

実践報告書

- 記入日：2026年3月20日
- 記事タイトル：数式と3Dプリンターで拓く、数学と創造の接続 ―教室を越境するファブリケーション学習―
- ご所属：聖学院中学校・高等学校 / 学校法人聖学院 教育デザイン開発センター
- お氏名（よみ）：山本周（やまもとしゅう）
- 略歴：聖学院中学校・高等学校で2021年より専任教員として勤務。校内で3Dプリンターやレーザーカッターを活用したファブリケーション教育を推進。GIC（校内メイカースペース）の立ち上げから運営を担い、授業・課外活動・外部連携を一体的に設計。2024年度DXユニット長、2025年度副センター長を歴任。ファブリケーション×探究学習をテーマに「教室を越境する学び」の実践を重ねてきた。

以下、報告書（写真や図を使用して作成ください）

1. 実践の背景:

- 聖学院中学校・高等学校では、2021年度よりデジタルファブリケーション（3Dプリンター・レーザーカッターなど）を核とした「ものづくり」の探究教育を展開してきた。GIT（Global Innovation Technology）を立ち上げ、「体験⇄交流⇄越境」を合言葉に、学年・所属・教科の枠を柔軟に溶かしながら、カリキュラムへ再統合する実践を積み上げてきた。
- その中で一つの転機となったのが、2025年7月に実施した外部講師講演会である。慶應義塾大学大学院の谷口朝洋氏を招き、数学（三角関数・G-code）を用いた3Dプリンター制御を体験した生徒たちは、「学校で学ぶ数学が、こういう場面で実際に使われている」という気づきを得た。「普段学んでいる、普通に生きていたら役に立たないだろうなと思うような数式についても活用方法を紹介してくれて、興味深い体験だった」という生徒の言葉に代表されるように、この体験は数学的思考と創造的な表現の橋渡しとなった。
- こうした蓄積のうえに、伝統工芸の文様に潜む幾何学的美しさを三角関数で分析し、生成AIを介して新たなアート作品へと昇華させる本実践を構想した。文科省が進めるDXハイスクール政策や「情報II」の普及、さらには2040年に向けた文理区分廃止の方向性が示す「数学×情報×創造」の融合という社会的要請とも合致する取り組みである。
-

2. 実践の目的:

- ▶ 本実践を通じて、以下の3点を達成することを目指した。
 - ① 伝統工芸の造形美に数学的な視点を見出し、三角関数を用いて表現できる。
 - 1. 教科の知識が文化的・実社会的文脈に接続されることを体感させる。
 - 2. 「数学とは何のためにあるのか」という問いへの自分なりの答えを見つける。
 - ② 生成 AI の特性を理解し、数学的知識を応用して創造的なアート生成ができる。
 - 1. AI を「使わされる道具」ではなく「自分の知識を拡張するツール」として捉える態度を育む。
 - 2. 自らの数式をプロンプトに落とし込み、AI と対話しながらデザインを磨く。
 - ③ 伝統文化と先端技術を融合させ、独自の価値を持つ作品を創造し、社会に提案できる。
 - 1. 「学び」を校内で閉じず、外部の専門家・企業に問い、社会実装の視点を持たせる。
 - 2. 自分たちの作品が「新しいプロダクト」として外部から評価される体験をする。

3. 実践の内容:

- ▶ 本実践は「未来に触れる段階」「未来を考える段階」「未来のために行動する段階」の3段階で設計した。外部講師招聘を中心とした「触れる段階」を軸に実施し、触発された生徒たちが各自の探究を深め、「行動する段階」へと自発的に進む事例が生まれた。

未来に触れる段階

1. 匠の技と心に触れる

外部講師として、数学（三角関数・G-code）を用いた3Dプリンター造形の研究者を招聘した。2025年7月16日、慶應義塾大学大学院・谷口朝洋氏による講演会を実施。谷口氏が開発したオープンソースソフトウェア「G-coordinator」を使い、 $\sin \cdot \cos$ などの三角関数を組み込んだコードから3Dプリンター用データを生成する実演を行った。生徒たちは持参したPCで実際にコードを動かし、数式のパラメータを変えることで造形物の形状が変化する体験を通じて、「数学が実際に使われている場面」を肌で感じた。聖学院・女子聖学院両校の中高生合わせて20名以上が参加し、前半（経験者向け）・後半（一般向け）の2部構成で実施した。

2. 生成 AI をツールとして使う

谷口氏の講演で G-coordinator のコード構造を学んだ生徒たちは、パラメータの意味を理解しながら自分のデザインを実現するためのコードを生成 AI に補助させるという実践的な使い方を体験した。「AI に頼む」のではなく「自分の数学的知識をプロンプトに落とし込んで AI と協働する」という姿勢が自然と生まれた。

未来を考える段階

谷口氏の講演を経て、生徒たちは「幾何学的な文様は数式で設計できる」「sin 波を使えばパターンを制御できる」という数学的知見を自らの探究テーマと結びつけ始めた。それぞれが「なぜその形は美しいのか」「どうすれば自分のアイデアを形にできるか」を問い直し、CAD ツールや生成 AI との対話を通じて、自分なりの「問い」を深めていった。

未来のために行動する段階

「触れる」「考える」の経験を経て、2名の生徒が自発的な探究へと踏み出した。

事例① 高校生初の学会発表・大会実行委員長賞受賞（永井・高校2年）

永井くんは、GIC での5年間の活動を通じて蓄積してきた「3D プリンターで多くの人に創造の楽しさを伝える」という問いを深め、2025年10月、京都工芸繊維大学で開催された「Conference on 4D and Functional Fabrication 2025 (4DFF2025)」に高校生として初めて研究発表を行い、大会実行委員長賞を受賞した。発表題目は「3D プリンターの魅力を多くの人に知ってもらうには?」。中学1年生から高校2年生までの約5年間にわたり、130名以上の児童生徒を対象に実施してきたワークショップの記録と知見を、研究者や大学生の前でプレゼンテーションした。本学会参加は上記の谷口氏の講演による影響は大きい。（大学院生という少し先の世界として、また5年間という同じ経験年数としても挑戦する後押しとなった。）

「初めての高校生発表者として、研究者や大学生の方々の中で発表するという大変貴重な機会をいただいた。日本の3D教育を一步でも前進させるため、活動を続けていきたい」と永井くんは語った。

事例② 「3D プリンターで作成した図形の強度」独立研究（伊藤くん・高校2年）

伊藤くんは、谷口氏の講演で「幾何学的なデザインの多くは計算で設計できる (sin 波など)」という知見を得たことをきっかけに、独自の研究課題を設定した。熱溶解積層方式の3Dプリンターを用いて7cm四方の正方形の中を異なる図形で埋めた造形物を複数制作し、縦方向からの衝撃・荷重に対する破壊耐性を比較検証する実験を進めた。

CAD ソフトで設計データを作成し、壁面の厚さ (0.5mm・0.75mm・1.0mm) の違いによる強度変化を試作で確認しながら実験条件を絞り込む、試行錯誤を重ねた研究プロセスは、まさに「考える→行動する」段階の体現だった。

4. 実践の方法:

- 外部講師の招聘 アカデミックな研究者 (慶應義塾大学大学院・谷口朝洋氏) を招き、「数学が実際に使われている場面」を生徒が直接体験できる形で設計した。前半は 3D プリンター経験者向けの深いプログラム、後半は初心者も参加できるショートプログラムの 2 部構成とし、参加障壁を下げながら探究の入口を広く設けた。
- 生成 AI の活用 Gemini、NotebookLM、ChatGPT 等の生成 AI をツールとして活用。単に「使う」のではなく、数学的な知識をプロンプトへ組み込むという「AI と知識の統合」を実践した。
- デジタルファブ리케이션機器 校内ファブラボに設置した 3D プリンターを活用し、デジタルで設計したモデルを物理的な造形物へと変換する一貫したプロセスを体験させた。
- 生徒主体のポートフォリオ記録 各活動の振り返りをデジタルポートフォリオとして蓄積し、思考の軌跡と学びの深化を多角的に評価した。

5. 実践の結果:

- 生徒の意識・態度の変容
 - 谷口氏による講演会で最も顕著だったのは、生徒たちの「数学観」の変化である。
 - 「普通に生きていたら役に立たないだろうと思っていた数式が、こういう場面で実際に使われているとは、と驚いた」と語った生徒は、三角関数を使った幾何学模様の設計に「幾何学的なデザインの多くは計算で設計できる、これを活かしたい」と新たな目標を見出した。
 - 数学が得意な別の生徒は「いつも問題を解くだけで実用性がないと思っていたが、視野が広がった。次は自分がソフトを作る番だと思って、活躍している人に積極的に会おうと思えた」と述べ、受動的な学習から主体的な行動へと変容する様子が見られた。
 - 3D プリンターに初めて触れた生徒からも「わからないことにも物怖じせず一度やってみることが、新しいアイデアの第一歩だと気がついた」という気づきが生まれた。
- 生徒の自発的行動への展開
 - 「触れる段階」の体験を経て、2 名の生徒が自発的に深い探究へと踏み出した (詳細は「3. 実践の内容」参照)

- 永井 (高校 2 年) : 4DFE2025 学会発表・大会実行委員長賞受賞
- 伊藤くん (高 2) : 「3D プリンターを用いた図形の強度」独立研究 (実験継続中)
- 特に永井くんの事例は、外部の研究者・大学生を前にしたプレゼンテーションという「社会への提案」を実現したものであり、本実践が目指した「行動する段階」の到達点を示している。

6. 実践の課題:

- **計画は「超えられた」——個人探究への昇華という予想外の展開**
 1. 当初の実践設計は、クラス全体を対象とした全 12 時間の PBL として計画していた。しかし実際には、「触れる段階」の体験があまりにも強く生徒の内側に働きかけ、その後の「考える段階」「行動する段階」は、カリキュラムに沿った一斉進行ではなく、生徒一人ひとりの個人探究として自発的に展開していった。
 2. これは「計画通りに進まなかった」という失敗ではなく、むしろ「触れる段階が機能しすぎた」結果とも言える。学会発表や独立研究という形で花開いた成果が示すように、生徒の内側に火がついたとき、彼らは教師の設計した道筋をはるかに超えて進む。しかしその一方で、こうした深化を支える仕組みが十分に整っていなかったことも事実である。個別の生徒を見取り、次のステップへの伴走を継続的に行う体制——いわば「自走を支える足場」——の設計が、次の実践における課題として浮かび上がった。
- **教科横断設計の調整コスト**
 1. 数学・理数探究・情報 II の 3 教科を横断する形の授業設計は、担当教員間の連携調整と時間割上の工夫を必要とする。個々の生徒の探究が加速するほど、それを授業の文脈に接続し続ける教師側の設計力と機動力が求められる。
- **外部連携のタイミング調整**
 1. 企業・職人との連携は、学校行事や先方のスケジュールとの兼ね合いが難しく、計画通りの実施には複数の調整を要した。補助金の活用により謝礼・交通費を確保できたことは大きく、外部の本物の知と生徒を接続するための経済的な下支えとして、今回の助成は実践の根幹を支えるものだった。

7. 今後の展望:

- 今回の実践は、3つの可能性を具体的な形で示してくれた。
 1. **本物・専門性に触れることへの力**
(ア) 学校の授業では、教師が「数学は役に立つ」と言っても届かないこ

とがある。しかし、慶應大学院の研究者が自ら開発したソフトウェアで数式から造形物を生み出す場面を目の当たりにしたとき、生徒の反応はまったく異なるものになった。「本物の専門性」に直接触れる体験は、教師の言葉や教科書には代えられない説得力を持つ。企業人・職人・研究者といった外部の専門家を学びの場に招く協働型実践は、この「説得力の差」を埋める最も有効な手段のひとつである。

2. 社会との接続が学びの意味を変える

(ア) 永井くんが学会の場で研究者たちを前に発表したとき、彼の5年間の活動は「校内の課外活動」から「社会に問うもの」へと変わった。学びが社会と接続された瞬間、生徒は「何のために学ぶのか」という問いへの答えを自分で見つける。教室を越え、社会にある本物の場——学会・企業・地域——と生徒を繋ぐことが、今後の協働的な学びの実践において一層重要になる。

3. 数学特有の「イメージしにくさ」を具体にする

(ア) 数学は、他の教科以上に「なぜ学ぶのか」が見えにくい。 $\sin \cdot \cos$ を学んでも、それが自分の人生のどこで使われるのか想像しにくいのは、多くの生徒が感じる壁である。しかし今回の実践は、数式が3Dプリンターの造形を制御し、幾何学的な美しさをデザインとして生み出す場面を通じて、その壁を取り払う可能性を示した。数学の抽象概念を「触れる・動かす・見る」に変換する体験設計こそが、数学嫌いを減らし、数学好きをさらに深みへ引き込む鍵である。

- この3つの可能性は、学校と外部の専門家・企業が協働することで初めて実現できるものだ。それを継続的に設計し続けることが、これからの協働的な学びの実践に求められる核心である。