

# 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

－ 3DCAD による製図の授業実践－

森岡 弘・堤 健人・原田 正憲<sup>\*1</sup>・瀬尾 優治<sup>\*2</sup>

Technology Teacher Training of Manufacturing Education using Digital Fabrication Technology:  
Lesson Practice of Drawing class using 3DCAD

MORIOKA Hiroshi, TSUTSUMI Kento, HARADA Masanori<sup>\*1</sup>, SEO Masaharu<sup>\*2</sup>  
(Received December 15, 2021)

キーワード：製図、3DCAD、デジタルファブリケーション、教員養成

## はじめに

筆者らは、山口大学教育学部と同附属中のそれぞれに3Dプリンタ、CNC加工機、レーザーカッターを配置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いる<sup>1)~3)</sup>。本研究ではデジタルファブリケーション技術の基礎となる3DCAD<sup>4)~6)</sup>によるものづくりの3Dデータの作成について検討している。

技術科の教員養成において開設しているデジタルファブリケーション技術に関する科目の一つである1年次に開講されている必修科目である製図の授業において教育機関向けにライセンスフリーで公開されている3DCADを導入して授業実践を行った。

## 1. デジタルファブリケーション技術による教材開発環境

デジタルファブリケーション技術の特徴として、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挙げられる。山口大学教育学部には、附属中学校が2校あり、大学と附属中学校とが連携した教材開発環境を構築することができる。この環境のもとで、平成29年度より、両者が連携した図1に示したようなデジタルファブリケーション技術を使用した教材開発環境を構築してきた<sup>3)</sup>。

平成29年度は山口大学教育学部機械研究室（以下、「機械研究室」という。）に3DCADを中心に、工作機械として3Dプリンタ、CNC加工機を配置した。また令和元年度にレーザーカッターを導入したことにより、フル装備のデジタルファブリケーション環境が整った。平成30年度には附属の2中学に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。このような附属学校と連携した教材開発環境の構築により、機械研究室で開発した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、先進的な教材を試作して利用することが可能になり、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ことができると考えている。

表1にデジタルファブリケーション技術の主要設備である3Dプリンタとレーザーカッターの仕様を示す。導入した3Dプリンタは武藤工業（株）のValue3D MagiX MF-2200Dである。本機種は300mm×300mm×300 mmの大型造形エリアと2つのヘッドを個別に制御することが可能な機能を持っている。そのため、かなり大型で造形時にサポート材を必要とするような複雑な形状の教材も製作可能である。このクラスの3Dプリンタになると、前面にある扉を開けると同時にヘッド動作が停止する工作機械らしい構造になっているため学校現場

\*1 山口大学教育学部附属山口中学校 \*2 山口大学教育学部附属光中学校

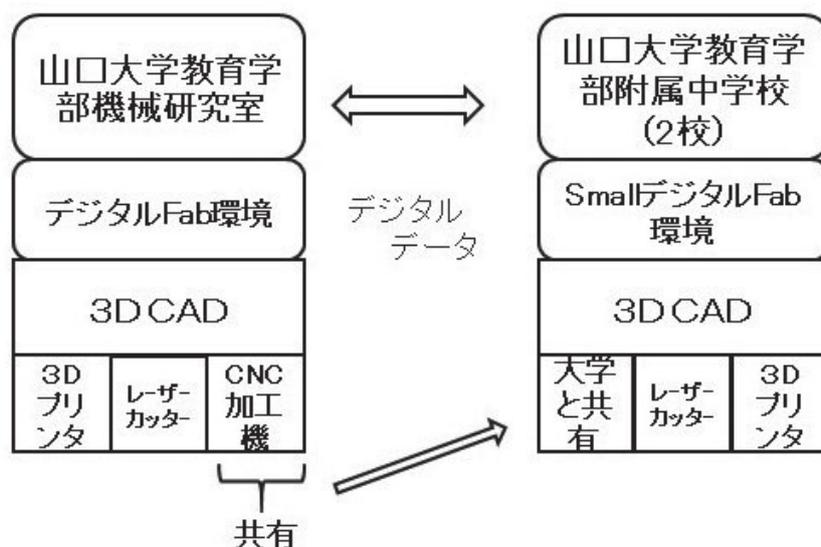


図1 デジタルファブリケーション技術を用いた教材開発環境

表1 デジタルファブリケーション技術を利用する装置の仕様

名称	機種	メーカー	仕様	設置場所
3Dプリンタ	MF-2200D	武藤工業	300×300×300	大学および附属中
レーザーカッター	FAB00L laser C02	Smart DIYs	600×440	共有
CNC加工機	KitMill RD300	オリジナルマインド	300×220	共有

へも安心して導入することができる。平成29年度には機械研究室へ、平成30年度には山口大学教育学部の2校の附属中学校にそれぞれ同機種の3Dプリンタを導入した。

令和元年度はレーザーカッターとしてSMART DIYs社製のFAB00L LaserC02を機械研究室に導入した。本機種は40WのCO2レーザーを搭載しており、600×440mmの加工エリア有している。MDFやアクリル板なら10mm厚程度まで容易に切断することが可能である。また、本機種は価格を抑えるためにユーザー組立て方式をとっている。加工時の安全を考慮して、本体の他に煙や臭いを外部に排出する加工機用排気ファンキットと加工時に素材によっては炎が上がる場合があるため、消炎キットも導入している。

附属中学へレーザーカッターを導入する場合、組立て方式では光軸の精度を確保するのが難しいことや安全性を考慮して、光軸調整済みの排気や集塵機能を備えた機種を検討している。

## 2. カリキュラム構成

### 2-1 全体の構成

山口大学教育学部技術教育選修のカリキュラムにおいて、デジタルファブリケーション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」、3年次前期の「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リケーション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。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リケーション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リケーション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なカリキュラム構成になっている。

表2 デジタルファブリケーション技術を利用したカリキュラム構成

授業科目	形式	開設期	内容
製図	オムニバス	1年後期	3DCADの導入と設計製図 <ul style="list-style-type: none"> <li>・Inventor Professionalを各自のパソコンへ導入</li> <li>・3DCADを使用した立体部品の作成</li> <li>・立体形状から第三角法による平面図へ変換</li> <li>・立体部品の組み合わせによる最終製品の製作</li> </ul>
技術科・ものづくり 内容開発研究	オムニバス	2年後期	3DCADと3Dプリンタを使用した部品製作
技術科・ものづくり 授業実践基礎演習	オムニバス	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	単独	3年前期	小型ロボットの設計と製作

## 2-2 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、デジタルファブリケーション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年度の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名である。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。

令和元年度の後期については、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。他選修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。令和元年度以降は、受講生全員が同じ条件で授業を受けられるように大学のパソコン室にインストールされているInventor Professionalを使用することとしている。

### 2-2-1 授業構成

平成29年7月に中学校学習指導要領<sup>8)</sup>が改訂された。この改訂された学習指導要領（以下、「新学習指導要領」という。）は平成30年度からの移行期間を経て令和3年度から全面的に実施されている。中学校技術・家庭科の技術分野（以下、「技術科」という。）の新学習指導要領では、「CADによる表示といった発展性にも配慮し、等角図や第三角法を取り上げることとする。」や「課題の解決策を具現化する際には、3DCADや3Dプリンタを活用して試作させることも考えられる。」といったデジタルファブリケーション技術に関する記述がはじめて学習指導要領にあらわれ、その技術の導入が促進されている。

授業の内容としては、表3に示したように、工学部の機械系で実施されているような製造技術全般にわたる製図内容ではなく、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を利用することを想定した内容とした。また、本授業と2、3年生の授業を連携させることにより、課題解決に3Dプリンタを利用することも考慮したファイルの出力方法についても学習した。

製図の教科書として、工業高校で使われている製図の検定教科書<sup>9)</sup>を使用した。授業内容としては、全16回のうち、初めの数回は製図の基礎と手書きによる図面の作成方法について教科書を利用して学習した。

具体的な内容としては、第三角法、等角図による製品の作図方法およびCADを利用する場合も重要となる寸法の表示のしかたを説明した。キャビネット図については、新学習指導要領には記載がないので省略している。幾何公差、表面粗さなどの製図の応用に関する内容は思い切って省略している。

製図の基礎と手書きによる製図の講義の後に3DCADによる設計に移行した。表4に示したように令和2年度以降については、電気回路設計においてよく利用されているKiCadによる回路設計を新たに導入した。

表3 製図の授業内容（平成29年度から令和元年度）

授業回数	作業分類	授業内容
1-5	手書き	製図の基礎と手書きによる図面の作成
6	CAD	3DCAD Inventor の導入
7,8	CAD	課題の立体モデル化（教科書：工業 307 製図）
9	CAD	立体モデルの第三角法表示 表題欄の作成
11,12	CAD	中学校教科書の飾り棚の製図（部品図）
13-16	CAD	中学校教科書の飾り棚の製図（組立て図）

表4 製図の授業内容（令和2年度以降）

授業回数	作業分類	授業内容
1-3	手書き	製図の基礎と手書きによる図面の作成
4	CAD	3DCAD Inventor の導入
5-6	CAD	課題の立体モデル化（教科書：工業 307 製図）
7	CAD	立体モデルの第三角法表示 表題欄の作成
8-13	CAD	中学校教科書の飾り棚の製図（部品図）（組立図）
14-16	CAD	KiCad による電気回路の設計製図

### 2-2-2 3DCADによる授業内容

3DCADによる製図の内容としては部品を3次元上で作成するモデリング、作成した部品を組み立てるアセンブルがある<sup>4),5)</sup>。3DCADは2次元図面を単独で作成する機能も当然持っているが、基本的に、モデリングで作成した部品やアセンブリされた3次元のモデルを平面上に投影する方法が一般的である。授業では、教科書から選択した課題のモデリング作業を行った。図2、図3にその例を示す。これらの課題は前半の5回において等角図の用紙を配布して一度手書きにより製図したものである。

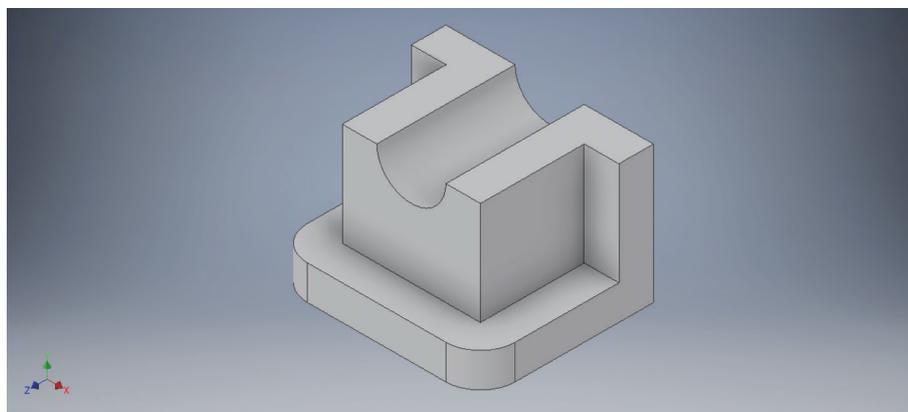


図2 モデリング例1

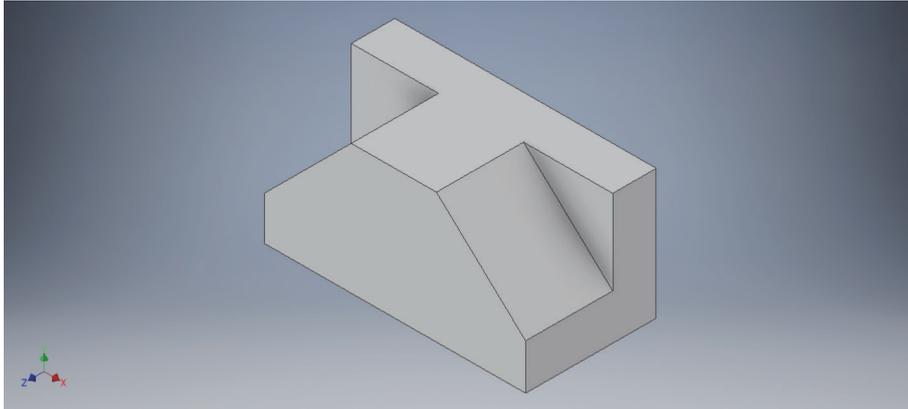


図3 モデリング例2

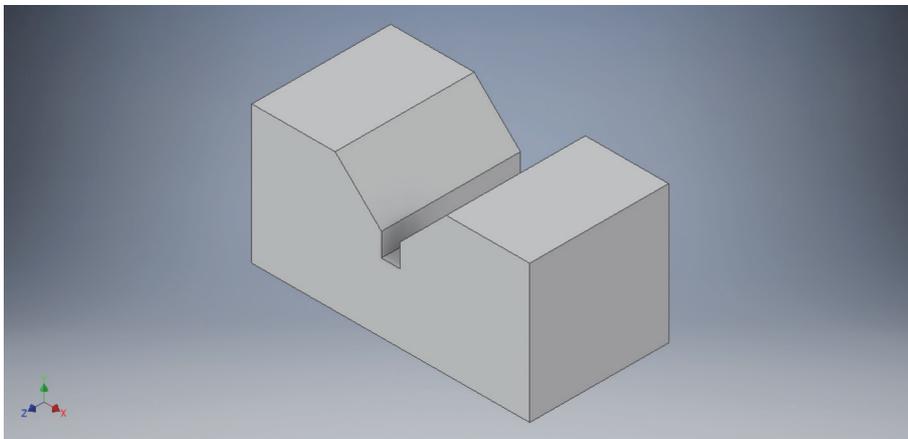


図4 Vブロックのモデリング例

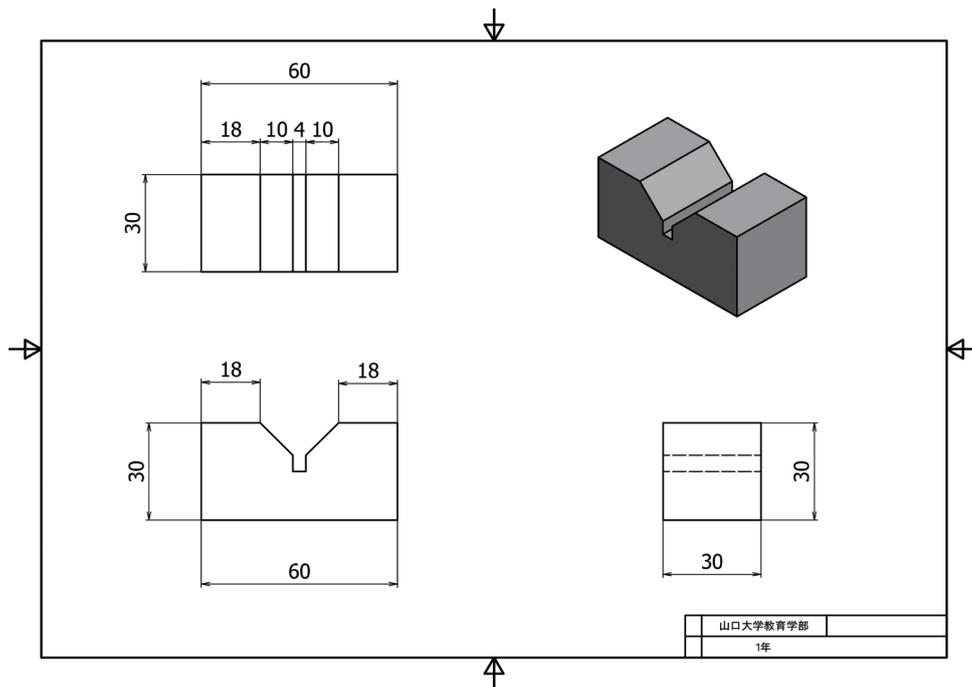


図5 Vブロックの第三角法による表示

つぎに、図4に示した幾何拘束の直交、水平のジオメトリ拘束や角度等の寸法拘束が豊富なVブロックを対象とした演習を行った。3DCADの製図では、作成した図4のモデルから、図5に示したように第三角法による表示がソフトにより容易に生成することができる。

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6に示した中学校の教科書<sup>10)</sup>にある飾り棚の組立図の作成を最終的な課題とした。

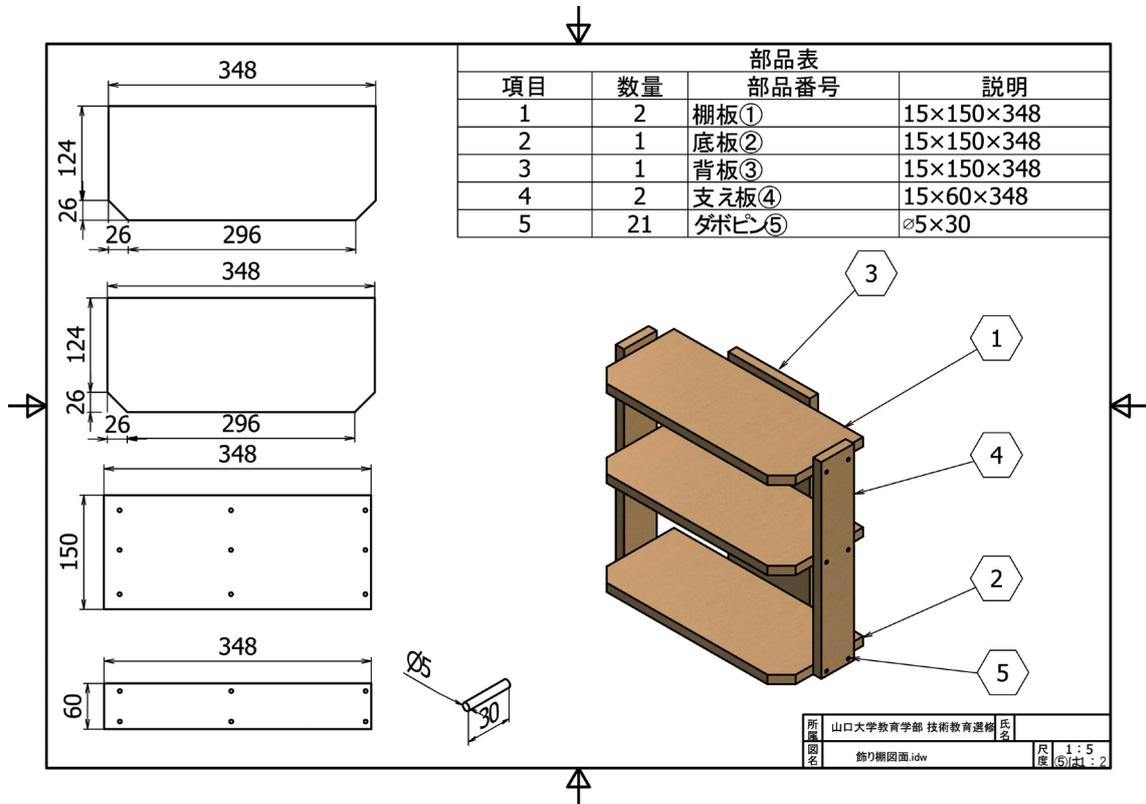


図6 飾り棚の組立図

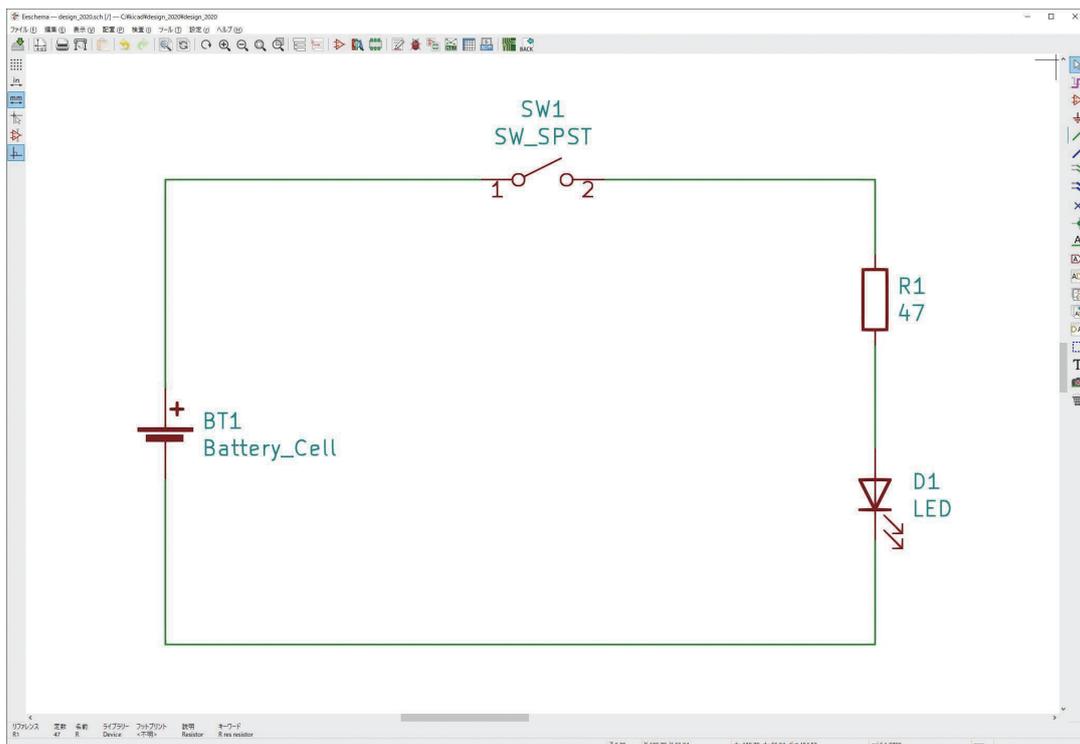


図7 LEDライトの回路図

令和2年度以降はオープンソースのプリント基板CADであるKiCadを使用した電気回路の設計を製図の授業に取り入れた。本ソフトを利用すると回路図と基板レイアウトを作成することができる。授業では回路図設計からPCBレイアウトの製作までを行った。これにより、オリジナル基板を外部の業者に発注することができるため、教員になったときに、自由度の高い独自教材を安価で製作することが可能となる。図7に授業中にKiCadで設計したLEDライトの回路図を示す。

### 3. 授業評価

平成30年度と令和元年度の製図の受講者を対象にアンケート調査を行った。受講生は平成30年度が12名で回答者数は11名、令和元年度が12名であった。調査は授業の最終日に実施した。その結果を図8、図9に示す。設問(1)「3DCADは製図を学習するのに役立っていますか」、設問(2)「3DCADはものづくりの構想に役立つと思いますか」は3DCADが学習やものづくりの構想に役立つかどうかに関する項目である。設問(3)「3DCADを3年次の教育実習の授業に取り入れようと思いますか」、設問(4)「技術科の教員になった場合、3DCADを授業に取り入れようと思いますか」は3DCADの今後の利用に関する項目である。

記述式の設問(5)「3DCADを使用した感想を、手書きによる製図と比較して述べてください」、設問(6)「製図の授業に関する意見・感想を聞かせてください」、設問(7)「中学校の技術科の授業に3DCADによる製図を導入する場合に予想される問題点や利点について記入してください」の結果を図9(a)、(b)、(c)にそれぞれ示す。

図8の結果より、3DCADは学習やものづくりの構想に役立っていると回答した学生が約90%以上となっており、おおむね肯定的に捉えられているのがわかる。利用についての調査では、教員になってからの利用については90%以上の学生が肯定的に考えているものの、教育実習での利用については肯定的な意見が70%にとどまっている。

図9(a)(b)の結果から、3DCADにより、立体のイメージがつかみやすくCAD上で組立てが可能なこと、修正がききやすいなどの意見がみられた。図9(c)の結果からは、問題点については、生徒のパソコンについての知識に依存してしまうことや、教師一人では対応できないなどの意見があげられ、図8の設問(3)「3DCADを教育実習の授業に取り入れようと思いますか」に対して肯定的な意見が他の設問に比べて少なかったこととも関係しているように思われた。利点については空間の認識が苦手な生徒に有効であることなど挙げられた。

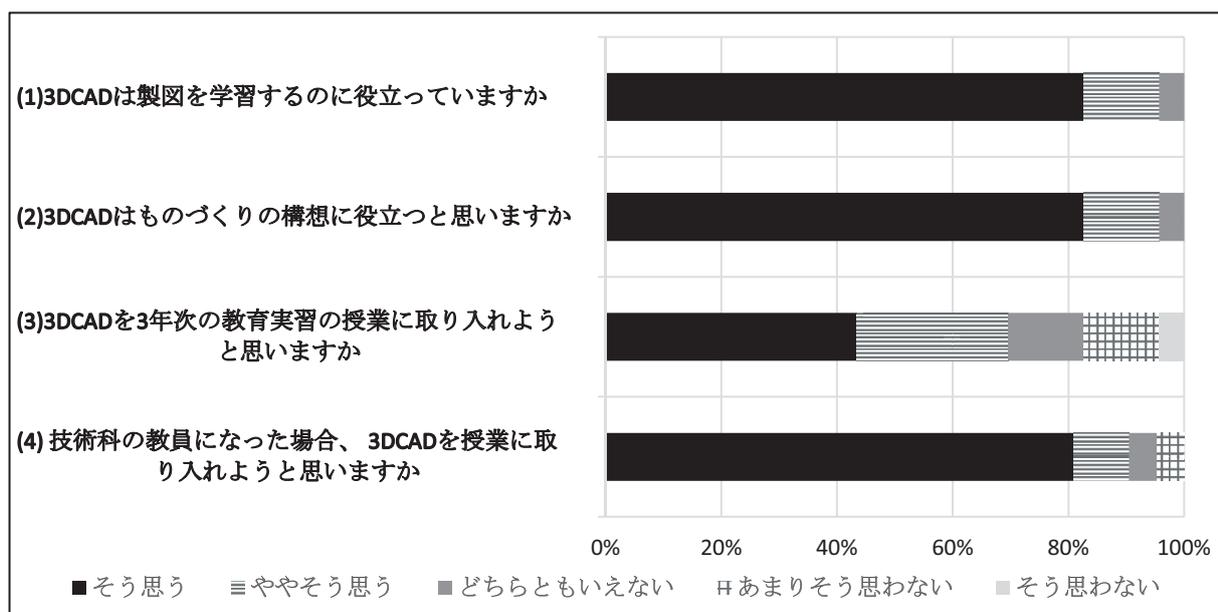


図8 調査結果（設問(1)-(4)についての回答）

設問（５） 3DCAD を使用した感想を、手書きによる製図と比較して述べてください。

- ・作業効率がよく、手書きと比べて間違いにくく立体的に見ることができるため、3DCAD の方が使用しやすい。自分のように細かい作業が苦手の人や嫌いな人にとっては非常に役立つものだと感じる。
- ・特に、修正を加える際に消しゴムやものさしを使用する必要がない点はかなりの時間の節約になる。
- ・自分で作った製図を 3D にすることができ、かつ組立てまでできるので、手作業でイメージを作るよりはやくイメージを作り上げる事ができたので、いろいろ自分が作ってみたい物を作ってイメージをふくらませる事ができると思います。
- ・慣れるまではどうしても難しさを感じてしまうが、少しずつ使い慣れていくにつれてその便利さがわかった。
- ・数値をまちがえることが少なく、修正もきくため使いやすかった。・手書きの図と比べて、立体ならどうなるかという想像ができる。
- ・3DCAD では、立体を様々な方向から見る事が出来、私にとっては、図を理解する上で大いに役立った。

図 9 (a) 設問(5)についてのコメント

設問（６）製図の授業に関する意見・感想を聞かせてください。

- ・初めて 3DCAD を使用したが、利便性が高く驚いた。
- ・手書きでは表現できない奥行きを表現できるし、細かな作業も苦になりにくかった。しかし、自分のパソコンが重く、動きが悪かったため、少しやりずらく感じた。
- ・3DCAD を使う場面では作品が作れなかったこともありましたが、授業以外で練習すると慣れて作れるものが増えて楽しかったです。
- ・3DCAD なら作ったモデルが 360° どの角度からも見ることができるので、生徒にも立体モデルを 3DCAD を使ってイメージしやすくできると思います。
- ・パソコンで図形を作成するのは初めてだったが、つかいやすく楽しかった。将来デザイン関係の仕事についた時にも使えそうに勉強になった。
- ・とても利点が多い 3DCAD ではあるが、説明を十分に行わないと授業はとても成立しないと思った。

図 9 (b) 設問(6)についてのコメント

設問（７）中学校の技術科の授業に 3DCAD による製図を導入する場合に予想される問題点や利点について記入してください。

（問題点）

- ・家庭でパソコンに親しんでいる人とそうでない人の、そもそもパソコンの使い方に差があるので、できるできないの差が開きそう。
- ・使い方が難しく、教員が一人ではクラス全員に高水準の教育はできない点。
- ・製図の作図自体が得意でも、パソコンの操作が苦手で手間取ってしまう生徒がいた場合、その生徒の製図の成長が阻害される可能性がある。
- ・手書きの時に考える座標や配置などを考える機会が無くなる。・線の書き方、図の種類と書き方など製図の基本がおろそかになる恐れがある。

（利点）

- ・慣れたら手書きよりも簡単にできると思う。・3DCAD を使うことで、立体図が簡単につくれるため完成イメージがつかみやすかった。
- ・数値をまちがえることが少なく、修正もきくため使いやすかった。・手書きの図と比べて、立体ならどうなるかという想像ができる。・生徒が図形をイメージしやすい。より適確な指導ができる。
- ・コンピュータによるものなので、図の保存や共有を容易に行うことができる。
- ・空間の認知が苦手な生徒が、立体を認識しやすくなる点。・手書きで行うよりも、手軽に修正や変更ができるので楽しんで授業に取り組みせる事が出来る点。

図 9 (c) 設問(7)についてのコメント

## おわりに

本研究では、技術科の新学習指導要領において、課題の解決策を具現化する際のツールとしてはじめて記載された3DCADや3Dプリンタといったデジタルファブリケーション技術の基本となるものづくりのためのデジタルデータの作成について検討した。その方法として技術科の教員養成において必修科目である製図の授業に3DCADを導入した授業実践を行い、その有効性について検討した。授業最終日に実施したアンケート調査では、3DCADは学習やものづくりの構想に役立っていると回答した学生が約90%以上となっており、おおむねその導入が肯定的に捉えられているのがわかる。また、技術科の教員になった場合、3DCADを授業に取り入れると答えた学生は90%以上となっていることからその有効性が確認された。

3DCADによるものづくり教材の試作の段階では、構想品を構成する部品のモデリングが基礎となる。その部品を組み立て（アSEMBル）CAD上で部品同士の干渉などを確認できるため、実際に製作する前にその実現性を検証することができる。多くの学生はものづくりのツールとしての有効性を実感したという感想を述べている。

15名程度の受講生であれば教員一人で部品図から組立図までを半期1コマの製図の授業で完成させる授業を構成でき、中学校の技術科教員としてのものづくりのツールとして利用できるレベルまで達成させることが可能であることを確認した。

平成28、29年度の入学生は2年次の「技術科・ものづくり内容開発研究」において3DCADをはじめて学習しているが、3年次の「技術科・ものづくり授業実践基礎演習」や「応用機械」の授業において、すべての受講者が3DCADを教材開発やロボット製作に使用している。

このように、3DCADを使用した製図技術の習得は単独に製図の学習のみにとどまらず、デジタルファブリケーション技術を利用した他の授業へのスムーズな連携を可能にすることが確認できた。

現在山口大学教育学部附属山口中学校では2年生の技術分野の授業に3DCADを導入した授業を実施している。今後はデジタルファブリケーション技術を利用することにより、附属中学校と教材開発のみならず、遠隔授業やデジタル教材コンテンツの作成についてもより連携を深めていく予定である。

## 謝辞

最後に本研究は、科学研究費助成事業(基盤研究(C)課題番号17K04866)の支援(2017/4~2020/3)を受けたものである。記して謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 橋本崇史・尾川雄大・森岡弘・白濱弘幸(2016): 小型ロボットを用いた緻密さと忍耐強さを養うマイクROMEカニズム教材の開発, テクノロジー教育, 第6巻, pp. 1-7.
- 2) 橋本崇史・森岡弘(2017): 3D開発システムを利用した機構モデルの教材化に関する研究, 山口大学教育学部教育実践総合センター研究紀要, Vol. 43, pp. 157-166.
- 3) 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(2019): 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, 山口大学教育学部教育実践総合センター研究紀要(47), pp. 159-168.
- 4) 船倉一郎・堀桂太郎: 図解Inventor実習(第2版)ーゼロからわかる3次元CADー(2013): 森北出版.
- 5) 村木正芳・北洞貴也・木村広幸(2018): Inventorによる3D CAD入門, 東京電機大学出版局.
- 6) 山崎恭平・中村浩士・黎子椰(2018): 3次元CADを用いた設計・再設計過程を含む設計・製作学習の提案と評価, 第60巻, 第1号, pp. 9-17.
- 7) 秋山剛志・関根文太郎・原田信一(2018): 3Dプリンタを活用したものづくりプロセス学習教材の開発, 日本産業技術教育学会誌, 第60巻, 第1号, pp. 29-34.
- 8) 文部科学省(2017): 中学校学習指導要領解説 技術・家庭編(平成29年7月)
- 9) 原田昭 監修(2014): 文部科学省検定教科書<工業307>製図, 実教出版.
- 10) 田口浩継ほか64名(2017): 文部科学省検定教科書<技術724>新編 新しい技術・家庭 技術分野,