

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 24 日現在

機関番号：15501
 研究種目：基盤研究(C) (一般)
 研究期間：2017～2019
 課題番号：17K04866
 研究課題名(和文) デジタルファブリケーション技術を用いたものづくり教育を担当できる技術科教員の養成

 研究課題名(英文) Technology Teacher Training of Manufacturing Education using Digital Fabrication Technology

 研究代表者
 森岡 弘 (Morioka, Hiroshi)

 山口大学・教育学部・教授

 研究者番号：00249848
 交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：申請者は中学校技術科の教員養成において、デジタルデータを使用した緻密なものづくり教育を実施してきた。本研究では、これまでの教材開発環境をさらに発展させ3Dプリンタ、CNC加工機、レーザーカッターを配置した新しいものづくり環境を構築し、デジタルファブリケーション技術を利用した教材開発と教員養成を目指している。

デジタルファブリケーション技術の特徴はものづくりのデータがすべてデジタルデータとして取り扱えることが挙げられる。この特徴を生かして大学と附属中学校とが連携し、デジタルファブリケーション技術を利用した授業展開が可能な次世代の技術科教員を養成するためのカリキュラムと教材の開発について検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、山口大学教育学部と同附属中に3Dプリンタ等を装備したデジタルファブリケーション技術を用いた教材開発環境を構築して新学習指導要領においても利用が促進されている3Dプリンタや3DCADを用いたデジタルファブリケーション技術を用いたものづくり教育を担当できる技術科教員の養成について検討した。デジタルファブリケーション技術を修得した技術科教員により、我が国が立ち遅れている新しいものづくりを体験した児童生徒を育てることができると考えている。

研究成果の概要(英文)： The applicant have conducted precise manufacturing education using digital data. In this study, we have developed the teaching material development environment that we have built so far, and we have created a new manufacturing environment with a 3D printer, CNC processing machine, and laser cutter, aiming at teaching material development and teacher training using digital fabrication technology. One feature of digital fabrication technology is that all manufacturing data can be handled as digital data. The characteristic of digital fabrication technology is that all manufacturing data can be handled as digital data. Taking advantage of this feature, the university and the affiliated junior high school cooperated with each other, and examined the development of curriculum and teaching materials to train next-generation technical teachers who can develop lessons using digital fabrication technology.

研究分野：社会科学

キーワード：デジタルファブリケーション技術 3DCAD 3Dプリンタ レーザーカッター

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

研究開始の数年前から、デジタルファブリケーション技術の登場により、従来では想像できなかった新しいものづくり環境が拡大していく状況であった。中教審の次期学習指導要領(平成29年7月告示)の改訂についての審議において、「技術に関する科学的な理解に基づいた設計・計画の段階において、モデルを試作するための3DCADや3Dプリンタ等を必要に応じて整備したりする」といった提言がなされた。この3次元でのものづくりであるデジタルファブリケーション技術の指導を初等中等教育の教育内容として将来的に担当できる素養をもった教育者としては、中学校においては、製図やものづくり等の知識が豊富な技術科教員が最適な人材であると考えた。

従来から山口大学教育学部機械研究室(以下、「機械研究室」という。)では、3DCADやCNC加工機と呼ばれるいわゆる切削製造技術を用いたデジタルデータによるものづくり環境を構築していた。しかし、近年注目を集めている3Dプリンタは付加製造技術を使用したものであり、デジタルデータから直接に造形物を作り出すことができるという特徴がある。3Dプリンタは少量多品種の製品の開発に向いていることから教育分野における教材開発やものづくり教育の分野では大変魅力がある装置であった。

一方、デジタルデータを作成する有力な方法である3DCADについても社会状況が一変した。有力なCADベンダーの一つであるオートデスク社が教育機関向けにCADの無償ライセンス提供を2014年から始めた。これらのことからデジタルファブリケーション技術を中学校の技術科に導入していく社会的な要望と技術的な環境が整いつつある背景があった。

2. 研究の目的

デジタルファブリケーション技術は、1)国レベルによる要望、2)技術レベルの革新、3)3DCADの無償化という3つの背景により、教育現場への導入を実現する環境整備の時期に来ていた。このような背景のもとデジタルファブリケーション技術を用いた教育の可能性が広まり、またデジタルファブリケーション技術を初等中等教育で指導できる教員の育成が求められていた。そこで、デジタルファブリケーション技術の教育環境を整備して、その技術を使用した教育が実践できる教員を養成するためのカリキュラムと教材を開発することを目的として研究に着手した。

3. 研究の方法

筆者らはこれまで、小型のロボットを使用した緻密さと忍耐強さを養うマイクロメカニズム教材の開発を通して中学校の技術科教育に関する研究を行ってきた。その中で、ものづくりの環境として図1(左)のような環境を構築しており、デジタルデータを使用した緻密なものづくり教育を実施してきた。

本研究では、これまで構築した教材開発環境を発展させ3Dプリンタ、CNC加工機、レーザーカッターを配置した図1(右)に示す新しいものづくり環境を構築することにより、デジタルファブリケーション技術を用いたものづくり教育を担当できる技術科教員の養成について検討している。

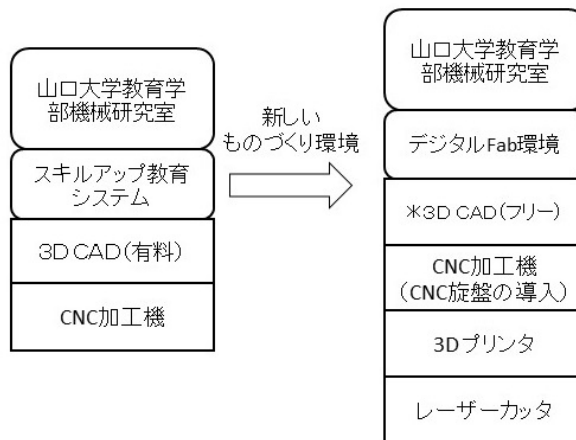


図1 新しいものづくり環境

4. 研究成果

(1) 附属中学校と連携した教材開発環境の構築

デジタルファブリケーション環境の特徴として、ものづくりのデータがすべてデジタルデータとして取り扱えることがある。山口大学教育学部には、附属中学校が2校あり、それらとの連携した環境を構築することができる。機械研究室に3DCADを中心に、工作機械として3Dプリンタ、CNC加工機、レーザーカッターを配置したフル装備のデジタルFab環境を構築した。そして、附属の2中学においては、工作機械の一部を大学と共有したSmallデジタルファブリケーション環境を構築した(図2)。

このような環境を構築することにより、研究代表者の研究室で開発したデジタルファブリケーションの教材データを附属中学校と共有し、附属学校の技術科を担当する教員と連

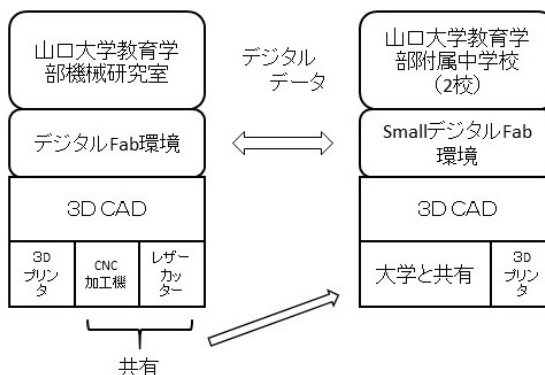


図2 附属中学校と連携した教材開発の環境

携して教材の開発および製作に利用できるようになった。また、中学校技術科の教員志望の学生が教育実習において、先進的な教材の利用が可能になり、デジタルファブ리케이션により授業展開が可能な次世代の技術科教員を養成することができるようになった。

表1 導入した設備

設備	メーカー・型式	設置場所	
		教育学部	附属中
3D プリンタ	武藤工業・Value3D MagiX MF-2200D	1	2
CNC 加工機	旋盤市場・PSL550-CNC CNC 旋盤	1	
レーザーカッター	SMART DIYS・FABOOL Laser C02	1	

(2) カリキュラムの開発

本学教育学部技術教育選修のカリキュラムにおいて、デジタルファブ리케이션技術を利用する授業として、1年次後期の「製図」、2年次後期の「技術科・ものづくり内容開発研究」、3年次前期の「技術科・ものづくり授業実践基礎演習」、「応用機械」がある。

平成29年度から開講順にデジタルファブ리케이션技術を習得するための内容を各授業へ導入して教育実践を行った。過渡期においては、授業科目への導入が学年進行ではないことから内容に一部重なる項目がみられたが、平成30年度入学生からは1年次後期から3年次前期にかけて系統的にデジタルファブ리케이션技術を習得できるようになっている。

平成30年度入学生からは、3年次の後期基本実習ではデジタルファブ리케이션技術を利用して開発した教材や3DCADで作成した資料を使用した教育実習が実施できるようになる。

表2 カリキュラム構成

授業科目名	開設期	内容
製図	1年後期	3DCADの導入と設計製図
技術科・ものづくり内容開発研究	2年後期	3DCADと3Dプリンタを使用した部分製作
技術科・ものづくり授業実践基礎演習	3年前期	3DCADと3Dプリンタを使用した教材の開発
応用機械	3年前期	小型ロボットの製作

(3) カリキュラムの実践例

製図

平成30年度の入学生は1年次から表2の内容の「製図」を受講しており、デジタルファブ리케이션技術に関する学習内容を学年進行順に系統的に学ぶことができるようになっている。3DCADとしては、中学校の製図教育へ導入することを考慮して、教育機関向けに商用との機能上の制約がなく2014年から無償ライセンス提供されているInventor Professionalを使用した。

平成30年度を受講生は技術教育選修の学生8名と他選修の4名との合計12名であった。教育実習で3DCADソフトを使用することを想定して受講生には上記ソフトを各自のノートPCにインストールしておくことを受講要件とした。PCの性能等の理由でインストールがうまくいかない学生については、研究室で保有するノートPCを貸し出して対応した。

令和元年度を受講生は技術教育選修の学生7名と他選修の5名の合計12名であった。この年度の授業については技術教育選修以外の受講生も多いことから大学のパソコン演習室のデスクトップパソコンにインストールされた上記3DCADを利用した。各自のノートPCへのインストールについては推奨することにとどめた。

授業の内容としては中学校の技術の教科書におけるものづくりを実現するための手段として3DCADを利用することを考慮したものとした。また、本授業と2、3年生の授業を連携させることにより、教材の開発や課題解決に3Dプリンタを利用することを想定した内容とした。

本製図の授業の目的はものづくりを実現するための手段として3DCADを利用することであった。そのため、図3に示した中学校の教科書にある飾り棚の組立図の作成を最終的な課題とした。本研究では、将来的には中学校の技術の授業で3DCADが導入されることを想定している。公立中学校への導入に先がけて附属中学校の技術科の授業において1学年4クラスで3DCADを導入した製図の授業を実施した。CADの演習の授業時間は4時間であった。その時の様子を図4に示す。

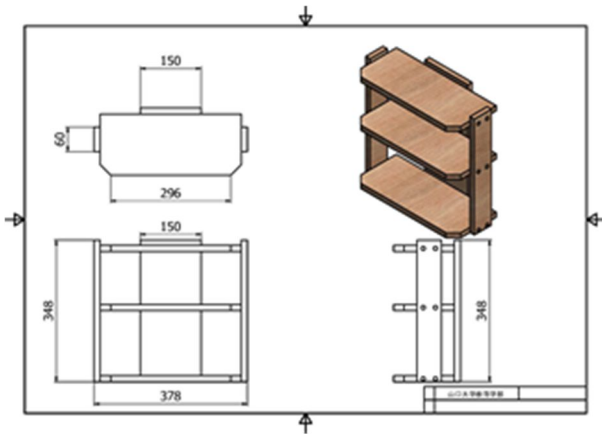


図3 飾り棚の組立図

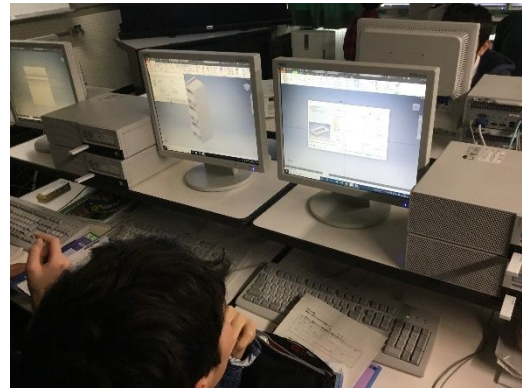


図4 附属中学校の技術科の授業への3DCAD導入

技術科・ものづくり内容開発研究

平成29年度に、本校の技術科教員の養成カリキュラムにデジタルファブ리케이션技術を利用したものづくり教育をはじめ導入した。具体的には、2年次後期の授業「技術科・ものづくり内容開発研究」において3DCADを使用した製図や、それと連携した3Dプリンタによる部品製作を体験させた。平成31年度からは1年次から製図で3DCADを修得しているため、そのシミュレーション機能を利用してCAD上で作成した機構モデルを動作させる演習を実施した。

技術科・ものづくり授業実践基礎演習

3年次前期の「技術科・ものづくり授業実践基礎演習」において、2年次に実施した「技術科・ものづくり内容開発研究」において実施したデジタルファブ리케이션技術の導入教育を発展させ、3年次後期に実施される基本実習においても使用できるような教材開発に取り組んだ。図5に開発した動力伝達のしくみの提示教材を示す。設計製作は動力伝達部である歯車を担当するグループとそれをささえる土台を担当するグループにわかれて、それぞれ実施した。

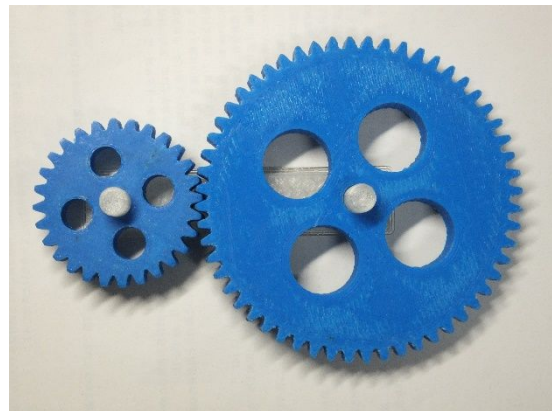


図5 動力伝達のしくみ提示教材

(4) 教育実習および卒業研究



図6 教育実習で使用した3Dプリンタにより製作した導入教材



図7 日本地図パズル

平成30年度の後期基本実習において、山口大教育学部附属山口中学校の技術科に配属された学生が3年次の「技術科・ものづくり授業実践基礎演習」において製作した動力伝達のしくみの教材(図5)を実習校におけるエネルギー変換に関する技術を対象とした風力発電に関する授業の導入教材として使用した。そのときの様子を図6に示す。

また、卒業研究において製作したレーザーカッターを使用した日本地図パズルの教材を図7に示す。レーザーカッターは3Dプリンタと異なり切削製造技術による装置である。その大きな特徴として加工時間が短いことがあげられる。複雑な3次元形状の教材の作成には適さないが、

2.5 次元的な加工で作成可能な教材の製作に対しては有効であることがわかった。

(5) デジタルファブリケーション技術の導入促進

デジタルファブリケーション技術は今後の技術科の教員に求められるものづくりの基礎的なスキルになる可能性がある。そこで、現職の技術科の教員に向けて、さまざまな機会を設けてデジタルファブリケーション技術を習得するための講習会を開催した。また、児童・生徒を対象とした体験学習の機会を利用してデジタルファブリケーション技術を紹介した。

基本的な内容は、3Dプリンタを使用した立体部品の製作である。はじめに3DCADを使用した立体形状のデジタルデータの作成方法について2-3時間使って簡単な説明を行い、つぎに、作成したデジタルデータを3Dプリンタで出力する方法について学習する。半日から1日の講習会で簡単な立体部品の製作することができるようになる。

平成29年度には山口大学教育学部の附属中学校とその周辺の公立中学校の教員を対象としたデジタルものづくり勉強会を開催した。また、機械研究室をデジタルファブリケーション技術を導入した疑似的なものづくり企業とみなして、山口大学教育学部附属山口小学校の職場体験先として児童を受け入れた。

平成30年度は山口県の光地区の技術科教員の依頼を受けてデジタルファブリケーション技術に関する実技講習会を開催した。さらに、山口大学教育学部附属山口中学校の部活動のメンバーを対象としたデジタルファブリケーション技術の勉強会を開催した。

新学習指導要領で3DCADと3Dプリンタに関する記述があることから、これまで以上に現職の技術科教員がデジタルファブリケーション技術に興味関心を持たれていることがわかった。また、小学生や中学生もデジタルファブリケーション技術に大きな関心を寄せていることがわかった。デジタルファブリケーション技術の大きな特徴はデータを共有できることにある。今後は附属中学校だけではなく、その周辺公立中学校とも図8のようなイメージで連携していくことを考えている。

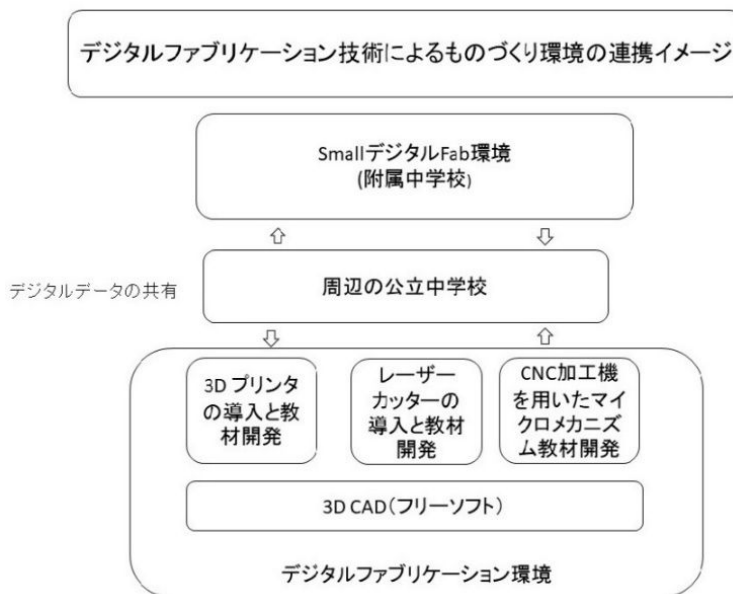


図8 デジタルファブリケーション技術によるものづくり環境の連携

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2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 2件）

1. 著者名 森岡 弘、阿濱 茂樹、岡村 吉永、澤本 章、平田 直樹、原田 正憲	4. 巻 46
2. 論文標題 ものづくり教育におけるカリキュラムマネジメントに関する研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要	6. 最初と最後の頁 31,37
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 -

1. 著者名 森岡 弘、平田 直樹、瀬尾 優治、原田 正憲、青山 克輝、柏木 将大、阿濱 茂樹、岡村 吉永	4. 巻 47
2. 論文標題 デジタルファブ리케이션技術を用いたものづくり教育を担当できる技術科教員の養成	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要	6. 最初と最後の頁 159,168
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 青山 克輝、柏木 将大、森岡 弘
2. 発表標題 デジタルファブ리케이션技術を用いた教材開発に関する研究
3. 学会等名 日本産業技術教育学会中国支部第47回支部中国支部大会（岡山）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 青山 克輝、柏木 将大、森岡 弘
2. 発表標題 デジタルファブ리케이션技術を用いた教材開発に関する研究
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第61回全国大会（信州）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森岡弘, 瀬尾優治, 原田正憲
2. 発表標題 デジタルファブ리케이션技術を用いたものづくり教育を担当できる技術科教員の養成 - 3 D C A Dによる製図の授業実践 -
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第62回全国大会(静岡)
4. 発表年 2019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