

デジタルファブリケーションを活用した アクティブラーニングの実践

Practical example of Active Learning Using Digital Fabrication

齊藤純, 平社和也

Jun Saitoh and Kazunari Hirakoso

玉川大学工学部デザインサイエンス学科, 194-8610 東京都町田市玉川学園6-1-1

Department of Design Science, College of Engineering, Tamagawa University,
6-1-1 Tamagawagakuen Machida-shi Tokyo 194-8610

Abstract

As part of STEM and STEAM education, students study basic prototyping in the "Introduction to Digital Fabrication" and "Exercise in Digital Fabrication" classes. Prototyping is achieved by integrating knowledge gained in other specialized courses and cross-disciplinary knowledge such as CAD, 3D printers, laser cutters, electronic circuits, microcontrollers, and programming. We devised easy-to-understand class materials and set assignments to enable students to use CAD, microcontrollers, and other tools. It was thought that almost students were able to learn basic prototyping.

Keywords: digital fabrication, active learning, prototyping, STEM, STEAM

1. はじめに

現代社会は高度に複雑化された社会であるといわれる。社会課題の解決方法の根幹には科学技術が欠かせず、人や社会と調和した社会実装が求められる。新たな価値の創造には各々の専門性を源泉としつつ、俯瞰的な視野、分野横断的で多様な知識を集結した総合知が必要であり、これを実現できる人材が求められている。

このような人材の育成の場としてSTEM教育やSTEAM教育が提唱されている。これはScience, Technology, Engineering, Arts(Liberal Arts), Mathematicsの5分野を統合的・横断的に扱うことを志向した教育の考え方である。そのねらいは、学生の能動的な学びの中で、課題を自ら見つける力、物事を様々な視点で捉えて解決する力、新しい価値を創造する力を獲得することにある。

Yataらは日本の教育課程を踏まえ、日米英で定

義されている工学の概念を組み合わせたSTEMフレームワークを図1のように提案している。エンジニアリングの活動をDesign, Build, Testのステップの繰り返し、数学、理科、技術の各科目の独自の視点や思考を「知る必要性」と「工学のための必要性」とで関連付けている¹⁾。

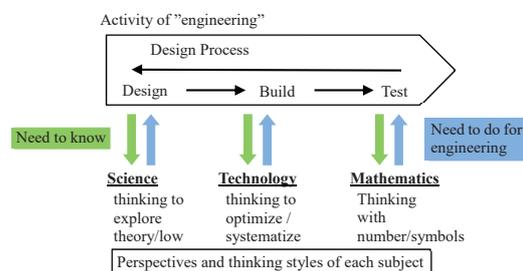


図1 工学設計プロセスと科学、技術、数学との関係

また、Jangらは、製品設計チームなどにおいてアイデア構想段階でのプロトタイピングは、3次元の物体でアイデアを物理的に近似した表現を

することで不確実性を低減し、チームメンバー間の共通理解を構築することができる。これにより最終的な成果物の創造性の高さに関連することを指摘した²⁾。

前エンジニアリングデザイン学科、現デザインサイエンス学科で「デジタルファブリケーション入門」と「デジタルファブリケーション実習」を開講している。この授業のねらいは、図1のフレームワークにおけるエンジニアリング活動の中の特に Build でのプロトタイピング技術をアクティブラーニングを通じて修得することで、STEM教育・STEAM教育の学修プロセス全体の推進を図ることにある。

本稿では「デジタルファブリケーション入門」と「デジタルファブリケーション実習」での取り組みを報告する。

2. 授業の全体構成

表1に第3セメスター開講の「デジタルファブリケーション入門」、表2に第6セメスター開講の「デジタルファブリケーション実習」の授業内容を示す。「デジタルファブリケーション入門」では、プロトタイピングの基礎技術を修得するために、製品の構造への関心付けと、製品製作のための加工方法の基礎知識、CADの基本操作方法の修得が目的である。全体の流れは、材料や機構の基礎、市販製品のリバースエンジニアリング、加工方法、製図法、CADのモデリング、自分で設定したテーマのモデリング、発表の順で進行する。

「デジタルファブリケーション実習」ではデジタルファブリケーションや組み込み機を用いたプロトタイピング作製の実習を行う。関連する科目の一例に、必修科目では「ファブラボ実験」、「ス

表1 「デジタルファブリケーション入門」の授業内容

授業回	CAD	もの作りの基礎	デジタルファブリケーション
1	インストール, 基本操作		
2		機構の基礎, 材料の基礎, 計器の使い方	
3		製品のリバースエンジニアリング(グループワーク)	
4		製品のリバースエンジニアリング(グループワーク)	
5		加工方法, 工作機械	デジタルマシンの構造と原理
6	図面の読み方・描き方, CADの基本概念		
7	基本操作(スケッチ, 押し出し, 拘束)		
8	基本操作(回転, 穴, 作業平面の応用)		
9	基本操作(作業平面の応用, 2次元図面)		3Dプリンタ出力
10	基本操作(2次元図面), 応用モデリング		3Dプリンタ出力
11	基本操作(アセンブル)		
12	基本操作(アセンブル)	メーカーズフロアの安全講習	
13	応用課題(各自設定テーマ)		
14	応用課題(各自設定テーマ)		
15	成果物発表会		

表2 「デジタルファブリケーション実習」の授業内容

授業回	CAD	マイコン	プロトタイピング(グループワーク)
1	基本操作の復習, 構造解析		
2	構造解析		
3		開発環境インストール, マイコンの基礎知識, 基本操作	
4		デジタル出力, シリアル通信	
5		条件分岐, デジタル入力, AD変換, アナログ入力1	
6		アナログ入力2, アナログ出力, PWM, 繰り返し, センサー(照度)	
7		簡単な制御	
8		モーターの制御	ガイダンス
9		モーターの制御	コンセプト, プロトタイプ of 構造, 機構, 制御を検討
10		サーボモーターの制御, センサー(曲げ, 圧力)	プロトタイプ of 構造, 機構, 制御を検討, 中間レビュー
11		センサー(超音波距離, 温度)	プロトタイプ of 設計
12		センサー(サウンド), 乱数	プロトタイプ of 製作
13			プロトタイプ of 製作
14			プロトタイプ of 製作, 動作検証
15			成果物発表会

ケッチと製図」,「設計製図」, 選択科目では「プログラミングI」,「プログラミングII」,「電子回路基礎」,「機械要素設計」,「工作実習」,「メカトロニクス」などが挙げられる。本授業を受講する学生はこれらを全てあるいは本人の選択で一部の科目を修得している。これらの関連科目で修得した知識や技術を融合して, 指示されたテーマに沿ったプロダクトのプロトタイプを提案するグループワークを実施する。本授業の全体の流れは, CADの応用で構造解析, マイコンの基本操作やプログラミング方法, デジタル入出力, アナログ入出力, 通信, 各種センサーの使用方法を学び, これらを融合したプロトタイピングの製作の順で進行する。

3. 「デジタルファブリケーション入門」

以下に「デジタルファブリケーション入門」の主要な内容および課題概要を報告する。

3.1 “もの作りの基礎”の学修内容

始めに基礎知識として, 製品を構成する機械要素や伝達要素などを採り上げる。また一般に材料でよく使われる金属やプラスチックの種類や日本産業規格に準拠する部品の標準化について学ぶ。

受講学生の多くは日常で様々な製品を手にすることがあってもその動作原理や内部構造までを意識することが少ない。そこで部品や製品を作るということを意識させるための導入課題で製品のリバースエンジニアリングを行う。機械部品のみで構成される製品を分解し, 機構や部品形状について観察してその設計意図をグループでディスカッションする。リバースエンジニアリングをする製品は図2に示す市販の修正テープである。これは主にテープ, 巻き取りプーリー, ラチェット機構付きの歯車一体プーリーとそれに対となる歯車, ケースで構成される。



図2 リバースエンジニアリングの教材

ワークでは, まず動作や構造を確認しながら分解する。次に分解した部品を全てワークシートにスケッチして, 特徴がある形状や気になった点をコメントとして記入する。観察するテーマを下記のように指示してグループでディスカッションして考察をまとめ, それを全体で共有するために教員からの質疑形式で発表する。

- ・ ケース側の歯車(ドライブギア)と, 歯車一体プーリーのツメ(クロウ)の形状からその動作を考察する。
- ・ テープを巻き取る大小の歯車と, 歯車一体プーリー対の歯数の違いの意図を考察する。また, 歯車(大)に組付けられる巻き取りプーリーが若干の抵抗を持って摺動する必要性を考察する。
- ・ ケースの内部形状について側面部や円柱部の根本に板形状のリブが付与されており, その役割を考察する。

部品の形状を細かく観察することに加え設計意図を考察させることで, 製品の構造そのものや設計するために検討すべき事などへ関心を持たせる。

発想の選択肢を広げるために, 部品の加工方法について多くの知識を得ることは重要である。本授業ではボール盤や旋盤, フライス盤を中心とした工作機械を採り上げ, 加工原理を説明したうえで加工の実演を見学して, ワークシートにまとめて理解を深める。

3.2 “CAD”の学修内容

設計やモデリングに用いる3次元CADは、Autodesk社Inventorを使用する。Inventorは寸法値として定義された変数の値や拘束条件を指定して形状を作成するパラメトリックモデリング方式のCADである。授業では基本操作やモデリング手法の基礎を学ぶ。初期の課題は図3に示すような簡素な形状から始め、チュートリアル形式で進める。後半の応用課題では図4に示すような複雑な形状もモデリングする。この形状をモデリングするためには作業平面の適切な定義や、形状複製など応用力が求められる。ここでは逐一説明するのではなく、要所毎の助言にとどめ、できるだけ各自に試行させて応用力を伸ばす。

アセンブル機能は配置する部品間の相互の接続や固定、機構の関係を設定して製品全体を構成することができ、組み合わせられたこれらの部品の動作を検証することができる。課題では代表的な拘束条件を説明し、図5に示す回転動作と直線往復動作を組み合わせたスライダークランクなどの課題で作業をチュートリアル形式で進める。

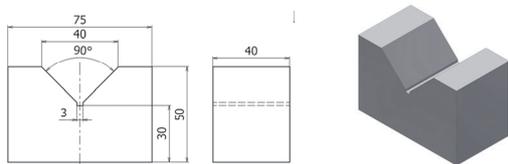


図3 CAD 課題(初期)

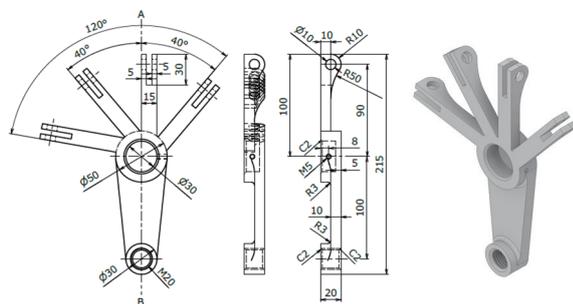


図4 CAD 課題(応用)

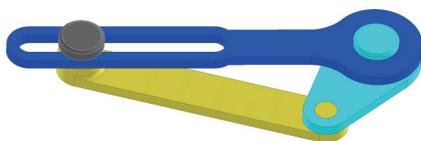


図5 CAD 課題(アセンブル)

最終課題の演習では、これまでに修得したモデリング技術をもとに、各自で課題を設定してモデリングするアクティブラーニングとして実施する。作業中の試行錯誤を後押しするために相談に乗ったり適宜助言を与えたりする。新しいモデリング方法が必要になり、自発的な学びを実践することになり、理解度や習熟度が向上する。

授業最終回で成果物のモデリング方法や苦労した点を発表して受講者同士で共有する。図6は学生の成果物の例で、リンクを用いてカバーを開閉できる収納ケースである。意匠は改善の余地があるが、授業で採り上げた基本的なモデリング技術を踏襲したモデルである。

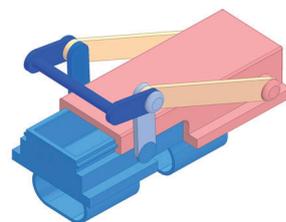


図6 モデリングの成果物例

3.3 “デジタルファブリケーション”の学修内容

デジタルファブリケーションとはデジタルデータをもとに創造物を制作する技術を指し、装置の例に3次元プリンタやCNCフライス、CNCミリングマシン、レーザーカッター、三次元スキャナ、小型マイコンボードなどが挙げられる³⁾。本授業ではメーカーズフロアに配置されているこれらの装置の動作を見学し、出力できる部品や加工原理について説明する。また、CADの課題で自由にモデリングしたデータを実際に3次元プリンタで出力して、形状や精度を観察させる。

「デジタルファブリケーション入門」の学修内容により、プロトタイピングの技術としては、自分が思考するアイデアをCADでモデリングしてデジタルファブリケーションを用いて立体物として出力する基礎技術を修得することができる。

4. 「デジタルファブリケーション実習」

本授業が開講される第6セメスターまでに学生ごとに修得してきた科目は異なる。本授業ではそのような背景でも学生がマイコンを使えるようになり、各自の得意な技術を活かした協業によりプロトタイプを作製する実習を実施する。以下に主要な内容および課題概要を報告する。

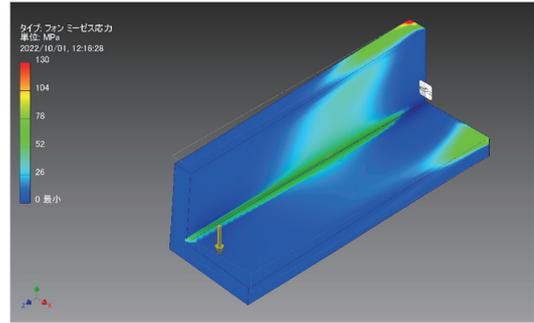


図7 L字片持ち梁の応力分布解析結果の例

4.1 “CAD”の学修内容

CADでモデリングしたデータの応用利用で、指定したシナリオによる応力分布や変位を有限要素法により解析するCAE(Computer Aided Engineering)の実習を行う。CAEの概念を説明した後、基本的な解析方法をチュートリアル形式で説明して基本操作を修得する。また、図7に示すような片持ち梁の課題にて、モデル形状の変更による応力分布や変位の変化を観察する。

CAEで実物と同等の解析結果を得られるようにするにはシナリオや材料パラメータなどの設定を多数検討する必要がある。本授業ではそこまでは採り上げないが、解析要素の細かさであるメッシュサイズや計算の反復回数であるイタレーション数が解析結果に与える影響を観察し、結果を鵜呑みにしないことの重要性を説明する。

4.2 “マイコン”の学修内容

マイコンはArduino UNOを使用する。開発言語はC++言語をArduino独自に拡張したもので、C言語の基礎を理解していれば十分に使用できる。しかし、本授業の受講者の中でプログラミング系科目を未受講の学生もいる。また、プログラムに対して苦手意識を持っている学生もいることを背景として、そのような学生であってもマイコンを「使えるようになる」ことに主眼を置いた。

学生の学修への動機付けでは「これで何かができそうだ」という期待を持たせることが重要である。そこで、授業用資料を見た学生が「やってみよう」と意欲が持てるように、全編を通じて図8に示すように実物を模したイラストを多用して解説する資料を作成した。また、フローチャートとプログラムソースとの関連を把握しやすくする

実習20可変抵抗の操作に応じてモーターの回転方向を切り替える

図12 Arduinoへの接続

図13 可変抵抗の操作による動作

図14 配線図

実習20(可変抵抗の操作に応じてモーターの回転方向を切り替える)

動作フローチャート

```

graph TD
    Start([開始]) --> Init[初期設定: デジタル5V出力に設定  
シリアル通信を初期化( baud=9600baud)]
    Init --> ReadAD[アナログ入力ポート: ADピンをAD変換し、  
AD値をadに代入]
    ReadAD --> ReadAD[シリアル通信: ad]
    ReadAD --> Decision1{ad > 480 && ad < 543}
    Decision1 -- True --> SetDuty1[ブレーキ  
HピンをPWM出力(duty=255=+5[V])  
HピンをPWM出力(duty=255=-5[V])]
    Decision1 -- False --> Decision2{ad > 543}
    Decision2 -- True --> SetDuty2[正常  
duty = (ad-543) / 2]
    Decision2 -- False --> Decision3{ad < 480}
    Decision3 -- True --> SetDuty3[逆転  
duty = (480-ad) / 2]
    Decision3 -- False --> SetDuty4[シリアル通信: 回転方向, duty]
    SetDuty1 --> SetDuty4
    SetDuty2 --> SetDuty4
    SetDuty3 --> SetDuty4
    SetDuty4 --> End([終了])
    
```

表1: モータードライバーの信号と動作

Arduino Pin	Signal	動作
A0	5[PWM]	モータードライバーのHピン (+5[V])
A1	6[PWM]	モータードライバーのLピン (-5[V])

実習20(可変抵抗の操作に応じてモーターの回転方向を切り替える)

```

スクリーンショット17
//ボリュームのつまみの回し具合でモーターを回転
//正常でブレーキ、逆転で逆転、右回りで逆転。
//動作確認用にシリアルで回転方向、dutyを表示する。
//モータードライバ: DV88SS

#define PIN_ANALOG_IN 0 //電圧を計測するピン: A0
#define PIN_MOTOR_IN1 5 //モータードライバのA1を接続するピン: 5pin
#define PIN_MOTOR_IN2 6 //モータードライバのA2を接続するピン: 6pin

void setup() {
  Serial.begin(9600); //9600bpsでシリアル通信開始
  pinMode(PIN_MOTOR_IN1, OUTPUT); //出力ピン
  pinMode(PIN_MOTOR_IN2, OUTPUT); //出力ピン
  analogWrite(PIN_MOTOR_IN1, 0); //HピンをPWM出力
  analogWrite(PIN_MOTOR_IN2, 0); //LピンをPWM出力
}

void loop() {
  int ad, duty;
  ad = analogRead(PIN_ANALOG_IN); //電圧を読み込み
  Serial.print("AD = "); //AD値をシリアル送信
  Serial.print(ad);
  Serial.println();

  if (ad > 480 && ad < 543) { //可変抵抗のつまみが中間付近にある時はブレーキ
    analogWrite(PIN_MOTOR_IN1, 255); //ブレーキ
    analogWrite(PIN_MOTOR_IN2, 255); //ブレーキ
    Serial.println(" Brake"); //回転方向をシリアル送信
  } else if (ad > 543) { //可変抵抗のつまみが右回りに回るとは正常
    duty = (ad-543) / 2; //正常
    analogWrite(PIN_MOTOR_IN1, duty); //HピンをPWM出力
    analogWrite(PIN_MOTOR_IN2, 0); //LピンをPWM出力
    Serial.print(" CW "); //回転方向をシリアル送信
    Serial.print(" Duty: "); //dutyをシリアル送信
    Serial.println(duty);
  } else if (ad < 480) { //可変抵抗のつまみが左回りに回るとは逆転
    duty = (480-ad) / 2; //逆転
    analogWrite(PIN_MOTOR_IN1, 0); //HピンをPWM出力
    analogWrite(PIN_MOTOR_IN2, duty); //LピンをPWM出力
    Serial.print(" CCW "); //回転方向をシリアル送信
    Serial.print(" Duty: "); //dutyをシリアル送信
    Serial.println(duty);
  }
}
    
```

図8 作成した授業資料の一部⁴⁾

ために色付けしている。イラストによる分かりやすさを先行させ、実験しながら正規の回路図を確認させる手法で授業を進めた。

マイコンによる制御に用いるセンサーや出力装置などは、プロトタイピングでの使用が予想されるものを選定した。本授業で採り上げるマイコンの機能やセンサーや入出力装置、電子回路を以下に記す。

- ・マイコン機能
 - デジタル出力, 入力
 - シリアル通信
 - アナログ入力(AD変換)
 - アナログ出力(PWM出力)
- ・センサー
 - ボリューム
 - 照度センサー
 - 曲げセンサー
 - 圧力センサー
 - 超音波距離センサー
 - 温度センサー
 - サウンドセンサー(音量)
- ・入出力装置・電子回路
 - LED
 - プッシュボタン
 - スイッチのプルアップ回路
 - FETによるスイッチング回路
 - DCモーター
 - サーボモーター

各授業の課題で、個々のセンサー類や入出力装置の使用方法を理解するために動作実験を行う。ワークシートの指示に沿ってセンサーの計測量に対する信号電圧の入出力特性を計測し、それをプログラムの演算に反映して、シリアル通信を介して計測をPC上でモニタできるようにする。一通りの実験の後、これらを組み合わせてセンサーの入力に応じてLEDの輝度が変わったり、サーボモーターが回転したりするような簡単な制御の

実習を行う。

マイコンへ書き込むプログラムは、複雑な制御を組み込まない範囲では基本命令の組み合わせで動作を実現できる。前述のようにプログラミングに対する基礎知識は学生間で異なるが、未経験者であっても資料にあるプログラムを入力すればマイコンや外部装置を動かすことができる。動かしたい機能を記述した命令群をブロックとして扱うように指示することで、関数のパラメータの調整だけである程度の動作を実現できるようになるため、受講者全体が前向きにプログラムに取り組むことができていた。

本来はアルゴリズムや関数の詳細を正確に理解することが重要である。しかし初歩段階では基本パターンを組み合わせるプログラミング手法であっても、学生が前向きに取り組むことができることに加え、機能やアルゴリズムについて学生同士での議論が成立していた点から、一定の有効性があるものと考えられる。

4.3 “プロトタイピング”の学修内容

「デジタルファブ리케이션入門」で修得した設計を立体物として出力する技術と、マイコンを用いた制御技術を融合し、機能性を持ったプロダクトのプロトタイプを製作するアクティブラーニングを、4～5名で編成したグループで実施する。課題のテーマは「コミュニケーションのためのツール」とした。グループワークではテーマの解釈やコンセプト、対象者などを定義して、そこに存在する課題を発見してその解決方法を検討する。中間レビューを経て、目的を達成でき得るプロトタイプを製作し、授業最終回で実演を含めた発表会を行う。

具体的な設計段階では、プロトタイプとして本当に必要な機能に絞り込む検討や、機能を実現するためのセンサーや出力装置の選定、プログラムのアルゴリズムなどを検討する。図9にグループワークの様子を示す。自発的に各自の得意な技術



図9 グループワークの様子をもとに、CADによる設計、回路作製、プログラミング、動作試験レビュー、情報調査、作業補佐などのように役割分担して、相互に協力しながら製作作業を進める様子が見られた。

図10に発表会の様子を示す。テーマである「コミュニケーションのためのツール」で設定したコンセプト、使用方法などをプロトタイプを使った実演を交えて説明する。発表するグループにとっては自らの取り組みを報告することで一連のプロセスをまとめることになり、聴講するグループにとっては他の視点を知ることと、プロトタイプ技術の共有の場となる。

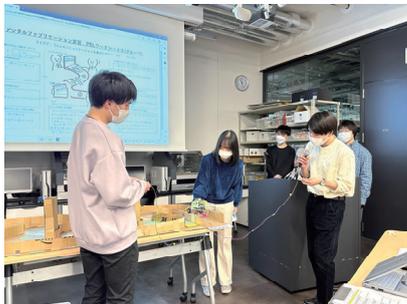


図10 発表会での実演の様子

成果物の例を図11,12に示す。図11に示す成果物は、人同士が触れるというコミュニケーションについて、許容できる部位を非言語で相手に伝えるプロダクトである。親しみある意匠にすることで、デリケートな情報を伝える心理的ハードルを下げるねらいがある。手、足、頭に圧力センサーが配置され、センサーに触れるとブザーが鳴動する。触った部分の許容可否によってブザー音が異なり正解不正解が伝わる。また、この可否の設定はディップスイッチで切り替えることができる。ブ

ザー音の音階を変えるプログラムや、曲面を多用したモデリング手法を自発的に学んでいた。

図12に示す成果物は、子供に片付けを教えたい大人のためのコミュニケーションツールである。基本機能は手を近づけると蓋が自動で開閉するゴミ箱で、子供が親しみを持てるように動物を想像させる意匠で、液晶表示器にされる記号で表情を表現する。ゴミを入れると喜びの表情を表示し、内部のゴミが満杯に近づくと廃棄の必要を伝えるために悲しげな表情を表示する。子供とゴミ箱がコミュニケーションをとることで片付けという行動を教示することを支援するプロダクトである。



図11 プロトタイプングの成果物例1

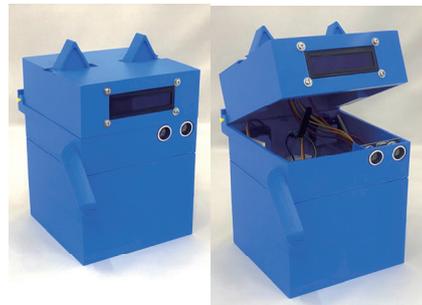


図12 プロトタイプングの成果物例2

授業では液晶表示器を動作させる電子回路やプログラムまでは網羅できなかったが、学生が自発的に調査してプロトタイプに組み込んだ。

「デジタルファブリケーション実習」の学修内容により、モデリング技術やマイコンによる制御を組み合わせ、各自の得意な技術を活かした協業を通じたプロトタイプング技術を修得することができる。

5. 学生による授業評価

「デジタルファブリケーション入門」と「デジタルファブリケーション実習」について、表3に授業評価アンケートの質問項目と、5段階評価（5:とてもそう思う, 4:そう思う, 3:どちらともいえない, 2:そう思わない, 1:全くそう思わない）での学生の回答を表4に示す。

表3 授業評価アンケートの質問項目

項目	設問	
学生	Q1. 意欲	授業に意欲的に取り組みましたか
	Q2. 興味	授業の内容に興味は持てましたか
	Q3. 理解	授業の内容を十分に理解できましたか
授業	Q4. 説明	話し方や説明は分かりやすかったですか
	Q5. 視覚	板書やパワーポイントは見やすかったですか
	Q6. 教材	教材(教科書、プリントなど)の使い方は適切でしたか
	Q7. 質問応答	質問に適切に対応してくれましたか

表4 授業評価アンケートの結果

項目	デジタルファブリケーション入門	デジタルファブリケーション実習	
受講者数	33	36	
回答者数	31	31	
学生	Q1. 意欲	4.55	4.22
	Q2. 興味	4.60	4.15
	Q3. 理解	4.11	4.01
授業	Q4. 説明	4.62	4.40
	Q5. 視覚	4.61	4.43
	Q6. 教材	4.47	4.26
	Q7. 質問応答	4.71	4.32

「デジタルファブリケーション入門」はプロトタイピングの基礎技術という位置付けで、製品構造への関心付け、加工の基礎知識、CADの基本操作方法の修得を目的としている。授業評価の項目では意欲・興味ともに4.5を超える評価であり、入門科目として学生の興味を喚起できていることが分かる。また、説明・視覚の項目で4.6以上、教材で4.47という評価で、授業での課題設定や教材が学修に効果的であることが分かる。

「デジタルファブリケーション実習」では制御用マイコンや各種センサーの基本的な使用方法の修得とプロトタイピングの実践を目的としている。授業評価の意欲・興味の項目で4.2前後、理解の項目で4.01という評価であった。本授業受講開始時点でのプログラミングや電子回路の理解度は個人差が大きいことが懸念されたが、それを

前提としたイラスト中心の授業資料や説明により意欲的に授業に取り組みさせることができたと考えられる。本アンケートでの教材の項目については配布資料や電子回路の実習などを総合的に評価されているため、具体的な改良点の抽出には情報が不足している。今後、学生の理解度向上や興味喚起につながる要素を調査して授業資料や教材、課題などの改良につなげる。

6. まとめ

本稿では「デジタルファブリケーション入門」と「デジタルファブリケーション実習」での取り組みについて、授業内容から学生の成果物までを報告した。CADの基本操作に始まり、機能を持つプロトタイピングを製作する技術を学生たちが理解できるよう教材や課題の設定を工夫した。授業のなかで、学生たちが得意な技術を活かした協業によりプロトタイプの製作に取り組むことができおり、学生による授業評価の結果からも授業としての目標は一定水準以上を達成することができているものとする。ただし、アクティブラーニングの時間が不足しており、アイデアの深掘りやプロトタイプの作り込みが不足していた。

今後、学生の意欲や理解度をより詳細に調査して授業内容や教材を改良することともに、STEM教育のプロセスのなかのDesign, Testも網羅した授業内容に発展させることを検討していく。

謝辞

授業実施にあたり、グループワークでファシリテートしていただいた本学工学部非常勤講師の石射和明先生、メーカーズフロアで3次元プリンタによる出力で学生をご指導いただいた助手の北川聖先生に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) Yata Chikahiko, et al. : Conceptual framework of STEM based on Japanese subject principles,

International Journal of STEM Educations, 7(1),
(2020).

- 2) Jooyoung Jang, et al. : Physical Design Tools Support and Hinder Innovative Engineering Design, Journal of Mechanical Design, Journal of Mechanical Design, 134(4), (2012).
- 3) 総務省情報通政策研究所:ファブ社会の基盤設計に関する検討会報告書 ファブ社会推進戦略～Digital Society 3.0～, (2015).
- 4) 斉藤純 : デジタルファブリケーション実習授業資料, (2022).

2024年2月29日原稿受付, 2024年3月6日採録決定

Received, February 29th, 2024; accepted, March 6th, 2024