を取り入れたが、今後はこの活動及び探究のプロセスそのものを評価に位置付ける工夫が求められる。以上の反省を踏まえ、授業時間の確保、基礎技能の系統的指導、探究過程を重視した評価設計を行うことで、より質の高い探究的な技術科授業へと発展させていきたい。

8. 謝辞

今回、研究をするにあたり、多くの方々にお世話になった。特に、情報科の岡野先生、萩原先生、そして、株式会社スイッチエデュケーションの宗村様にこの場を借りて感謝申し上げます。

9. 引用文献

- [1] 中学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説 総則編, 文部科学省
- [2] The Many Levels of Inquiry, Science and Children, 2008-Oct, Banchi & Bell
- [3] 探究的な学びの基盤となる情報活用能力の整理, 文部科学省,
<https://www.mext.go.jp/content/000360892.pdf> (2025 年 10 月 3 日参照)
- [4] Microsoft MakeCode for micro:bit,
<https://makecode.microbit.org/?lang=ja> (2025 年 10 月 3 日参照)
- [5] Tinkercad, <https://www.tinkercad.com/> (2025 年 10 月 3 日参照)
- [6] いらすとや, 男性の後ろ姿のイラスト,
https://www.irasutoya.com/2013/09/blog-post_7476.html (2026 年 1 月 7 日参照)

共同研究者

(代表) 山本 享

岡野 英樹

萩原 知明