

研究課題	シミュレーションを活用した動く製品の設計と実践を通じた創造的な学び
副題	～理科と技術科を有機的に結びつけた STEAM 教育の実践～
キーワード	STEAM 教育 技術 理科
学校/団体名	公立安中市立松井田中学校
所在地	〒379-0221 群馬県安中市松井田町新堀 236-16
ホームページ	<a href="https://www.annaka.ed.jp/matsu-jhs/">https://www.annaka.ed.jp/matsu-jhs/</a>

### 1. 研究の背景

近年、STEM 教育の広まりやロボット産業における技術革新を背景に、次世代を担う生徒には、知識の習得だけでなく実践的なスキルや問題解決能力を身に付けることが強く求められている。中学校技術分野では、エネルギー変換やリンク機構の学習を通じて現実の製品の仕組みを理解する実践が行われているが、従来の紙面上での設計では実際の動きを正確に把握することが難しく、生徒が設計と実動作の違いを理解し調整するための工夫に課題があった。

本校のこれまでの実践においても、生徒が設計段階で動きを十分にイメージできないまま製作を進めてしまい、実際の製品が想定通りに動作しない問題が生じていた。また、リンク機構を用いた製作における改良活動が「なんとなく動く」といった経験的な試行錯誤に留まっており、理論に基づいた設計判断に至らない場合が多いことも大きな課題であった。

これらの課題を解決するためには、ICT 機器を活用したデジタルシミュレーションによって動きを可視化し、紙面学習では補いきれない深い学びを実現する必要がある。さらに、技術科での製作活動に理科で学ぶ「力の分解・合成」や「エネルギー変換」の概念を有機的に結びつけることで、生徒が科学的原理を具体的な体験として理解し、実社会の課題に対応できる創造的な学びが不可欠であると考え、本研究に着手した。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、シミュレーションを活用して「動き」の可視化と予測を行うことで、生徒が構造や力の伝わり方に着目した根拠のある設計判断を行えるようにすることである。具体的には、理科の力学的な知識と技術科の製作活動を関連付け、設計から試作・改良までの一連のプロセスを通じて、生徒の技術的な知識と問題解決能力を向上させることを目的としている。

### 3. 研究の経過

表 1 研究の経過

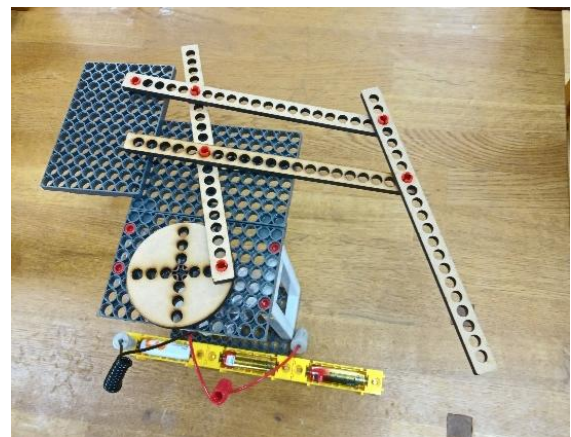
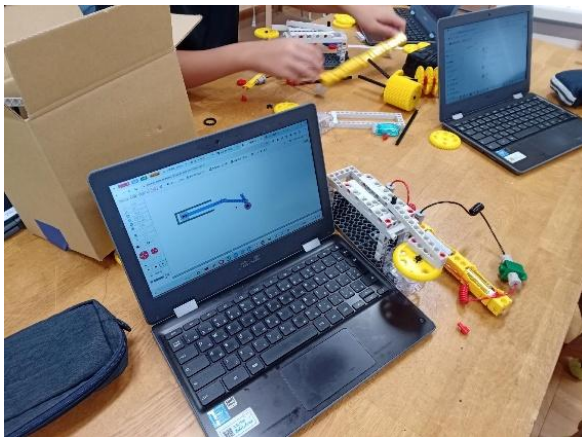
時期	取り組み内容	評価の為の記録
5 月	リンク機構シミュレータや「TECH 未来」等の教材選定、指導案の具体化	
6 月	技術科でのシミュレーションを活用した機構試作の開始	簡易試作機における動作の滑らかさや力の伝わり方の観察、および生徒が記録した構造上の課題・改善案の記述

7月	シミュレーションにより機構の動作を可視化する授業実践	シミュレーション前後での意識調査アンケートの比較、および自由記述による動作の仕組みへの気づきの分析
8月	本実践について、日本産業技術教育学会での発表	
9月～11月	技術科の授業実践。レーザー加工機、3Dプリンタを用いて製作した部品を使った「身近な問題を解決する製品」の開発	試作段階の記録の観察評価
12月	理科での「運動とエネルギー」の学習（力の合成・分解等）	実験の結果から得られた気づきや考察の具体性、および結果のまとめ
12月	理科と技術科の学びを往還する学習	「力の矢印」図示の妥当性、および理科の理論に基づき機構を分析できているかの振り返りシート評価
1～3月	理科の学びを活かした「身近な問題を解決する製品」の改良	製品動作の比較、および最終的な自己評価

#### 4. 代表的な実践

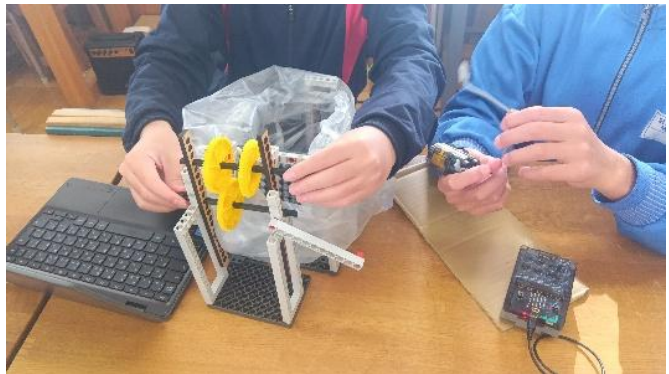
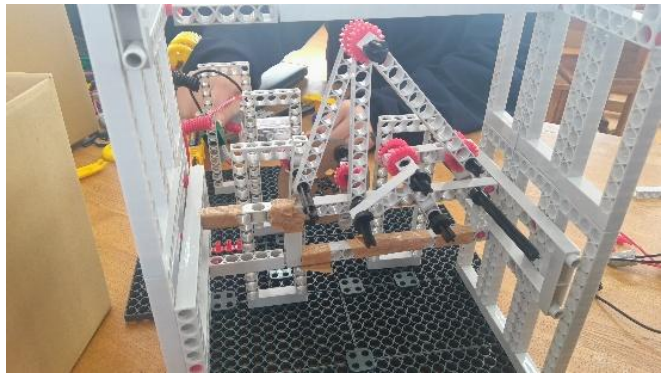
##### 1. シミュレーションにより機構の動作を可視化する授業

Web ベースのリンク機構シミュレータを活用して機構の動作を可視化する実践を展開した。まず生徒が構想した製品アイデアに基づき、実際の部品を用いて機構部分を簡易試作させ、動作の滑らかさや力の伝わり方を直接観察することで、動きが不安定であるといった構造上の課題を生徒自身に発見・記録させた。続いて、実物の機構と同じ構造をシミュレーション上で再現させ、リンクの長さや節点の位置をデジタル上で自由に変更して動作を可視化および予測させることで、紙面学習では把握しにくい機械の動きの仕組みを視覚的に理解させた。生徒はシミュレーション上で、リンクのピンの位置、リンク長を変更し、試行錯誤を行った。さらに、シミュレーション上の理想的な動きと、摩擦などの影響を受ける実物の動きを比較させた。



## 2. 3Dプリンタとレーザー加工機を使用した製品製作

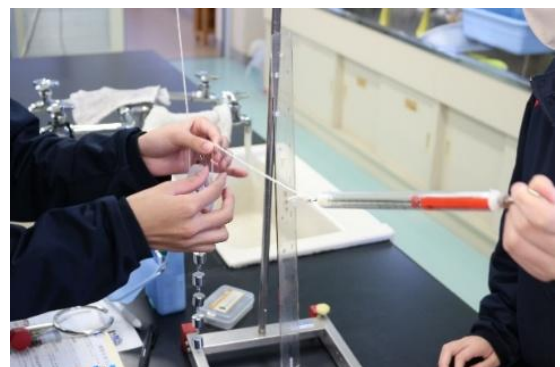
TECH 未来と micro:bit を組み合わせた計測・制御システムの設計・製作プロセスを、問題の発見から課題設定、製品製作に至る一連の流れとして実施した。まず「問題の発見と課題設定」の段階では、生徒が身の回りの生活における困りごとや不便な点を出し合い、どのような機能を持つ製品であればそれらを解決できるかをグループで検討した。この際、2 学年での製品製作の経験を基に、授業で使用できるリソースを考慮しながら解決策としての製品アイデアを構想し、課題設定シートに具体的な機能や製作の方向性を記録させた。続く製品製作の過程では、TECH 未来の規格化されたブロック部品と micro:bit による DC モーターやサーボモーターの制御を基本構成としつつ、生徒が構想した独自の動きや機能を実現



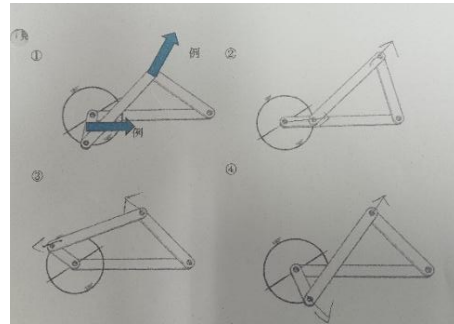
するためにデジタルファブ리케이션技術を導入した。生徒は自らの設計意図やシミュレーション結果に合わせて、必要なリンクアーム、クランク、カムなどの部品をレーザー加工機や 3D プリンタを用いて実際に出力した。それら部品を既存の教材と組み合わせることで仮想的な設計を物理的に具現化させた。このように、シミュレーションと 3D プリンタ等を活用して理論と実践を往還させることで、生徒は「なんとなく動く」という状態を脱し、自らの意図に基づいた根拠のあるものづくりを通じて、現実の課題に対応する計測・制御システムの製作を進めた。

### 実践3 理科と技術科の学びを往還する学習

理科の「運動とエネルギー」の単元において動滑車や定滑車、および力の合成・分解といった力学的原理を学習した内容に基づき、技術科で製作した製品の仕組みを科学的な視点から再考する活動を行った。理科の授業において、実験や観察を通じて力のはたらき方を学び、力を矢印で図示する手法を習得した生徒たちは、その知識を自らが製作した計測・制御システムの分析へと応用した。具体的には、リンクの写真に力の向きや大きさを示す矢印を書き込み、リンク機構の接合部やクランクの回転運動が直線運動へ変換される部位において、エネルギーがどのように伝達されているかを視覚的に分析させた。このプロセスにより、機構の角



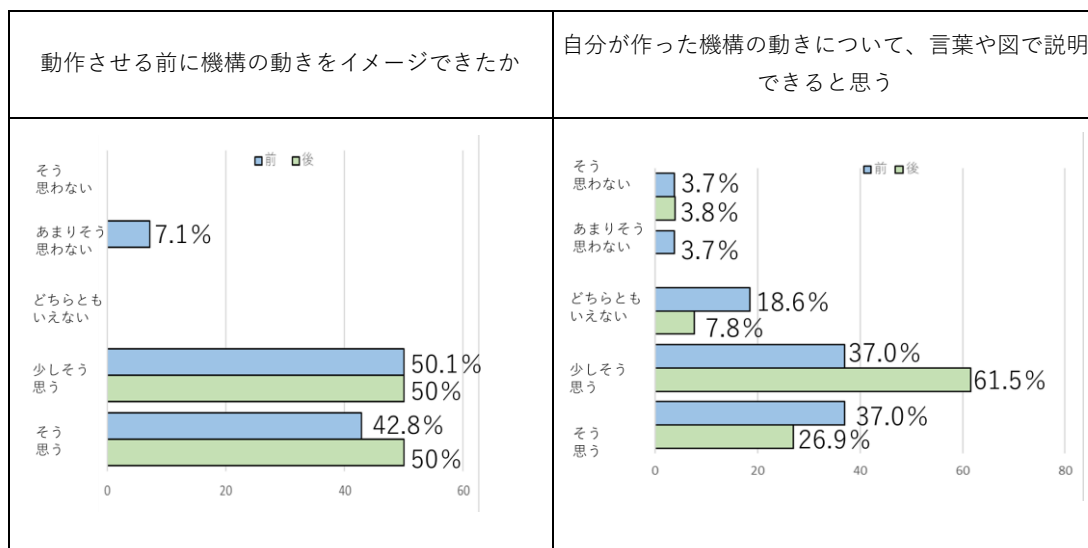
度や部品の配置によって力の伝わり方がどのように変化するかを確認し、無駄な力の発生を抑えるための構造的な改善点を、理科で学んだ理論を根拠として導き出させた。このように、理科の実験・実習で得た知見を技術科のものづくりと融合させることで、単なる経験的な試行錯誤に留まらない、理論と実践を往還する教科横断的な学びの実践を図った。



### 5. 研究の成果

シミュレーションの導入が生徒の「動作の予測能力」と「仕組みの言語化・図解能力」にどのような影響を与えるかを明らかにするため、実践の前後でアンケート調査を実施した。まず、「動作させる前に機構の動きをイメージできたか」という設問に対して、シミュレーション前後で「そう思う」「少しそう思う」といった肯定的な回答の分布に劇的な変化は見られなかったものの、「あまりそう思わない」という否定的回答が導入前の 7.1%から導入後には 0%へと変化した。これは、デジタル上での動作可視化によって、動きを捉えられる生徒が増加したことを示している。デジタル上での動作可視化で否定的な層が「どちらともいえない」や「少しそう思う」へと移行したことから、シミュレーションが動作予測の心理的なハードルを下げ、設計の根拠となる基礎的なイメージを持たせる役割を果たしたと考えられる。

次に、「自分が作った機構の動きについて、言葉や図で説明できると思う」という設問に関しては、「そう思う」という回答が、導入前の 37.0%から導入後には 61.5%へと大幅に上昇した。導入前は「少しそう思う」や「どちらともいえない」にとどまり、自信を持てなかった層が、シミュレーションを通じて実物とバーチャルの動きを比較・分析するプロセスを経ることで、仕組みを他者に説明できるレベルまで理解を深めたことが読み取れる。



また、アンケート内の自由記述の結果から「思ったように動かなかった」という動作不良を起点として、部品不足、構造の複雑さ、力不足、動きの不安定さといった具体的な課題を自ら抽出

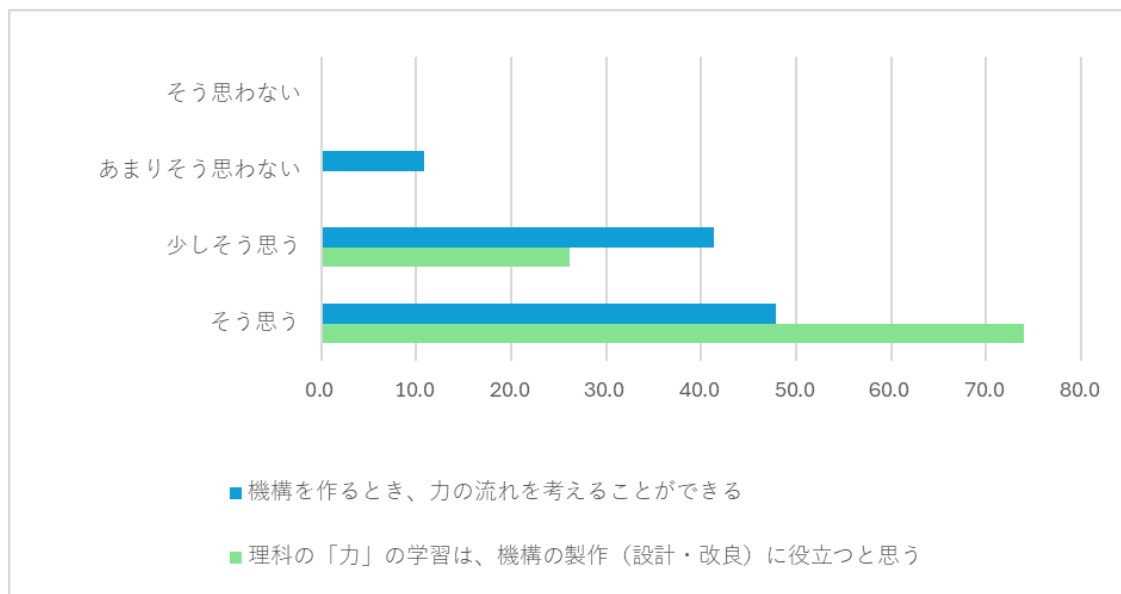
している様子が伺える。これは、実機の試作とシミュレーションを比較・往還する過程で、単なる「動かない」という不満を、解決すべき「構造上の問題」として客観的に捉え直す視点が養われたことを示唆している。また、さらに、シミュレーションで確かめたいこととして、「動作の滑らかさや耐久性」「複数の機構の連動可否」「改良後の構造が意図通り動くか」といった内容が挙げられた。これは、シミュレーションが単なる動作確認の道具ではなく、改善案の妥当性を検証し、さらなる改善を行うためのツールとして生徒の中に定着し始めていることを示している。

これらの結果から、シミュレーションによる可視化が、目に見えにくいリンク機構の論理的な仕組みを説明可能な知識へと昇華させる上で有効であると考えられる。

理科と技術科の学びを往還する学習の成果として、理科の「運動とエネルギー」の実習後にアンケートを実施した。アンケート結果から、教科横断的な学びによる理解の深まりが確認された。「理科の力についての学習は、機構の製作（設計・改良）に役立つと思うか」という設問に対し、「そう思う」が74%、「少しそう思う」が26%となった。これは、力の合成・分解や作用反作用といった理論が、実際の製品製作における課題解決に結びつくことを生徒が実感できた結果といえる。

また、「機構を作るとき、力の流れを考えることができる」という設問に対しては、89%が肯定的に回答した。これまでの「なんとなく動く」という経験則に基づいた製作から、理科で学んだエネルギーの伝達経路や力の相互作用を意識した、論理的なものづくりへの思考の転換が図られたと考えられる。

自由記述からは、実験で学んだ「力の分解・合成」の知識を根拠として、機構の角度や部品の配置による動作の違いを考察できたとする記述が多く見られ、経験的な試行錯誤から、科学的原理に基づいた多面的な考察へと生徒の思考が変容したことが示された。一方で、改善の根拠を理



科の知識と結びつけて具体的に記述する力には依然として個人差があり、今後はさらなる定着を図る指導の工夫が求められる。

## 6. 今後の課題・展望

本実践を通じて、シミュレーションが動作の可視化に有効であることは示されたが、依然として動きを明確にイメージできていると確信を持つ生徒は少数に留まっているという課題を解決していきたい。また、生徒の自由記述において、改善の根拠と理科の知識（力の分解・合成等）との結びつきがまだ弱いという現状を踏まえ、理論と実践をより深く関連付けられる指導を工夫する必要があると考える。

具体的には、仮想環境と現実の動作をよりスムーズに関連付けられるような実践などが考えられる。今後は、理科の学習後にシミュレーションを活用することが、生徒の理解や設計判断にどのような変容をもたらすかを検証していきたい。こうしたプロセスを通じて、力学的知識に基づき製品設計の妥当性を多面的に考察できる力を育成し、理科と技術科の融合を更に進めた創造的な STEAM 教育を推進していきたい。

## 7. おわりに

実践を通じて、Web ベースのシミュレータによる動作の可視化は、生徒が「なんとなく動く」という状態を脱し、構造や力の伝わり方に着目した根拠のある設計判断を行うための強力な一助となった。また、3D プリンタ等を組み合わせたデジタルファブリケーションの導入により、仮想環境での設計を物理的な部品として即座に具現化することが可能となり、理論と実践を往還する創造的な学びが実現された。

さらに、理科での「力の分解・合成」の学習を技術科の製作活動に有機的に結びつけたことで、生徒は自身の作品を科学的視点から客観的に分析し、効率的で合理的な改善を図る力を身に付けつつある。アンケート結果からは、機構の仕組みを言葉や図で説明できる自信を深めた生徒の姿や、理科の学習が製品製作に役立つという強い有用感が示されており、教科横断的な STEAM 教育の有効性が実証された。

今後は、生徒が改善の根拠をより詳細な力学知識と結びつけて記述できる力の育成を目指し、指導の工夫を継続していく。本研究で得られた知見が、実社会の課題に対応できる高度な問題解決能力を養う一助となることを期待するとともに、本研究を支えてくださったパナソニック教育財団に深く感謝の意を表する

## 8. 参考文献

・月形町立月形中学校、『SDGs の目標 7（エネルギーをみんなに、そしてクリーンに）で架橋するプログラミング教育の実践—小中連携、理科・技術科間の連携における学習評価活動の充実を目指して—』公益財団法人パナソニック教育財団、2019 年度実践研究助成研究成果報告書

・北澤武，宮村連理「児童生徒の情報活用能力に着目した STEM/STEAM 教育の試み」『日本科学教育学会第 43 回年会論文集』43，2019，89-90