

機械デザインの全体像を理解する 新入生対象実習科目の授業設計と実践

松原 孝典*1, 浅尾 慎一*2, 牧田 太郎*3, 竹内 誠一*4, 遠藤 正二郎*5

Class Design and Practice of a Practical Course for First-Year Students to Understand the Overall View of Machine Design

Takanori MATSUBARA *1, Shinichi ASAO *2, Taro MAKITA *3,
Seiichi TAKEUCHI *4, Shojiro ENDO *5

Synopsis: In this report, we designed and implemented a class based on the following three aims for the "Practices in Products Design" for the first-year students for the first semester of 2023. (1) To get the students interested in machines and to have them have high expectations for their future studies, (2) To understand the flow of manufacturing by experiencing planning, design, and prototyping, and (3) To understand the difficulty and importance of teamwork in manufacturing products. The results showed that 83.8 % of the students were motivated and 70.9 % of the students were relatively satisfied with the class. The students were able to find what they wanted to learn in the next semester and beyond, and they expected to work as manufacturing engineers by being involved with students from different backgrounds. Communication was one of the most important perspectives in manufacturing for 36.4% of the participants, and they became aware of the importance of communication through their interactions with other participants of different backgrounds. In addition, 63.6% of the participants said that they realised an improvement in their communication skills. As described above, we were able to guide the students in the expected direction in terms of (1), (2), and (3), which we considered important in the design of the class.

(Received Sep. 8.2023)

Key words: product design, group work, project based learning

1. はじめに

1.1 大学における機械系ものづくり教育

近年、ものづくり経験のある大学生が減少傾向にあると言われている。例えば、2018年の鹿児島県

*1 産業技術短期大学 講師 博士(工学) 機械工学科
*2 産業技術短期大学 准教授 博士(工学) 機械工学科
*3 産業技術短期大学 講師 学士(工学) 機械工学科
*4 産業技術短期大学 教授 博士(工学) 機械工学科
*5 ENDO SHOJIRO DESIGN 代表 修士(工学)
産業技術短期大学 非常勤講師

内の大学生に対するアンケート調査¹⁾によると、8割以上がものづくりを「とても好き」「好き」と回答しているのに対し、ものづくりの頻度は「よくやっていた」が2~3割である。静岡大学の報告²⁾では、入学生の1割程度しかものづくりの積極的経験がないという例もあり、簡単なものづくり経験から大学で養成する必要性が出てきている。

そのようななか、機械系のものでつくりは、多くの場合、次の(1)~(5)のプロセスで進められる。

- (1) 企画・デザイン: コンセプトや外見をデザインする。
- (2) 研究開発: 要素技術を開発し、デザインした製品の実現可能性を高める。
- (3) 設計: 機能や強度を高め、安心・安全に利用できる設計をおこない、生産できるよう図面化する。CAD (コンピュータ支援設計) や CAE (コンピュータ支援工学) を活用し、設計を進めるケースが大半である。
- (4) 製造: プロトタイプを試作の後、部品の製造・加工・組立をおこなう。
- (5) 品質管理: 生産された製品が適切な機能・強度をもっているのかどうか計測がおこなわれる。

数多くの部門、会社間でものづくりがおこなわれることが多く、適切なコミュニケーションがとても重要となってくる。

そのようななか、多くの大学の機械工学科では、上記プロセスの (3) 設計 を最重要視し、機械工学の基礎として、力学系科目 (熱力学・流体力学・材料力学・機械力学) や設計製図科目 (機械設計・機械製図法) をカリキュラムの土台や柱にしていることが多い。4年制大学だと、範囲を拡げ、(2) 研究開発、(4) 製造、(5) 品質管理 に関する授業を追加しているケースが多いが、(1) 企画・デザイン に関して授業を展開していることは少ない。つまり、ものづくりの経験がない学生が比較的多く、また、ものづくりのスタートとなる「企画・デザイン」を学ぶ機会は限られているといえる。

1.2 本学機械工学科の新入生対象実習科目

本学の機械工学科においても、上述の(3) 設計を重視した力学系科目・設計製図科目を柱にカリキュラムを組んでいる。しかし、2年間という短い期間で一連の専門科目を学ぶため、入学直後の新入生がなるべくスムーズに専門科目の学習に入っていくように、これまで1年生前期に実習・演習科目を開講してきた。

2011～2018年度には機械工学入門を開講した。新入生に機械に関心をもってもらい、以降の学びに期待をもってもらうことが目的であった。2019～2022年度は、機械工学入門を廃止し、機械情報工学演習を新規開講した。時代の流れから、情報工学

を機械工学に活用する要求が高かったため、情報ツールを活用して機械を学ぶことのできる内容とし、ロボットやコンピュータシミュレーションをテーマにする授業設計がおこなわれた。このように、入学生に対して実習・演習科目を配置して時代時代に合わせたものづくりの導入教育を行ってきた訳であるが、カリキュラム自体は上記 (3) の設計が中心であり、ものづくりの上流工程から下流工程まで全てをカバーするに至っていなかった。そこで、2023年度入学生向けのカリキュラムでは、卒業後に技術者として実際にものづくりを0から行うことができる能力を養成するカリキュラムに変更し、機械情報工学演習の代わりに、本報で扱う機械デザイン実習を開講することにした。入学直後に、本実習で (1) 企画・デザイン を学び、卒業までに、(3) 設計に加え、(4) 製造、や (5) 品質管理までを学ぶ、一連のものづくりの知識と技術が修得できるカリキュラムとなっている。

1.3 本調査の目的

2023年度入学生のカリキュラムにおいて、新入生対象の機械デザイン実習の役割は3点ある。①新入生に機械に関心をもってもらい、以降の学びに期待をもってもらうこと、②企画・デザインと試作を体験することで、ものづくりの流れを理解すること、③チームでものをつくる難しさと重要性を理解してもらうことの3点である。

本報では、機械デザイン実習の授業設計と実践によって、上記①・②・③について調査・検証した内容について報告する。

2. 機械デザイン実習の概要と調査内容

2.1 授業概要

機械デザイン実習では、ものづくりの始まりである企画・デザインに注目した授業設計をおこなった。Table 1 に2023年度前期に実施した15回の授業の内容を示す。機械デザイン実習は、機械工学科1年生を対象とした実習科目であり、2コマ2単位の選択科目である (1コマ90分)。2023年度は、37名が受講登録をおこなった。

第1回は、ものづくりの流れや、デザインに関する講義、グループワークを円滑に進めるツール (Microsoft Teams) の演習をおこなった。

第 2 回は本授業で多く実施するプレゼンテーションツール (Microsoft PowerPoint) の演習をおこない、プレゼンテーションの基本を学んでもらった。

第 3 回は、グループワークとして、大きく 2 つのテーマを実施した。授業内容のテーマ通り、「機械を定義する」といったお題目で、機械の定義を討論し、グループごとに答えを出し、プレゼンテーションをおこなうというものである。もう 1 つのテーマは、産技短大改善プロジェクトというもので、大学内の改善項目を探しだし、その改善提案をするというものである。1 つ目のテーマがある程度答えらしきものが世の中にあるもの、2 つ目のテーマが全く答えのないものとなり、製品企画をするにあたり、徐々に答えのない世界を見てもらう内容である。

第 4 回～第 14 回は、本実習の中心となる授業群であり、複数授業回で完結する内容で、おおまかに 3 つの内容を実施した。詳細は次章で説明する。

Table 1 Course content and format in “Practices in Products Design” for the first semester of 2023.

回	日	授業内容
1	4/14	ガイダンス
2	4/21	Office ツールの使い方
3	4/28	機械を定義する
4	5/12	製品を企画・デザインする (グループ 1) 機械の仕組みを知る (グループ 2)
5	5/19	
6	5/26	製品企画をプレゼンする (グループ 1)
7	6/2	
8	6/9	物体の形を表現する
9	6/16	
10	6/23	製品を企画・デザインする (グループ 2) 機械の仕組みを知る (グループ 1)
11	6/30	
12	7/7	製品企画をプレゼンする (グループ 2)
13	7/14	
14	7/21	総評と総括
15	7/28	

第 4 回～第 6 回、第 11 回～第 13 回は 2 つのグループに分けて実施した。

授業全般に関する振り返り

1. ものづくりの流れを教えてください。【自由記述】
2. ものづくりを行う上で重要な視点を教えてください。【自由記述】
3. 本授業を経験して、今後さらに学びたいと思った機械系分野を教えてください。【自由記述】

PD (製品を企画・デザインする) に関する振り返り

4. PD の演習課題では即興的に考える段階と熟考する段階とに分けて思考することを求めました。どの程度達成できたか、次の①～⑤から 1 つ選んで教えてください。【多肢択一選択】
①強く意識して実行できた ②やや意識して実行できた ③どちらともいえない
④あまり実行できなかった ⑤ほとんど意識しなかった
5. PD の演習課題は難しかったですか？
難しかった人も難しくなかった人もその理由を教えてください。【自由記述】
6. PD の演習課題を通じて何が身についたと考えますか？【自由記述】

ME (機械の仕組みを知る) に関する振り返り

7. 機械 (もの) の仕組みを知って、あなたの生活にどんな変化がありましたか？【自由記述】
8. 一般生が企業生と、もしくは企業生が一般生と関わってあなたの生活にどんな変化がありましたか？
【自由記述】

MD (物体の形を表現する) に関する振り返り

9. MD の課題では、3 次元の物体を 2 次元の紙に表現することを求めました。理解して実行できた項目すべてを選んでください。【多肢複数選択】
①投影図の作図 ②様々な線種の利用 ③寸法の表現 ④適切な尺度の利用
⑤補助投影図の利用 ⑥その他 ()
10. 製図分野で後期以降に学びたい内容を教えてください。【自由記述】

その他

11. なにかご質問・コメントがあれば、よろしくお願いたします。【自由記述】

Fig.1 Reflection contents made by the students themselves in the 15th class

1つ目は、第4回～第7回、あるいは第11回～第14回において2グループに分けて実施したもので、本実習でフォーカスしている製品企画である。3回の授業の後、プレゼンテーションをおこなうものである。記憶あるいは生命というテーマで製品企画をおこなうという自由度の高い授業である。

2つ目は、第4回～第6回、あるいは第11回～第13回に2グループに分けて実施した「機械の仕組みを知る」である。製品企画をする上で、機械の仕組みをある程度知る、あるいは調べる手法が重要となる。こちらもグループワークである。

3つ目は、第8回～第10回におこなった「物体の形を表現する」である。製品企画したものを表現するには、図が効果的である。投影図や等角投影図（アイソメ図）を手書き、3D CADで表現するという実習をおこなった。このテーマでは個人ワークとした。

第15回には、第14回までの流れを再確認し、学んできたことを整理する内容とした。製品企画に関する講評や提出課題のフィードバックである。また、新入生に対する授業であるため、機械工学科で今後学ぶ内容に期待をもってもらえる情報を提供した。この授業回において、授業全般、各テーマの振り返りをそれぞれおこなってもらった (Fig.1)。

2.2 調査内容

授業を実践し、学生の学びに対する影響を調べるため、2つの調査をおこなった。1つは、全学的に実施した授業評価アンケートと呼ぶ匿名のWebアンケートである。2つ目は、第15回に実施した授業全般と各テーマを振り返り内省する演習である。

授業評価アンケートは、2023年7月10日～28日（第12回授業後～第15回授業の期間）の18日間で実施されたWebアンケートである。受講登録者37名中31名が回答した（回答率83.8%）。

また、授業最終回である第15回授業において、授業内でFig.1の11項目の設問の回答を求め、授業全体の振り返りを求めた。当日の授業出席者である33名が回答した（回答率89.1%）。

次章より、本実習の中心的な授業である、製品を企画・デザインする（PD）、機械の仕組みを知る（ME）、物体の形を表現する（MD）の3テーマについて、実施内容と学生の意見等を説明する。

3. 「製品を企画・デザインする」の設計と実践

3.1 実施内容と授業の状況

製品を企画・デザインする（PD）では、製品の企画およびデザインをおこなった。しかし企画とデザインとは制作工程として明確に分離することが難しく、また特に制作初期段階ではそれぞれ行き来することが常である。そこでPDでは企画とデザインとが一体となった制作を検討する。

PDは演習課題の制作と全体発表（プレゼンテーション）で構成される。実務の流れを組んだ実践的な課題であるが、なるべく柔軟な発想ができるように発表のフォーマットとそこに必要な図面や立体表現の初歩的な取り決め以外、細かいレギュレーションは設定していない。グループ1（19人）とグループ2（18人）とに別れ、それぞれに「記憶」と「生命」というテーマを与え、そのテーマの中でどのような製品の企画・デザインを提案してもよく、自由度の高い課題である。

製品の対象も規定しない。文房具や家具、個人用デバイス、家族で使う家電、公共スペースに設置する大型機器など、どのような製品でもよい。また説得力のある説明があれば現在研究開発中のテクノロジーを用いてもよい。提案の内容に応じて、画面の中のデザイン（グラフィカル・ユーザ・インタフェース）を考えてもよいし、運営組織や仕組みづくり、販売方法、ブランディング、ロゴ、パッケージなどを自由に検討してもよい。ここでは、それらを含めた制作全般を企画・デザインと呼ぶ。

企画・デザインの制作に初めて触れる学生が多いので、手が止まってしまうことがないように心がけた。そこで1週目の1コマ目はそれぞれのテーマでアイデア段階の企画・デザインを即興的に思いつく限り言葉やスケッチで描き出し、2コマ目で書画カメラとプロジェクタを用いて発表（1人2分以内）をおこなった。

1週目で求めたことは発想の枠を広げることである。それぞれのテーマから解釈できるものであれば何でもよいので臆することなく数多くの企画・デザイン案を出すことを促した。それぞれの案は浅慮でも構わず、この段階では一つひとつの案は深掘りしない。約1時間の作業時間で少なくとも2案、多い者だと10案程度の案が出てきた (Fig.2)。

1週目の2コマ目ですべての発表毎に講評をお



Fig.2 Example of a project and design presented by a student in the first week on the theme of “KIOKU (記憶)”.

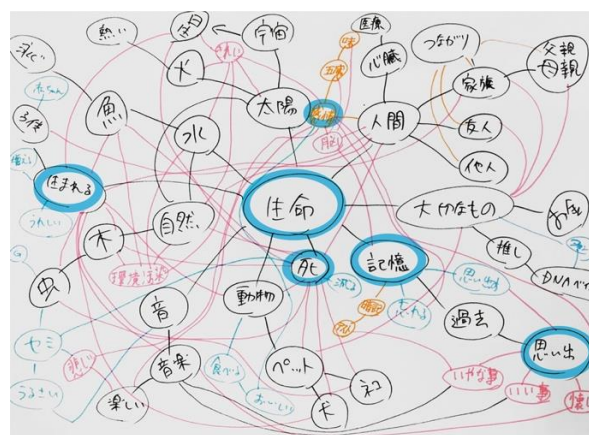


Fig.4 Example of a mind map created by a group of students brainstorming on the theme of “SEIMEI (生命)”.

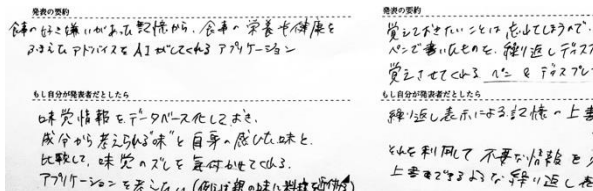


Fig.3 An example of one student's summary of another student's presentation and own ideas and suggestions.

こなった. 同じテーマでもまったく異なる考え方や多種多様な企画・デザイン案がみられた. それらを相対化して内省するため, 他者の発表中には内容の要約とその要約を踏まえた自分なりの考え・提案を書かせた (Fig.3).

2 週目以降は 1 チーム原則 3 人でチーム編成し, 2 週目の 1 コマ目でマインドマップを用いたブレインストーミングをおこなった. 初めて話す相手も多かったが, いずれのチームも四つ切 (254 × 305mm) の画用紙に余すことなくマインドマップ (Fig.4) を作成することができ, コミュニケーションが活性化した.

その後はチーム内で話し合いながら, 全体発表に向けて現実的な着地点を模索した. 概ね 2 週目の後半にはほとんどのチームが製品のコンセプトと方向性が決定し, その後は作業を分担して図面や各種資料などの制作をおこなった.

最終成果物には「①チーム名と全員の学籍番号と

制作期間

1 週目	個人制作・発表	2 週目	チーム制作
即興的に複数の案を検討 発表 (1人2分) 発表に対する講評 他者の発表の要約と提案		ブレインストーミング マインドマップ コンセプト立案 分担して作業	
全体発表			
3 週目	チーム制作	4 週目	チーム発表
分担して作業の続き A1出力およびパネル化作業 パワーポイントデータの完成 全体発表の準備		発表 (1チーム10分) 質疑応答 他チームの発表の要約と提案 個人レポートの提出	

Fig.5 Assignment progression for 4 weeks in PD (Planning and designing products).

氏名」「②作品タイトル」「③コンセプト」「④三面以上の図面」「⑤立体を把握できるイメージ (3DCG, 投影図, 手描きスケッチなど)」の 5 要素を必ず載せる. 各要素はどのように制作してもよいが, 最終的にパワーポイントで資料をまとめ, プロジェクタに投影しながら 1 チーム 10 分以内で全体発表 (プレゼンテーション) をおこなう. それ以外にも A1 パネルを制作する. 学内大型プリンタで A1 出力し, パネルに貼りつけカッターで四周を断裁して完成させる. また 1 週目を含め個人の作業内容やチーム内での役割などを A4 のレポート形式でまとめ, 提出する. 課題進行の大まかな流れは

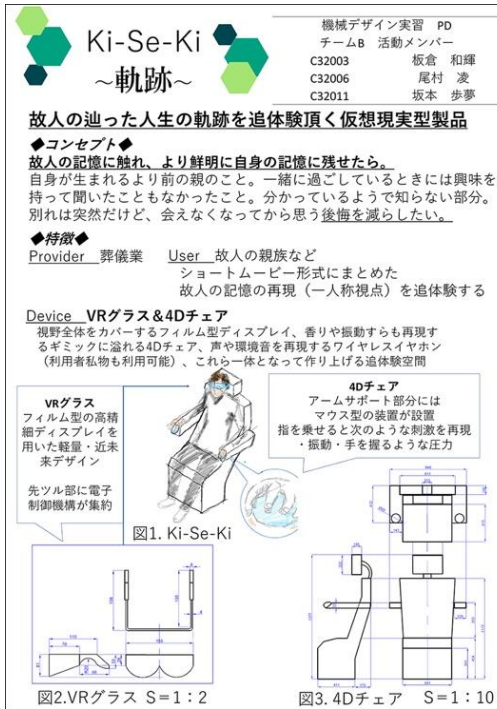
Fig.5 に記す。

A1 パネルは 3 週目の 2 コマ目終盤に全チーム完成させた。また翌週の全体発表までにはその他の発表資料もすべて完成させ、本番に臨んだ。この制作

の流れから、A1 パネルにはその時点での作業内容がレイアウトされている (Fig.6)。ただし、A1 パネルにも必須 5 要素は載せているので、その後はコンセプトや図面の変更・追加などは基本的にない。A1 パネルは本授業終了後も演習室にイーゼルでしばらく掲示し、誰もが閲覧できる。他学科の学生に刺激を与え、オープンキャンパスなどに活用されることを想定している。

全体発表では 1 週目の発表時と同様、他チームの発表中に内容の要約とその要約を踏まえた自分なりの考え・提案を紙に書かせた。それぞれのチームの発表後は質疑応答の時間を設けたが、活発に意見が交わされた。また場の流れと緊張感を保つため、ここでは個別の発表に対する講評はおこなわず、授業最終日の第 15 回に持ち越した。

グループ 1 の「記憶」とグループ 2 の「生命」というテーマ。「記憶」からは、自己や他者や都市などの持つ過去の記憶にアクセスするような案や、日記、健康管理、味覚、睡眠などへのアプローチがみられた。「生命」からは、人工物に生き生きとした存在感を与えるような案や、生と死のサイクル、培養肉、栄養などへのアプローチがみられた。未熟な点も多々あったが、多くのチームがテーマを幅広く解釈し、掘り下げ、高い視座からのコンセプト立案を模索できたと思われる。



テーマ「記憶」
Bチーム



テーマ「生命」
Lチーム

Fig.6 Examples of A1 panels created by two groups.

経験させることを優先した。ものづくりのエッセンスを身体的に理解し、今後のものづくりの学びへのきっかけ・原動力となるのが狙いである。

振り返り設問の結果から、ほとんどの学生は PD を難しく感じつつも多くのことを身につけたと答えた。難しく感じたということは既知の経験ではなく、良くも悪くも未知の経験だったはずである。また実際に手を動かしてチームで作業することで初めて分かる「経験的な知」が身についたと考えられる。そして身についたことの中には本課題に対してポジティブな意見が多くみられた。このような結果から、概ね PD の授業は狙い通りすすめることができたといえる。新入生に新鮮な経験とポジティブな達成感を与えることができた。

ここで演習課題によって身につけた「経験的な知」について考察する。この経験的な知は、野中郁次郎の「暗黙知」に近いと考えられる³⁾。暗黙知は元々 50 年代にユダヤ系ハンガリー人物理化学者・社会科学者のマイケル・ポランニーが提唱した概念であるが、90 年代以降は野中らによって知識経営（ナレッジ・マネジメント）の文脈で語られることが多い。創造的な仕事を目指す企業の経営管理手法として重要な概念であり、暗黙知を組織の中で有効に活用するには、暗黙知の醸成と暗黙知を形式知化して共有することが求められる。野中らの定義する暗黙知と形式知の特性については Table 4 で示す。ただし単に暗黙知を形式知に変換して終わりということではなく、この二極の知は常に相互に影響を与えながらダイナミックな増殖を図ることが望ましい。これは野中らによる「知識創造理論」の中で SECI

モデルとしてとして体系化されている (Fig.7)。

最後に、制作期間について触れる。非常に限られ

Table 3 Classifications of responses obtained from student reflections in the 15th class (Question 5 and 6).

5

PDの演習課題は難しかったですか?
難しかった人も難しくなかった人もその理由を教えてください。 【自由記述】

難しかった	31票
スケジュール内で作業工程を調整して完成させること	11票
チーム内の考えを一つにまとめること・チームワーク	11票
企画・コンセプト・アイデア・デザインを考えること	10票
難しかった点もあるがやりがいを感じて楽しかった	5票
企画・デザインへの経験不足	5票
図面や資料を分かりやすく整理してまとめること	5票
リーダーとしてチームをまとめる役割をこなすこと	2票
言葉から企画・デザインを考えるという課題自体	5票
調査して情報を収集すること	2票

難しくなかった **2票**

役割分担が効率よくできた	1票
グループでうまく協力できた	1票
難しくはないが授業自体があやふやでややこしかった	1票

理由は同一人物で複数あるため、票数と回答数とが一致しない

6

PDの演習課題を通じて何が身についたと考えますか? 【自由記述】

コミュニケーション力・協調性やチームワーク	21票
企画・デザイン力(コンセプト立案含む)	9票
プレゼンテーション力	7票
製品を一からつくる力	6票
スケジュール管理・締め切り守ること	4票
ツールの使い方	4票
積極的に意見を述べること	3票
問題を発見・解決する力	2票
案を出すコツ・習慣	2票
リーダーとしてチームを指揮する力	2票
調査して情報を収集する力	1票
他者の意見や発表を聞いて自己を相対化すること	1票

身についた内容は同一人物で複数あるため、票数と回答数とが一致しない

Table 2 Classification of responses obtained from student reflections in the 15th class (Question 4).

4

PDの演習課題では即興的に考える段階と熟考する段階とに分けて思考することを求めました。どの程度達成できたか、次の①~⑤から1つ選んで教えてください。 【五肢択一】

①強く意識して実行できた	11票
②やや意識して実行できた	16票
③どちらともいえない	4票
④あまり実行できなかった	2票
⑤ほとんど意識しなかった	0票

Table 4 “Tacit knowledge” and “Explicit knowledge” in knowledge management.

暗黙知 (Tacit Knowledge)	形式知 (Explicit Knowledge)
<ul style="list-style-type: none"> ● 言語化しえない・言語化したい知識 ● 経験や五感から得られる直接的知識 ● 現時点の知識 ● 身体的な勘どころ, コツと結びついた技能 ● 主観的・個人的 ● 情緒的・情念的 ● アナログ知, 現場の知 ● 特定の人間・場所・対象に特定・限定されることが多い ● 身体経験を伴う共同作業により共有, 発展増殖が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ● 言語化された明示的な知識 ● 暗黙知から分節される体系的知識 ● 過去の知識 ● 明示的な方法・手順・物事についての情報を理解するための辞書の構造 ● 客観的・社会(組織)的 ● 理性的・論理的 ● デジタル知, つまり了解の知 ● 情報システムによる補完などにより場所の移動・移転, 再利用が可能 ● 言語的媒介をつつじて共有, 編集が可能

た期間の中での企画・デザインの演習課題であり、できる限り削ぎ落とした授業設計を考えていたが、時間が無い中でもコンセプト立案を重視し、トライアル・アンド・エラーを繰り返すことを履行した。しかし、その躰寄せでその後の制作期間が逼迫した。タイトな締め切りへの対応から授業時間外での作業が多く必要になったチームや、作業分担の不均衡により個人に負担が著しく集中したチームもみられた。機械デザイン実習の中でも PD は特に慌ただしい進行となった。

課題の制作期間としては各グループあと 1-2 週あれば理想的だったと思われる。加えてさらに 1-2 週の余裕があれば暗黙知の形式知化などへも踏み込めた可能性がある。今後はそのあたりの軌道修正を模索したい。また今後 PD の続きとなるような授業が追加できれば充足感のある学びを提供できるだろう。

4. 「機械の仕組みを知る」の設計と実践

4.1 実施内容と授業の状況

本講義は全 3 回にわたる授業である。Table 5 に各回の授業内容を示す。

まず 1 週目に機構学の概要を説明した後、アテック社製のリンク学習セットを用いて機構の基本を学習した。このセットを使うことにより機構の種類や正式名称, その機構がどんなところに使われているかを学習することができる。1 週目の課題と



Fig.7 SECI Processes in knowledge management.

して、リンク学習セットに用いられているブロックを写真撮影し、レポートにその写真と機構の動き、機構の説明、用途を書いてもらった。

1 週目の後半は、身のまわりの機構の調査をおこなった。まずは学生個人でものの仕組みについて 4 つ程度調べてもらった。「もの」は機械のような動きのあるものが望ましいが、道具のような動かないものでも良いことにした。その後グループに分かれて、グループ内でそれぞれがどのような「もの」を挙げたのかを共有した。

なおグループに関しては企業生 1 人に対して一般生 3~4 人である。今回は前半 6 月では企業生 6

Table 5 Contents of all three lessons of "Understanding the Mechanism of Machines".

回	授業内容
1	<ul style="list-style-type: none"> ・ 機構学に関する概要説明 ・ リンク学習セットを使った機構学の基礎の学習 ・ 身のまわりの機構の調査 ・ 私の企業にある製品の機構の調査
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 身のまわりの機構の調査(続) ・ 私の企業にある製品の機構の調査(続) ・ プレゼンテーション作成/練習
	<ul style="list-style-type: none"> ・ プレゼンテーション
3	<ul style="list-style-type: none"> ・ 発表の振り返り ・ レポート作成

人に対して、一般生 12 人であったため、6 グループで企業生 1 人、一般生 2 人とした。後半 7 月では企業生 5 人に対して、一般生 14 人であったため 5 グループで企業生 1 人、一般生 3 人とした（そのうち 1 グループだけ企業生 1 人、一般生 2 人）。

さらに、1 週目の後半に「私の企業にある製品の機構の調査」を行った。これはグループにいる企業生の働いている企業にある製品に対して、その機構を調べた。

2 週目は 1 週目の続きと、プレゼンテーションの資料作成の時間とした。プレゼンテーションの内容は、(A)機構の紹介をグループの人数マイナス 1 つ分、(B)グループにいる企業生の企業で使われている機械（もしくは製品、試験機など）における機構の紹介を 1 つ、プラス α として企業の CM である。

プレゼンテーションの条件は、(1)発表時間は 10 分であること、(2)機構の紹介(A)は誰が発表しても構わない、(3)企業で使われている機構の紹介(B)は一般生が行うこと、(4)(A)、(B)ともに一つの製品に対してスライドは 1 枚でおこなうこと、とした。

プレゼンテーション資料を作成する前に、どんな事を聴衆者に伝えたいかを明確にするためのワークシート(A3 用紙)を用意した。このワークシートを使ってまずは紙の上で何を伝えたいのかという「コンセプト」を明確にする作業をさせた。しかしながら、教員の説明不足が原因で、いきなりパワーポイントから作り始める学生が多々存在した。

2 週目に関して、教員は机間巡視に徹し、学生が困っていることなどについてアドバイスを行った。資料作成を行う上で学生が使用していたものの一つに Microsoft Teams がある。あるグループにおいて、やむを得ない事情で企業生が欠席をしていたが、Teams のチャット機能を使うことで意思疎通を図っていた。また資料はパワーポイントを用いて作成していたが、パワーポイントの資料をグループで共有し共同編集を行っていた。共同編集については教員から特に指示はしておらず、学生が試行錯誤で行ったものである。この様子を見て共同編集を試すグループも現れた。また発表に対する原稿や発表練習もこの時間に行った。

3 週目に関しては、2 週目で作成したプレゼンテーションの発表、発表後の振り返りを行った。発表方法は 10 分の発表に対して、質疑応答を 5 分とし

た。なお発表時に使ったタイマーの設定として、第 1 鈴を 8 分後、第 2 鈴を 10 分後、第 3 鈴を 15 分後とした。

発表はあらかじめ 10 分に満たなくても良いことを説明した。この理由として、10 分の発表をしなければいけないという切迫感を持たせないため、2 週目の 2 コマの時間だけでは 10 分の発表内容を作るのが困難であるためである。これより、発表が初めての学生もいた中でなるべく緊張せず行えた様子であった。

発表の順番はランダムであり、発表する直前に発表するグループを指定した。同時に質問・コメントをするグループを指定した。質問・コメントに関しては基本的にはそのグループのどなたかが行う形である。また質問・コメントが途切れた場合は教員が質問・コメントを行った。

質問・コメントに関しては途切れることは少なく、一度質問が出ると他の学生も質問する形が多かった。質問については企業の製品について企業生が行うことが多かった。

発表中、聴講者は「プレゼンテーション聴講用レポート用プリント」を作成した。これはそれぞれのグループの「内容」と「おお！と思った事(内容 or プレゼンテーション)」を書いていくものである。

すべてのグループの発表後、振り返りを行い自分の発表でよかったこと、改善すべき点をグループ内で話し合った。振り返りの意見を各自でまとめレポートして提出させた。

4.2 学生の反応と受け止め

最終週における Fig. 1 の問 7、問 8 の振り返りの結果について述べる。問 7 の分類結果を Table 6 に、問 8 の一般生における分類結果、企業生における分類結果をそれぞれ Table 7、Table 8 に示す。

問 7 については Table 6 より、[仕組み/機構]について、生活中に何らかの意識を持つようになった票数は 24 票であり、さらに 4 票については[仕組み/機構]について興味を持つようになっている。この結果より、本実習によって、受講生の 84.8%は機械に関心を持ったと言える。また、「わからないことを自分で調べるようになった」という意見も 4 票あり、自学自習のきっかけを作る可能性のある実習であることがわかる。さらに「部品に対しての調

Table 6 Classification of responses and number of responses (Question 7).

機械 (もの) の仕組みを知って、あなたの生活に どんな変化がありましたか?【自由記述】	
[仕組み/機構]について考えるようになった	11 票
[仕組み/機構]について気になるようになった	8 票
[仕組み/機構]について意識するようになった	5 票
仕組みについて興味をもつようになった	4 票
わからないことを自分で調べるようになった	4 票
視点が変わった (仕組みを知ったため/機械工学 の視点/組立てやすさをみるようになった)	3 票
どの部品がどう使われているのかやどう役立っ ているのがわかったりした/ものに興味を持ちや すくなった/仕事を振り返る機会になった/車等 の機構についてになるが、部品に対しての調整や 設備を見直した/身近なものを分解して仕組みを 知ることが増えた/人類の知力と団結力を感じる ようになった/知識が増えた/特定のものをみる ことでプレゼンテーションの内容を思い出すよう になった	1 票

回答数 33 人 分類は同一人物で複数あるため票の合計数と回答者数は一致しない

整や設備を見直した」, 「身近なものを分解して仕組みを知ることが増えた」との意見もあり, 本実習が実際の生活に影響を及ぼすことを示している. 言い換えれば, 機械に対する学習を学内以外から自発的に行なっていることを示している. このように自学自習や自発的な学習を行うのは本実習以降の学びに期待を持っているためである.

問 8 の一般生の結果については Table 7 より「企業生の考え方がわかるようになった」という票数が一番多かった. 回答一例として, 「ものづくりをする人が実際に身近にいると実感して, 製品がどの会社で作られているか見るようになった.」, 「企業生のキャリアのノウハウを少しでも吸収できた」, 「今後, 就職するならどういった事に気をつけるかなど知れてよかった.」などがあり, 機械工学以外の学びもできていることが示された. 一方で, 問 8 の企業生の結果についても Table 8 より「一般生の考え方がわかるようになった」という票数が一番多かった. 回答一例として, 「高校を出たばかりの視点や最近の主流を知ることができた」, 「普段気付

Table 7 Classification of responses and number of responses for students graduating high school (Question 8).

一般生が企業生と、もしくは企業生が一般生と関 わってあなたの生活にどんな変化がありました か?【自由記述】	
企業生の考え方がわかるようになった	15 票
交流が増えた	7 票
企業生が頼りになる存在であることを認識した	3 票

回答数 22 人 分類は同一人物で複数あるため票の合計数と回答者数は一致しない

Table 8 Classification of responses and number of responses for students dispatched by the company (Question 8).

一般生が企業生と、もしくは企業生が一般生と関 わってあなたの生活にどんな変化がありました か?【自由記述】	
一般生の考え方がわかるようになった	8 票
コミュニケーションの取り方を考えるようになった	3 票
交流が増えた	3 票
過去を振り返るようになった	2 票
冷静に物事を考えられるようになった/リーダー シップについて考えるようになった	1 票

回答数 11 人 分類は同一人物で複数あるため票の合計数と回答者数は一致しない

けなかった面を知ることができた」という意見があった. 今回, 企業生の企業の製品についてプレゼンテーションをする課題を出したが, その課題作成のときに感じた意見であると想像される. さらに企業生からは「コミュニケーションの取り方を考えるようになった」という意見も 3 票あった. これよりお互いの考え方がわかることは大切である一方, 考え方を伝えるためにはコミュニケーションの取り方も大切であることを認識し始めていることがわかる. 言い換えれば, チームでものをつくるときの難しさを理解し始めていると言える.

「交流が増えた」に関しては一般生が 31.8%, 企業生 27.2%であり, この割合は決して高くないとい

える。理由としては、一般生と企業生の年齢差や、企業生が入学前の事前研修によってグループがある程度出来上がってしまっていることが予想される。本実習以外のグループワークとしては機械工学実験や卒業研修があるため、今後、交流が増える可能性はある。

Table 7 の一般生の意見に「企業生が頼りになる存在であることを認識した」が 3 票あった。一般生と企業生ではプレゼンテーション資料の作成経験や機械に対する知識の差がある可能性が高いため、企業生の方が資料作成の作業を進めてしまう場面があった。それを見た上で「頼りになる」という意見が出たと予想される。仕事経験の差から企業生が頼りにされやすいことは否めない。しかしながら、頼りにし過ぎることに注意が必要である。

一方で、Table 8 の企業生の意見に「リーダーシップについて考えるようになった」が 1 票あった。本実習で企業生に学んでほしい項目ではあった。しかしながら 1 年前期で授業のペースがまだ掴めていないことを踏まえると、リーダーシップについて考えることは敷居が高いと考えられる。グループワークは前述の通り 1 年後期以降もあるので、「リーダーシップについて考える」ことは今後のグループワークで培うようにしていきたい。一方で上記の意見が出ていることは、チームをまとめる重要性について認識している学生は存在していると言える。

5. 「物体の形を表現する」の設計と実践

5.1 実施内容と授業の状況

第 8 回～第 10 回の 3 回分合計 6 コマの授業では、物体の形を表現する製図分野の実習をおこなった。実際のものづくりのための製図で、3 次元の物体を 2 次元で表現する投影図の技法や表現、サイズを理解するための寸法・尺度を中心に実習をおこなった。本テーマは、「製品を企画・デザインする」「機械の仕組みを知る」をサポートする内容である。

1 週目の 2 コマで投影図を中心とした講義と演習をおこなった。実習科目であるため、製図の詳細を説明するよりも、最低限の投影図の理解に絞り、できるだけ実践することで自ら学ぶことを促すこととした。実際には、「JIS にもとづく標準製図法 第 15 全訂版 (大西清著, オーム社)」という製図法に関する書籍を活用することを促した。

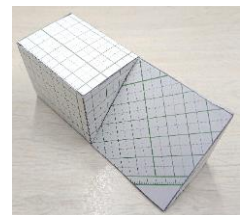
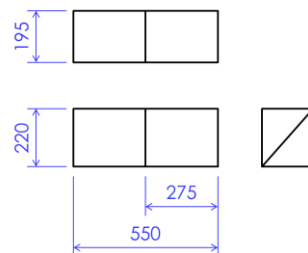
2 週目の 2 コマで投影図から模型をつくり演習と 3 次元 CAD の演習を 1 コマずつ実施した。模型づくりから、2 次元の投影図と 3 次元の物体の関係を理解すること、尺度やサイズの感覚をつかむことを目標にした。また、企業の製図で一般的なコンピュータによる製図 (CAD) の実習をおこなった。

模型づくりでは、ボール紙でできたスマートバリュー社製 A3 判工作用紙 (品番 B259J) を学生 1 名ごとに 1 枚提供し、投影図から模型をつくる Fig. 8 の課題をおこなった。配布したボール紙は、適切に使えば 2 つの課題を十分にできる分量である。実際、大半が課題 1 について模型をつくることができた。3 次元 CAD の演習では、模型づくりで制作した立体とおなじものをコンピュータ上で制作するというものである (Fig.9)。3 次元 CAD アプリケーションには、Autodesk 社 Inventor を用いた。1 コマの実習であったが、受講生全員が課題 1 の物体を作成でき、13 名 (38.2%) の学生が課題 2 まで作成することができた。立体物と投影図を作成するというので、模型づくりが 2 次元 (投影図) から 3 次元 (物体) の変換、3 次元 CAD が 3 次元から 2 次元の変換を行うものである。

3 週目は、「A3 用紙に身の回りの製品のサイズ

次の投影図の尺度 1:5 の模型を A3 の工作用紙 1 枚を使ってつくってみましょう

課題 1 (必須課題)



課題 2 (追加課題)

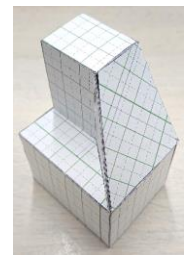
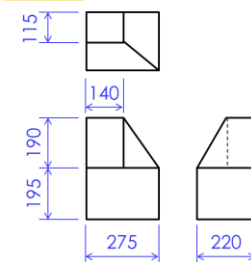


Fig.8 Practices in making paper 3D models (left) and examples of products (right).

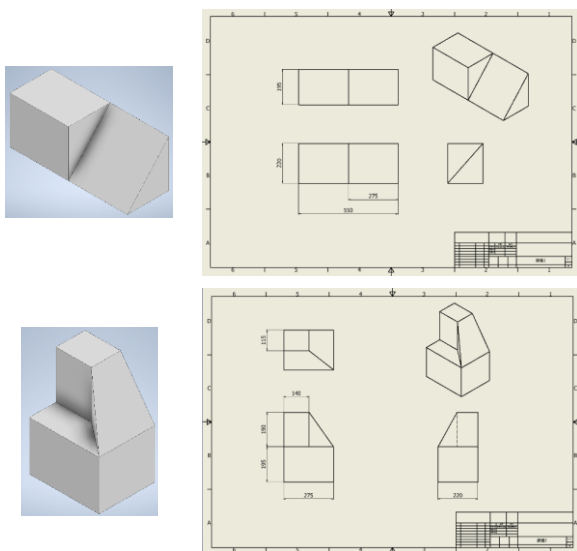


Fig.9 Objects (left) and projections (right) produced by 3D CAD.

を計測し、現尺ではない三面図（投影図）を描く」という課題を提示した。選ぶ製品で難易度が決まるが、学生個人個人の能力に応じて設定するよう求めた。対象製品は多種多様であり、目覚まし時計・扇風機・自動車・ヘッドホン・コンパス・爪切り・タコ焼き機の鉄板等である。機械製品に比べ、身近な製品は曲面が多く、作図は容易でなかったようである。最低限、作図の表現ができるように、適切な投影図ができていないか評価した。十分な評価でなかった受講生に対しては、再提出を求めた。

5.2 学生の反応と受け止め

2週目の授業後に、模型づくりとCAD実習について、受講生に対して振り返りを求めた。概して、ポジティブな意見が多く、特にCAD実習が楽しく、今後も学びたいというニーズが受け止められた。

模型づくりについて、正確さの自己評価をTable 9に示す。2名を除き、多くの受講生は製作できた（33名、94.3%）。反省点のコメントとしては、2次元の投影図を早く読み取れるようになりたいといったポジティブなものも多く読み取れた。

CAD実習について、実用を鑑みたポイントを問うた。実際にものづくりをおこなう際、加工業者・製造業者に外注したり、社内で設計部門から製造部門に依頼要請がある場合が多い。そのような理解から、製造者が正しい寸法を理解できるような図面作

Table 9 Classification and number of responses to student reflections in the 15th class (Question 2)

模型づくりの自己評価	回答数	(回答率)
5 寸法の間違い無し	7	(20.0%)
4 間違い3ヶ所	14	(40.0%)
3 間違い5ヶ所	7	(20.0%)
2 間違い10ヶ所	5	(14.3%)
1 製作できない	2	(5.7%)

成が望ましいという意見が多かった。イメージ図を添えると伝わりやすいといった意見もあった。製造者が正しくつくれるよう把握しやすい寸法、生産しやすい図面の配慮が必要という理解である。

CAD自体が簡単に使え、試行錯誤がやりやすいといったCADの良い特性についての意見もあった。面をつくり、それに厚みをつけるといった立体作成の基本を捉えている方も多い。立体のつくりかたにも、物体を組み合わせる足し算のような考え方と、物体を削るといった引き算のような考え方があるという指摘もあった。ベクター形式のデータを使うことで、データのやりとりがしやすい点も挙げられた。ものづくりの動向を見ると、今後は2次元図面（投影図）主体から3次元図面への移行が進んでいくと予想されるため、3次元図面の作成方法（CADの使い方）も知っておく必要がある。あくまでツールであり、本質的に何が重要かをとらえる必要もある。2次元図面がなくなることはないと思われ、2次元図面の理解も引き続き求めたい。

Fig.1の振り返り設問9で学生個人個人の理解度を確認した。「A3用紙に身の回りの製品のサイズを計測し、現尺ではない三面図（投影図）を描く」の課題提出およびフィードバックをおこなった後の学生の回答である。各項目の理解度は、Table 10の通りである。①投影図の作図は、84.8%の学生が実行できたと答え、説明や実習で理解でき実行に移せたということが理解できる。①投影図の作図以外については、体系的な説明をほとんどおこなっていないため、自ら教科書等で学び、理解・実行ができたと捉えることができる。②様々な線種の利用が57.6%、③寸法の表現が75.8%、④適切な尺度の利用が72.7%と大半のかたが理解し実行できたと回答している。⑤補助投影図の利用が39.4%と少ないが、説明がなかったところ、自ら学び実行でき

Table 10 Number of responses to student reflections in the 15th class (Question 9).

設問 9「製図実習で理解して実行できた項目」

項目	選択数	(選択率)
①投影図の作図	28	(84.8%)
②様々な線種の利用	19	(57.6%)
③寸法の表現	25	(75.8%)
④適切な尺度の利用	24	(72.7%)
⑤補助投影図の利用	13	(39.4%)
⑥その他	2	(6.1%)

ていたという悪い評価でないと考えられる。その他、「テーパ加工や拡大表現の図示」「製図法で決められたその他の表現方法、ねじの描き方、面取りなど」といった記述もあり、能動的に学び、自らの知識・技能を自由に伸ばすことができた学生も存在している。学生のモチベーションによるところがあるが、能力に応じ、自ら課題を設計して、自ら学ぶことで、短期間で学生個人に合った能力養成がおこなわれたと理解することもできる。

なお、受講生の高校時代の所属学科は、普通科 17 名 45.9%，機械系学科 10 名 27.0%，非普通科・非機械系学科 10 名 27.0%であった。すなわち、高校時代の学びをそのまま活用した可能性がある学生が 27.0%いたことも押さえておく必要がある。その 27.0%が受講生全体に良い効果を与えた可能性も十分にある。

Fig.1 の振り返り設問 10 で製図分野において後期以降に学びたい内容を尋ねたが、30.3%が CAD、27.2%が描き方に関する回答が見られた。実習で実際に疑問を持ったり、関心を持ったことをさらに学びたいと考えるきっかけづくりを提供できたともいえる。特に CAD の関心が高く、授業当日において、肯定的な意見が多数見られた。企業などで多く使われている実用性と簡単に物体をつくることの便利さや楽しさに惹かれたといった意見が多かった。模型づくりと合わせて 2 次元と 3 次元の変換が理解しやすかったという意見も少なくなかった。

6. 授業全体の学生の印象

授業評価アンケートによると、機械デザイン実習授業全体として、意欲的に取り組んだ受講生が多い

Table 11 Excerpts from the results of the class evaluation questionnaire.

「この授業に意欲的に取り組みましたか。」

分類	回答数	(回答率)
取り組まなかった	0	(0%)
	1	(3.2%)
普通	4	(12.9%)
	5	(16.1%)
取り組んだ	21	(67.7%)

「この授業にどの程度満足しましたか。」

分類	回答数	(回答率)
不満	1	(3.2%)
	1	(3.2%)
普通	7	(22.6%)
	9	(29.0%)
満足	13	(41.9%)

(Table 11) . 比較的満足度も高いと言える。自由記述の感想欄には、グループワークに関する意見が複数あった。「一般学生と社会人学生が交流しながら取り組める内容であり、他の授業で学んだ知識をアウトプットしながら実践的に取り組めるものでした。」が一例である。「全体を通してタイトだと感じた。授業そのものは楽しかった。」のように授業が大変であるというコメントもあった。これについては、「課題がしんどくあまり取り組めなかった。」などのように、アンケート中の改善点の設問や授業外の個別の学生のコメントでもいただいている。

一方で、最終回の振り返りにおいて、ものづくりの流れを問う設問 1 (ものづくりの流れを教えてください。)について、次のように回答を分類できた。

授業内で説明した流れを示しており、ものづくりの流れを理解できている - 20 名 (60.6%)

授業内で説明した流れとは異なるが、ものづくりの流れを示すことができている - 10 名 (30.3%)

ものづくりの流れを示すことができない
- 3 名 (9.1%)

9 割の学生が本実習を経て、ものづくりの流れを答えられるようになったと考えられる。

ものづくりで重要な視点を問う設問 2 は、Table

Table 12 Classification and number of responses to student reflections in the 15th class (Question 2).

設問 2 「ものづくりを行う上で重要な視点」

分類	回答数	(回答率)
設計	10	(30.3%)
製図	3	(9.1%)
機械工学の基礎	2	(6.1%)
コミュニケーション	12	(36.4%)
コンセプト	6	(18.2%)
その他	5	(15.2%)

12 の回答のように分類できた。機械工学を一般的に学ぶ場合、「設計」「製図」「機械工学の基礎(材料力学・流体力学・熱力学・機械力学)」に集約されると思われる設問である。しかしながら、本実習を経験することで、実際にものづくりを行う上で重要な「コミュニケーション」「コンセプト」の回答数が比較的多い。「設計」「製図」「機械工学の基礎(材料加工・材料強度・熱流体・計測制御)」を合わせた回答数が 15 であることに對し、「コミュニケーション」「コンセプト」を合わせた回答数が 18 である。ものづくりの実態を押さえた理解が見られた。

授業を経験して今後学びたいと思った分野である設問 3 では、Table 13 の通りに分類された。機械をデザインする課題から、機械工学の基礎をしっかり学びたいという回答が多い中、3 名デザインに関心をもつ学生がいることがわかった。

7. まとめ

7.1 結論

本報では、2023 年度新入生向けの実習科目「機械デザイン実習」について、下記 3 項目を踏まえた授業設計をおこない、実践した。本実習で 3 項目がどのように変化したかを検証した。

- ① 新入生に機械に関心をもってもらい、以降の学びに期待をもってもらうこと
- ② 企画・デザインと試作を体験することで、ものづくりの流れを理解すること
- ③ チームでものをつくる難しさと重要性を理解してもらうこと

83.8% の受講生が意欲的に取り組み、70.9% の

Table 13 Classification and number of responses to student reflections in the 15th class (Question 3).

設問 3 「今後学びたい機械系分野」

分類	回答数	(回答率)
製図	7	(21.2%)
設計	3	(9.1%)
CAD	3	(9.1%)
材料加工	3	(9.1%)
材料強度	3	(9.1%)
熱流体	6	(18.2%)
計測制御	5	(15.2%)
デザイン	3	(9.1%)
その他	3	(9.1%)

受講生が比較的満足している授業であった (Table 11)。次の学期以降に對して、学びたいことを見出せていたり (Table 13)、一般生・企業生という異なる属性の受講生で関わることで、ものづくり技術者として働くことを期待したりする部分が見られた。本実習を経て、90.9% の受講生がものづくりの流れを答えられるようになったと考えられる。ものづくりをおこなう上で重要な視点の 1 つが「コミュニケーション」と 36.4% が答え (Table 12)、属性の異なる受講生との関わりでコミュニケーションを改めて認識するようになった (Table 6・Table 7)。また、コミュニケーション力が向上したと自ら気づいた受講生が 63.6% (Table 3・33 名中 21 名) と答えた。つまり、設計された①～③について、おおむね期待する方向性へと受講生を誘導することができた。

7.2 課題と展望

本実習について整理・検証することで、課題が得られた。それは、グループワークや企画の能力といった暗黙知になり得やすい養成されるべき能力について、形式知にすることができる授業設計が十分にできていなかった点である。3 章でも述べた通り、時間配分の問題を挙げる受講生が多く、15 回の授業内容の関連性・整合性について、一部の受講生が不満に思っているコメントをもらっている。新入生に對して、ものづくりの企画・デザインやグループワークの機会を多く提供できたことは好ましい形

であったが、受講生が得られたことを整理し、これからの課題に対して活かせる仕組みづくりを再設計する必要がある。

謝 辞

授業運営に関して、本学の多くの教職員のご協力をいただいた。また、機械デザイン実習の受講生には、アンケート調査など、授業改善のご協力をいただいた。皆様に心より感謝を申し上げたい。

参考文献

- 1) 太田和希, 内ノ倉真吾: 理科教育学研究, **60** (2019) 291-300.
<<https://doi.org/10.11639/sjst.19028>>
- 2) 藤間信久, 東直人, 藤田晶子: 精密工学会誌, **75** (2009) 587-590.
<<https://doi.org/10.2493/jjspe.75.587>>
- 3) 野中郁次郎, 紺野登: 知識経営のすすめーナレッジマネジメントとその時代ー, ちくま新書, 1999, 104-115.