

3D プリンターを用いた教材開発の可能性

しのぶ ともあき
信夫 智彰

1. はじめに

道具は行為、思考を変えます。本稿では 3D プリンター（以下 3DP）を用いた教材開発をテーマに、5 つの事例からその可能性をお話ししてみたいと思います。

3DP は、他の造形方法と比較して精密性、再現性、強度等の点で利点が見いだせる道具です。そのような道具を用いた教材、授業開発の経験は、行為、思考可能性を広げ、教師の専門性向上につながられる可能性があります。例えば、ある図形教材を思いついたときに「でも、つくるのが大変だな」と考えるのか、「3DP を使えば正確につくれるかも」「全員に配布できるかも」と考えるのかでは、教師の行為可能性が異なります。そして、実際に造形された教材によって子どもたちの行為や気づきに変化を生じさせることができれば、それは 3DP という道具がもたらした授業改善としても評価できます。

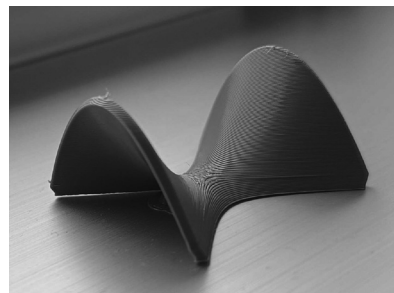


図1 3DP で製作した教具

Ulbrich ら (2024) は、数学教員養成課程の学生を対象に 3DP を用いた教材開発の授業を行い、幾何学のみならず解析学、代数学、確率統計といった分野においても 3D 化が概念理解や空間的推論、問題解決能力の向上に有効であることを報告しています。こうした先行研究や筆者自身の実践からも、3DP を用いた教材開発には、数学の学びを豊かにし、教師の思考や授業デザインを拡張する可能性があると考えられます。本稿では、実際に 3DP を用いて開発した数学教材の具体例を紹介し、3DP がどのように生徒や教師の行為、思考を変え得るのか、その可能性を共有したいと思います。もちろん、3DP が手元にない場合でも、「3DP で教材をつくることで、どのような問いや操作が生まれるのか」という視点で読んでいただければと思います。

2. 3D プリンターについて

3DP とは、デジタルで作成した 3D モデルを、材料を一層ずつ積み重ねて立体物として造形する装置です。「削る」「型に流す」加工とは異なり、材料を積み上げていくことで複雑な形状を簡単に造形できる点が特徴です。教育現場でよく使われる木材や紙、発泡スチロール等を使った造形に比べて優位な点はいくつかありますが、特に数学の教材開発においては以下の 3 点を強調したいと思います。



図2 3D プリンター

- ①精密性：3DP は高い精度で造形できます。放物線や楕円といった曲線はもちろん、図1のような鞍型曲面 (saddle surface) のような複雑な数学的形状も正確に造形できます。精密な造形が可能であるため、「ぴったり重なる」「同じ形である」といった数学的な気づきを得やすい点も有効です。
- ②再現性：3DP は同じものを何度も造形することができます。そのため、生徒全員に同じ教材、教具を配布し、観察、操作させることが可能になります。
- ③強度：3DP で造形した教材は、教育現場での繰り返し使用に耐える十分な強度を持ちます。多少落とした程度では破損しにくく、通常の使用ではゆがみやへこみもほとんど生じません。そのため、試行錯誤を伴う操作活動にも適しています。

私は家庭用 3DP である「Bambu Lab A1 mini (Bambu Lab 社、図2)」を使っています。値段はセール期間で 30,000 円前後です。材料であるプラスチックのフィラメントは 1kg で 2,000 円前後です。ちなみに右下図4のサイコロは高さが 24mm ですが、1 個あたり 5g 程度使用し 20 分くらいでできます。① 3D モデルを作成、②スライサーで造形用データに変換、③ 3DP で造形、という手順で作成することができます。

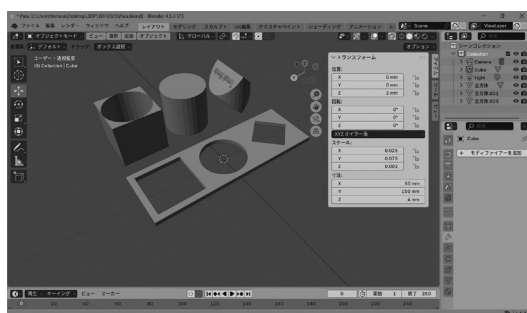


図3 Blender の画面

教材の 3D モデルは、「Blender (Blender Foundation が開発する 3D モデリングソフト、図3)」で作成しています。これは統合型 3D 制作ソフトで、3D モデル作成はもちろん、アニメーションなどもつくれます。フリーソフトなので無料です。Blender 内のツールで基本的な図形はすぐに作成できますし、図形の結合、差分処理も簡単です。さらに複雑な幾何図形も Python スクリプト (プログラミングして造形する) で数式などを指定して作成することができます。こう書くと難しいように見えるかもしれませんが、AI を利用して、教材のイメージを伝えてスクリプトを書いてもらい、コピーして実行すればハードルは大きく下がります。操作方法も含めて、生成 AI に手伝ってもらうことで、イメージしたものをつくることができると思います。

3. 教材例

本稿では 5 事例の紹介をします。中には大学院講義で学生が製作、模擬授業したものも含まれています。後半の 2 事例は高校生対象を想定したのですが、3DP の利点を生かした教材開発に対する示唆を含んだ実践としてご紹介します。

(1) 奇数サイコロ

まずご紹介するのは奇数サイコロです。例えば 7 面サイコロ(図4)は正五角柱になります。例えばこれを使って、「このサイコロは各面

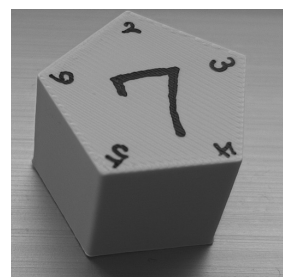


図4 7面サイコロ

の出る確率が等しいといえるか？」という問いを考えれば、統計的確率を求める活動につながることができます。

さらに発展させて、「各面が出る確率が等しい奇数サイコロはどうやって設計すればいいか？」という問いを考えると、高さを算出する方法を検討する活動が生じます。そして「3DPによって実物を造形する」ことで、実際に検証することができます。一方、3DPによって造形されたものには、無数の現実的要因が結びつくため、検証では理論と現実とのズレが顕在化します。それにより数理モデルの再考を要請され、仮定を振り返り評価、改善しようとする姿勢が生じます。このことは数学的モデリングのサイクルを駆動する可能性を示唆します。

図5のデータは学生が実際に7面サイコロをつくって検証する活動を行った結果（2周行っただちの1回目）です。ちなみに実験を繰り返す中で、サイコロを転がす回数を増やしたい、自動的にふって出た目を記録する装置をつくりたいといった発想が生まれました。その着想から検証方法を改善しようとすれば、STEAM教育の実践につなげることも考えられます。

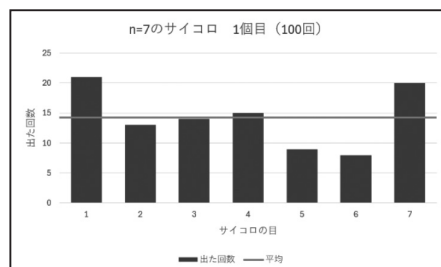


図5 7面サイコロの検証結果例

(2) 3種類の投影図で表現できる立体

次に紹介するのは、図6左の教具にあるような3種類の投影図（2種類の正方形と円の枠）で表現できる立体（図6右）です。例えば左側の3種類の投影図を見せて「この投影図で表現

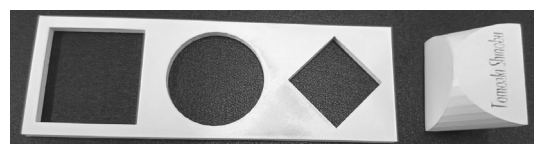


図6 3種類の投影図で表現できる立体

できる立体にはどんなものが考えられるか」検討する活動が考えられます。解答は複数考えられますが、立方体を3方向から見たときに、正方形、円、（小さい）正方形になるようにくりぬけば求める形が見えてきます。これを応用すれば、「正面から見るとA、横からはB、上からはC」のような立体のつくり方も見えてきます。

さらに「この立体はどのようにつくられているのか」「この立体の体積はいくらか」「この立体の面は半円といえるか」を考える活動が想定できます。その際に実物があることで、手に取って様々な角度から眺める活動が生じます。この立体は円柱を切り出してつくられたものですが、持って観察することで初めて気づくことも多いです。これは実物があることによって生じる気づきとしても位置付けられます。

興味深いことに、この立体を図8のように横から見ると、投影図のような正方形に見えませんが、奥行きのために錯覚が生じているのです。このような認知的ギャップを利用して、「投影図が正方形になるといえるのか」検証するような活動にもつなげられる可能性があります。

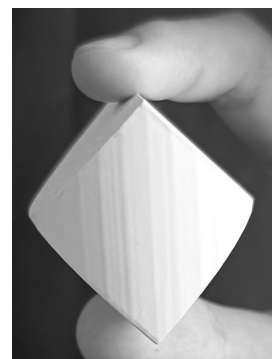


図7 持って観察



図8 認知的ギャップ

(3) 立方体の対角線

次は直方体、立方体の対角線の長さの学習用に製作した教具です。図9左はいわゆる立方体の1/3の体積を持つ立体です。図9右は60°の角を持つ直角三角形です。そのうち最も短い辺の長さが立方体の1辺と同じになるようにしています。この教材を用いて「2つの図形を比較したときに、等しい長さがいないかな？」と問うことで

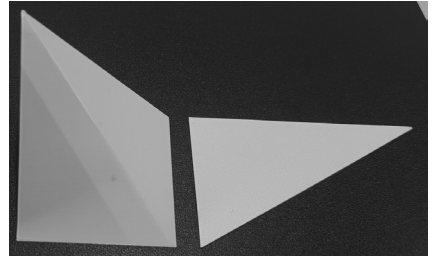


図9 立方体の対角線教具

立方体の対角線と右の直角三角形の2番目に長い辺の長さも等しいことに気づきます。(実際どちらも1辺の $\sqrt{3}$ 倍です。) この気づきを踏まえて「本当？」と問うことで立方体の対角線の長さを考える「必要感」を生じさせることができるのではないかと考えました。

ここで注目したいことは「数学における実物やその操作による気づきは、式による説明より弱い説明しか提供しない」という点です。この事例でいえば、実物同士を比べる中で「この2つの長さも等しい」という気づきは生じますが、そこにはまだ「細かく測っても同じ?」「たまたま同じ?」といった厳密性、一般性に対する疑問が付きまとっている状態です。そのため3DPのような精密性をもった造形であっても「本当に等しいのか」「いつでも等しいのか」確かめる必要が生じます。言い換えれば「実物を用いた操作による気づき」には「仮説生成」と、「それを確かめる必要感の生起」という機能が含まれているといえます。これは実物、操作のある授業設計の重要な視点としても捉えられます。

(4) 円錐曲線にひいた2本の接線の交点の軌跡

図10は学生が数学Ⅲ「2次曲線」の授業を想定して製作した教具です。「楕円の2接線が直交するとき、その交点の軌跡は円になる」ことを操作的に理解するために、2接線の交点の軌跡を作図する装置を3DPで作成しました。図10上の直角部分の穴に鉛筆を指し、2接線が円、楕円に接するように鉛筆を動かすことで円が現れます。これによって「なぜ円がかけられるのか」という疑問が浮かび上がりますし、その疑問を原動力に、今度は式で確かめる活動に移行することもできます。これは(3)で紹介した必要性を伴う活動としても位置付けられます。ちなみにこの教材を用いた模擬授業では、楕円を放物線や双曲線といった円錐曲線に変えた場合にどうなるか、2接線のなす角が直角以外の角度の場合はどうなるかといった活動につなげ、実際に教具を使ってかく、式を使って確かめるという活動を行いました。

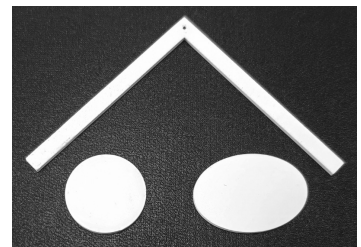


図10 2接線の交点の座標を作図する装置

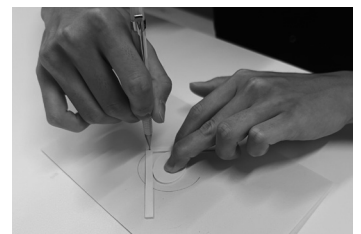


図11 作図の様子

この教具は、3DPの精密性を生かして円錐曲線や正確な角度を造形した点、強度があるためあてながら動かしてもゆがみやへこみが生じない点がうまくいかされています。模擬授業では、予想と異なる図形が現れたことで、驚きや疑問が生じる様子や、教材を使って何回も作図したり、ゆっくりと動かして軌跡の動きを観察したりする様子が見られました。

(5) 直交する 2 円柱の共通部分である図形

図 12 左は「直交する 2 円柱の共通部分である図形 ($x^2 + y^2 \leq r^2$, $y^2 + z^2 \leq r^2$)」です。「シュタインメッツ立体」として知られる図形で、よく体積を求める問題として扱われることが多いです。学生が数学Ⅲ「積分法」の授業を想定して製作しました。実

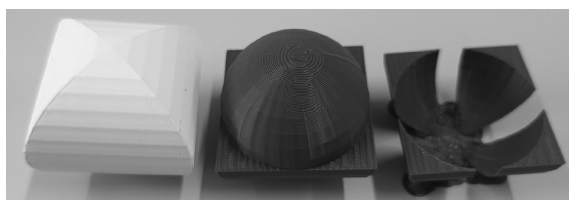


図 12 直交する 2 円柱の共通部分である図形

物を手にするといろいろな角度から観察したくなるのはもちろん、転がしたときの動きもおもしろい（そのためコロコロと呼ばれていました）です。

さらに「この図形に半径 r の球が内接している」ことに着目できるよう、図 12 中央の図形も開発し造形しました。各高さで切った断面について、正方形とその内接円の面積比が常に一定であることに着目することで、この「図形の体積」と「内接する球の体積」の比が、「断面における正方形」と「それに内接する円の面積」の比になることに気づき、積分に頼らなくても体積を求めることができるようになります。立体内部の構造に対する気づきを誘発する立体の製作可能性を示唆する実践です。

4. おわりに

本稿では 3DP を用いた教材開発について事例を基にその可能性をお話しました。

筆者は大学院生を対象に 3DP を用いた教材開発の講義を行っていますが、受講した学生からは「自分自身の選択肢が増えたと感じる」「3DP を使ってどんなものがつくれるか、身の回りのものがどんな図形でできているのか考えるようになった」「つくったものからこんな授業ができるのかという驚きがあった」といった振り返りも得られています。

道具は子ども、教師の行為、思考を変えます。本稿が授業改善に貢献できれば幸いです。

参考文献

Ulbrich, E., Tejera, M., Andić, B., Da Cruz, M., Dana-Picard, N., & Lavicza, Z. (2024).

Pre-service mathematics teachers' views on the use of 3D printing to support mathematical visualisation [Paper presentation]. The 15th International Congress on Mathematical Education (ICME-15), Sydney, Australia.

信夫智彰, 河村泰之, 3D プリンターを用いた STEAM 教育の実践研究—奇数サイコロの製作を通した数学的モデリング—, 数学教育学会 2026 年度春季年会予稿集, pp.43-45, 数学教育学会, 2026.

信夫智彰, 河村泰之, 3D プリンターを用いた教材開発の授業実践—開発された授業と振り返り記述から—, 数学教育学会 2026 年度秋季年会予稿集, pp.59-61, 数学教育学会, 2026.

(愛媛大学 講師)