

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—

Practice of inquiry-based manufacturing for STEAM education
Making a hand- spinning top that combines scientific and
engineering approaches

大 内 毅 平 田 将太郎 伊 藤 克 治

Takeshi OHUCHI Shotaro HIRATA Katsuji ITO
技術教育研究ユニット 附属久留米小学校 理科教育研究ユニット

(令和5年9月29日受付, 令和5年12月22日受理)

要 約

本研究では, 手回し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 型による独楽づくりの授業を構想し, 試行的に実践した。得られた主な結果として, 教育用小型木工ろくろを用いた手回し独楽づくりを行った後, 3D プリンタを用いた独楽づくりを取り入れ, そこから再度, 同じ木工ろくろを用いた独楽づくりに繋げる STEAM 型の学習プログラムを開発した。授業実践した結果, 科学的アプローチによって, 持ち手を長く, 胴体を大きく, 薄く, 低くすることでよく回る独自の独楽のデザインが創出された。最初の本製の手回し独楽と 3D プリンタを用いた独楽を比較検討し, 工学的アプローチによって, 加工精度を改善する手法を探究し, 製作に活かすことで, 最後によく回る本製の手回し独楽を製作することができた。このように, 既習の内容を基にして, 自分なりの考えを創出し, その考えを他者と比較検討する中で, 新たな概念や価値観を形成し, それを製作する手回し独楽に具現化できることが明らかになったことから, 科学的アプローチと工学的アプローチを組み合わせた STEAM 型による独楽づくりの授業の有用性が示唆された。

キーワード: STEAM 教育, 科学的アプローチ, 工学的アプローチ, 教育用小型木工ろくろ, 3D プリンタ

1. はじめに

これまでに筆者¹⁻³⁾は, 木材の旋削加工に着目し, 教育用小型木工ろくろを製作して, ろくろを用いた手回し独楽づくり学習プログラムを開発するとともに, 学校教育現場で実践し, その教育効果を明らかにしている。このプログラムでは, 杭削りで「削る」, 細工用のこぎりで「切断する」, くりこぎりで「穿孔する」など, 木材加工で必要となる基本的な加工技術を体験的に学ぶことができる。しかし, 独楽を製作した後, よく回ったり, 回らなかったりと加工精度によって独楽独自の諸性能に違いが生じるものの, 製作することが中心となって, その原因を探究するまでに至って

いないのが現状である。

そこで本研究では, 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 型による独楽づくりの授業を構想した。具体的には, 木工ろくろと 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・改善する授業を行った。

2. 授業内容の検討

本研究では, 3D プリンタを用いた独楽づくりを取り入れ, そこから再度, 木工ろくろを用いた独楽づくりに繋げることで, 既習の内容を基にし

て、自分なりの考えを創出し、その考えを他者と比較検討する中で、新たな概念や価値観を形成し、それを製作する手回し独楽に具現化させることを主な狙いとしている。

そこで本学習プログラムでは、まず木工ろくろを用いた独楽づくりを行い、次に3Dプリンタを用いた独楽づくり学習を行う。その中で、比較的容易に使用することができる3DCADソフトとして3DBuilderの使い方を習得し、実際に独楽をデザインして3Dプリンタで出力する。その際、独楽がよく回るためのポイントは何か探究してデザインする。その後、木工ろくろで製作した独楽との違いを比較検討する。最後に、もう一度、木工ろくろによる独楽づくりを行うが、その際、加工上の問題点を改善し調整するために、工具をどのように扱えばよいか考えさせる。このような学習を展開することで、既習を活かして課題を解決し、さらに、新たな発展的課題に挑戦しようとする態度が育成されることが期待できる。

3. 授業実践

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10名（4年生3名、5年生3名、6年生4名）であり、表1に示すように、1回の活動を2時間として、計4回の授業を試行的に実践した。

ここでは、実践した内容をその回ごとに追って考察することとした。

表1 ものづくりサークルの実践内容（令和3年度）

日程	内 容
第1回 9月6日	結成式、ろくろによる独楽づくり①
第2回 9月14日	3DBuilderの使い方
第3回 10月6日	3DBuilderによるデザイン、3Dプリンタの出力確認
第4回 10月12日	独楽の比較検討、ろくろによる独楽づくり②、まとめ

3. 1 第1回（9月6日）

第1回では、結成式、グループ分け、および小型木工ろくろによる独楽づくりを行った。結成式では、選出されたリーダーが中心となってサークルの目標を「楽しいサークルにするために、みんなで協力し、思い出を作ろう！」と設定し、3グループに構成した（図1）。小型木工ろくろによる手回し独楽づくりでは、先述したように、杭削りで「削る」、細工用のこぎりで「切断する」、くりこぎりで「穿孔する」といった木材加工における基本的な加工技術について意識させるように説明を行った後、グループに分かれて手回し独楽を製

作した（図2）。初めて使う工具が多かったことから、躊躇する児童も見られたが、グループで協力して最終的には楽しく取り組む姿が認められた。また、全員が手回し独楽を作ることができた。



図1 結成式の様子



図2 小型木工ろくろを用いて手回し独楽を作っている様子

3. 2 第2回（9月14日）

第2回では、小型木工ろくろによる独楽づくりでのポイントを確認した後、3DCADソフトとして3DBuilderの使い方を学習した。図3に、作成したテキストの一部を示す。

このテキストを用いて、使い方を学習した（図4）。GIGAスクール構想の実現に向けた取組を多く行っていることから、3DBuilderを取り扱いに関しては、ほとんど抵抗が無く、積極的に使おうとする姿勢が顕著に認められた。また、3DBuilderの仕様によって、ノートPCで学習することになったため、タブレットとは異なり、タッチ패드やキーボードでの入力操作となり、戸惑っている児童が僅かに見られた。そのため、テキストにしたがって、慎重に進めることを心掛けた。その結果、後半には入力操作にも慣れ、スムーズに大きさや形状を3次元的に加工できるようになったことから、3DCADソフトを用いることで、立体としてモデリングすることの意味を理解し、その操作方法が習得できたものと推察された。

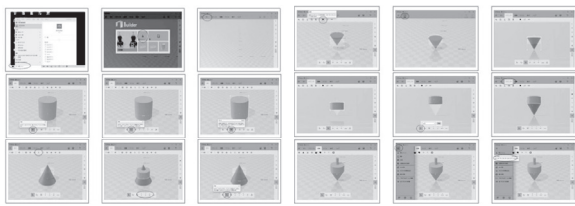


図3 作成したテキストの一部



図4 3DBuilderの使い方を学習している様子

3. 3 第3回 (10月6日)

第3回では、3DBuilderを用いて、実際に独楽をデザインして3Dプリンタでの出力を確認した。授業では、科学的アプローチとして、第1回で製作した木製の手回し独楽を検証し、独楽がよく回るためのポイントを探るために学習プリントを用意して、そこで一度、構想した後に3DBuilderでデザインさせるようにした。学習プリントには、持ち手(軸)、胴体、先端に分解して考えられるように図示している(図5)。

授業後の学習プリントを見てみると、胴体、先端の大きさをX軸、Y軸、Z軸の座標を用いて

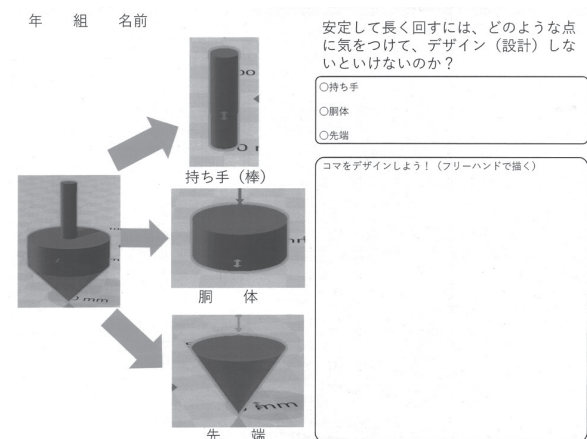


図5 学習プリント

表していることから、立体を感覚的ではあるが、3次元的に大きさや形状を捉えて考えることができるようになっている。(図6)。

図7に、フリーハンドで考えた構想図を基にして、3DBuilderでデザインした例を示す。これより、3DBuilderを活用できるようになっていることはもちろんのこと、木製の手回し独楽を検証して、長くよく回るためには、持ち手が長く、重心が低い方が効果的ではないかと考え、独自の考えを整理しながら探究し、独楽のデザインに活かしていることが認められた。最終的には、図8に示

○持ち手 そのまま

○胴体 40・40・40

○先端 40・40・30

○持ち手 中心に長め

○胴体 X、Y、Zを矢印と合わせて、長さ、太さ

○先端 矢印のすき間でもよくないので、中心に

図6 3次元の座標を意識して表している例

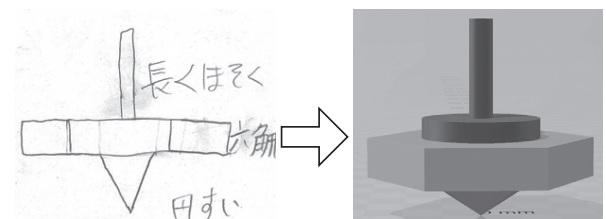


図7 構想図(左)を基にしてデザイン(右)した例

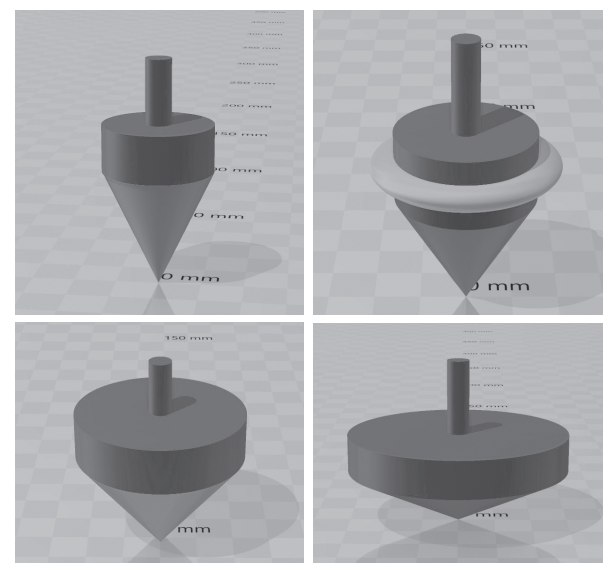


図8 3DBuilderによる手回し独楽のデザインの一例

すように、全体的に細長くするタイプ、胴体を大きくするタイプ、胴体を大きくしてその位置を低くするタイプ、胴体に飾りを付けるタイプの主に4つに大別することができた。このようなデザインから、木製の手回し独楽を検証し、独楽がよく回るためのポイントを探究するという科学的アプローチによって、軸の位置や重心がポイントであることに気づき、それを活かしてデザインしていることが明らかとなった。

次に、3Dプリンタを用いた独楽の出力では、XYZ社製のダヴィンチ miniを用いた(図9)。出力条件は、フィラメントを白色 PLA、直径 1.75 mm として、充填率 10%、レイヤ高さ 0.4 mm、内部フィル形状を格子、出力速度 45 mm/s にそれぞれ設定して出力した。3DBuilder でデザインした後、stl 形式で保存し、そのファイルを 3D プリンタ専用のスライスソフトで読み込み、編集してから出力した。第3回の授業中に出力できたデザインは僅かに2名に留まったが、図10に示すように、3Dプリンタが熱溶解積層タイプのために、フィラメントを溶かして積層していく際の動きや、その軌道をのぞき込んで確認する様子が認められたことから、興味・関心が誘起されたものと推察される。出力できなかったデザインは、次回までの昼休みを利用して出力することとした。図11に、3Dプリンタで出力した手回し独楽の一例を示す。



図9 3Dプリンタによる出力 (XYZ社製)

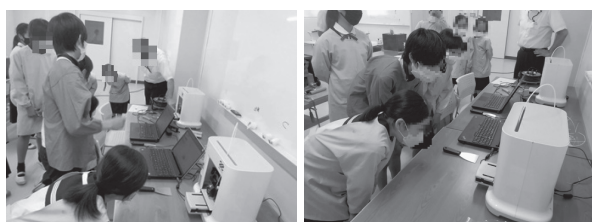


図10 3Dプリンタによる出力を確認している様子

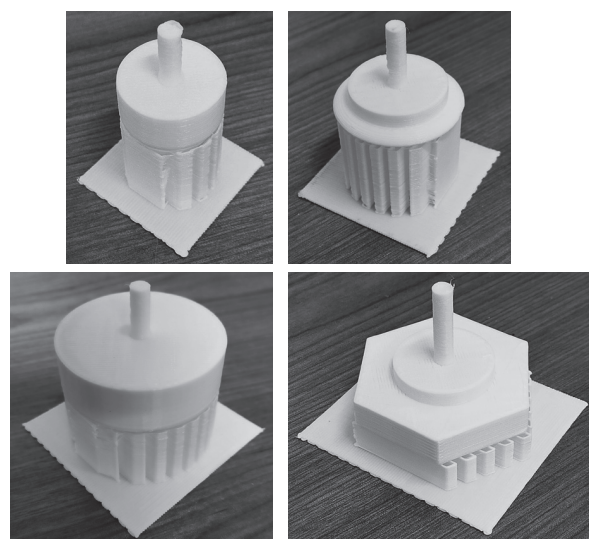


図11 3Dプリンタで出力した手回し独楽の一例

3. 4 第4回 (10月12日)

第4回では、小型木工ろくろでの手回し独楽と3Dプリンタでの手回し独楽を比較検討し、第1回に引き続き、再度、小型木工ろくろによる独楽づくりを行った。図12に、両者を回しながら、比較した結果を学習プリントに記入している様子を示す。図13に、比較検討した結果の一例を示す。



図12 両者を回しながら比較検討している様子

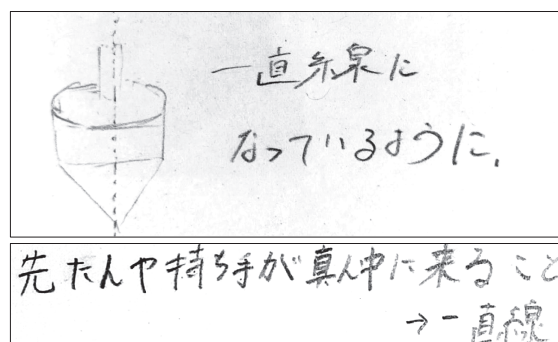


図13 比較検討した結果の一例

このように、両者を比較検討する中で、工学的アプローチによって、小型木工ろくろを用いた加工での注意点として、胴体の先端と持ち手が一直線上でなければならないことに気付き、それを実現する手段として、杭削りを水平にすることや、持ち手の穴を胴体の中心にすることなどが考えられた。

図14に、杭削りを行っている様子を示す。これより、ペアになって水平になっているかを確認し、上下に傾いた場合、お互い注意し合っている姿が見られるようになった。さらに、自主的に先端を紙やすりを使って研磨する姿が認められたことから、工学的アプローチによって、工具をどのように扱えば高精度に加工できるかを探究する力が育成されたものと考えられる(図15)。また、胴体の中心に穴あけ加工を正確にしたいため、中央部に穴を有する治具を作って欲しいという申し出があった。そこで、急遽、3Dプリンタを用いて治具を出力し、穴あけ加工に用いた(図16)。このことは、持ち手を胴体の中心にして一直線上にしなければならないという科学的アプローチの結果と、そのために治具などを用いて高精度に加工しなければならないという工学的アプローチの結果が、ベストミックスされることで創出された成果だと考えられる。また、図17に示すように、この創出した成果が、手回し独楽が真っすぐ振れずに回転する姿として具現化されたことから、達成感・成就感に伴った教育効果が期待できる。

ところで、近年、協働的な学び⁴⁾が提唱されているが、ものづくりの現場では、高機能で高性能の工作機械は高価なために台数が少なく、多くの作業員がローテーションして使用する場合が多い。したがって、協働的な作業(学び)は事実上困難であり、それぞれ個々人が製品の課題に向き合っているのが実情である。それでは、ものづくりにおける協働的な学びとはどういうものを指すのか、あるいは成立するのかを考察してみる。

図18に、再度、小型木工ろくろを用いて独楽づくりをする際に、よく見られた様子の一例を示す。これは、次に待っている児童が、目の前で加工している児童の作業を凝視している様子であり、何か変わったことでよい点があれば吸収しようとしている姿を表している。この後、自分の順番になると集中して加工しており、細工用のこぎりの柄を両手でしっかり持って加工するという技を吸収して活かしている姿である。このことが、ものづくりを通した協働的な学びではないかと考えられる。一般的に、協働となるとグループで発



図14 ペアで杭削りを行っている様子

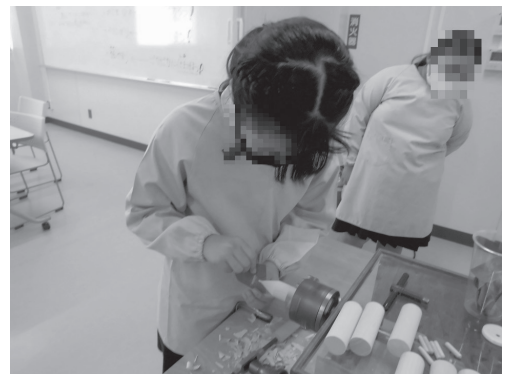


図15 自主的に先端を紙やすりで研磨している様子



図16 治具を用いて穴あけ加工を行う様子



図17 振れずに真っすぐ回る手回し独楽の一例

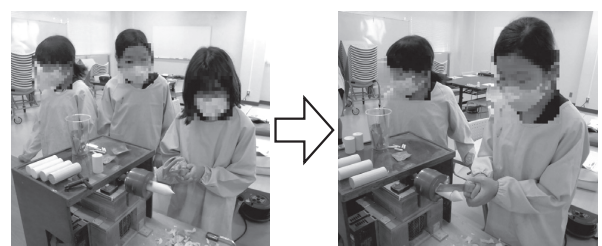


図18 作業を観察してから加工している様子

表し合い、学び合うことをイメージしがちであるが、ものづくりでは、それが困難な状況であるため、先述したように直接的に話さないが、相手を観察して技を吸収する（盗む）といったものづくり独自の協働ともいえるべきスタイルがあってもいいのではないかと考えられる。図 15 に示すように、後方にいる児童は何をしているのだろうかかと黙って目の前の児童をのぞき込んでいる。このことは、自分の考えと他者の考えを比較検討することと等価であり、話し合うのではなく、観察する中で新たな概念や価値観を形成している。このような姿は、厳密に言えば協働ではないかもしれないが、ものづくり独自のスタイルであり、大切ではないかと考えられた。

4. アンケート結果

授業後に行ったアンケート結果の一例を、図 19、図 20 にそれぞれ示す。これより、比較した場合「3D プリンタで製作した独楽の方が軽くて

3Dプリンターで作ったやつの方が軽くて回しやすい。
 やはり木の方がとても重く回し難かったです。でも、見た目がすこしいい感じです。
 3Dプリンターで作ることによって、木で作ったよりよかった。

図 19 授業後に行ったアンケート結果の一例①

最初に木で作ったコマは、あまり回らなくて回しにくかったけど、コマのせけい図も作り、3Dプリンターで作って安定したコマを作ることができました。それをもとにして、木で作ったコマも安定したコマを作ることができて良かったです。
 第一回目のコマづくりのときは、しくみをあまり理解しておらず、上手くできなかったけれど、3Dプリンターや新しく木で作ったコマは一回目のコマよりもいい出来になったと思います。とても楽しかったです。

図 20 授業後に行ったアンケート結果の一例②

よく回る」、「木の方が重いが見た目が良い」など、材料に関する感想が見られることから、興味・関心が誘起されたものと考えられる。また、「3D プリンタで作ることによって、木で作ったら上手くできた」、「最初に作ったコマはあまり回らなかったけど、コマの設計図を作って 3D プリンタで安定したコマを作ることができた。それを基にすると、木でも安定したコマを作ることができてうれしかった」など、最初に比べて最後に作った独楽が安定して回ることが確認できて楽しかったと回答する児童が多かった。このことは、科学的アプローチと工学的アプローチを組み合わせ、小型木工ろくろと 3D プリンタで作ったそれぞれの独楽を比較検討し、よく回るために必要となる要素を理解して、それを実現するために加工方法を改善したことによって得られた結果が示されたものと考えられる。

以上のことから、本研究で構想した科学的アプローチと工学的アプローチを組み合わせた STEAM 型による独楽づくりの授業の有用性が示唆される結果となった。

5. おわりに

本研究では、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 型による独楽づくりの授業を構想し、試行的に実践した。得られた主な結果は、以下の通りである。

- 1) 教育用小型木工ろくろを用いた手回し独楽づくりを行った後、3D プリンタを用いた独楽づくりを取り入れ、そこから再度、同じ木工ろくろを用いた独楽づくりに繋げる STEAM 型の学習プログラムを開発した。
- 2) 授業実践した結果、科学的アプローチによって、持ち手を長く、胴体を大きく薄くすることでよく回る独自のデザインの独楽が創出された。
- 3) 最初の本製の手回し独楽と 3D プリンタを用いた独楽を比較検討し、工学的アプローチによって、加工精度を改善する手法を探究し、製作に活かすことで、最後によく回る本製の手回し独楽を製作することができた。このように、既習の内容を基にして、自分なりの考えを創出し、その考えを他者と比較検討する中で、新たな概念や価値観を形成し、それを製作する手回し独楽に具現化できることが明らかになった。

- 4) 以上のことから、科学的アプローチと工学的アプローチを組み合わせた STEAM 型による独楽づくりの授業の有用性が示唆された。

謝 辞

本研究は JSPS 科研費 基盤研究 (C) 21K02903 (代表：伊藤克治) の助成を受けたものである。ここに記して謝辞を表します。

参考文献

- 1) 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)
- 2) 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)
- 3) 大内 毅, 梅野貴俊, 谷池 亮, 渡邊一祥, 小型木工ろくろの製作とその評価, 日本産業技術教育学会第 25 回九州支部大会 (宮崎) 発表要旨集, pp.45-46 (2012)
- 4) 文部科学省, 「個別最適な学び」と「協働的な学び」の一体的な充実, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/senseiyouen/mext_01317.html, 2023 年 9 月 26 日確認済 (2023)

