

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

森岡 弘・平田 直樹^{*1}・瀬尾 優治^{*2}・原田 正憲^{*3}・青山 克輝^{*4}
柏木 将大^{*5}・阿濱 茂樹・岡村 吉永

Technology Teacher Training of Manufacturing Education
using Digital Fabrication technology

MORIOKA Hiroshi, HIRATA Naoki^{*1}, SEO Masaharu^{*2}, HARADA Masanori^{*3}, AOYAMA Katsuki^{*4},
KASHIWAGI Shodai^{*5}, AHAMA Shigeki, OKAMURA Yoshihisa
(Received December 21, 2018)

キーワード：デジタルファブ리케이션、3DCAD、3Dプリンタ、ものづくり、技術教育、材料加工

はじめに

ここ数年の3Dプリンタ等を利用したデジタルファブ리케이션技術の進歩には目を見張るものがある。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」などの研究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^{1)・2)}。その中で、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。

経済産業省による新しいものづくり研究会による報告書³⁾の中の人材育成に関わる箇所に“初等教育において、簡易な3D-CAD、3Dプリンタを導入し、早くから3次元でのものづくりに触れてものづくりへの関心を高めるとともに、立体認知能力の向上や3次元での創造性育成を図ることが必要である。またこの場合、教育者の指導も必要となる。”とある。この3次元でのものづくりであるデジタルファブ리케이션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であると考えている。

平成29年に告示された学習指導要領（以下、「新学習指導要領」という。）^{4)・5)}では、この提言を受けたためか、3DCADや3Dプリンタなどのデジタルファブ리케이션技術^{6)・7)}の利用を想定した記述があらわれている。本研究では、これまで構築した教材開発環境をさらに発展させ、新しいものづくり環境を構築し、デジタルファブ리케이션技術の指導ができる教員養成について検討している。

1. デジタルファブ리케이션技術による教材開発の環境

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^{1)・2)}。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。

先に述べたように、経済産業省による新しいものづくり研究会による報告書において、初等中等教育においても立体認知能力の向上や3次元での創造性育成を図ることが必要であると言われており、また、その教育者の指導も必要となるとある。これらの提言は、これまでものづくりで世界をけん引してきた我が国が、3Dプリンタ等を利用した付加製造技術による新しいものづくりの領域で欧米に先行されている現状を脱した

*1 岩国市立玖珂中学校 *2 山口大学教育学部附属光中学校 *3 山口大学教育学部附属山口中学校
*4 宇部市立厚東川・楠中学校 *5 錦江町立宿利原小学校

いという経済界からの願いが背景にあると考えられる。

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、レーザーカッタを配置した図1（右）に示す新しいものづくり環境を構築しており、平成30年12月現在で、レーザーカッタをのぞくすべての環境が整備された状況である。

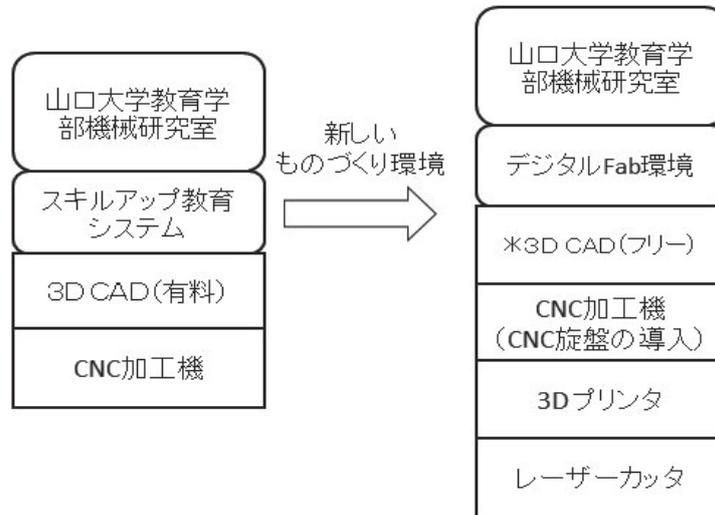


図1 新しいものづくり環境

2. 附属中学校と連携した教材開発

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。平成29年度は山口大学に3DCADを中心に、工作機械として3Dプリンタ、CNC加工機を配置したデジタルファブリケーション環境を構築した（レーザーカッタについては導入検討中）。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（図2）。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、山口大学の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。

図3に導入した3Dプリンタを示す。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×300mm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へも安心して導入可能である。

平成29年度には山口大学の機械研究室へ、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。

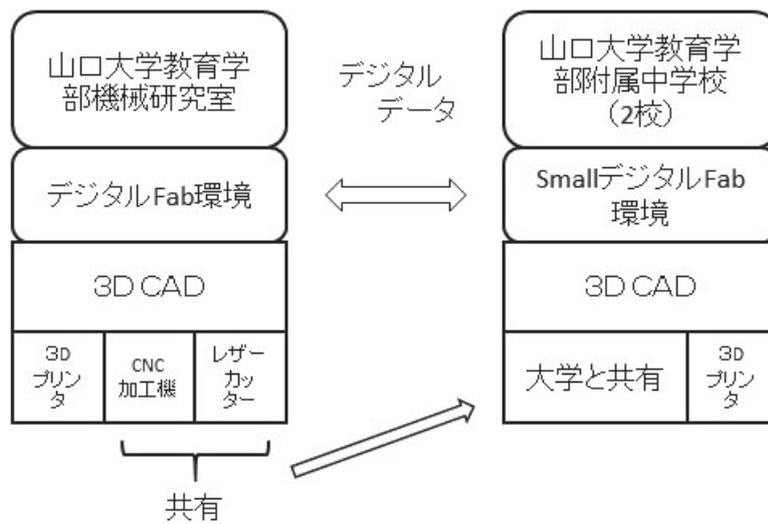


図2 附属学校と連携した教材開発の環境



図3 3Dプリンタ

3. カリキュラムの開発

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」を想定している。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。現在は過渡期であり、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あるが、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と考えている。

表1 デジタルファブ리케이션技術を利用した授業

授業科目	形式	開設期	内容
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
製図	単独	1年後期	3DCADの導入と設計製図 <ul style="list-style-type: none"> ・ Inventor Professionalを各自のパソコンへ導入 ・ 3DCADを使用した立体部品の作成 ・ 立体形状から第三角法による平面図へ変換 ・ 立体部品の組み合わせによる最終製品の製作

3-1 技術科・ものづくり内容開発研究（平成29、30年度後期）

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。3DCADの演習はCAD用に研究室で準備しているノートパソコンを受講生に利用させた。授業回数は全5回である。図4に3DCADを使用した製図の例と図5に3Dプリンタによる出力例を示す。3DCADとしては、将来的には中学校の製図教育へ導入することを考慮して、教育機関向けに商品版との機能上の制約がなく2014年から無償でライセンスの提供が開始されているInventor Professional⁸⁾、⁹⁾を使用した。

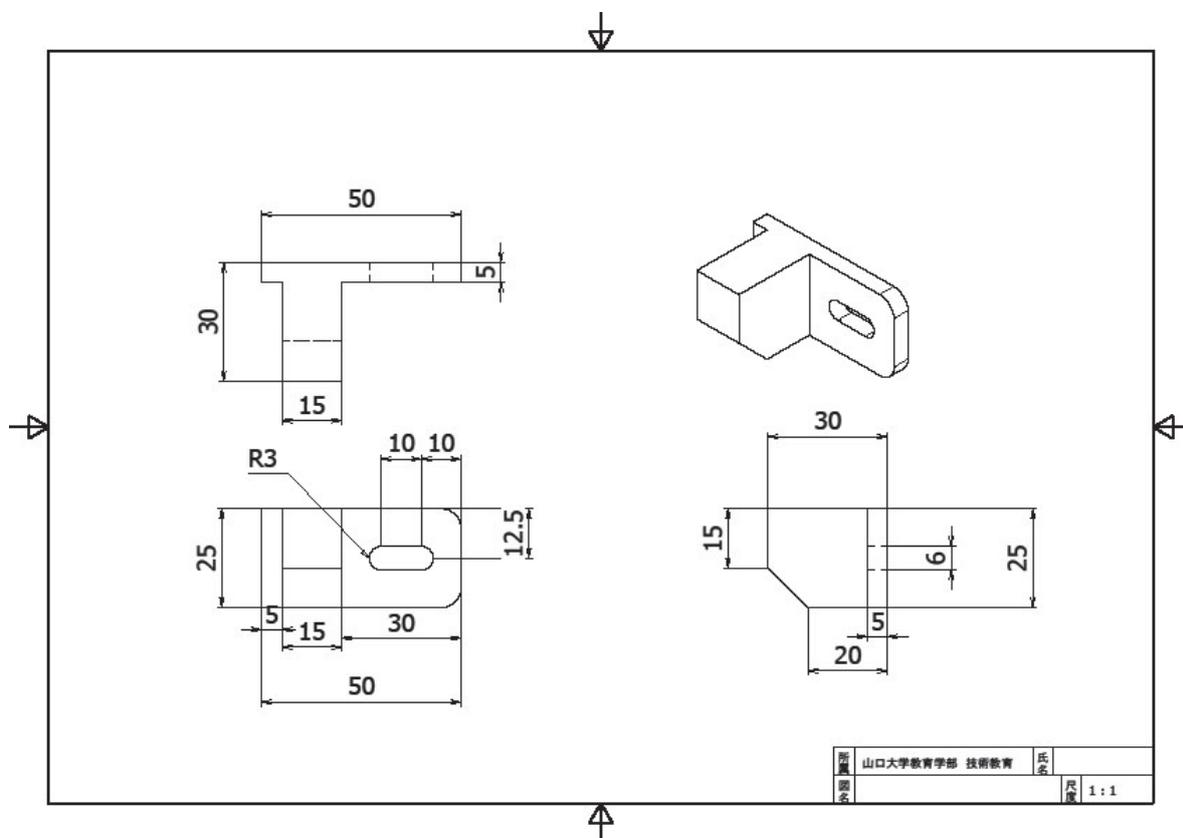


図4 3DCADを使用した製図の例

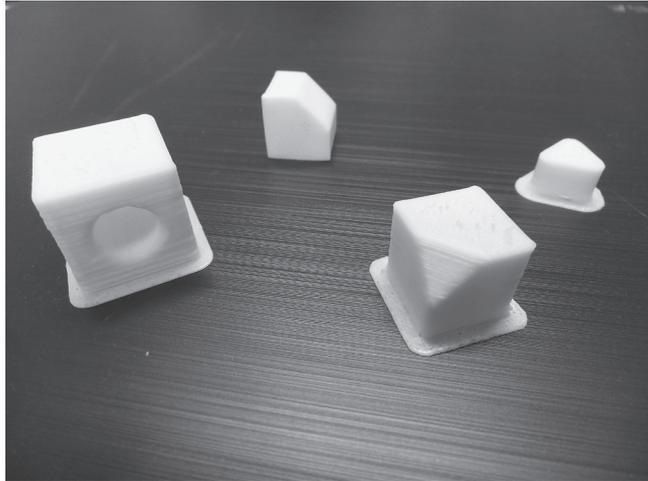


図5 3Dプリンタによる出力例

3-2 技術科・ものづくり授業実践基礎演習（平成30年度前期）

平成30年度は、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リケーション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6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。

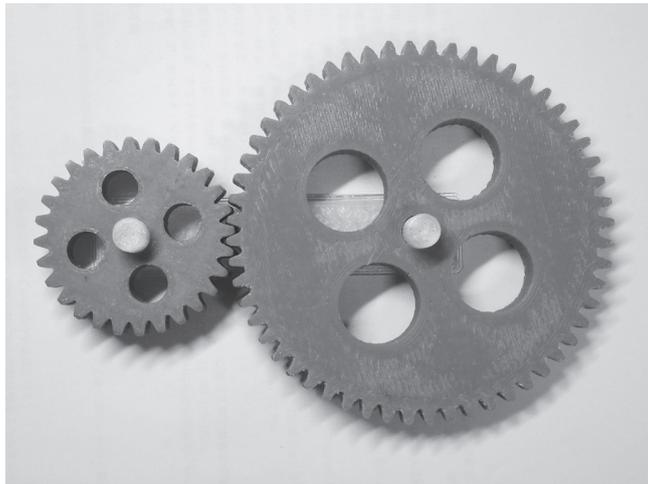


図6 動力伝達のしくみの提示教材

3-3 製図（平成30年度後期）

「製図」は技術教育のものづくりに関するほとんどの授業において基礎となる科目である。新学習指導要領では、製図については3DCADの導入をうながす記述”構想の表示方法については、現在、社会で主に利用されている図法の中で、CADによる表示といった発展性にも配慮し、等角図及び第三角法を取り上げることとする。”がはじめてあらわれた。図法としてこれまで技術科の教科書において長年にわたり採用されてきたキャビネット図の記述が姿を消し、等角図及び第三角法に絞られたことは、新学習指導要領に記述されたように、将来への発展性へ配慮して、CADを利用した製図教育への転換を想定しているように思われる。

等角図及び第三角法は3DCADで容易に作図できることから、今後はデジタルファブリケーション技術との関係からも、少なくとも大学の教員養成における製図教育は3DCADを使用した教育を導入すべき時期にきていると考えている。

これらのことを考慮して、平成30年度は1年生後期の「製図」の授業に3DCADを新たに導入した。将来的

に教育実習で使用することも想定して受講生にはInventor Professional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。受講生は技術教育選修の学生8名と他選修の4名の合計12名である。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は、研究室で保有するノートPCを貸し出して対応した。また、大学PC室の利用やアプリケーションサーバを利用した授業も検討している。

授業内容としては、初めの5回は製図の基礎と手書きによる図面の作成を行った。6回目以降は3DCADによる設計に移行した。まずは3次元で立体形状を作成する基本演習を行い、つぎに、これまで手書き図面で作成した対象物を3DCAD上で作成した。一度3Dモデルを作成してしまうと、そこから第三角法による表示への変換はCADソフトが自動で行ってくれる。これまで学習者が頭の中で立体形状を平面図へ変換して図示する必要のあった作業がCADソフトにまかせられることは、立体形状認識が苦手な生徒にとっても3次元上で考えたものづくりが容易になることを示している。画面上で立体をあらゆる角度から見ることも可能であるため、多くの学習者は製図の図示方法の理解が容易になる。

図7にInventorで作成した立体形状を示す。ここに示した図は製図の授業において作成したものである。

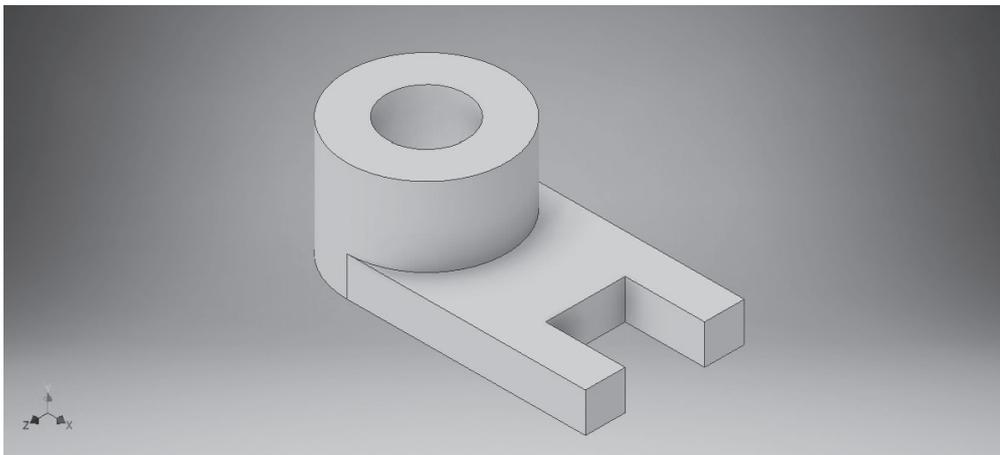


図7 3DCADによる製図の授業で作成した3Dモデル

3-4 教育実習（平成30年度後期）

平成30年度の後期基本実習において、山口大学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」にて製作した動力伝達のしくみの教材（図6）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8に示す。



図8 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

今年度は、教材を提示するのみにとどまったが、1年次からのカリキュラムをすべて履修する平成30年度の入学生からは、教育実習において、習得したデジタルファブ리케이션技術を使ったより効果的な授業が展開できると考えている。

4. デジタルファブ리케이션技術の導入促進

デジタルファブ리케이션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리케이션技術を習得するための講習会を開催している。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리케이션技術を紹介している。

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を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、山口大学教育学部機械研究室をデジタルファブ리케이션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리케이션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리케이션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리케이션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리케이션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리케이션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以下のようなイメージで連携していくことを考えている。

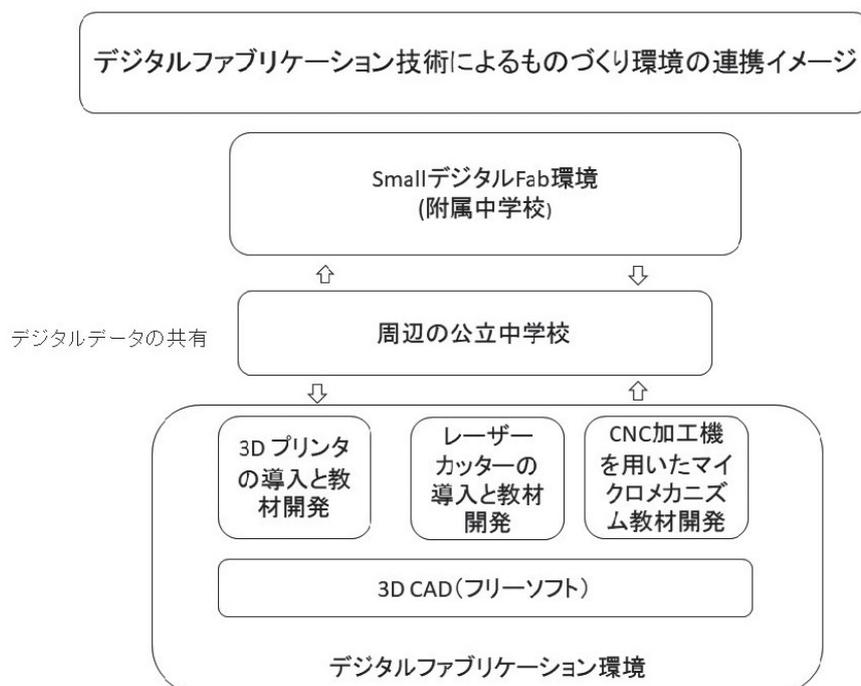


図9 デジタルファブ리케이션技術によるものづくり環境の連携

5. 教材開発

平成29年度の機械研究室の卒業研究では、デジタルファブ리케이션技術を利用した教材開発に取り組んだ。開発した教材は、中学校技術科における製図と動力伝達のしくみに関する教材である。

5-1 製図

製図用の教材として図10に示したL字型モデルを3DCADにより設計した。このモデルは、L字型の本体の中に10mm×10mm×10mmの立方体で分割した枠組みを作り、生徒が長さ情報を見やすくなるよう工夫している。

図11に3Dプリンタによる出力結果を示す。使用した3Dプリンタはヘッダを2つ持っていることから、枠と中身の2つ部材の色を変えて出力できるため、視覚的にもすぐれた製図用教材を作成することができた。

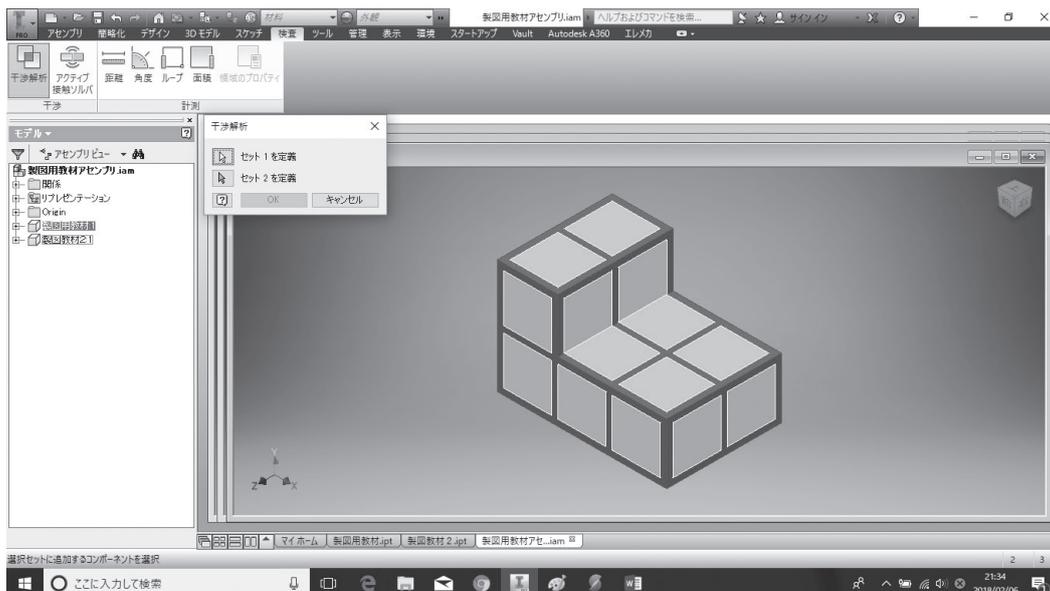


図10 3DCADを利用した製図用教材



図11 3Dプリンタによる製図用教材の出力例

5-2 動力伝達のしくみ

動力伝達のしくみに関して開発した教材は、中学校の技術科であつかう機械の要素として代表的な歯車とてこクランクを組み合わせた機構モデルである。

Inventorは本来機械系のCADであるため、歯車をはじめとした機構データを豊富に利用することができる。モジュールの大きさと歯数を入力すると自動的に歯車データが生成できるため技術科のものづくり教材の開発に適している。図12に構成部品をCAD上でアセンブリした組立図を示す。図13はその完成図である。

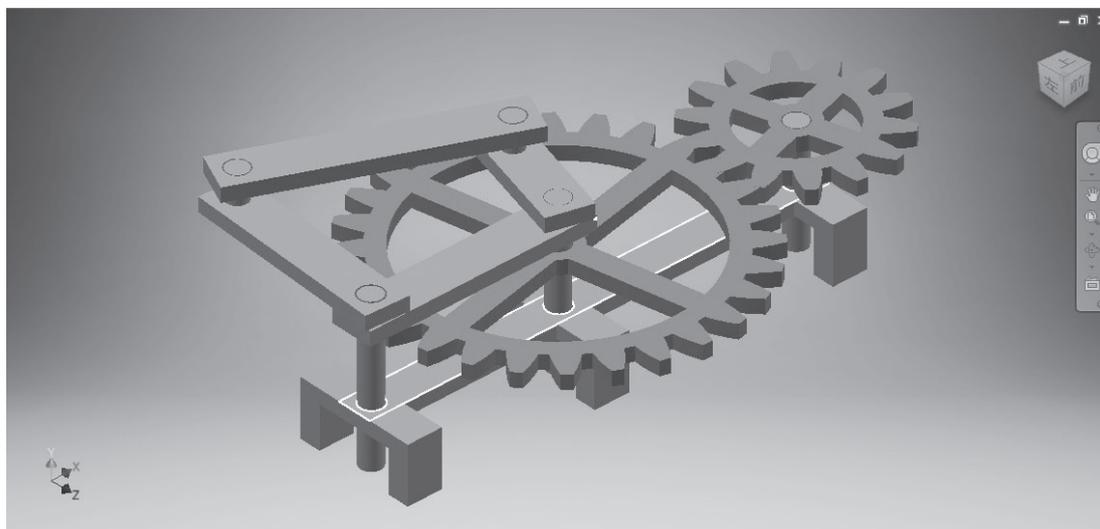


図12 3DCADで製作した機構モデルの組立図

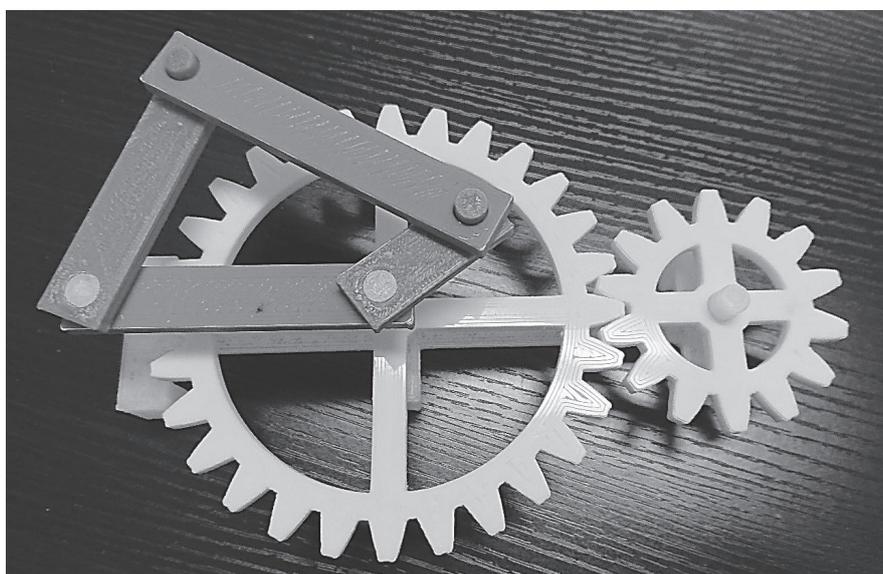


図13 3Dプリンタで出力した機構モデル

おわりに

本研究では、3DCADや3Dプリンタを利用したデジタルファブリケーション環境の構築とそれを利用したカリキュラム開発および教材開発について検討した。開発したカリキュラムは現在技術教育選修の1年次から3年次において開設されている3科目において導入して教育実践をおこなった。

卒業研究においては、製図と動力伝達のしくみに関する教材を開発した。デジタルファブリケーション技

術を利用すると、研究室で保有している従来の切削型の工作機械では製作が困難であった教材も比較的容易に製作できることがわかった。

さらに、デジタルファブリケーション技術に関する講習会を開催して技術科の教育への導入を促進した。新学習指導要領においては、3DCADを利用した立体形状の認識や3Dプリンタによる教材の試作をうながす記述があることから、現職教員のこれらの技術についての関心はこれまでになく向上していることがわかった。

今後は、デジタルファブリケーション技術を初等中等教育の教育内容として将来的に担当できる教員を養成するにあたり、さらに教育内容を充実させるとともに、附属中学校のみならず、その周辺公立中学校とも、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を検討していきたいと考えている。

謝辞

最後に本研究は、平成30年度科学研究費助成事業（基盤研究（C）課題番号17K04866）の支援を受けたものである。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 森岡弘・岡村吉永・酒井藍・松村悠子（2012）：小型ロボットを用いた技術科教員のためのスキルアップ教材の開発，山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要，33，pp.153-162.
- 2) 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ロメカニズム教材の開発，テクノロジー教育 第6巻 pp.1-7.
- 3) 経済産業省：「新しいものづくり研究会」報告書（2016），
http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/seisan/new_mono/pdf/report01_02.pdf
- 4) 文部科学省（2016）：次期学習指導要領等に向けたこれまでの審議のまとめ（第2部）（図画工作、美術、芸術（美術、工芸）、芸術（書道）、家庭、技術・家庭、体育、保健体育、外国語），
http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2016/09/09/1377021_1_5.pdf
- 5) 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）
- 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，日本産業技術教育学会誌，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) 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.
- 9) 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