

ファブラボを利用した情報技術教育

龍 昌治（短期大学部）

要旨

デジタルの多様な工作機械を備えた実験的工房として、情報メディアセンター内に簡易なファブラボを試行設置した。代表的なデジタル工作機械である3Dプリンタ、平面加工を目的としたレーザー加工機、布や紙素材のカッティングマシンなどを設置し、マルチメディア表現等の授業やゼミナール演習などを通じて、学生たちのアイデアを基にした各種設計データの作成と作品造形を進めることができた。一方、機材の設置や初期設定の操作には習熟を要し、工作加工にも1点あたり数十分から数時間もの時間がかかることから、通常の授業時間内での利用では補助するサポート体制も必要となる。デジタル工作機械はベンチャー企業などで開発改良中の機材も多く、利用マニュアルも十分とは言えない。一般の利用者のために、身近な利用例や設計データとともに、利用手順書などを整備・公開していくことが求められる。

キーワード：ファブラボ，3Dプリンタ，レーザー加工，教材，カリキュラム

1. はじめに

現代の製造業においては、CNC制御（Computer Numerical Control）による旋盤などの産業用工作機械が欠かせない。従来の職人技と言われた製造ノウハウを、コンピュータプログラムにより自動化・簡易化してきた。これらデジタル工作機械が大幅に小型化・低価格化し、個人でも使えるようになってきたことで、習得に長い時間を要する正確で速い加工を身近なものとし、さらに設計データの公開・交換を可能として、高度な制作加工を誰もが行えるようになってきた。その拠点として、デジタル工作機械

を備えたファブラボと呼ばれる工房を設置運営し、共同で利用しようとする活動が盛んである¹⁾。

ファブラボには代表的な工作機械である3Dプリンタ、レーザーカッターのほか、布や紙素材のカッティングマシンなどを備える。いずれもCADやデザインツールソフトウェアによる設計デザインデータをもとに、素材を加工することができる。これらのソフトウェアは、オープンソースやフリーソフトウェアとして提供されているものも多く、自宅等でデザインしたデータを持ち込むことで、容易に加工できる。コンピュータ制御の刺繍ミシンによる刺繍加工のほか、電子回

路やコンピュータプログラムの設計製作など、その活動分野を広げている工房も多い。デジタル制御による加工は、確実にそのすそ野を広げている²⁾。

本学をはじめ大学等における情報教育は、オフィスソフトの操作や利用が中心となっている。レポートや論文の執筆にあたって、ワープロソフトや表計算ソフトを使えなければ困るし、ネットワークやプログラミングの基礎理解やデータ分析統計の技法を身につけることは、大学生にとって不可欠だろう。一方で設置から20年を迎えようとする高等学校情報科での学習や、それ以前の小中学校での情報教育の取り組みが進み、大学での情報教育を再構築する時期となってきている。

本論では、情報教育を拡大し、情報技術を生かしたモノづくりとファブネットワークによる社会参加をめざした実験的なファブラボの取り組みを紹介・報告する。

2. 導入機材の選定³⁾

導入機材の選定にあたっては、授業等での利用を前提に、設置や日々の運用などの取り扱いが容易で、特殊な電源等を必要としない簡易型の小型機種とした。いずれも最大加工サイズは20～30cm四方と実験的なものだが、経験のない学生たちでも簡単な操作説明で安全に利用で

きるよう選定した。臭い等のため、簡易な換気扇と排煙ダクトは設置したが、一般的な教室内に設置することができた。

2.1. 3Dプリンタ（熱溶解積層型）

普及型の3Dプリンタとしては、熱溶解樹脂積層型（FDM: Fused Deposition Modeling）がある。産業界では、従来の金型製作に代わるものとして利用されるような高性能機種もあるが、家庭用としても安価に販売されるようになった。細いフィラメント状のABSやPLAなど



図1 熱溶解積層型3Dプリンタ



図2 ABSを利用した造形物

の熱可塑性プラスチック材料⁴⁾を半液状に溶かし、ノズルから0.1~0.4mmピッチで一層ごとに押出成形していく。内部の充填度や外壁部の厚み、押出すフィラメント速度や温度など、細かな設定により造形表面の平滑度や強度を調整することもできる。この調整や造形物の大きさに左右されるが、十数分から数時間もの時間がかかるのが難点である。またフィラメントや加工ベッドの加熱(90度から210度)と冷却に要する時間も考慮しておく必要がある。

フィラメントは着色されているが、造形後アクリル絵の具で塗装することもできる。無機質な樹脂であっても、塗装彩色することで、学生たちの創作意欲につながる。

なお、機種を選定にあたっては、造形データをプリンタ内部にバッファできる機種とした。数時間にも及ぶプリント稼働中、PCが占有されることを避け、PCの停止などでプリント造形が中断しないためである。造形ベッドやノズルの温度管理や保持のためにカバーがあることも、安定した造形には不可欠である。

2.2. 3Dプリンタ (光造形型)

光造形法は、光硬化性液体樹脂(UVレジン)に光(紫外線, UV光)を照射して硬化させるデジタルライトプロセッシング(DLP)方式である。透明なタン



図3 光造形型3Dプリンタ

ク内の液体樹脂に、下から紫外線を照射して造形プレート上で一層ごとに固めていき、プレートを1段上げてつりさげるように造形していく。この積層ピッチは0.025から0.1mmと小さいため精密な造形を行いやすいが、充填度や外壁の厚みなどで調整できる箇所が少なく、特に高さのある造形には数時間を要する。

造形後には、造形物に付着するレジンをアルコールで洗浄除去し、さらに10分ほどUV硬化ライトをあてて硬化させる。レジンの性質上、設計値に対してサイズが5-10%収縮する場合があります、ネジなど組み合わせ部品では考慮する必要がある。

熱溶解積層型と同じデータで造形できるが、中空の立体でも大きなサポート材が不要であり、フレキシブルレジンをを使って柔らかな造形物を作ることもできるなど、熱溶解積層型にはない特徴がある。レジンは手芸品の制作などでも多く使われており、学生たちにとってもなじみがあるため、興味を持たせやすい。



図4 フレキシブルレジンを利用した造形物



図5 レーザー加工機 (6W)

2.3. レーザー加工機

レーザーによってさまざまな素材に彫刻・切断・穴あけ・マーキング加工を行う。一般産業用には高出力のCO2レーザーが利用されるが、安価で大形の冷却装置が不要な半導体レーザーを選択した。半導体レーザーは、出力が弱くガラスや透明アクリル材などは加工できないが、黒色など色の濃いアクリル材は加工でき、反復して照射することで、3mm厚程度の木材や皮革なども切断・彫刻できる。コルク材などで作られたコースターや木製マドラーなど、いわゆる100円ショップで入手可能な平面素材へのネーム入れなどの加工は、デジタル加工の入門用としてわかりやすく、取り入れやすい。

加工素材に合わせて、レーザー焦点距離を付属治具で調整し、駆動ソフトウェア



図6 木製マドラーへのレーザー彫刻

でレーザー照射強度と速度を設定する。彫刻の濃さ（深さ）は、加工素材の含水率や色により大きく変動するため、事前の加工テストを行って調整しておかなければならない。

2.4. カuttingマシン

Cuttingマシンはデジタルデータや手書き図を読み込んで、画用紙やステッカーシート、布などをカットする。PCの専用ソフトウェアでデータを作成できるため、多様なフォントやサイズの

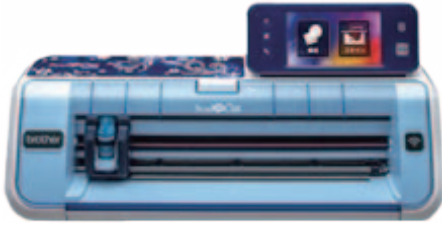


図7 カuttingマシン



図8 画用紙の切り抜き

文字や図形を自由にレイアウトし、最大296×603mmの素材をカッターナイフ様の刃で切り出す。

平面素材であるため、立体図法による3D設計に不慣れな学生であっても完成図形をイメージしやすく、容易に作図できる。ガラス窓に貼り付けるステンドグラス風の飾りや、Tシャツなどへのアイロンプリント素材として利用できる。

2.5. 駆動用パソコンとソフトウェア

デジタル加工機によるモノづくりには、設計データを作成し、加工機自体を

駆動するためのパソコン（PC）が欠かせない。3Dの設計モデル作成には3DCADソフトウェアを、レーザー加工機のデータにはベクトルデータの作図ソフトウェアを利用する。CADではAutodesk社のソフトウェアが多く利用されているが、アニメ制作などでも使用されるCGモデリングソフトウェアなど、フリーソフトのものも多い。簡易な図であればタブレットやスマートフォンでも作図できるほか、Adobe社のソフトウェアは、学内のPC実習室でも利用しており、学生たちにも利用しやすい。

それぞれの加工機の専用ドライバソフトウェアをインストールし、USBケーブル等で接続されたPCは必ずしも高性能のPCでなくても構わない。現状では利用するソフトウェアの制約から、Windows10Pro（64ビット版）クラスのPCが前提となるため、数年前のPCを再利用し、OSやメモリを入れ替えるなどで対応した。現在は4台のデスクトップPCを設置している。

いずれも設計ソフトウェアで、事前に設計データを制作し、ファイル形式等を整えたファイルを駆動ドライバソフトに入力して、加工機にセットした素材を加工する。位置合わせなどの初期調整さえ確実に行えば、加工終了まで何もすることがない。

表1 設計ソフトウェア

加工機	設計ソフトウェア
3Dプリンタ	Fusion360 (Autodesk社) Blender (フリーソフト)
レーザー加工機	Illustrator (Adobe社) Inkscape(フリーソフト)
カッティングマシン	Photoshop (Adobe社) CanvasWorkspace (ブラザー社 Web版もある)

以上の機器以外に、それぞれの部品の大きさを測定するためのノギスやサシガネ(曲尺)など測定工具のほか、大きな板材から加工機に合わせた部材を切り出すためののこぎりや電動ジグソー、UVレジンを扱うための超音波洗浄機やビニール手袋、アルコールタンクなども備えている。

当然ながら、3Dプリンタの加工素材であるABS樹脂フィラメントやUVレジン(各色)のほか、レーザー加工素材であるコルク板やMDF板、スチレンボード等のストックも欠かせない。これらはいわゆる100円ショップ等市販の素材で入手も容易だが、テスト加工の素材として備えておきたい。

3. 試行作品

各機材の設置調整と基本的な機能確認を兼ねて、筆者の担当するゼミナールと授業(マルチメディア表現)の受講学生らとともに、試行的な作品制作を行っ

た。不定期に開催した小規模な説明講習会に参加した学生たちの作品を含めて、紹介する。いずれも事前の予備知識はなく、加工機材の操作等は、筆者が直接補助しながら進めた。

3.1. 3Dプリンタ(公開データの利用)

立体モデルの制作においては、モデルデータを公開しているサイトも数多く存在する⁵⁾。個人の投稿サイトのほか、家具や自動車メーカーなどが自社製品の設計モデルを公開しており、設計や造形イメージをつかみやすい⁶⁾。ただその多くは、STL(Standard Triangulated

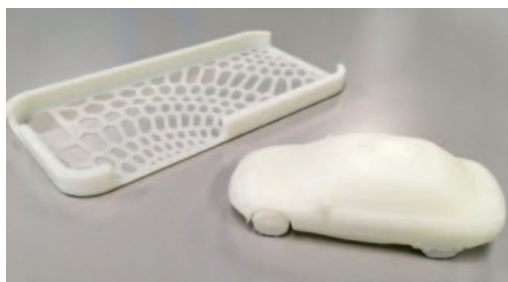


図9 スマートフォンケースと自動車模型

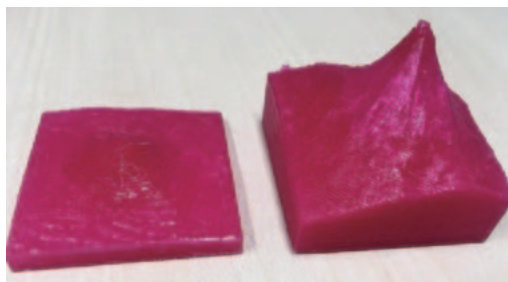


図10 富士山の地形図模型
(右はZ軸のみ拡大)

Language) 形式などのバイナリデータで、部分的な設計変更はできないものの、印刷時にXYZ方向で拡大縮小は可能である。

また国土地理院が公開する地形図データから、地形図模型を任意の縮尺で出力することができる。国土地理院のサイトに詳細な作成手順が公開されており⁷⁾、サイト上で3Dデータを作成し、ダウンロード後、すぐに造形出力することができる。

3.2. 3Dプリンタ (立体切断モデル)

3DCADソフトによる設計には、若干の習熟が必要であるが、立方体などの基

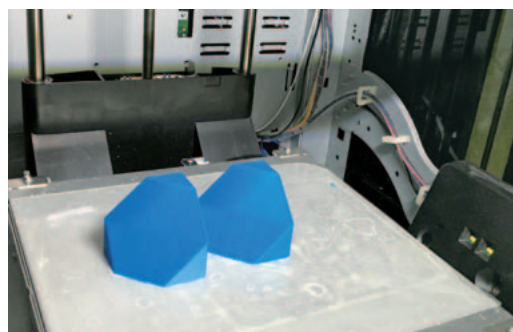
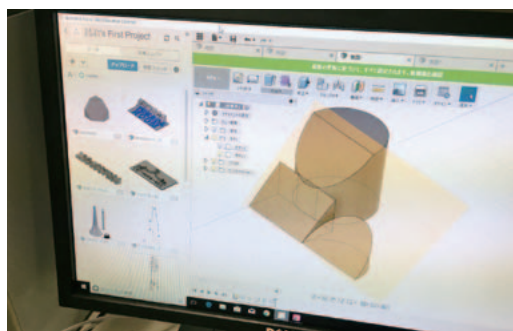


図11 立体モデルの作図設計と造形

本図形であれば、Windows10に付属する「ペイント 3D」や、Webブラウザ上で稼働する「Tinkercad」でも可能である⁸⁾。より複雑な設計には、Autodesk社のFusion360などを用いて、モデリングすることができる⁹⁾。いずれもまったく経験のない学生でも、簡易なモデル設計であれば、1時間余りで設計・出力できた。

3.3. 3Dプリンタ (オリジナル造形)

自分が作りたいもの、必要としているものをオリジナルに設計する時間は、様々な制約と仮定のなかで解決策を想像し、モノづくりの楽しさを味わえる時間でもある。下絵や精密な測定に基づく0.1mm単位の設計も可能であるため、金属ネジや複数パーツとのはめあわせなど、様々な工夫ができる。表面塗装のために、やすり掛けなどの手工具による後加工も必要となる。

下図は、携帯ゲーム機の登場アイテム



図12 ゲームアイテム

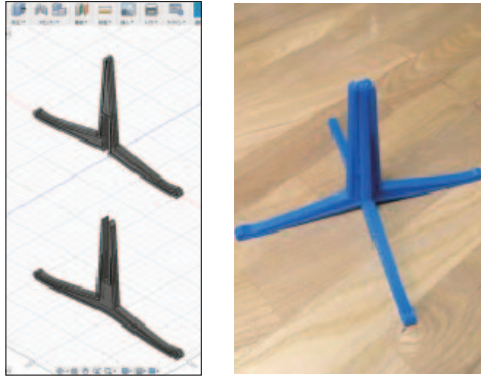


図13 楽器スタンド

を下絵に作図制作したもの、楽器用のスタンドをオリジナルにそれぞれ詳細に設計製作したものである。設計時間は数時間以上、また造形後にもたびたび細部の設計変更を繰り返しながら製作を進めている。

3.4. レーザー加工（彫刻）

3Dプリンタの立体物に対して、平面図で考えて素材を彫刻するレーザー加工はわかりやすく、設計データの準備もイラスト描画ソフトなどで容易である。イラストや文字を彫刻する場合は、加工素材の大きさに合わせて配置するだけで済み、加工時間も比較的短い。合皮革などの薄い素材であれば切断もでき、加工後の利用イメージもつかみやすい。

授業ではデジタル写真加工でラスト画像編集を扱っているが、初心者にはやや扱いが難しいベクタ画像作成編集も、短

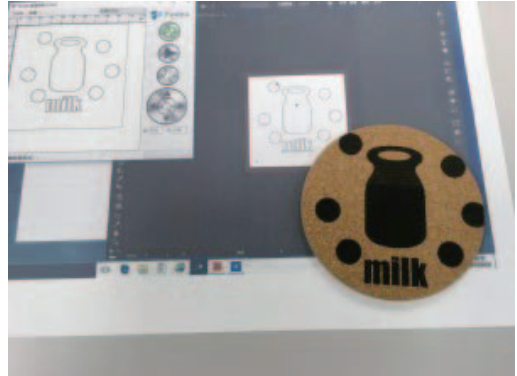


図14 レーザー加工（彫刻）



時間の学習で同様に扱えるようになった。それぞれのソフトウェアが同一メーカーであり、相互にデータファイルが読み込めるなど操作性が似ていることも大きい。

3.5. レーザー加工（木材切断）

レーザー加工のもう一つの可能性は、精密な切断加工である。のこぎりなどの手工具による切断加工は、切断面がゆがんで直線にならないなど精度が出ず、初心者にとっては困難が伴う。レーザー加工であれば、0.1mm単位で切断できるため、精度の高い工作物を作ることが期待できる。

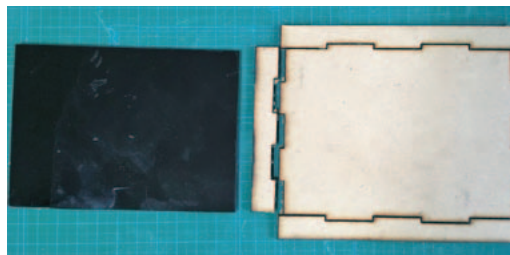
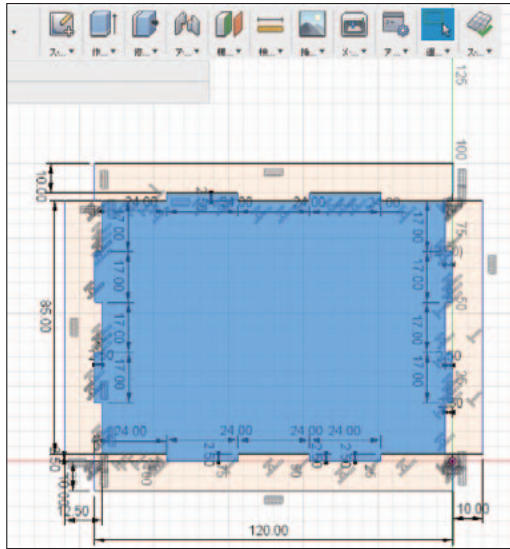


図15 CADによる寸法設計と切断加工

上図は、2.5mm厚のMDF材やアクリル材を切断加工したものである。設計は、先のCADソフト（Fusion360）で正確な寸法をもって作図し、このデータファイルをベクタ画像編集ソフト（Illustrator）に変換して読み込ませ、切断加工して組み立てることができた。

4. 作成教材試案

デジタル工作機器は、目新しいものである。注目は高いが、漠然と何に使えるのか、使いかたもわからず、敬遠されが

ちである。前述の作品群を設計データとともに事例集として蓄積し、公開する意義は大きい。現在はWebサイトで公開¹⁰⁾しているが、同時に制作物そのものを展示するなど、デジタルによる制作物を身近にしていくことで、興味を喚起していくことができる。気軽に参加できるハンズオン講習会の企画などとともに、正課授業のカリキュラムに取り入れるために、基礎事項を検討した。

4.1. レーザー加工素材

レーザー加工の彫刻素材として、スチレン（スチロール）板材を用いる。多くの工業製品にも利用され、各種の厚みや大きさの材を入手もしやすい。ただし半導体レーザーでは白い材は加工できないため、黒色など色の濃い材を用いる。木質材料などと比べ、加工時間が大幅に短縮できることから、授業等の限られた時間内で複数の加工をしたい場合や、試作を繰り返す場合にも有効である。文字による名入れ装飾などに応用しやすい。



図16 スチレン材の利用題材



図17 カuttingマシンによる紙細工サンプル

紙素材を用いることもできるが、コピー用紙などの薄いものは彫刻できず、また切断後に立体として組み立てることが難しい。なお前述のCuttingマシンでは、窓ガラスへ貼り付けるフィルム状素材の切り出しなどのほか、紙素材を切り出して折り紙のように立体加工するサンプルデータも多く付属しており、より簡易に扱える。窓装飾やアイロンプリントとしてイメージしやすいだろう。

4.2. 3Dペンによる加工事例

立体造形する3Dプリンタの仕組みを理解するために、子供向けの玩具として市販されている3Dペンで、自由な描画を行う¹¹⁾。下絵の上に乗せたシリコン板に、直接ペンでなぞるようにPLA樹脂を押し出しながら描画する。やや乱暴ではあるが、学生たちはスマートフォンの画面にシリコン板を乗せて描いていた。



図18 3Dペンによる描画

強度のある正確な立体はできないが、熱でプラスチック樹脂を溶解しながら積層していく原理を理解することができる。仕組みを理解することで、3Dプリンタの各種調整パラメータの意味や効果を確認でき、適切な調整を行えるようになることが期待できる。

4.3. 同じものを作る（習作）

設計や加工手順を学ぶために、既存製品の部品などを正確に再現する。自由な発想でオリジナルな作品を作るには、強度などで試行錯誤を必要とし意外と難しい。特に設計法や加工法を熟知していない初心者にとっては、突飛で過大（あるいは過少）な手順をとってしまいがちなためである。

下図は、市販のパソコンキーボード裏の脚部品である。折れた部品（右側2つ）をノギスで正確に採寸し、CADソフト



図19 採寸による再現

で再現設計（左2つ）し、3Dプリンタで出力している。身近な製品を正確に採寸し再現する過程で、設計のポイントや情報技術が役立つ場面を実感することにつながる。

4.4. 講習テキスト（CADソフトの扱い）

3Dプリンタでの造形設計に必要な3Dモデリングソフトの利用法を、30分程度の講習や授業内で説明するハンドアウト（A3サイズ）を2種試作した。

(1) 簡易設計編

Tinkercadを利用して、簡易なネームプレートを設計する。用意されている立体を選んで文字パーツを配置し、大きさをマウสดラッグで調整するだけで、パーツ同士の結合や交差、切り取りなどの手順を学習しながら設計ができる。数値入力すれば、詳細な設計図を描くなどの応用もできる。Tinkercadは、Webブラウザのみで動作するため、事前にソフトウェアをインストールする必要がなく、短時間の体験講習会などで利用しやすい。

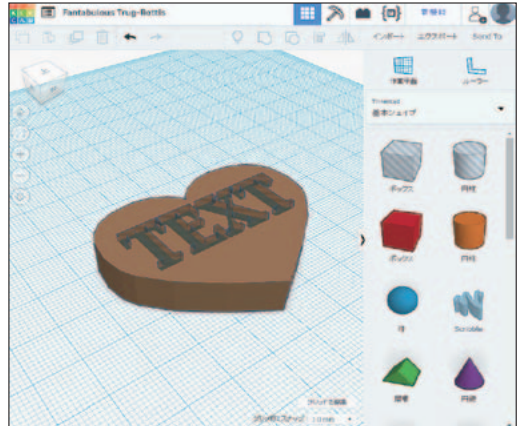


図20 講習テキスト教材
(Tinkercad編)

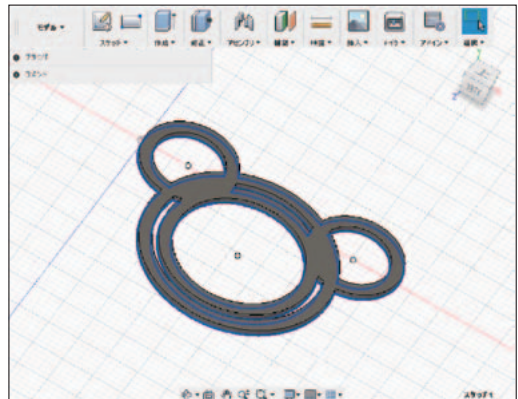


図21 講習テキスト教材
(Fusion360編)

(2) 詳細設計編

Fusion360を利用してmm単位での正確な同心円を描くための手順（オフセットやトリム機能）などを中心に、パーパークリップを設計する。同心円が描ければ、長方形などへの応用ができる。30mm四方で2mm厚程度であれば、実際の造形出力時間も数分で済むことから、短時間のワークショップで取り組める題材である。

5. カリキュラム試案

大学の正課授業を想定して、デジタルでモノづくりするカリキュラムを検討・試行した。時間的な制約と履修者数、用意できる機材やサポート人員などからは、当面はゼミナールなどの少人数演習や、少人数グループによる交代制となろう。一斉学習でソフトウェアによる設計学習の後、時間外での造形出力を行うなどの工夫も考えられる。ワークショップ形式での課外学習と組み合わせ、より高度な挑戦を促す工夫も必要であろう。

次表に「マルチメディア表現(2単位)」でのカリキュラム試案を示す。従来、静止画像(ラスタ形式)の編集加工とWebページを用いた表現技法を中心に扱っていたが、ベクタ画像編集(イラストと文字フォント編集)を拡大追加した。この

カリキュラム試案は、2017年度に一部試行したものを改訂し、2018年度には先の教材試案を加えて展開を予定している。

表2 マルチメディア表現カリキュラム試案

テーマ	デジタル技術を生かした表現
履修人数	20名程度
1	マルチメディアと表現
2	デジタルデータのPC取り込み
3	ファイル形式と解像度
4	デジタル写真の編集(ラスタ形式)
5	静止画像やロゴデザイン(ラスタ形式)
6	線描画と文字フォント加工(ベクタ形式)
7	シルエット画像の編集(ベクタ形式)
8	板材へのイラスト彫刻(ベクタ形式)
9	イラスト彫刻/公開3Dモデルの造形出力
10	3Dモデリング(CAD)
11	3D造形出力
12	Webページデザイン
13	HTMLタグ(テキストエディタ)
14	Webカラーの扱い
15	ページの組み立て
ラスタ形式: Photoshopによる演習	
ベクタ形式: Illustratorによる演習	
CAD: FusionもしくはTinkercadによる演習	

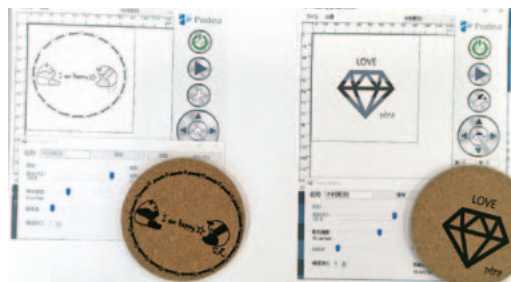


図22 学生作品の一部

加工機を用いての出力（7～11回）は、履修者数や作品の完成進捗により、グループ分けや時間外での出力を行った。3cm×15cmのフェイクレザーへの彫刻切断で10分余、10cm四方のMDF材やコルク製コースターの加工時間は10分から30分程度（彫刻の深さ・濃さで大きく変動する）であり、履修者全員の作品を加工できた。

6. おわりに

実験的なファブラボ機材を導入設置し、情報教育と技術教育の融合題材として、デジタル加工を取り入れる可能性を確認することができた。取り上げる素材や指導カリキュラムをさらに検討工夫し、学生らとともに情報技術を活用することへの興味を高め、社会における可能性を再確認したい。

コンピュータが普及し始めたころ、コンピュータで何でもできるという期待（誤解）があった。3Dプリンタなどのデジタル工作機械も、同様に大きな期待があるようだ。未知の技術に対する期待を裏切らないよう、正しい知識と技術を伝え広めていくことは重要である。

デジタル技術を用いた個人による自由なものづくりの可能性を拡げ、自分たちの使うものを、使う人自身がつくる。一人一人のニーズに合わせた工夫は、身体に不自由のある人々の生活を支援する自

助具などの製作にも通じる¹²⁾。工夫とアイデアを凝らし、解決策を実現するよう考える学習は、学生たちによる新たな起業創業のきっかけとなることが期待できる。

本来のファブラボは、デジタルからアナログまでの多様な工作機械を備えた市民工房のネットワークである。CNCルータなどでの木材や樹脂加工、コンピュータミシンによる刺繍、電子回路やロボットの設計製作など、その範囲を拡大している。一人一人が「自分の作りたいものを作る」ことを目的に、機械や道具を備えたモノづくりの場をシェアし、知識や技術を設計データとして蓄積交換しながら、アイデアを形にしていく。これにはデジタル化が都合いい。情報技術を最大限に生かせる分野でもある。

大学などの教育機関のほか、企業や個人が経営するラボ、自治体や公共図書館が運営するラボなどがある^{13) 14)}。データを交換できるようオープンデータ・ソースを基本としたシステムを採用するだけでなく、運営者や利用者さえもオープンソース化していく。大学発のラボとして、教材やカリキュラムを提供・発信しつつ、地域社会と協働するファブラボを目指して運営を続けたい。

謝辞

本研究にあたっては、2017年度学長裁量経費採択事業（目的名称：学内ファブ

ラボ教育プログラム)として機材購入費等の助成をいただいた。記して謝意を表します。

注・参考

1) 田中浩也：FabLife, オライリー・ジャパン (2012)

2) Fabの本製作委員会:実践Fabプロジェクトノート, グラフィック社 (2013)

3) 主な導入機材

・熱溶解樹脂積層3Dプリンタ

ダヴィンチ1.0 Pro XYZプリンティング社

・光造形3Dプリンタ

ノーベル1.0 XYZプリンティング社

・レーザー加工機

Podea-01 タイプ-G (6W) Podea社

・カッティングマシン

ScanNCut CM650W ブラザー社

4) ABS樹脂とPLA樹脂：

ABS樹脂はアクリロニトリル (Acrylonitrile), ブタジエン (Butadiene), スチレン (Styrene) の合成樹脂素材。一般的なプラスチック製品にも多用され、硬度や加工性、耐衝撃性、塗装性も高い。

PLA樹脂は、トウモロコシなどの植物由来のプラスチック素材 (Poly-Lactic Acid ポリ乳酸)。包装用フィルム、レジ袋など多くの製品にも使われるが、ABS樹脂と比較して柔軟性や耐衝撃性、耐熱性が低い。堆肥などの微生物が存在する場所であれば埋めて分解することができる。

5) 3Dギャラリー：XYZプリンティング社,

<https://www.xyzprinting.com/ja-JP/home>,

このほか多くの公開サイトがある

6) 本田技研工業株式会社: Honda 3D Design Archives,

http://www.honda-3d.com/no_flash.html

7) 国土地理院: 「立体模型を作る (地理院地図編)」,

<https://maps.gsi.go.jp/3d/creating.html>

8) Tinkercad: Webブラウザ上で稼働する3DCADモデリングソフト, Autodesk社, <https://www.tinkercad.com/>

9) 三谷大暁: Fusion 360操作ガイド ベーシック編, カットシステム (2016)

10) 作品などはWebサイトで公開している <http://mstudy.aichi-u.ac.jp/fablab/>

11) ダビンチ3Dペン: XYZプリンティング

12) 国立障害者リハビリテーションセンター研究所: 自助具ワークショップ http://www.rehab.go.jp/ri/kaihatsu/suzurikawa/res03_jijogu.html

このほか多くの取り組みがある

13) メイカーズラボ・とよはし: 豊橋市の第3セクター企業が運営するファブラボ。学生サポーターが常駐し、講座も多く開催されている。

14) 安城市図書館: 3Dプリンタや大型プリンタを備えるスタジオがあり、安価に利用できる。

(Webサイトは2018年8月24日閲覧)