

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 28 日現在

機関番号：14601

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K21770

研究課題名(和文) プログラミング的思考力の育成のための3Dプリンタ活用可能性の追究

研究課題名(英文) Studies on the possibility of utilizing 3D printers to develop programming thinking skills

研究代表者

古田 壮宏 (FURUTA, Takehiro)

奈良教育大学・教育連携講座・教授

研究者番号：60453825

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、プログラミング教育の現状を踏まえつつ、学校現場で活用可能な教材について、特に、教科横断的な活動や文化財・文化遺産を用いた教育を推進することに着目し、検討・開発を行った。一部の教材については学校現場での実践により、その適用可能性を評価した。実践当日の生徒の様子やアンケート結果、制作物からは、生徒らがどのようなものを作成するかをあらかじめイメージし、実際に3Dデータを作成、出力したものを確認、検討するというプロセスを試行錯誤しながらすすめている様子を確認することができた。本研究課題で開発した教材群は、さらなる教材の開発を展開していく上で基本的な枠組みとして役立つものと考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

3Dプリンタは学校での活用も期待されているが、具体的な活用方法は十分検討されているとはいえない。このような現状に対して、本研究課題では3Dプリンタを活用した教科横断的な活動のための教材や文化財・文化遺産を対象とした教材を開発した。それらを用いた実践の結果から、これまでの教科の学びを活かしつつ、問題解決力やプログラミング的思考の育成に資するものとして、今後、3Dプリンタが学校に普及していくための基本的な枠組みとして有用であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this research, we examined and developed teaching materials that can be used at schools, focusing in particular on promoting cross-subject activities and education using cultural assets and cultural heritage, while taking into account the current status of programming education. The applicability of some of the materials was evaluated by practicing them in schools. From the students' behavior on the day of practice, the results of their questionnaire, and their products, we were able to observe that the students had an image of what they wanted to create in advance, actually created the 3D data, and checked and examined the output through a trial-and-error process. Materials developed in this research will be useful as a basic framework for further development of teaching materials using 3D printers.

研究分野：教育工学

キーワード：3Dプリンタ プログラミング教育 メディアの活用

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年の3Dプリンタの低価格化および普及が進むとともに、家庭等にある一般的なコンピュータやタブレットを使った3D造形が身近なものとなってきている。それに伴い、教育現場においても、【技術・家庭編】中学校学習指導要領解説や中学校教材整備指針においても、3Dプリンタの利用や整備(8人あたり1台)が挙げられるなど、視覚的・体感的なインパクトを与えつつ、3次元的な構造を活かした学習に役立てることが期待されている。また、一方、新学習指導要領ではプログラミング的思考の育成を目指したプログラミング教育が導入される。しかしながら、学校現場での活動において、どのような道具立てとその利用方法が、どのようにプログラミング的思考力の育成につながっていくのかは、現在様々な模索が行われているが、十分な蓄積があるとはいえない。

2. 研究の目的

本研究課題では、3Dプリンタを使った課題探究的な活動に着目する。ある目的を定め、それを実現するために、構想、設計、出力、性能評価、改善のプロセスを体験・実践するなど、3Dプリンタを用いることで、立体部品の幾何学的な把握(算数・数学)、物理的な動作原理の理解(理科)、情報の科学的な理解(情報)、手工具による加工法(図工・技術)などの幅広い分野横断的な知識・技能を統合した問題解決力の育成につながることが期待できる。

このような活動を通して、プログラミング的思考力を育成する学習方法としての可能性の追究を目的とした。これを実現するために、プログラミング教育の現状を調査するとともに、3Dプリンタを使った課題探究的な活動のための教材開発と学校現場での実践を進めることを考えた。そして実践事例を収集し、その教育・学習効果による分類と整理を行うことを目指した。

3. 研究の方法

本研究課題の目的を達成するために、主に、以下の活動に取り組むことで研究を進めた。

- プログラミング教育について、特にどのような力の育成につながっているのかという観点からの調査
- 3Dプリンタを活用した教材開発として、どのような場面・設定で、プログラミング的思考の育成につながる活動や課題探究的な活動が可能かの調査。同時に、それらの活動に必要な3Dデータの作成・加工の操作技術を習得するために、どのような事前学習が必要かの検討
- 開発教材に基づく実践およびその指導案や授業記録などのデータ収集と結果の分析

4. 研究成果

具体的に開発した教材や実践した結果の一部を以下に示す。

まず、中学校数学と技術の教科横断的な学習を模索した3Dプリンタを用いた教材を検討した。これを用いた活動として以下のような構成を検討した。(1)数学の空間図形で学習した知識を用いて、与えられた条件を満たす図形を可能な限り多くイメージ・製図する。(2)考えた図形を他の生徒に共有する。(3)3DCADでデータを作成し、最終的に3Dプリンタで出力したものを確認する。ここで条件としては、平面図と正面図がある同じ図形になるというのみで、それ以外の部分は各自で考える必要があり、条件を満たす図形は数多く考えられるものとした。このような活動により、与えられた見本から図を描くが多い製図の活動において、条件を満たす自ら考えた図形を図面で表現するという、より実用的な製図の学習とした。また、図形を考え、実際に3Dプリンタで出力したものを手にすることで、空間図形に対する理解が深まることを目指した。

これを用いて、奈良市立月ヶ瀬小中学校や三重県度会郡度会町立度会中学校など、はじめて3Dプリンタに触れる生徒らに対して実践した。条件と図形をイメージ・製図するためのワークシートを用意し、事前活動としてあらかじめ各自で取り組んでおいてもらった。授業当日は、まず3Dプリンタがどのようなものかを紹介した。次に、事前活動で考えてきた立体についての意見交換することで、自分の考えた立体を説明したり、他の人の考え方を理解し、自分の考え方と比較した。3D-CADの操作説明を行った上で、事前活動で各自考えてきた立体の3Dデータを作成した。出力には時間を要するために、後日、出力したものを振り返り検討した。

各自で考えた立体の意見交換においては、「曲面を使ったり、へこんでいる面を使ったりして立体を作れることが分かった。」「いろんな考え方があって中ぬけや増やしていくなどの方法がありもう少ししたいと思った。」などの意見が挙げられており、事前活動で思い浮かばなかった生徒も、他者の考えに刺激を受けている様子が見られた。また、3D-CADソフトウェアを使ったデータの作成については、はじめて操作するソフトウェアであったため、活動初期は戸惑う様子なども見られたが、最終的にはほとんどの生徒が自分たちで対応できていた。これについても、

事後アンケートの「意図通りにデータを作成できましたか?」という質問に対して、「ある程度できた」、「できた」の合計で75%であった。「3Dプリンタを使ったものづくりに興味を持ってましたか?」という設問について、約90%の生徒が「少しそう思う」「そう思う」と回答していた。また、「3Dデータ作成を今後もしてみたいと思いますか?」という設問について、約85%の生徒が「少しそう思う」「そう思う」と回答していた。以上のことから、ここで活動したものは、3Dプリンタに触れたことのない他の学校においても実践可能であると考えられる。

また、数学や理科でのこれまでの学習内容を活かしつつ、各自が好きな形状のペンスタンドを作成するというテーマの教材を開発した。実践の構成は、作成するペンスタンドを検討する事前活動(授業時間外)と3Dデータの作成活動(2時間連続授業)の2つのパートとした。3Dプリンタを使ってどのようなペンスタンドを作成するのかの具体化を促すために、どんなペンを立てるか、ペンをどう支えるか、どんなデザインにするか、どんな形であれば安定するか、などについて検討し、アイデアをスケッチするワークシートを作成した。実践では、上記と同じく、始めて3Dプリンタに触れる生徒らを対象に行った。事前活動として、3Dデータを作成する1週間程度前に、実際に3Dプリンタで出力したものを示しつつ、上記ワークシートを配布した。3Dデータの作成活動は、3D-CADアプリの操作や3Dデータを作成する上での留意点を説明した後、サンプルデータを作成する操作演習ののち、各自事前活動で検討してきた内容に基づいてデータの作成時間を設けた。また、完成度を高めたい生徒は自由に改善できる期間2週間程度を設けた。なお、3Dデータの作成には、GIGAスクール構想に基づいて整備された1人1台の端末環境も活かしながら、各生徒が与えられた条件を満たすような作品を制作する活動を実践した。また、3Dデータの作成にあたっては、各自のペースで操作方法等を習熟できるようにビデオ教材を開発した。

生徒らが作成したデータからは、牛乳パックの注ぎ口を利用するものなどの形状としての工夫とともに、ペンスタンドが倒れないように事前にワークシートで検討したことを踏まえつつ、様々な工夫が凝らされていた。また、生徒らの事後アンケートからは、「個性が溢れていてとてもすごいなと思いました」、「人それぞれで発想が違っていたので、面白い作品ばかりだと感じた」などの他の生徒の作品から刺激を受けている様子や、「自分で設計したものを実際に物として使えるのはとても面白く感じました」などの3Dプリンタを用いたものづくりへの関心がうかがえる様子を確認できた。

以上は、3Dプリンタを活用して教科横断的な活動を行うための教材の開発とそれを実践したものである。当日の生徒らの様子やアンケート結果、制作物からは、生徒らがこれまでの教科の学びを活かし、(1)どのようなものを作成するかをあらかじめイメージし、課題を整理する、(2)実際に3Dデータを作成する、(3)出力したものを確認し、検討するというプロセスを試行錯誤しながらすすめられている様子を確認することができた。

これらの活動と並行して、文化財・文化遺産の教材化と活用について検討した。「文化財・文化遺産の教材化と活用」という目的を達成する方法をプログラミング的思考の考え方に照らし合わせると、様々な物理現象や科学理論・思考などに裏付けられた伝統的技術の結果物として、文化財・文化遺産が現存しているという観点が重要である。例えば、伝統的な建築物に用いられる「持ち送り構造」と呼ばれる上に張り出した重量物を壁等から突き出した構造物によって上部を支持する建築技術が知られているが、日本の仏教建築等で多用される「組物」と呼ばれる独特の建築手法もその一種で、我々の身近に存在する一般的な技術であるにもかかわらず、その原理を理解することは容易ではない。この「組物」を3Dプリンタを活用して教材化することを目的とする場合、プログラミング的思考の考え方をを用いることで、児童・生徒により理解しやすい文化遺産教材として構築することも可能である。「組物」には、肘木、斗、斗栱、尾垂木などの独特の部材が存在するが、それらの部材を実際に組み上げるには合理的かつ効率的な思考が不可欠である。3Dプリンタを活用して、これらの部材を製作し、それを教材として目的の構造を実現するにはどのようにすれば良いかを考えさせるというものである。完成物という「終着点」を目標として、その構造を理解して分解し、シミュレーションを行いながら構築していくことで、これらの構造を抽象化・一般化し、身の回りの他の建築物にも同様の構造や考え方が用いられていることを気づかせることも可能となる。組物構造を実現しようと思うと、明確に段取りを考えながらそれぞれの部材を組み上げていくことが不可欠であり、問題解決力の育成やプログラミング的思考そのものの獲得に資するものとなると考えられる。このことは、文化財・文化遺産という一見すると「特別視」してしまいがちな対象を、3Dプリンタを活用して教材化することでコモディティ化し、「持ち送り構造」あるいは「組物」という伝統的建築技術をプログラミング的思考習得のための教材とし、最終的に普遍的な力学的・建築学的な技術の理解を促す材とすることを企図することができると思われる。まさに3Dスキャンあるいは3Dモデリング技術、そして3Dプリンティング技術を文化財・文化遺産の教材化の基本技術として応用し、プログラミング的思考力の育成の一助とできると考えられる。

今回例示した「持ち送り構造」以外にも、例えば、飛鳥時代に作られたとされる漏刻(水時計)や大航海時代に緯度や経度を計測することに利用されたアウトローベなどは、3Dプリンタを活用したプログラミング的思考力育成のための教材として有意なものといえるだろう。

本研究課題では、プログラミング教育との関係も踏まえつつ、学校現場で活用可能な教材について検討・開発し、一部の教材については学校現場での実践をすすめることで適用可能性について検討した。本研究課題で開発した教材群は、さらなる教材の開発を展開していく上で基本的な枠組みとして有用なものとする。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 中村武弘・ 峯川まなつ ・ 古田壮宏・伊藤剛和
2. 発表標題 3D プリンタを用いた中学校におけるものづくり活動のための教材開発
3. 学会等名 第47回 全日本教育工学研究協議会 全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 京谷充訓、古田壮宏
2. 発表標題 中学校における空間図形と製図をつなぐ3Dプリンタを用いた学習の検討
3. 学会等名 令和2年度 日本教育大学協会 研究集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村武弘、古田壮宏、伊藤剛和
2. 発表標題 中学校における3Dプリンタによるものづくり活動の検討と実践
3. 学会等名 第46回 全日本教育工学研究協議会 全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 谷本康，中村武弘
2. 発表標題 小学校におけるプログラミング教育推進の実態についての考察
3. 学会等名 2019年度日本教育メディア学会第26回年次大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	青木 智史 (AOKI Satoshi) (20507842)	天理大学・参考館・学芸員 (34602)	
研究分担者	中村 武弘 (NAKAMURA Takehiro) (30824635)	奈良教育大学・次世代教員養成センター・特任講師 (14601)	
研究分担者	伊藤 剛和 (ITO Takekazu) (40249488)	奈良教育大学・教育連携講座・教授 (14601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------