

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：36101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2023

課題番号：18K02846

研究課題名(和文) 3Dプリンタによるものづくり教育を意識した教材開発研修カリキュラムの開発

研究課題名(英文) Development of a training curriculum for the creation of educational materials using 3D printers based on manufacturing education

研究代表者

奥村 英樹 (Okumura, Hideki)

四国大学・生活科学部・教授

研究者番号：80233477

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：3Dプリンタを用いた教材開発研修カリキュラムの開発とその効果を検証した。具体的には、3Dプリンタの利点である即時性と個別性が活きる教材制作場面の存在を確認し、1日の研修で基本的な発想法と技能が習得可能なことを実証した。また、開発したカリキュラムが児童・生徒の「ものづくり教育」に応用可能であることを示した。研究成果として、即時性と個別性を考慮した教材の数々が考案・作成され、研修後のアンケート結果からは高い満足度と有効性が確認された。これにより、3Dプリンタが教育に大きく貢献することが示された。更に、これらの実践を元にSTEAM教育の講座設計にあたっての要件も提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義として、3Dプリンタの利点である即時性と個別性を活かし、教員・児童・生徒の「ものづくり教育」を促進するカリキュラムを提案した点が挙げられる。また、短絡的な技術体験活動の設計ではなく、「ものづくり教育」を前提としたカリキュラムの特徴や要件を規定することで、STEAM教育等のインストラクショナルデザインの研究にも貢献している。

社会的意義としては、教育現場における3Dプリンタの普及と実践的活用を促進する点がある。これにより、研修を通じて教員自身が創意工夫を発揮し、児童・生徒に対してより魅力的で効果的な教育を提供することが可能となり、未来の科学技術者を育成する基盤を整えることも期待できる。

研究成果の概要(英文)：The training curriculum for the development of teaching materials using 3D printers was developed and its effectiveness was verified. Specifically, the study confirmed the existence of situations where the advantages of 3D printers, such as immediacy and individuality, are beneficial for creating educational materials. It was demonstrated that basic ideas and skills can be acquired in a one-day training session. Furthermore, it was shown that the developed curriculum can be applied to craftsmanship education for children and students. As a result of the research, various educational materials considering immediacy and individuality were devised and created. Post-training surveys indicated high satisfaction and effectiveness. This demonstrates that 3D printers can significantly contribute to education. Additionally, based on these practices, requirements for designing STEAM education courses were also proposed.

研究分野：教育工学

キーワード：3Dプリンタ ものづくり教育 カリキュラム開発 教材開発 教員研修 STEAM教育 学校教育

1. 研究開始当初の背景

(1)本研究の着想に至った経緯

3Dプリンタの高性能化・低価格化・簡易化に伴い、製造業等の「ものづくり」の現場だけでなく、教育分野等でも活用事例が増えている。また政府も、未来投資戦略2017で、我が国の強みとして「ものづくり」を挙げ、「ものづくり」の重要性を示している。

従って、3Dプリンタの効果的な教育利用の研修モデルの早急な提案とともに、単なる操作体験ではない「ものづくり」教育のためのカリキュラムの検討が必要であると考えた。

(2)関連する国内外の研究動向と本研究の位置づけ

中学校の技術科では子どもが設計したものを印刷する体験的な授業が行われ、教員も3Dプリンタによる立体教材の制作に期待している。しかし、その多くは新しい技術の単なる体験や単純な模型の安価な制作に留まっており、3Dプリンタの持つ特性や「ものづくり」そのものの指導まで考えられているとは言い難い。

本研究は、3Dプリンタの特性（即時性と個別性）を活かした教材開発とともに、児童・生徒への「ものづくり」教育を志向して研修カリキュラムを設計している点に特徴がある。

2. 研究の目的

(1)本研究の学術的背景、研究課題の核心をなす学術的「問い」

政府は、未来投資戦略2017で、我が国の強みとして「ものづくり」を挙げ、制作資源の集中投資を予定するなど、「ものづくり」の重要性を示している。学校現場においても、プログラミング教育は、教科の指導やプログラミング的思考の育成が主目的となっているが、ロボットや機械の制御などICTを活かした新しい「ものづくり」に通じていると捉えることもできる。

一方、3Dプリンタの学校教育での活用については、中学校技術科等で生徒がデザインした3Dモデルを印刷する制作体験や、教員が単色のプラスチック製模型教材を制作する程度であり、3Dプリンタの本来の特徴を活かした「ものづくり」の推進は不十分である。

特に模型教材の制作は、一見安価に見えるが、3Dモデルの制作で教員に負担がかかるだけでなく、品質も単色で積層面が粗く、高品質な市販品の方がメリットは大きいと考えられる。これに対して、必要な時に（即時性）学習者の状況に合わせた（個別性）教材であれば、手続きを踏んで購入しなければならない市販品よりも機動的で適応性の高い教育の展開が期待できる。しかし、現段階では、そのような種類の教材制作を見越したテキストや研修は見当たらない。

また、研修カリキュラムやマニュアルの制作においては、インストラクショナルデザイン等のノウハウが不可欠であるが、新しいICTの教育利用研修においては、利用するICTの特性や実践例の多さ、受講者の状態などを考慮に入れる必要があり、現段階ではそのような設計要件・ノウハウが十分に蓄積されているとは言い難い。

(2)本研究の目的および学術的独自性と創造性

本研究では次の3点の仮説の検証を試みる。

仮説1：学校現場において即時性と個別性が必要な教材の制作場面が多数存在する。

仮説2：上記に類する教材の最低限の発想法と制作技能は、1日程度の研修で十分習得可能である。

仮説3：開発した研修カリキュラムは、児童・生徒のモノ作り教育に応用可能である。

また、本研究で開発した研修のカリキュラムや自学自習型マニュアル等の成果の流通の仕組みに加えて、新しいICTの教育利用研修におけるインストラクショナルデザインについても検討する。

3. 研究の方法

本研究では、次の4点について、相互に調整を行いながら実施する。

1) 仮説1（学校現場において即時性と個別性が必要な教材の制作場面が多数存在する）の検証

右の写真は、2017年度の免許更新講習（1日研修）で初めて3Dプリンタを体験した受講生が考案した教材である。担当している障害を持つ児童が、ひらがなの「みすび（左下の丸状の部分）」をぐるぐると繰り返して書いてしまうことから、文字に合わせた窪みをなぞって練習させるために作成したプレートである。

このような事例を多く集めるため、研修に参加した現場の教員の教材アイデアを収集するとともに、集まったアイデアを元に法則性を検



討し、その法則に基づいて各教科での利用例を抽出提案する。

2) 仮説2（上記に類する教材の最低限の発想法と制作技能は、1日程度の研修で十分習得可能である）の検証

既に仮作成している研修カリキュラムを元に、現職教員への研修の場で実践し、研修後のアンケートに加えて、研修時に発案・制作された独自教材の内容を元に評価・検証を行う。

3) 仮説3（開発した研修カリキュラムは児童・生徒の「ものづくり」教育に応用可能である）の検証

題材をパズルや玩具、日用品に置き換え、筆者が所属する大学やNPO法人の主催による地域の子ども向けイベント等で講座を複数回開き、実践を試みる。なお、大学に招くだけでは受講者が限定されるため、前述の貸与と同等のセットを用意しての出前講座も行う。

カリキュラムの評価は、研修後のアンケートと発案・制作された作品の数と質から行う。

4) 「ものづくり」教育カリキュラムの在り方に関する検討

研修のカリキュラムや自学自習型のマニュアル、プレゼン資料の開発を通じて、「ものづくり」を中心としたSTEAM教育等のイベント型ワークショップの在り方や講座をデザインするうえでの要件・チェックリストの制作を試みる。

4. 研究成果

1) 仮説1（学校現場において即時性と個別性が必要な教材の制作場面が多数存在する）の検証

ここで言う即時性とは、指導上必要と判断した時点で即時、あるいは可能な限り短時間に用意することで教育効果が高まる教材のことである。また、個別性とは、利用する児童・生徒の特性や能力に合わせて調整した教材のことである。

科研期間の前年から始めた免許更新講習（1日研修）において、研修後のアンケートで研修中に作成した教材や作成してみたい教材案をリストアップし、複数の観点で分類を行った。以下はその例である。

(1) 教科・学習内容による分類

- ① 訓練（ひも通し、ひらがなの練習用プレートなど）
- ② 算数科・数学（ピザカットした円で表現した分数、立体物の平面による切断模型など）
- ③ 社会科（地図のパズル、校区の立体地図など）
- ④ 技術科（機械仕組みや構造を示すもの、歯車、ベアリングなど）
- ⑤ 国語科（漢字ブロック、文字ピースなど）
- ⑥ 理科（磁界の流れを立体的に示す模型、科学実験の道具や部品など）

(2) 即時性・個別性を意識した分類

- ① 手指の巧緻性に合わせたサイズや数、複雑さの変更（ひも通しや積み木など）
- ② 物理や数学的な実験・確認（立体物の平面による切断など）
- ③ 実験内容に合わせた道具の制作（電池ボックス付の電磁石の筒など）
- ④ 記念品等への氏名や好きなモチーフの追加（メダルやキーホルダーなど）
- ⑤ 生活改善のための道具や用具の制作（ペン立てやスマホスタンドなど）
- ⑥ 知的訓練の道具（文字ピースを使った言葉や単語の作成練習など）
- ⑦ 身近な事物を含めた教材の制作（児童・生徒に身近なものをモチーフにしたおはじきなど）

このうち「(2) 即時性・個別性を意識した分類」は、対象となる児童・生徒や短期的な題材に応じて制作することで効果が発揮されるものであり、仮説1を支持すると考えられる。

2) 仮説2（上記に類する教材の最低限の発想法と制作技能は、1日程度の研修で十分習得可能である）の検証

2017年度から2021年度までの免許更新講習（1日研修）において、研修カリキュラムとテキストを利用し、毎年改善を行ってきた。このカリキュラムの学習目標は次の5点である。

- (1) 3Dモデルの制作からプリントまでを一通り体験する
- (2) 3Dモデルの作成方法の概要を理解する
- (3) 3Dプリントの基本的な原理と技術的可能性を理解する
- (4) 3Dプリントの教育利用の可能性を理解する
- (5) 今後更に学ぶための手立てを知る

研修カリキュラムの設計要件も合わせて検討しており、最終的に次の10点にまとめた。

- ① 修得後の活用目的を明確にする(受講者の課題との関連の明確化)
- ② 受講者のニーズを反映させる(好奇心を持たせ、積極的に学ぶ態度を形成)
- ③ 技術のライフサイクル(導入期・成長期・成熟期・衰退期)に合わせる
- ④ 受講者の経験度に合わせる(未経験者には期待価値理論、経験者には解題解決の手立て)
- ⑤ 受講者の工夫の余地を残す(例え本質的でなくてもよい)
- ⑥ 発展的な活用イメージを持たせる(応用によって別の活用方法がイメージできる)
- ⑦ 時間配分を技術特性に合わせる(設計や修正、成果の確認に時間がとれるようにする)
- ⑧ 受講者で相互協力させる(受講生間での教え合いや気づきを共有できる雰囲気を作る)
- ⑨ 研修環境への依存部分の明確化と分離を試みる(学校現場で活用ができるようにする)
- ⑩ 研修後の継続学習の見直しを持たせる(参考資料や機器の貸出しなどの支援)

更に、研修で制作する 3D モデルの題材(教材)についても、以下の要件を設定して選定を行った。この要件は、仮説 3 の児童・生徒向けのカリキュラムにおいても考慮している。

- (1) 作りやすい(成功期待):できるだけ単純な構造で、短時間に制作できる。
- (2) 制作する価値がある(課題価値):制作物を学習や日常生活で有用である。
- (3) 制作後に使える:飾るのではなく、操作や思考道具としての利用できる。
- (4) 工夫の余地がある:工夫できる自由度を残し、設計～評価のプロセスを踏ませる。
- (5) 他分野に応用できる:他の材料との組み合わせなど、ものづくりのヒントとなる。

受講者数はいずれの年も 20 名を超えており、研修環境は次の通りであった。

- ・ 3D プリンタ:FLASHFORGE dreamer×32 セット
- ・ 3D モデル制作ソフト:Autodesk Fusion360
- ・ 3D スキャナ:i-Sense (iPad Air に装着)×8 セット

研修カリキュラムは、1 時限 90 分として、次のような構成で実施した。

- 1 限目:全員共通の題材で 3D モデルの制作と印刷体験(タングラム・パズルを作ろう)
- 2 限目:20 種類以上から希望の題材の 3D モデルの制作(好きな題材で作ろう)
- 3 限目:受講者がお互いの姿をスキャナで 3D モデル化(フィギアを作ろう)
- 4 限目:3D モデルの入手と印刷を支援するネットサービスの紹介と自由制作

研修の結果、概ね良好な回答を得た。例えば、研修実施 2 年目の 2018 年度であっても、研修後のアンケートでは次の結果(n=24)が得られた(いずれも 5 件法で 5 点～1 点で集計)。

「更に学ぶ事を希望するか」という問いの回答は平均 4.5 (SD 0.6) と高く、これに合わせて「講習の満足度」も平均 4.8 (SD 0.4) とかなり高いものであった。更に、「自力で制作する自信はあるか」と「教育現場での有用性があると思うか」では、右の表の通り事前事後で有意な差が見られた。

質問項目	事前	事後	t 値
自力で制作する自信	3.2(0.9)	4.1(0.9)	-4.2 **
教育現場での有用性	4.1(0.7)	4.4(0.6)	-1.8*

** p<=0.001、*p<=0.05

学校現場で制作したい題材についても、1 人 3～4 種類のアイデアが示され、大半は 2 限目で提示した題材の例ではあったが、ステンシルや昆虫を触れない子ども用の模型、クッキーの型、保育での幼児と大人の体形の違いを示す模型など、オリジナルのアイデアも複数提案された。

以上から、未経験の情報技術であっても、1 日の研修によって自力で制作を行い、かつ、教育現場に有効かつ実現可能な題材を想起する指導を、十分に行えることがわかった。

3) 仮説 3 (開発した研修カリキュラムは児童・生徒の「ものづくり」教育に応用可能である)の検証

2019～2021 年と 2023 年に、鳴門教育大学が主催する小中学生向けの研究者養成の講座において、「3D プリンタによる工作」というテーマで 3 時間程度(初年次のみ 4 時間)の講座を実施した。同講座で想定する学習目標は次の通りであった。

- ① 3D プリンタによる“ものづくり”の特徴を説明できる
- ② 簡単な 3D モデルを、複数種類の方法で制作できる
- ③ 自身が制作した 3D モデルの印刷を体験する
- ④ 3D プリンタの利用が、身近な問題解決の手段となりうることを実感する
- ⑤ 3D プリンタによる制作アイデアを持つことができる
- ⑥ 3D プリンタによる“ものづくり”への自信を持つ

講座の環境(3D モデルの制作ソフト、3D プリンタ等)は免許更新講習と全く同じものとし、人数も 1 クラス 20 名前後となるよう調整した。

カリキュラムを策定するにあたっては、以下の 6 点に留意した。

- ① 課題は子どもにとって明白なものとする
- ② 課題に取り組む際には、自身の問題解決のプロセスに気付かせる配慮をする
- ③ 発想 - 創作 - 遊び - 共有 - 振り返りのプロセスをできるだけ踏ませる
- ④ 扱う課題や制作物のデザインにはできるだけ自由度を持たせる
- ⑤ 手指の巧緻性を、作品の質にできるだけ影響させない
- ⑥ 物理的な制作過程の時間をできるだけ少なくする

カリキュラムは、60分ごとに10分の休憩を挟むようにし、以下の通り実施した。

13:00～：3Dプリンタで作って試そう

最初は磁石の反発によるバネの実験装置(円に厚みを付ける操作のみ)を題材としたが、後半の実施年では、コマの軸以外の部分の制作とし、実際に回して遊ばせる体験をさせた。

14:00～：興味あるものを作ろう

免許更新講習と同様に、20種類以上の題材を用意し、作りたいものの自学自習用説明書(1～4ページ)を児童・生徒に選ばせ、個別に制作させた。

15:00～：好きなものを作ってみよう1(自由に制作)

16:00～：好きなものを作ってみよう2(17:00まで)

当初は、アイデア発表会を計画したが、児童・生徒があまりにも制作に熱中したため継続しての自由制作とした。2020年からはコロナウイルス対策のため16:00までに短縮した。

講座の結果、概ね良好な回答を得た。例えば、2020年度の実践におけるアンケート結果(n=29)は次の通りである。

- ・ 講座は難しかったか：「そう思う」6名、「少しそう思う」16名(76%)
 - ・ 楽しかったか：「そう思う」29名(100%)
 - ・ もっと学んでみたいか：「そう思う」28名、「少しそう思う」1名
- 回答を見ると、「難しかった」に78%が「そう思う」「少しそう思う」としながらも、「楽しかった」「もっと学んでみたい」に全員がポジティブに捉えていることがわかる。

また、「自分で作る自信はあるか」「便利な道具と思うか」という質問については、事前と事後で有意な差が得られた。

質問項目	実践前		実践後		t
	M	SD	M	SD	
自分で作る自信はあるか	3.03	1.32	4.34	0.45	2.0**
便利な道具と思うか	4.31	0.79	4.72	0.28	2.0*

** p<=0.001、*p<=0.05

事前に用意した題材が多かったためか、大半の児童・生徒はテキスト通りの内容を制作していたが、6名ほどは「見る角度で円や三角形に見える物体」など、独自のアイデアで制作していた。また、作ってみたいものとしては、フィギュアが6名と多かったが、地形図や科学モデル(DNAなど)、小物入れなど多様な回答がみられた。

4)「ものづくり」教育カリキュラムの在り方に関する検討

近年、STEAM教育が注目を浴び、地域の有志やNPO法人、科学教育センターなどでプログラミング教育なども含めたイベント型のワークショップが数多く開かれている。しかし、これらの特徴として次の4点の問題点を挙げる事ができる。

- (1) 指導される内容は学習指導要領とは無関係であり、散発的である。
- (2) 実施時間は短くて1時間程度、長くて数時間であり、継続的な学習ではない。
- (3) 主要な目的は興味を高めることであり、知識の理解や技能の定着ではない。
- (4) 指導者は指導内容の分野の専門家であり、教員免許や教育トレーニングを受けていない。

特に多くの指導者が教育的なトレーニングを受けていないため、「イベントを実施する」こと自体が目的となりかねない。そこで筆者は次の7つの要件を提案した。

- 1) 指導者自身が指導分野に興味を持つ
- 2) 説明内容が子ども達にわかりやすく届く(テキストやスライド、書画カメラの活用)
- 3) 本題に入る前の「つかみ」を用意する(当日に体験する原理を利用した派手な実験など)
- 4) 指導にあたっては、受講者の努力や負担感を減らす(短いサイクルで制作と成果の確認)
- 5) 題材(制作物や実験内容等)に愛着を持たせる(自分なりの工夫を含められる)
- 6) 学習の結果を見える化する(アンケートでの学びや感想の記述)
- 7) イベント後の余韻を継続させる(成果物の持ち帰りや、帰宅後の学びにつながる情報提供)

これらの留意点を元に、「教材の選択」「事前の準備」「指導内容」「実施の記録」「実施後のフォロー」の5場面にまとめた簡易版のチェックリストを考案した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 奥村英樹	4. 巻 59
2. 論文標題 対面での子ども向けのイベント的ワークショップにおけるインストラクショナルデザインの適用に関する一考察	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 四国大学紀要	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 奥村英樹、上野昇
2. 発表標題 小中学生を対象とした3Dプリンタによるものづくり教育の実践
3. 学会等名 日本教育工学会 2020年春季全国大会(第36回)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 奥村英樹、上野昇
2. 発表標題 3Dプリンタの教育活用研修カリキュラムの開発2
3. 学会等名 日本教育工学会第34回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 奥村英樹、上野昇
2. 発表標題 3D プリンタによる教材開発を促す研修カリキュラムの改善
3. 学会等名 第44回全日本教育工学研究協議会全国大会 川崎大会
4. 発表年 2018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	上野 昇 (Ueno Noboru) (20761670)	四国大学・生活科学部・准教授 (36101)	

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
---------	---------