

PRINT ISSN: 2436-8296  
ONLINE ISSN: 2436-8288

# 湘南工科大学教職センター一年報

第6号 2026年

# 湘南工科大学教職センター年報

## 第6号(2026年2月)目次

### 第1部 論考

第7回(R7年度)教職ワークショップ実施報告……………	教職センター長 加保貴奈	4
スポーツ用具作成における実使用を重視したものづくり教育の実践……………	池原忠明	8
農業と工業を横断するIoT水耕栽培システムの研究と教育的意義……………	池原忠明	12
福祉実習を通じた体験的理解と工学的視点からの考察……………	池原忠明	16
初学者向けWeb教育におけるHTML/CSS学習と発展的PBL型授業への展開 ……………	牧紀子・田原雅浩	21
テーマ選択型授業におけるカリキュラム統制の方法 —プログラミング実習の事例—	清水哲也	32
日本の道徳教育へのデューイ教育思想の影響……………	岡敬一郎	40
外国籍生徒に対する生徒指導および進路指導の現状と課題……………	豊田賀子	48
各教科・総合的な学習の時間・特別活動を有機的に関連付けた探究的な学びの充実……	尾崎誠	56
定時制工業高校における「工業情報数理」の授業実践……………	木村圭一郎	66
定時制工業高校における職業指導の現状と課題……………	木村圭一郎	72
中学校数学科において「主体的に学ぶ態度」を育むカリキュラム・マネジメントの実践 ……………	米倉康子・尾崎誠	77
ICTの活用によって数学的対話を促進する指導法の工夫改善 ～「わかった」を引き出す発問と学習課題の工夫～……………	米倉康子・尾崎誠	86
機械工学教育における導入科目と専門科目の「ブリッジ」設計 —「思考カップリング」による専門学習の動機付け最大化モデル— ……	佐藤博之	95
湿り空気線図の大学教育と空調設計実務におけるギャップの可視化と教材開発の提案 ……………	佐藤博之	104
Scratchを利用した測定機器装置の開発……………	水谷光	114
フーリエ変換を用いた多項式近似について……………	水谷光	120

### 第2部 令和7年度 教育実習の報告・指導案等…………… 127

中学校 技術・家庭科(技術分野)

中学校 数学

高等学校 工業

高等学校 情報

※ 「教育実習の報告・指導案等」については冊子版のみの掲載とし、オンライン版では掲載しません。  
冊子版の閲覧をご希望の方は、湘南工科大学教職センターまでお問い合わせください。

# 第 1 部

## 論 考

## 第7回(R7年度)教職ワークショップ実施報告

加保 貴奈 (湘南工科大学教職センター・センター長, 教授)  
岡 敬一郎 (湘南工科大学教職センター・副センター長, 教授)  
尾崎 誠 (湘南工科大学教職センター・准教授)  
豊田 賀子 (湘南工科大学教職センター・准教授)  
飯田 薫 (湘南工科大学教職センター・特別講師)  
川崎 武晴 (湘南工科大学教職センター・特別講師)

### 1 はじめに

本稿では、令和7年8月9日に開催された「第7回(令和7年度)教職ワークショップ」の実施報告について述べる。参加者は計67名であった(内訳:卒業生および一般関係者19名,学生39名〔1年生3名,2年生8名,3年生13名,4年生15名〕,教職員9名)。

卒業生の参加者については、継続して参加している現任教諭が多く、本企画の趣旨をご理解のうえ積極的に参加いただいております。大変喜ばしいことである。以下に、プログラム内容および当日の様子について詳細に報告する。

### 2 第7回教職ワークショップの実施要項

#### 2.1 位置づけと目的

本学の教職センターは2017年度4月に発足し、それと同時に「教職ワークショップ」がスタートした。その位置づけと目的は当初から変わることなく、「本学を卒業した中高の現任教員によるネットワーク構築および今後の持続的展開」と、「現任教員から教員を目指す学生への意識醸成」を趣旨としている。

昨年度の参加を経験した学生が2,3年次生や4年次生となって、教職課程で学ぶ学生たちの学年を越えたつながりを「継承」するために時間を共有できたことは、意義深いものであったと考えられる。

#### 2.2 プログラムの内容

日時・方法:令和7年8月9日(土),13:00~18:00

##### 第1部 パネルディスカッション

テーマ「教職の魅力とは ~授業の楽しさ・学校の魅力~」

講演者:大久保 勝彦 先生 (磯子工業高等学校 定時制 教師)

池田 悠士 先生 (相模原市立上溝南中学校 教師)

4年生 田中 翼 さん, 大木 杏莉 さん

進行:尾崎准教授

##### 第2部 交流会

グループワーク「授業の楽しさ・学校の魅力を語りあおう!」

##### 第3部 情報交換会

### 3 第7回教職ワークショップの開催報告

### 3.1 第1部内容

#### ●講演「教職の魅力とは ～授業の楽しさ・学校の魅力～」

講演者：大久保勝彦 先生，池田 悠士 先生

上記 2 名の卒業生（現任教諭）から，尾崎准教授の進行のもと「教職の魅力」について熱く語っていただいた。パネリストの先生方は，高校工業，中学技術のご専門であり，それぞれの環境における実体験から，「教員の魅力」についてお話しいただいた。ここで共通していた内容は，「生徒の成長をともにできること」，「生徒の変化に影響を与えること」などが挙げられていて，やりがいのある仕事であることが語られた。

予定されていた講演時間はあっという間に過ぎ，共有された時間は教職課程で学ぶ学生にとって，学びの多いひとときであったことは間違いないと思われる。中学・高校の教諭を目指す学生にとっては，今後の教育現場に何が必要なのか，非常に示唆に富む内容を拝聴することができたものと考えている。その後，4年生の田中 翼さん，大木 杏莉さんから，教育実習での気づきや感想について紹介があった。

### 3.2 第2部内容

第2部の最大の目的は，教職課程を履修する学生たちが，当日参加された現任教諭卒業生から学校現場の様々なお話を聞き，新たな気づきを得ることにある。以下にその概要について説明する。

#### ●グループワーク・テーマ：「授業の楽しさ・学校の魅力を語りあおう！」

本ワークショップの進行は，主に3年生の学生が各グループの進行役となり，学年混成，卒業生も3名程度参加いただいて，3つの教室で計9グループ編成にておこなわれた。

上級生がそのグループでのファシリテーターとなり，対話の様子をホワイトボードやワークシートに整理する形で展開され，本学が進めているアクティブ・ラーニングで鍛えられた姿も見かけた。学生からは率直な質問内容もあり，現任教諭側の回答も卒業生ならではの回答やアドバイスをして頂いた。

### 3.3 第3部内容

第3部は情報交換会の位置付けにおいて，卒業生，3，4年次学生，教職員が参加した。卒業生の方には近況報告を一言頂き，学生たちの様子は，最初は少し緊張していたようだが，徐々に場の雰囲気にも慣れていたように見えた。非常に有意義な時間であったことが推察された。

### 3.4 アンケート結果

参加された卒業生および学生からのアンケート結果（回答数39件）について，以下の通りまとめる。

第1部の運営については、昨年度はパネルディスカッションで4名の卒業生に講師としてご登壇いただいたところ、講演部分の時間が長かったというアンケートの感想があったのをふまえ、令和7年度は講演の時間配分を減らし、第2部のグループワークの時間を増やすよう変更した。アンケート結果を見ると、かなり満足度が高かった（表1、図1）。

第2部の運営についても、楽しかった、新しい気付きがあった、3-4年生の進行が良かった、という感想が複数あり、満足度も高い結果となった（表1、図2）。昨年度は参加者が100名以上と多かったが、今回、より自主的な参加形式にしたところ、本ワークショップに意欲的な学生の割合が高かったのかもしれない。

表1 アンケートのコメント（抜粋）

<p>パネルディスカッション @第1部</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中々聞くことができない現場の気持ちや現状などを聞くことができより良い時間を過ごすことができた。</li> <li>・高校・中学、それぞれの魅力を聞いてとても良かったです。</li> <li>・高校および中学の教員の方々から、普段の仕事の様子を紹介ただいて、業務をイメージできたので良かったです。</li> <li>・定時制のお話を聞いたのは貴重であった。</li> <li>・全教員の魅力や科目の魅力、そして教育実習を通して得られるものを知ることができた。</li> <li>・4年生の先輩方の話でICTの活用が進んでいることが聞けるなど、学ぶことができました。</li> <li>・技術科教育についての話をもっと入れてほしい。</li> </ul>
<p>参加学生との ワークショップ @第2部</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・先輩や、教員ならではの考えや人によってのコロナの対応の違いや自分では思いつかなかった考えや意見を聞くことができとても楽しかったし、驚きや印象に残りました。</li> <li>・コロナ禍の当時に先生方がどのような苦労をされているかを知ることができた。</li> <li>・授業展開で面白くするためには遊び心が大切だと知ることができたり、失敗したとしてもやり続けること大切だと知ることができたりして、貴重な体験談を聞くことができました。</li> <li>・学生がグループの話し合いをリードし、学生自身が感じている学校や教員に対するイメージや理想を聞くことができたことは勉強になりました。今後の教育を支える頼もしい姿が見られました。</li> <li>・進行の方のおかげで、自分が卒業生の方や外部の方に聞きたいことを全て聞くことができました。</li> <li>・一部と内容が被るので、別々のグループワークになるようにしたら、より充実した会となるのでは？</li> </ul>

第1部「全体会（卒業生，学生，教員による話題提供）」について

39件の回答

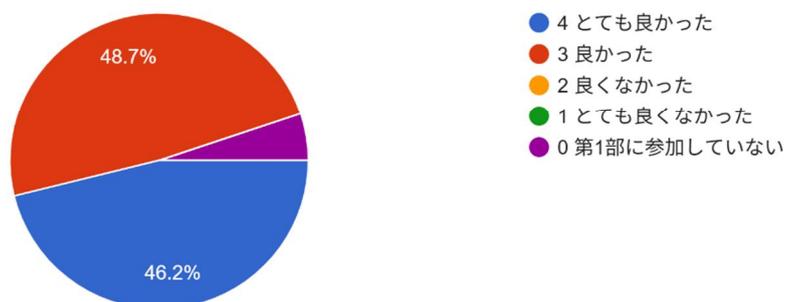


図1 参加者の満足度調査

第2部「グループトーク」について

39件の回答

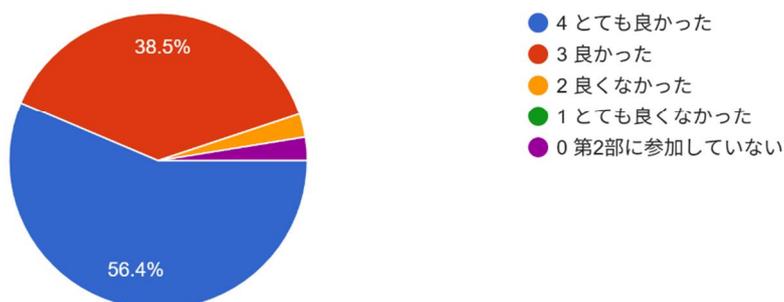


図2 参加者の満足度調査

#### 4 さいごに

今回の教職ワークショップは、昨年に引き続き対面参加で盛況なイベントとして終えることができた。このようなワークショップを企画して、多くの卒業生および教職を目指す学生、関係教職員が一堂に会して実施できたことは、何より卒業生の皆様のご支援があつてのことであると考えている。深く感謝申し上げたい。

次回に向けてはアンケート回答で頂いたご意見等を改めて精査し、ひきつづき卒業生と在校生で直接話ができる機会をもうけることで、現在の湘南工科大学の教職課程の活動状況を発信し、誇れる母校として意識していただけるよう、学生および教職員が協働して努めていきたいと考えている。

## スポーツ用具作成における実使用を重視したものづくり教育の実践

池原 忠明（湘南工科大学工学部人間環境学科・教授）

### 1 はじめに

近年の工学教育においては、設計・製作に関する知識や技能の習得に加え、実際の使用状況を踏まえた検証的学習の重要性が強く指摘されている。とりわけ、人が直接使用する製品や用具を対象とした分野では、性能や強度といった数値的評価だけでなく、使用者の身体特性、行動特性、さらには心理的側面を含めた総合的な理解が不可欠である。このように、「どのように使われるのか」「どのような環境で使用されるのか」を具体的に想定することが、ものづくり教育において重要な要素となる。

従来のものでづくり教育では、設計図通りに製作できたか、完成度が高いかといった点が評価の中心となりやすかった。しかし、実際の現場では、完成度の高い製作物であっても、使用環境や使用方法が想定と異なる場合には十分な性能を発揮できないことも多い。したがって、製作と同時に使用を通じた検証を行い、その結果を踏まえて再考する学習プロセスが求められている。

本稿では、「スポーツ用具作成」における授業実践を通して、体験的理解を起点とした工学的思考の育成について報告する。本授業では、個人製作によるルアーづくりと、グループワークによるキャンプ用品づくりの二つの活動を柱とし、いずれにおいても実際のフィールドで使用・検証することを重視した構成となっている。製作から使用、振り返り、考察までを一連の学習過程として位置づけることで、単なる工作体験にとどまらない実践的な学びを目指した。

### 2 スポーツ用具作成の概要

#### 2.1 授業の目的

本授業の目的は、スポーツやアウトドア活動を題材としたものづくりを通して、設計・製作技術の基礎を学ぶとともに、実際の使用体験から課題を発見し、改良につなげる工学的思考力を養うことである。また、屋外活動や共同作業を通じて、他者と協力する力、安全に配慮した行動、自然環境との関わり方についても学修することを狙いとしている。

さらに、将来、教育現場や技術指導に携わる可能性のある学生に対して、体験を重視した授業設計の重要性を理解させることも、本授業の副次的な目的である。自らが体験者となることで、学習者の立場に立った指導の在り方を考える契機とすることを意図している。

#### 2.2 授業構成

本授業は、大きく分けて前半の個人製作と後半のグループワークの二部構成で実施された。前半では、ルアーの個人製作を中心に、設計から試作、調整までを各自が主体的に行った。一方、後半では、キャンプ用品の企画・製作をグループで行い、協働的な問題解決を重視した学習を展開した。

いずれの製作活動においても、完成後に実際のフィールドで使用し、使用感や問題点を確認する活動を組み込んでいる点に本授業の特徴がある。この「使用を前提とした製作」という考え方は、実際の利用場面を基準に検証する実践的なアプローチと共通しており、

学生にとって工学的視点を具体的に理解する助けとなっている。

### 3 個人製作によるルアーづくりと釣り実習

#### 3.1 ルアー製作の概要

個人製作では、バルサ材や身近な素材を用いたオリジナルルアーの製作を行った。学生は、形状、重量配分、浮力、フック位置といった要素を自ら検討し、試作と修正を繰り返しながら製作を進めた。この過程では、単に完成させることを目的とするのではなく、「なぜこの形状にしたのか」「どのような魚種や使用状況を想定しているのか」といった設計意図を言語化することを重視した。

また、材料の選択や加工方法についても、自身の技量や使用条件を踏まえた判断が求められた。これにより、設計と製作が切り離された作業ではなく、相互に影響し合うプロセスであることを体験的に理解する機会となった。

#### 3.2 釣り実習による使用検証

製作したルアーは、実際の釣り実習において使用した（図1）。現場での使用を通して、水中での動き、操作のしやすさ、耐久性、さらには使用者の動作負担など、机上や水槽実験では把握しきれない多くの課題が明らかとなった。

加えて、釣りそのものを体験することで、使用者の姿勢や操作手順、周囲環境への注意配分などを実感的に理解することができた。これにより、製作物単体の性能だけでなく、人の行動と製品との関係性を考察する視点が養われた。この点は、人の動きや使い方を観察し、製作物との関係を分析する視点につながるものである。



図1 釣り実習の様子

### 4 グループワークによるキャンプ用品づくり

#### 4.1 グループワークの進め方

後半のグループワークでは、まずキャンプ活動において必要となる用具や作業内容について、学生同士で意見を出し合うことから始めた。テント設営、火起こし、調理、食事、夜間の行動など、実際のキャンプ場で想定される場面を具体的に挙げ、それぞれの場面において必要となる用具や行動を整理した。

次に、既存の市販品や過去の経験をもとに、それらの用具における問題点や不便さ、改

良の余地について話し合いを行った。この段階では、「なぜ不便なのか」「どのような条件下で問題が生じるのか」といった点を明確にし、単なる思いつきではなく、使用状況を踏まえた課題抽出を意識させた。

こうした検討を経て、各グループで製作対象とするキャンプ用品を決定し、必要な機能や使用条件を整理した上で、材料選定や構造、寸法などの設計を行った。設計段階では、製作可能性や安全性、携帯性といった制約条件も考慮することを求め、現実的なものづくりを意識させた。

#### 4.2 製作活動とキャンプ実習による検証

設計内容に基づき、グループごとにキャンプ用品の製作を行った。製作過程では、役割分担や作業手順を調整しながら進める必要があり、協働的な作業を通してコミュニケーションの重要性も体験的に学ぶ機会となった。

完成した製作物については、その有効性や安全性を検証するため、1泊2日のキャンプ実習を実施した(図2)。キャンプ場では、テント設営や食事準備、火起こしといった一連の活動を学生自身が主体的に行い、グループで製作した道具を実際の環境下で使用した。

屋外という制約条件の多い環境において使用することで、製作段階では気づけなかった問題点や改良点が明らかとなった。例えば、設置のしやすさ、作業中の安定性、準備や片付けの容易さなど、実使用を通して初めて認識できる課題が多く確認された。

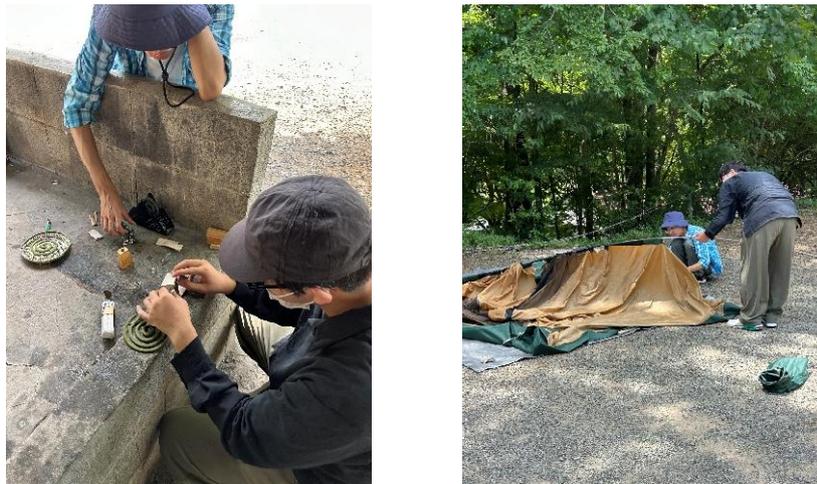


図2 キャンプ実習の様子

#### 4.3 体験を通じた学び

このような体験を通して、学生は「作れること」と「使えること」は必ずしも一致しないことを実感し、実際に使用して確かめる行為そのものが、ものづくりにおいて重要な工程であることを理解した。また、使用者の立場に立って課題を捉え直すことの重要性を認識する契機となった。

これらの気づきは、実際の使用場面で評価し検証することの重要性を示すものであり、本授業のグループワークは、体験的理解を通じた工学的思考の育成に有効であったと考えられる。

## 5 ものづくり教育の視点からみた実使用を重視した設計・評価の考察

本授業における実践は、ものづくり教育を基盤としつつ、実際の使用者や使用環境を重視した視点を自然に組み込んだ学習活動として位置づけることができる。ものづくり教育においては、製作技術や加工技能の習得が重視されがちであるが、本来は「誰が」「どのような状況で」「どのように使うのか」を想定した設計思考を育成することが重要である。この点において、実際の使われ方を基準に設計を見直す考え方は、ものづくり教育を理論的に支える重要な視座を提供している。

本授業で扱ったルアーやキャンプ用品は、いずれも人が直接操作・使用する用具であり、使用者の身体動作や姿勢、操作のしやすさ、安全性が使用感に大きく影響する。学生は、製作段階では十分であると考えていた設計が、実使用においては必ずしも適切ではないことを体験的に理解した。これは、人と道具と使用環境の関係性を重視する考え方と一致しており、体験を通して初めて実感できる学びであったといえる。

また、ものづくり教育の中で人間工学的視点を導入することで、完成品の出来栄だけでなく、使用時の負担や危険性といった評価軸を学生自身が意識するようになった。例えば、キャンプ用品においては、設置や片付けのしやすさ、作業中の安定性、夜間や悪条件下での安全性などが重要な設計要件として認識された。これらは、実際に使用することで初めて顕在化する課題であり、ものづくり教育において実使用を伴う学習の重要性を示している。さらに、このような視点は、ものづくり教育に「利用者や使い方の多様性」という考え方を導入する役割を果たしている。本授業では、学生自身が使用者となるだけでなく、グループ内で互いの使用状況を観察・共有することで、体格差や経験差によって使用感が異なることを認識した。この経験は、利用者を中心に据えた設計の基礎的理解につながるものであり、特定の使用者だけを想定しない設計の重要性を学ぶ機会となった。

このように、ものづくり教育の中に実使用に基づく評価と見直しの視点を組み込むことで、学生は単に「作る」ことにとどまらず、「使われ方を考える」「課題を発見する」「改善を検討する」といった一連の工学的思考過程を体験的に学ぶことができたと考えられる。本授業の実践は、体験を通して設計思考を育成するものづくり教育の一形態として、教育的意義を有するものである。

## 6 おわりに

スポーツ用具作成では、ものづくりの技術習得に加え、実際に使用して確かめる体験を重視した授業を展開した。ルアーづくりと釣り実習、キャンプ用品づくりとキャンプ実習を通して、学生は使用目的や設計課題を具体的に理解し、工学的視点から考察する力を身につけたと考えられる。

本実践は、実際の使用とものづくりを結びつける試みであり、体験的理解を基盤とした工学教育の一つの有効な形を示すものである。製作物を完成させること自体を目的とするのではなく、実際に使用し、課題を発見し、改善点を考察する一連の過程を学習として位置づけた点に、本授業の教育的意義がある。

今後は、本研究で得られた体験を技術科・工業科の授業実践へと還元し、体験を基盤とした学びの体系化を図ることを目指す。その過程を通して、体験的理解を重視した工学教育の在り方について、継続的に実践と検討を重ねていきたい。

## 農業と工業を横断するIoT水耕栽培システムの研究と教育的意義

池原 忠明（湘南工科大学工学部人間環境学科・教授）

### 1 はじめに

近年、日本の農業は担い手不足や高齢化、耕作放棄地の増加といった構造的課題を抱えており、従来型の農業生産の在り方そのものが大きな転換期を迎えている。特に中山間地域や都市近郊農業においては、労働力の確保が困難となり、作業負担の増大が生産継続の障壁となっている。このような背景のもと、農業分野においても工業技術や情報技術を積極的に導入し、省力化や効率化、さらには生産の安定化を図る取り組みが強く求められている。

一方、環境制御技術や情報通信技術の進展により、水耕栽培、植物工場、アクアポニックスといった工学的手法を基盤とする新しい農業形態が注目されている。これらの農業形態は、作物の生育環境を人工的に制御することを前提としており、農業と工業の境界が曖昧になりつつある現状を象徴している。すなわち、現代の農業は、単なる一次産業ではなく、工業的な生産システムとして再構築されつつあるといえる。

このような農業の変化は、教育の在り方にも大きな影響を与えており、農業と工業を別個の分野として扱うのではなく、両者が相互に関係し合い、補完し合う関係にあることを理解させることが重要である。農業の課題を解決するために工業技術が導入され、また農業の現場から新たな工業的課題が生まれるという循環的な関係性は、今後の社会を支える基盤となる視点である。

本稿では、指導してきた卒業研究「スマート水耕栽培装置の開発」および「アクアポニックス用水質モニタリングシステムの研究」を基盤として、農業と工業がどのように結びつき、相互に必要とされているのかを明らかにする。あわせて、これらの研究成果どのような教育的意義を持つのかについて多角的に検討し、体系的に整理することを目的とする。

### 2 卒業研究としての研究背景と目的

本研究は、家庭用水耕栽培装置および小規模アクアポニックスシステムを対象とし、IoT技術を活用して栽培環境および水質情報を計測・可視化するシステムの開発を目的として実施された。農業分野においては、作物の生育状況を適切に把握し、生育段階に応じた管理を行うことが、収量や品質の安定に直結する。一方、工業分野では、対象を数値として捉え、計測・制御・情報処理を通じて最適化を図るという考え方が基盤となっている。

従来の農業では、生育状況の判断や作業のタイミングが、長年の経験や熟練に基づく暗黙知に依存してきた。しかし、担い手不足や世代交代が進む中で、こうした暗黙知を次世代へ継承することは容易ではない。そこで、本研究では、工業分野で発展してきたセンサ技術やデータ処理技術を農業に導入することで、生育環境を客観的に把握し、誰もが共有可能な情報として扱うことを目指した。

計測対象としては、温度・湿度・水温・pH・EC・TDSなど、作物の生育や水質管理に直接影響を与える指標を選定した。これらの指標は、農業的には作物の健全な成長や養

液管理の基準となる一方で、工業的にはセンサ工学、信号処理、データ管理の対象となる。このように、一つのデータを農業と工業の双方の視点から捉えることができる点が、本研究の大きな特徴である。

取得したデータはマイコンによって処理され、Web システムを通じて可視化される。これにより、農業における栽培管理が工業的なシステムとして構成され、作業の客観化や遠隔からの確認が可能となった。本研究は、農業と工業が相互に補完し合い、密接に結びついていることを、卒業研究という形で具体的に示す試みである。

### 3 スマート水耕・アクアポニックスシステムの概要

卒業研究では、水耕栽培装置（図 1）およびアクアポニックス装置（図 2）を実際に製作し、農業と工業の要素が密接に関係し合うシステムを構築した。農業的には作物の生育環境を安定的に維持することが求められ、工業的にはその環境をどのように計測し、制御し、情報として扱うかが課題となる。本研究では、これらの要求を同時に満たす装置構成を検討した。

システムは、LED 照明による光環境制御、温度・湿度センサによる周囲環境計測、pH・EC・TDS・水温センサによる水質モニタリングから構成されている。これらの要素は、農業においては生育条件の調整に直結し、工業においてはセンサ工学や制御工学、情報工学の具体的な応用例として位置づけられる。

制御およびデータ処理には Raspberry Pi や ESP 系マイコンを使用し、計測データは Web インターフェースを通じてリアルタイムに確認可能とした。農業分野で扱われる生育情報が、工業分野で用いられる情報処理技術によって整理・可視化されることで、両分野の結びつきが一層明確となった。

また、装置の製作過程では、センサの配置や配線方法、防水対策、電源管理など、実装上の工業的課題に直面した。これらの課題は、農業現場に工業技術を導入する際に必ず生じる問題であり、試行錯誤を通して農業と工業の接点を具体的に理解する機会となった。こうした調整過程そのものが、農業と工業の関係性を学ぶ重要な学習要素である。

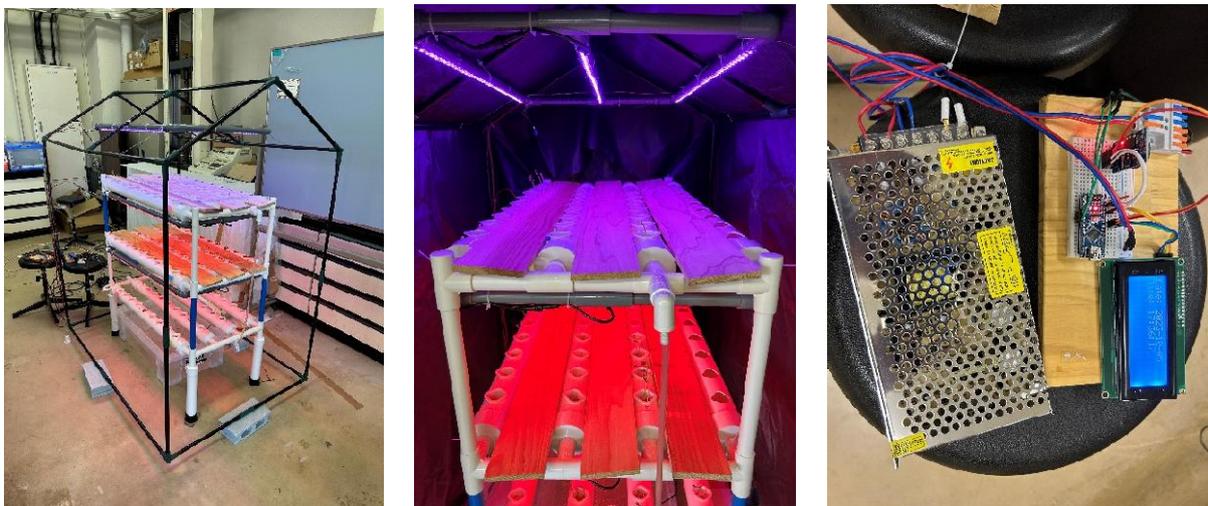


図 1 IoT 水耕栽培システム

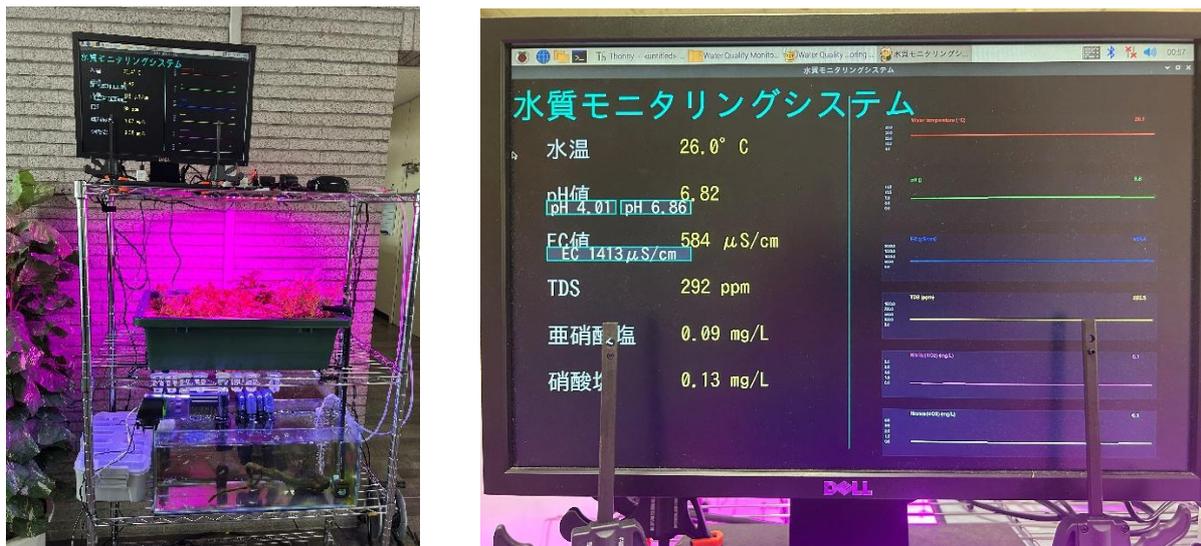


図2 アクアポニックスシステム

#### 4 農業と工業の接続としての教育的価値

本研究は、農業分野と工業分野において重視される教育的観点を、具体的かつ実証的に示す実践例である。従来、農業教育と工業教育は別個の文脈で扱われることが多く、両者の関係性が十分に意識されないまま学修が進められてきた。しかし、現代社会においては、農業は工業技術なしには成立し得ず、工業もまた農業という実社会の課題を通してその意義を発揮する関係にある。

本研究で扱った水耕栽培およびアクアポニックスシステムは、農業的には作物生育環境の安定化や効率化を目的とする一方で、工業的には計測・制御・情報処理技術の応用対象である。このように、一つの対象を農業と工業の双方の視点から捉えることで、両分野が相互に補完し合う関係であることを体験的に理解することが可能となった。

第一に、本研究を通して、農業を「生産システム」として捉える視点が育成された点が挙げられる。水耕栽培やアクアポニックスは、自然環境に依存する従来型農業とは異なり、環境条件を人為的に制御することを前提とした農業形態である。その成立には、工業的なシステム設計や制御理論が不可欠であり、農業と工業の密接な関係性を具体的に理解する教材となっている。

第二に、実体験を通じた問題解決能力の育成である。装置の製作や運用過程では、センサ値の異常、通信不良、電源の不安定さ、環境条件の変動など、多様な問題が発生した。これらの課題に対して原因を分析し、改善策を検討し、実際に修正を行う過程は、工業教育における問題解決型学習と共通しており、同時に農業現場における実践的対応力の育成にもつながった。

第三に、持続可能性や環境配慮への理解が深まった点である。水耕栽培やアクアポニックスは、水資源の有効利用や省スペース化を可能にする農業手法であり、工業技術によってその効果が高められている。本研究は、環境負荷低減と技術活用の両立を具体的に示す事例として、環境教育やSDGsと関連づけた指導にも発展可能である。

以上のように、本研究は農業と工業の接点を具体的に示し、両分野を統合的に理解させ

る点において、教育的価値を有すると考えられる。

## 5 「農業と工業」における教育的活用の可能性

本研究で扱った内容は、農業分野と工業分野において、多様な形で展開することが可能である。農業分野では、作物生育条件や栽培環境管理の理解に直結し、工業分野では、センサ技術、IoT、データ処理、制御といった基礎的な工学概念を具体例として示すことができる。

また、本研究は農業と工業を横断する題材として、STEAM 教育や探究学習への応用も期待される。学生自身が課題を設定し、データを収集・分析しながら解決策を検討する学習活動は、主体的・対話的で深い学びの実現に資するものであり、教職課程等で重視される教育理念とも合致している。

さらに研究活動を通して得られた知見や試行錯誤の過程は、単なる知識の伝達ではなく、探究のプロセスそのものを教材として活用できる可能性を有している。教員養成において、研究と教育を結びつける視点を育成する上で、本研究は有効なモデルケースとなり得る。

今後は、本研究の内容を中等教育段階の学習内容に適した形へと再構成し、農業教育と工業教育の双方に活用可能な教材として体系化することが課題である。その際には、実験・観察・データ解析といった活動を通して、農業と工業の関係性を実感的に理解させる指導法の検討が求められる。

## 6 おわりに

本稿では、スマート水耕栽培装置およびアクアポニクス用水質モニタリングシステムの研究を通して、農業の課題解決に工業技術を適用することで新たな価値が生まれること、そして農業と工業が相互に支え合う関係にあることを具体的に示した。生育管理や環境制御といった農業上の課題が、計測・制御・情報処理などの工業技術によって成立している事実は、両分野を統合的に捉える重要性を示している。

こうした関係性を体験的に理解することは、知識の習得にとどまらず、社会課題を工学的に考える姿勢の育成につながる。今後は、本研究成果を教育現場向けに再構成し、農業と工業のつながりを実感できる教材や実践へと展開することで、両分野を横断的に理解できる人材の育成を目指す。

## 7 今後の展望

今後は、対象作物や条件を広げたデータ収集と長期的解析を進めることで、汎用的な知見の蓄積と予測的な栽培管理への応用を図る。また、得られたデータを活用して、経験に依存しがちな農業知識の可視化・共有を進めるとともに、データサイエンス教育との接続を強化する。さらに、学習段階に応じて内容を再構成し、基礎的なセンサ理解から高度な制御設計まで扱える教材として体系化することで、農業と工業を統合的に学ぶ教育モデルの確立を目指す。

## 福祉実習を通じた体験的理解と工学的視点からの考察

池原 忠明（湘南工科大学工学部人間環境学科・教授）

### 1 はじめに

近年、工学分野においては、技術的性能のみならず、利用者の身体的特性や心理的側面を踏まえた設計の重要性が指摘されている。特に福祉分野においては、使用者の状況や環境が多様であるため、机上の知識のみでは十分な理解に至らない場合が多い。したがって、実際の体験を通して課題を客観的に把握し、技術の役割を考察する教育手法が求められている。本実習は、こうした背景に基づき、「体験的理解」を起点として「工学的思考」へと深化させることを意図した実践であり、工学教育における導入教育として重要な役割を担うものと位置づけられる。

さらに、高齢者や障がいのある人の生活状況を擬似的に体験することを通して、身体的・心理的負担の実態を把握し、福祉機器の機能や介助の役割について考察することを目的として実施した。

体験的理解は、不自由さを感覚的に捉える上で有効な手段であるが、それ自体が目的化すると、単なる主観的な感想にとどまる恐れがある。そこで本実習では、不自由な状況にある当事者の視点から環境や支援の在り方を捉え直すとともに、工学を学ぶ立場としてどのような技術的支援が求められるのかを論理的に探究することを重視した。

### 2 福祉実習の概要

#### 2.1 実習の目的

本実習では、高齢者体験、歩行補助具体験、車椅子体験、視覚障がい体験を通して、日常生活における移動や行動の制約を体験的に理解することを目的とした。また、介助者の立場を経験することで、支援する側に求められる配慮や安全確保の重要性についても学修することを狙いとしている。

### 3 各種体験実習の内容

#### 3.1 高齢者体験・歩行補助具体験

高齢者体験セットを装着した状態での歩行では、視野の制限や関節可動域の低下により、わずかな段差や方向転換においても大きな不安を感じる状況が確認された。歩行速度は著しく低下し、周囲の状況把握が困難になることから、日常的な移動そのものが心理的負担を伴う行為であることが確認された（図1）。

歩行補助具の使用により一定の安定性は得られるものの、適切な使用方法や調整がなされていない場合には、転倒リスクが高まる可能性があることも明らかとなった。このような状況は、高齢者に限らず、下肢機能が低下した人や一時的に身体能力が制限された人に共通する課題であると考えられる。歩行という日常的な行為が困難になることで、外出や社会参加への意欲が低下し、結果として生活の質に影響を及ぼす可能性がある。本体験を通して、歩行補助具は身体機能を補完する重要な役割を果たす一方で、利用者の状態や使用環境に応じた調整が不可欠であることが理解された。この点は、福祉機器の設計や選定

において、画一的な仕様ではなく個別性への配慮が必要であることを示している。



図1 高齢者体験・歩行補助具体験の様子

### 3.2 車椅子体験実習

車椅子体験では、平坦な場所での移動は比較的容易である一方、スロープや段差、狭隘な通路においては操作負担が大きくなることが確認された。介助者として車椅子操作を行った際には、利用者の視点や恐怖感を想定した配慮が不可欠であり、声かけや進行方向の説明が利用者の安心感に大きく影響することが示唆された（図2）。

また、車椅子利用者は、自身で操作する場合だけでなく、介助者の操作に身を委ねる場面も多く、その際の不安感や緊張感は想像以上に大きいことが体験を通して明らかとなった。

このことから、車椅子設計においては、操作性や安全性に加え、利用者が安心して身を任せられる構造や視覚的・触覚的フィードバックの工夫が重要であると考えられる。本体験は、機器の性能評価だけでは捉えきれない、人と機器の関係性を考える契機となった。



図2 車椅子体験実習の様子

### 3.3 視覚障がい体験

視覚に依存しない状況では、周囲の空間を把握するための情報が著しく制限されるため、位置関係の理解や進行方向の判断に大きな認知的負荷が生じる。その結果、行動一つ一つに慎重さが求められ、精神的疲労が短時間で増大することが確認された。このことは、視覚障がい者が日常生活において、常に周囲の状況に注意を払いながら行動する必要があり、

高い集中力を継続的に維持しなければならない状況に置かれていることを示唆している。

また、視覚情報が得られない場合には、音や触覚といった他の感覚情報が行動判断の重要な手がかりとなるが、それらの情報が不足していたり不明瞭であったりすると、不安感が増大し、行動自体をためらう要因となることが体験を通して明らかとなった。

そのため、音声案内や触知情報など、複数の感覚を活用した情報提示が極めて重要であり、視覚障がい者が安心して行動できる環境を整備するためには、多感覚的な配慮を前提とした環境設計や支援技術の導入が不可欠であると考えられる。これらの配慮は、視覚障がい者に限らず、高齢者や一時的に視覚的機能や注意力が低下している人にとっても有効であり、ユニバーサルデザインの観点からも重要な設計要件であることが明らかとなった(図3)。



図3 視覚障がい体験の様子

#### 4 実習を通して得られた知見

本実習を通して、不自由さは身体機能の低下そのものだけでなく、環境設計や情報提供の不足によって大きく増幅されることが明らかとなった。また、介助者の関わり方次第で、利用者の心理的負担や行動のしやすさが大きく変化することが確認された。

#### 5 教育実践としての位置づけ

本実習は、福祉分野に関する知識を教員から学生へ一方的に教授することを目的としたものではなく、実際の体験を通して学生自身が課題を発見し、その背景や要因、さらには解決策について主体的に考察することを重視した教育実践である。高齢者体験や障がい体験といった身体的・感覚的制約を伴う活動を取り入れることで、学生は日常生活では意識しにくい不便さや不安感を具体的に認識することができ、それらを出発点として思考を深める構成となっている。

特に、本実習では、体験を単なる感想にとどめるのではなく、そこで得られた身体的・心理的な気づきを工学的視点へと接続することを重視している。具体的には、福祉機器や

生活環境の設計、支援技術の在り方について検討することで、福祉工学および人間工学に関する基礎的理解を段階的に深めることを意図している。このような構成は、工学分野において求められる問題発見能力や論理的思考力の育成にも寄与するものと考えられる。

また、このような体験型学修は、学生に対して「支援される側」と「支援する側」の双方の視点を獲得させる点において、高い教育的意義を有している。支援を受ける立場を体験的に理解することで、他者の状況に配慮した思考態度が養われると同時に、介助者や技術者としてどのような配慮や判断が求められるのかを具体的に考える機会となる。これらの学びは、将来的に技術者や教育者として社会課題に向き合う際の基盤形成に寄与するものであり、本実習は工学教育における導入的かつ重要な役割を担っているといえる。

## 6 工学的・人間工学的視点からの考察

### 6.1 人間工学の観点からの考察

本実習で体験した高齢者体験や視覚障がい体験においては、身体的な負担のみならず、不安感や恐怖感といった心理的負担が行動のしやすさに大きく影響することが確認された。これらの心理的要因は、行動開始の判断や動作の継続に直接関係しており、身体機能の低下以上に日常生活の制約要因となる場合がある。このことは、人間工学において重視される「身体特性」と「認知・心理特性」の両面を考慮した設計の重要性を具体的に示す結果であるといえる。

例えば、歩行時に生じる不安感や、車椅子操作時に感じる恐怖感は、操作に必要な力や視野の広さ、姿勢の安定性といった身体条件に加え、周囲環境から得られる情報量やその分かりやすさに大きく左右される。視覚的・触覚的な手がかりが不足している場合には、安全であっても危険であると認識されやすく、行動が消極的になる傾向がみられる。

このような点から、人間工学的配慮に基づいた設計や環境整備は、利用者の身体的負担を軽減するだけでなく、心理的な安心感を与え、主体的かつ自立した行動を促進する上で重要な役割を果たすと考えられる。本実習を通して得られた知見は、福祉機器や生活環境の設計において、数値的な性能評価だけではなく、利用者の心理的側面を含めた包括的な評価が必要であることを示唆している。

### 6.2 福祉工学の観点からの考察

福祉工学の観点では、障がいや高齢による身体機能の低下を補完し、利用者の生活の質（QOL）を維持・向上させる技術の在り方が重要な課題となる。本実習で体験した歩行補助具や車椅子は、適切に使用されることで移動の自由度を大きく高め、日常生活における行動範囲の拡大や自立支援に寄与することが確認された。一方で、使用環境や個人の身体特性への配慮が不十分な場合には、転倒や操作ミスといったリスクが高まり、かえって危険性が増す可能性があることも明らかとなった。

このことは、福祉機器が単なる補助的な道具ではなく、使用者の生活環境や行動様式と密接に関係する存在であることを示している。そのため、福祉機器の開発・導入においては、機能の追加や性能向上のみを目的とするのではなく、使用者の身体特性、生活環境、さらには介助者との関係性を含めた一連の支援プロセスをシステムとして捉え、総合的に設計する必要がある。

また、福祉工学は、人間工学的視点と連携することで、利用者の安全性や操作性を高めると同時に、心理的負担の軽減や安心感の向上にも寄与する分野である。本実習を通して得られた知見は、福祉機器を個別の製品として評価するのではなく、利用者の生活全体を支える支援技術として捉える重要性を示しており、学生に対して福祉工学の基礎的理解を促す教育的意義を有しているといえる。

## 7 おわりに

本実習は、福祉機器や介助の必要性を体験的に理解する機会を提供するとともに、工学が果たす役割について再認識する契機となった。高齢者体験や障がい体験を通して、日常生活における不便さや不安感を身体的・心理的に実感することで、支援技術や環境整備が生活の質に与える影響の大きさを具体的に理解することができた。

また、本実習を通して得られた知見は、福祉機器や支援技術が単に機能を補完する存在ではなく、利用者の安全性や安心感、自立した行動を支える重要な要素であることを示している。これらの理解は、人間工学や福祉工学の視点に基づいた設計の重要性を認識する上で有益であり、工学を学ぶ学生にとって、技術と人との関係性を考える基礎的な学修となった。

今後は、本実習で得られた知見を基に、安全性と使用性を両立させた福祉機器や支援システムの在り方について、教育・研究の両面から検討を進めていきたい。特に、実際の利用環境や多様な使用者を想定した設計、ならびに体験的学修を取り入れた教育手法の改善を通して、社会課題に対応できる工学人材の育成に寄与することを目指す。

## 初学者向け Web 教育における HTML/CSS 学習と発展的 PBL 型授業への展開

牧 紀子 (湘南工科大学情報学部情報学科・教授)

田原 雅浩 (湘南工科大学情報学部情報学科・特任講師)

### 1 はじめに

1990年に世界初のWebサイトが公開されて以降、Web技術およびそれを利用したサービスは目覚ましい発展を遂げてきた[1]。1990年代のWeb1.0時代は静的なページによる「読む」Webであり、一方向の情報発信を目的としたものであった。1990年代後半に入ると商用サイトが増加し、CSSやJavaScriptの普及により、「見せる」Webへと変化をした。2000年代にはいるとPHPやJavaといった技術の導入やデータベースとの連携が進み、「使う」Webへと発展し、文書を提示するページからアプリケーションへとその姿を変えてきた。2005年前後からはYouTubeやTwitter(現X)などのSNS系のサービスが登場し、双方向性が重要視されるようになった。2010年代以降はスマートフォンの普及とWebアプリケーションの高度化により、Webはアプリケーションの基盤として位置づけられるようになってきている。近年ではAI技術とも融合し、「対話」するWebの時代へと移行しつつある[2]。このようにWeb技術は情報社会における基盤として不可欠な存在になっており、その基本と構成する技術がHTML、CSS、JavaScriptである。

大学教育においても、従来のプログラミング言語教育に加え、Webに関する基礎技術・知識の修得は重要視されており、関連科目が数多く設置されている。しかし、HTMLはWebページの構造を定義するマークアップ言語であるため、「タグの暗記」や「見た目を整える」ことに学習が偏りやすく、文章構造やその意味の理解、さらにはなぜこのような構造が必要なのかを説明する段階にまで到達できないという課題が残されている。

本研究では、湘南工科大学におけるWeb制作の基本となるHTMLとCSSの教授法について論じていく。

## 2 HTML/CSS 学習における課題

### 2.1 HTML/CSSを学ぶ必要性

現代社会における情報の大部分はWebを通じて提供されており、単にWebページを閲覧するだけでなく、情報の構造や信頼性、表現方法を理解・評価する能力が求められている。この能力は「Webリテラシー」と呼ばれ、単にWebを操作する技術にとどまらず、情報を適切に理解・判断・活用し、さらに発信する能力を含む[3]。HTMLとCSSの学習は、このWebリテラシーを支える基盤として不可欠である。HTMLはWebページの文書構造や意味を定義する言語であり、CSSはその表示形式やレイアウトを制御する技術である[4]。これらを理解することは、ブラウザがHTMLをどのように解釈して表示するか、CSSがどのように適用して表示するのかを理解することにつながり、学習者がWebの仕組みを構造的に把握するための基礎となる。この基礎を理解することは、JavaScriptやサーバーサイド技術の学習、さらにはWebコンテンツ制作などの応用的な技術の修得にもつながるために重要である。

## 2.2 HTML/CSS 学習とプログラミング言語学習との違い

HTML/CSS 初学者の中には、これらを「プログラミング言語」と認識している者も少なくない。前述の通り、HTML は文書構造や意味を記述するマークアップ言語であり、論理的処理・計算などを実行するプログラミング言語とは本質的に異なる。そのため、HTML の学習対象はタグの意味や文書構造の理解になり、その学習のゴールは Web ページを構造的に正しく表現できることである。一方、プログラミング言語の学習の場合は、変数、条件分岐、ループなどのアルゴリズムや文法の理解が中心となり、指定した計算や動作が正しく実行されることがゴールとなる。これらの違いは学びやすさにもつながり、タグを記述すれば即座にブラウザに表示されて結果を確認できる HTML/CSS のほうが導入しやすい一方で、変数や制御構造の理解を必要とするプログラミング言語は導入のハードルは高い。

また、学習環境を整えるという点においても、HTML/CSS はブラウザとテキストエディタがあれば学習可能であるのに対し、プログラミング言語では実行環境や統合開発環境 (IDE) が必須となる。この点でも HTML/CSS は導入しやすい。しかし、その反面、「タグを覚える」「見た目が整えばよい」といった表層的理解にとどまりやすい点は HTML/CSS 教育における課題である [5]。

## 2.3 HTML/CSS 学習環境における課題

HTML/CSS を学習する際、Web サーバーを利用するか否か、すなわち、ローカル環境で学習するか、サーバー環境を構築して学習するかは大きな課題である。日常的に利用している Web ページは Web サーバーを介して提供されているにもかかわらず、学習者の中には Web サーバーの存在を十分に意識していない者も多い。学習の容易さと実践的理解のどちらを優先すべきかについては、教育設計上の重要な課題である [6]。

## 2.4 本研究で取り上げる課題

上述してきたように、HTML/CSS の学習は初学者にとって導入しやすい反面、理解がタグの暗記にとどまったり、Web システム全体のしくみを理解できないままページ制作に終始してしまったりする可能性がある。HTML/CSS 教育は、コードと表示結果を即時に確認できるという特性から、解説と実習を組み合わせた授業形態と親和性が高い。一方で、教育形態の違いは学習者の理解度や学習態度に影響を与える可能性があり、それぞれの利点と課題を整理することが求められる。

本研究では、これらの課題に対して湘南工科大学で実践してきた HTML/CSS 教育の取り組みについて報告する。

## 3 湘南工科大学における Web 教育の取り組み

### 3.1 対面講義での実施

湘南工科大学では 2023 年度に工学部情報工学科とコンピュータ応用学科が統合され、情報学部情報学科が新設された。Web 教育は、情報学部の前身にあたるコンピュータ応用学科の必修授業として、2017 年度より取り組みを開始した。1 年次開講科目の必修授業として、3 クラスに分けて実習を伴う対面型講義として設計した。なお、その時の Web 系の

講義は図 1 に示すようなカリキュラムツリーとなっていた。Web 入門にて HTML/CSS の基本を学んだうえで、CSS を深め、その後フロントエンド側とバックエンド側の技術を学ぶという流れになっていた。

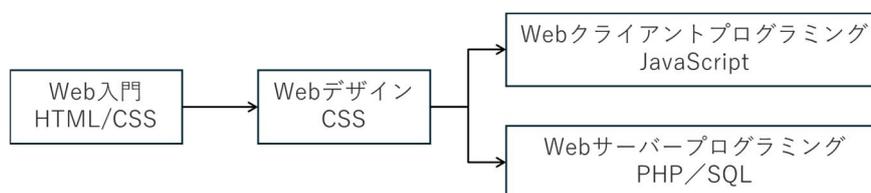


図 1 Web 系科目のカリキュラムツリー

Web 入門の学習の範囲は HTML の基本タグ（文書構造、表、画像、箇条書き、フォーム等）および CSS の基本（セレクトタ、ボックスモデル、アニメーション等）である（表 1）。これらの内容について、講義は前半に理論、後半に学習範囲に応じた実習という形式で展開した。

表 1 HTML/CSS の学習範囲

HTML	文書構造、リンク、表、画像、箇条書き、フォーム、ファイル構造など
CSS	フォント、行間、フロート、ボックスモデル、セレクトタ、アニメーションなど

HTML/CSS の講義に限らず対面型授業の最大の利点は、即時的な双方向性にある。教員は学生の理解度や進捗をその場で把握し、誤解やつまずきに対してその場で補足説明や個別に指導を行うことができる [7]。特に HTML/CSS 教育では、タグの意味や構造理解の誤りが学習初期に生じやすく、これを早期に修正できる点は大きな教育的効果を持つ。また、教員がリアルタイムでコードを書きながら解説することで、思考過程の可視化が可能となる。これは、完成したコードのみを提示する場合と比較して、学習者が設計意図や試行錯誤の過程を理解しやすいという利点がある。

一方で、対面型授業にはいくつかの課題も存在する。特に初学者を対象としたコード記述を伴う授業では、学習者のキーボード入力速度の差により授業進行についていけない学生が生じ、理解度の差が拡大しやすい点が挙げられる。初学者教育における入力速度の差は理解度の差に直結しやすく、理解が遅れる学生と、逆に早く終えて時間を持て余す学生とに二分化される可能性がある。このような理解ペースの差を考慮し、学生全員に一定水準の知識・技術を修得させるためには、講義時間を全体の 3 分の 1 から 2 分の 1 程度に抑え、実習時間を多く確保するなどの工夫が求められる。さらに本学では、プログラミングの理解度に応じたクラス分けを行うことで、理解度および理解ペースが近い学生同士が学習できるよう設計した。

本学は技術者を育成する工科大学であるため、HTML/CSS の知識だけでなく、技術として身に付いているかどうかを確認することが重要である。理解度が二分化される学生層の双方について修得状況を把握し、着実に技術として修得しているかを確認するため、実際に Web ページを制作する課題を課した。図 2 に示すように、本講義で修得すべき要素

をすべて盛り込んだ所定の構成を提示したうえで、講義内容以上の知識・技術を有する学生に対しては、一定の条件のもとで自由なページ制作を許可した。また、ページ内容についても一定の自由度を持たせ、学生自身の興味・関心に基づく情報を発信するものとした。これにより、基礎的な理解度の確認とともに、講義範囲を超えた知識・技術の修得状況を評価することを可能とした。

Web入門最終課題

19A6999 牧 紀子

**選んだテーマ**  
「好きな動物に関するページ」  
私が飼っているペット（犬）の小次郎の魅力を紹介します！

**ページ構成**

1. [TOPページ](#)  
ページ全体の構成やコンセプトについて説明します。
2. [バグとは](#)  
バグの歴史について説明します。
3. [小次郎のチャームポイント](#)  
小次郎の可愛いチャームポイントを語ります。
4. [小次郎写真館](#)  
小次郎の魅力を余すことなく、写真で伝えます。

**Webページの閲覧対象者**  
全国のバグファン、ベチャ犬、プヒ犬好き

**アピールしたい点**

- 写真の見せ方を工夫しました
- CSSでデザインを頑張りました
- バグの魅力について語りつくしました



**表作成課題**

牧 紀子の時間割  
2019年度後学期

2019年度後学期					
	月曜	火曜	水曜	木曜	金曜
<b>1限</b>	共通基盤WS2				Web入門
	佐藤				牧
<b>2限</b>	共通基盤WS2		PL概論		社会連携講座(3)
	佐藤		渡部		牧
<b>3限</b>	身近なサイエンス	英語リテラシー2	文化をはぐくむ		
	本多他	佐藤	菅北		
<b>4限</b>	コミュニケーション基礎		コンピュータリテラシ応用		スポーツ基礎B
	ドネリ		川上		神
<b>5限</b>					

図2 HTML/CSS の最終課題

理解度別に編成した3クラスに対して同一課題を実施した結果、理解度の高いクラスほど、講義内容以外の知識・技術を取り入れた課題を提出する割合が高い傾向が見られた。一方で、当初は理解度が最も低いと分類されたクラスにおいても、課題でありながら自身

の興味・関心のある内容を発信したいと考える学生が約半数を占め、それらの学生は積極的に講義外の知識・技術を取り入れる傾向を示した。これは、「発信したい内容を、より魅力的な形で伝えたい」という意識が学習動機となり、講義範囲内の知識・技術だけでは表現しきれない場合に、学生自らが学習や工夫を行う行動につながったものと考えられる。このように、一定の自由度を持たせた課題設定は、学生の学習意欲を喚起するうえで有効であると考えられる。

### 3.2 メディア授業への変換

2023 年度の情報学部情報学科の設置に伴い、HTML/CSS を学ぶ講義は必修から選択となり、対面からメディア形式へと変更された。これに伴い、講義の運営方針は転換を迫られることになった。メディア授業において知識の修得だけではなく技術として修得しているかどうかをどのように把握するかは、大きな課題となった。

#### 3.2.1 メディア授業における課題

動画教材を用いるメディア授業の最大の特徴は、学習者が自身の理解度に応じて学習を進められる点にある[8][9]。動画の一時停止、巻き戻し、再生速度の調整といった機能により、学習者は自分のペースで内容を確認することができる。これは、記述ルールが細かく、コードと表示結果の対応関係を丁寧に確認する必要がある HTML や CSS の学習において、特に有効である。

一方で、メディア授業では対面授業に比べて双方向性が弱く、学習者が理解につまずいた場合でも、その場で質問できないという課題がある[10]。その結果、誤った理解を抱えたまま学習が進行してしまう可能性がある。特に HTML/CSS は、プログラミング言語と異なり文法エラーが明示的に示されにくく、誤った記述であってもブラウザが解釈し表示してしまう場合がある。そのため、学習者が「表示されているから正しい」と誤認し、構造的な誤りを見逃す危険性が高い。知識としての理解だけでなく、技術として正しく修得できているかをどのように確認するかは、HTML/CSS 教育における大きな課題である。

さらに、メディア授業の設計は、利用可能な配信用プラットフォームの機能にも大きく左右される。専用のメディア授業プラットフォームでは、動画の再生回数や視聴ピークの把握、スキップ防止など、学習行動を一定程度コントロールする仕組みを導入することが可能である。しかし、これらのプラットフォームは開発途上のものも多く、また、導入や維持にかかるコストが高いため、容易に利用できるとは限らない。本学においても、専用プラットフォームは導入せず、従来から LMS として利用してきた Moodle を用いて授業を設計する必要があった。そのため、動画視聴状況の詳細な把握や学習データの分析はほぼ不可能であり、動画視聴を前提としつつも、学習行動を十分にコントロールできないことを踏まえた授業設計が求められた。

#### 3.2.2 メディア授業としての設計

本学におけるメディア授業の運営には、全学的な共通ルールが定められている。具体的には、①学習期間を 1 週間とすること、②必ず課題を実施すること、③対面で質問可能な

時間を設けること、の3点である。本講義は、これらの共通ルールに則って設計を行った。また、本講義は履修者数が200名を超えることが想定されていたため、大規模履修を前提とした授業設計が求められた。

なお、このメディア授業に転換した際に、Web系科目のカリキュラムツリーは図3の様に形を変えた。この中で、Web入門、Webクライアントプログラミングがメディア授業となり、それ以外の科目は対面として設計された。

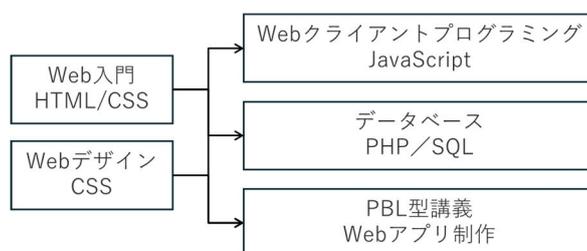


図3 メディア授業導入後のWeb系科目のカリキュラムツリー

以下に、本講義における具体的な設計方針について述べる。

### 1) 教科書の併用による学習支援

講義には必ず教科書を用意し、講義内容は教科書に即したものとした。これは、動画教材のみでは十分に理解できなかった場合に、学習者が教科書を参照することで理解を補完できるようにするためである。特にメディア授業では、「その場で質問できない」という制約が存在するため、教科書を補助教材として位置づけることにより、学習者が自律的に確認・復習できる環境を整備した。なお、学習対象の範囲は技術の進化を反映し、対面講義で実施していた内容に加え、表2に示す内容が加わった。

表2 新たに追加されたHTML/CSSの学習範囲

HTML	グローバルナビゲーション、Webフォント、ビューポート、メディアクエリ
CSS	Flexbox、positionレイアウト、グリッドデザイン、z-index、パララックス効果、レスポンシブデザインなど

### 2) 初学者を意識した動画設計

本講義はHTML/CSSの初学者を対象としていることから、講義動画は「入力→実行(表示)」の過程を必ず示す構成とした。HTMLやCSSにおいては、記述ミスが生じやすい箇所や意図どおりに表示されない場合の対処法として、ブラウザの開発者ツールの利用が有効である。しかし、これらの操作を知識として提示するだけでは、初学者にとっては実際にどのように活用すればよいかを理解することが難しい。

そこで、コードの記述からブラウザ上での表示結果を確認するまでの一連の流れを動画内で明示し、HTML/CSSの記述と表示結果との対応関係を視覚的に理解できるように配慮した(図4)。このような設計は、初学者がWeb技術の基本的な動作原理を理解する上で重要であると考えられる。

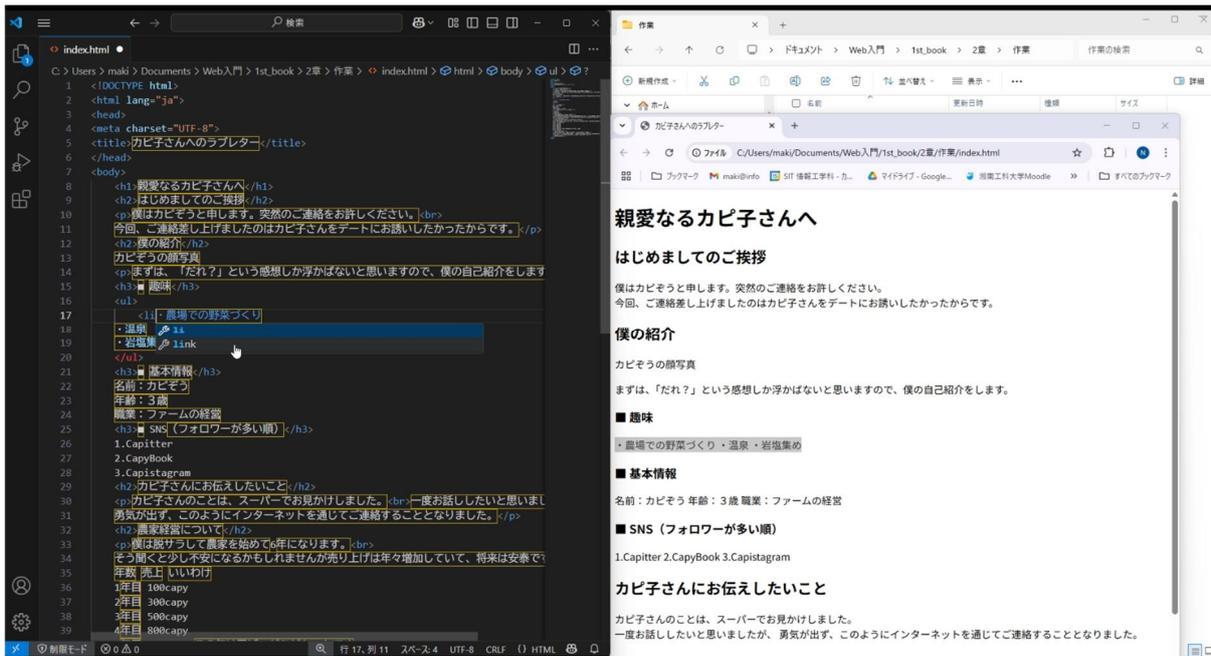


図 4 動画教材の一部（左側：テキストエディタ、右側：ブラウザ表示）

### 3) 記述型課題の必須化

課題については、必ず HTML/CSS を記述したファイルを提出させる形式とした。理解度確認のみを目的とする場合には、Moodle の小テストなどを用いることも可能である。しかし、HTML/CSS やプログラミング言語の学習においては、知識としての理解と技術としての修得は必ずしも等しいわけではない。

情報学部としては、概念理解に加えて「技術としての修得」を重視する立場から、実際に HTML/CSS を記述し、その成果物を提出させることを必須とした。なお、課題内容は講義で解説した内容に即したものとし、過度に難易度の高いものではなく、講義内容と類似した課題を設定している。

### 4) 最終課題による総合的理解の評価

講義の最終段階では、講義内容全体を網羅した総合的な課題に取り組ませた。基本課題としては、これまでに学習した HTML/CSS の知識を統合的に活用する内容とし、あわせて学習意欲の高い学生に対しては、オリジナルの Web ページ作成を課題として提示した。これにより、学習到達度の把握とともに、学習者の主体的な取り組みを促すことを目的とした。

### 5) 対面試験による理解度確認

最終的な理解度の測定方法として、対面による試験を実施した。メディア授業であることから、オンライン試験の実施も考えられるが、Moodle 等のシステムのみでは不正防止策を十分に講じることが困難であるという課題がある。そのため、本講義では対面でのマークシート形式の試験を採用した。

### 3.2.3 メディア授業における効果

学生に対してメディア授業の受講方法について調査を行った結果、7割を超える学生が動画を見ながら、実際にHTML/CSSを記述して理解をしているという回答であった(図2)。このことから、多くの学生が動画を単なる視聴教材としてではなく、実践を伴う学習支援ツールとして活用していることが明らかとなった。また、記述したHTML/CSSが意図どおりに実行(表示)されない場合には、動画を繰り返し視聴し、該当箇所を確認しながら学習を進めているという回答も多く見られた。これは、動画教材が対面授業における再説明や個別指導の代替として機能していることを示唆している。

さらに、動画の再生速度について調査したところ、約半数の学生が1倍から1.25倍の速度で視聴していることが確認された(図5)。一方で、理解が追い付かなくなると考えられる1.75倍以上の再生速度での視聴は少数にとどまった(図6)。この結果は、前述の「動画を見ながら実際にコードを記述する」という受講スタイルと整合しており、学生が理解を優先しながら主体的に学習を進めていることを示している。

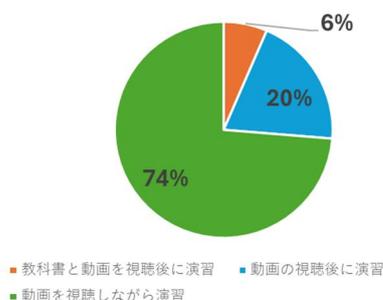


図5 学習スタイル

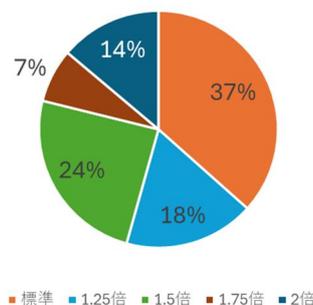


図6 動画の再生速度

情報学部においては、HTML/CSSの講義を2024年度よりメディア授業として開講している。2024年度および2025年度の授業運営方針に大きな変更はないが、2025年度には知識の定着および理解の深化を目的として、各回の講義に小テストを導入した。この小テストは、各回の内容における重要事項を確認するためのものであり、学生には何度でも受検可能とし、全問正解を目指すよう指導を行った。さらに、回答形式は選択式や組み合わせだけに限らず、部分的な記述式も導入した(図7)。選択式の場合は、十分に理解していなくても正解となることもあるが、記述の場合は理解をしていないと正解にたどり着かない。理解を深めるためには記述を取り入れることが必要と考え、重要な箇所では導入している。ただし、通常の記述型課題と類似する内容としており、記述型課題と小テストの実践で、技術と知識を補完し合うことを狙ったものである。

小テストこの取り組みの効果を期末試験の結果から比較したところ、2024年度の平均点が68.3点であったのに対し、2025年度は72.3点と向上が見られた。両年度の平均値についてt検定を行った結果、有意差が認められた( $p = 0.011 < 0.05$ )。このことから、動画教材に加えて小テストを組み合わせた授業設計が、HTML/CSSに関する理解の定着に一定の効果をもたらした可能性が示唆される。

```
let book = {title: 'ぐりとぐら', price: 2000, num: 5, publish: '福音館'};
```

上記のオブジェクトを定義したので、すべてのプロパティを読み取り、サンプルのようにコンソール画面に出力したい。プログラムを正しく入力しなさい（半角で入力すること）。

出力例：  
title=ぐりとぐら  
price=2000  
num=5  
publish=福音館

プログラム：

```
[ ] (let sample [ ] [ ] ) {  
  console.log([ ] + '=' + [ ] );  
}
```

図 7 小テストでの記述問題

### 3.3 より実践的な開発教育へ

上述してきたように、本学における HTML/CSS 教育は、当初の対面講義からメディア講義へと段階的に移行してきた。それぞれの教育形態にはメリットおよびデメリットが存在するものの、初学者を対象とした基礎的な HTML/CSS 教育としては、一定の教育的効果を得られていると考えられる。本学では、HTML/CSS に接続する講義として、CSS に特化した Web デザインや、JavaScript に特化した Web クライアントプログラミングを展開しており、科目間で学習内容に齟齬が生じないように、同一教員が一貫して担当している。

しかしながら、第 2 章でも述べた通り、本講義における学習環境はローカル環境での静的 Web ページ制作にとどまっており、Web サーバーを利用した学習には到達していない。そのため、Web システム全体の構成や、クライアント・サーバ間の処理の流れを含めた「実践的な知識・技術」の修得という点では、十分とは言えない状況にある。この課題に対応するため、本学では実務的な Web アプリケーション開発を扱う PBL 型授業を別途設け、HTML/CSS の基礎を修得したうえで、さらに理解を深めたい学生に対して発展的に学習できる環境を提供している。

当該 PBL 型授業では、Java を用いた大規模 Web アプリケーション開発の開発スタイルを採用し、HTML/CSS、さらには JavaScript を用いたフロントエンドの実装に加え、データ処理やデータベース連携というバックエンドの実装までを対象としている（図 8）。ここでは実務の開発工程を模倣する形で、仕様書作成、要件定義、機能設計、画面設計、実装、テストおよびデバッグといった一連の工程を経験させることを重視している。

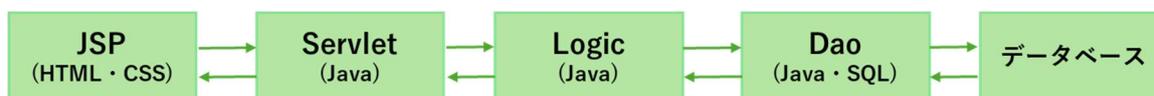


図 8 Java を利用した Web アプリ開発

学生には半期につき1つのWebアプリケーション開発を課しており、そのテーマとしては、出納帳や講義評価システム(図9)など、学生自身にとって身近で具体的な題材を設定している。これにより、HTML/CSSで学んだ画面構造や表現技法が、サーバー側の処理やデータ管理とどのように結び付いてWebシステムとして機能するのかを体験的に理解することが可能となっている。例えば、講義評価システムにおいては、本学の1,000を超える実際の講義データ、100名を超える教員データといった機能を実現している。このような規模およびデータの複雑さは、通常の講義で扱うことは困難であり、PBL型授業だからこそ実現できるものである。



図9 開発するWebアプリ例(出納帳と講義評価システム)

本プロジェクト開始当初、多くの学生はHTML/CSSについて初学者レベルにあり、課せられた開発内容はその時点の学生の知識・技能を上回るものであった。そのため、開発初期には不安を抱く学生が多く見られた。しかしながら、学習が進むにつれてWebシステム全体の構造を理解するようになると、学習姿勢は受動的なものから主体的なものへと変化し、学生自らが実装に必要な知識・技術を調査・習得するようになった。試行錯誤を繰り返しながらも着実に知識・技術を獲得していく過程において、PBL型学習の利点が最大限に活かされていると考えられる。

#### 4 おわりに

本稿では、本学におけるHTML/CSS基礎教育の実践と、その教育的効果および課題について整理したうえで、PBL型授業を通じた発展的なWeb教育の取り組みについて述べた。HTML/CSSを中心とした基礎教育は、初学者に対して有効に機能している一方で、Webサーバーを含むシステム全体の理解には限界があることが明らかとなった。

この課題に対し、PBL型授業を通じて、フロントエンドからバックエンドまでを含む実践的なWebアプリケーション開発を経験させることで、学生はWebシステム全体の構造を体験的に理解し、主体的に学習を進める姿勢を身に付けている。今後は、基礎講義の段階においても、Webサーバーやクライアント・サーバモデルの概念を段階的に導入するなど、PBL型授業との接続をより意識したカリキュラム設計が求められると考えられる。

## 5 参考文献

- [1] T. Berners-Lee, “Information Management: A Proposal,” CERN, 1989.
- [2] World Wide Web Consortium (W3C), History of the Web, 2023.
- [3] 文部科学省, “高等教育における ICT 活用の推進について,” 文部科学省, 2022.
- [4] 松下佳代, “初学者向けプログラミング教育における課題,” 情報処理学会誌, Vol.61, No.3, pp.234–239, 2020.
- [5] A. Kolmos, F. K. Fink, L. Krogh, The Aalborg PBL Model, Aalborg University Press, 2004.
- [6] E. Gamma, R. Helm, R. Johnson, J. Vlissides, Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software, Addison-Wesley, 1995.
- [7] 渡辺 大介, 他 (2019). 「初学者向け Web プログラミング教育における学習効果の検討」『教育システム情報学会論文誌』 35(2), 45–56.
- [8] Mayer, R. E. (2009). Multimedia Learning. Cambridge University Press.
- [9] Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2016). E-Learning and the Science of Instruction (4th ed.). Wiley.
- [10] 富田, 豊 (2020). 「大学におけるオンライン授業の設計と課題」『情報教育学会誌』 23(1), 15–26. T. DeMarco, T. Lister, Peopleware: Productive Projects and Teams, 3rd ed., Dorset House, 2013.

# テーマ選択型授業におけるカリキュラム統制の方法 —プログラミング実習の事例—

清水 哲也（湘南工科大学情報学部情報学科・准教授）

## 1 はじめに

本稿は、湘南工科大学情報学部情報学科の1年次後学期に開講される学科必修科目「プログラミング実習」における授業設計と運用改善の取り組みを報告する。プログラミング実習は、担当教員5名が各自クラスを持ち、学生は興味関心に基づいて学習テーマ（クラス独自テーマ）を選択する。テーマ選択により学習動機を高めやすい一方、複数教員体制では到達度のばらつき、評価の公平性、授業運用の負荷などが課題になり得る。

そこで本稿では、テーマの自由度を確保しつつ学習の最低到達ラインを保証するための「カリキュラム統制」の方法を整理し、実装例として筆者担当クラス（履修者55名）における共通課題の運用結果を示す。

## 2 授業設計と統制方針

### 2.1 授業の概要

プログラミング実習は1・2限を通した180分授業の実習科目である。本授業は1年後学期に開講される必修科目であり、1年前学期の前提科目「プログラミング基礎」でC言語とJava言語の基礎を学習した学生を対象とする。プログラミング実習は当該基礎科目の継続として位置付けられ、Javaの学習は2年前学期の「オブジェクト指向プログラミング」へ接続する。全体としてC言語とJava言語の基礎（共通学習）を扱った上で、中規模プログラム開発に相当する学習テーマ（クラス独自テーマ）へ接続する。担当教員5名がそれぞれテーマを持って授業を行い、学生は第1希望から第5希望までを申告してクラスを選択する。各クラスの定員は概ね50-55名（2025年度の場合）であり、定員超過時は担当教員の基準（例：GPAや特定科目の評価など）により調整される。

クラスごとに、C言語とJava言語の実施順序や回数、学習テーマの位置づけは異なる。一方で、どのクラスでも共通学習として最低限担保すべき内容を定め、残り時間を学習テーマに配分することを許容する。

#### 2.1.1 カリキュラムツリー上の位置づけ

プログラミング実習は、1年前学期「プログラミング基礎」で学んだC言語・Java言語の基礎を前提とし、両言語に共通する制御構造（分岐・繰り返し）、配列によるデータ処理、および関数／メソッドによる処理の分割を再確認しながら、より大きなプログラムを扱う学習テーマへ接続する。特にJavaは、2年前学期「オブジェクト指向プログラミング」で扱うクラス設計・再利用を見据え、メソッドによる抽象化と引数・戻り値の理解を最低到達ラインとして統制する。

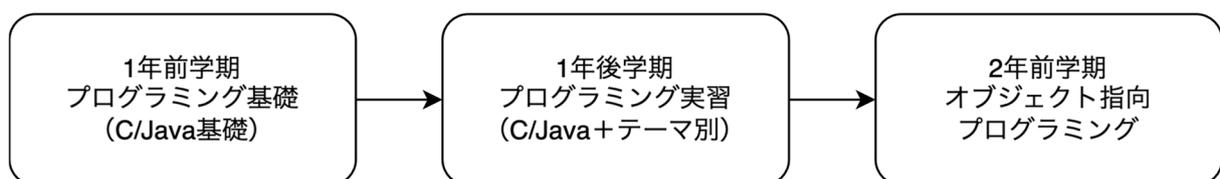


図1 カリキュラム上の位置づけ（概略）

## 2.2 5クラスの独自テーマ

表1に、各クラスの独自テーマの概要を示す。テーマはゲーム制作、MinecraftのMOD制作、基礎習得の徹底、ペアプログラミングと可視化など多様であり、学生は興味のあるテーマからクラスを選択する。

表1 各クラスの独自テーマと授業内容

担当	独自テーマ	主な授業内容
熊谷	ペアプログラミング+可視化	Javaを多め（OOPまで） ペアプロ体験 計算結果のグラフ化・アニメーション
若田	数字当てゲーム制作	仕様検討→実装→UI設計→改善 Paiza.IO・Eclipse等
マハブービ	シューティングゲーム パックマンゲーム	Javaでシューティングゲーム（個人→グループ改善） Cでパックマンゲーム（個人→グループ改善） 相互評価
川上	基礎習得の徹底+ 総復習・グループワーク	C、Javaの順に学習 基礎演習、総復習 グループグループ成果発表
清水	MinecraftのMOD制作	C、Javaの順に学習 基礎の復習から関数・メソッドまで MOD開発（グループグループで制作・発表会）

### 2.2.1 独自テーマと共通到達目標の対応

独自テーマは題材が異なる一方で、実装の基盤は共通到達目標に依存する。表2は、各テーマが共通到達目標のどの要素を強く利用するかを整理したものである。これにより、テーマの多様性を許容しつつも、評価の基礎となる技能要素を共通化できる。

表2 独自テーマと共通到達目標の対応（概略）

クラス	独自テーマ	配 列 処 理	関 数 / メ ソ ッ ド	ア ル ゴ リ ズ ム	デ バ ッ グ	発 表 / 協 働
熊谷	ペアプロ+可視化	○	○	○	○	○
若田	数字当てゲーム	○	○	○	○	△
マハブービ	シューティング・パックマン	○	○	○	○	○
川上	基礎徹底・総復習	○	○	○	○	△
清水	MinecraftMOD制作	○	○	○	○	○

### 2.3 共通到達目標(最低到達ライン)

共通到達目標は、「どのクラスで学んでも同じ内容を理解していて欲しい」最低到達ラインとして定義する。各教員は、以下の目標を満たす範囲で授業を構成し、残り時間を学習テーマに配分してよい。また、C言語でポインタまで扱う、Java言語でクラスとオブジェクト指向まで扱う等の発展も許容する。

- 条件分岐と繰り返しの基本構造を理解し、簡単な反復・分岐処理を実装できる。
- 配列を用いて複数データを扱い、走査・集計・検索などの基本処理を実装できる。
- 基本的なアルゴリズム（例：探索、集計、簡易な並べ替え等）を理解し、課題に応じて実装できる。
- 与えられたプログラムの構造を理解し、各部分の機能や実行結果を説明できる。
- エラーや不具合の原因を特定し、出力確認等を通じて修正・改善できる。
- 可読性（命名、インデント、コメント）を意識し、第三者が追いやすい形でコードを書ける。
- Java：do-while 文の目的と挙動を説明し、入力検証等に適用できる。
- Java：メソッド（引数・戻り値）の概念を理解し、処理を適切な単位に分割できる。
- Java：クラスの半数以上が「メソッドは何かをなんとなく説明できる」レベルに到達し、約1割が「説明でき、簡単なプログラムなら書ける」レベルを目指す。
- C：関数（引数・戻り値）の概念を理解し、処理を適切な単位に分割できる（Javaのメソッドと同程度の重み）。

## 2.4 共通学習内容の統制(教科書範囲と重点)

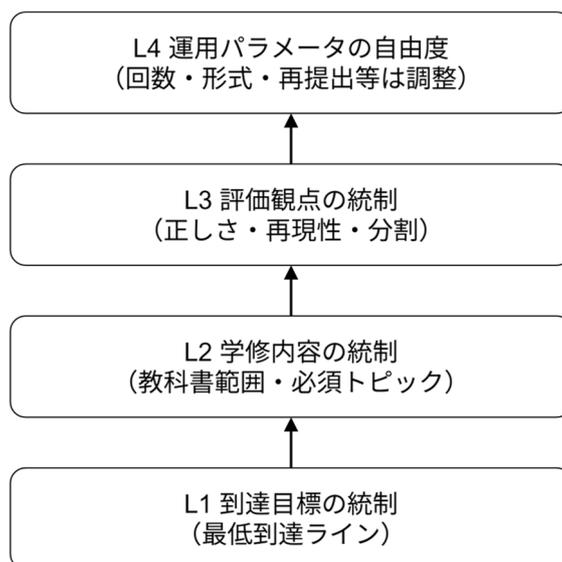
共通学習は、指定教科書のうち Java 言語は第3章「条件分岐と繰り返し」および第4章「メソッド」、C言語は第3章「分岐」、第4章「繰り返し」、第5章「配列」、第6章「関数」を最低ラインとする。分岐・繰り返しは前提科目の内容を簡潔に復習し、Javaではdo-while文と配列を、Cでは配列を丁寧に扱う。さらに、Javaの第4章「メソッド」およびCの「関数」を共通学習の主軸として、時間配分と到達目標を明確化する。

## 2.5 共通課題と評価内訳

シラバス上の評価内訳は、受講態度20点、授業中の活動20点、予習・復習20点、成果物・発表40点である。本授業では、原則として共通学習項目の学習成果を「予習・復習」により評価し、クラス独自テーマの学習成果を「成果物・発表」により評価する。これにより、各クラスがテーマ設計の自由度を持ちながらも、共通到達目標の達成を評価体系上で担保する。

### 2.5.1 統制レイヤモデル(L1-L4)

本授業では、「何を統制し、どこをクラス裁量とするか」を明確化するため、統制の対象を4層(L1-L4)に分けて整理した。L1-L3は学習品質保証のため共通で担保し、L4は独自テーマの成立に必要な範囲で各クラスが調整する。



上ほど「統制（共通で担保）」 / 下ほど「クラス裁量（調整）」

図 2 統制レイヤモデル (L1-L4)

### 2.5.2 統制項目と運用パラメータ(共通で担保／調整可)

表 3 に、統制する項目（共通で担保）と、クラスごとに調整可能な運用パラメータを示す。提出回数・提出形式・再提出可否などを一律に揃えない場合でも、L1-L3 を統制することで教育品質の最低ラインを担保できる。

表 3 統制項目と運用パラメータの整理

統制（共通で担保）	クラス裁量（調整可）
共通到達目標 (配列, 関数/メソッド, 分岐・繰り返し)	共通課題の回数 (例: Java4回・C3回等)
教科書範囲 (Java第3-4章, C第3-6章)	提出形式 (LMS/紙/実技確認、画像添付の有無)
評価区分の対応 (共通=予習・復習/独自=成果物・発表)	再提出可否・提出率の扱い
有効提出の最低要件 (提出物揃い・動作・一致等)	独自テーマの題材・成果物仕様 (ゲーム/MOD/可視化等)

### 2.5.3 評価観点(簡易ループリック案)

共通課題（予習・復習 20 点）は、提出要件とプログラムの正しさを中心に評価し、関数／メソッドによる分割や説明可能性を加点対象とする。独自テーマ（成果物・発表 60 点）は、テーマ固有の仕様充足に加え、設計意図と改善点を説明できることを重視する。表 4 は、統一的な評価観点を示す簡易ループリック案である。

表4 評価観点の簡易ルーブリック案 (例)

評価対象	観点	最低要件	加点の例
共通課題 (予習・復習)	提出要件	ソースと実行結果画像が揃う	提出物チェックリストの自己点検
共通課題 (予習・復習)	正しさ・再現性	動作し、画像と結果が一致	境界条件の考慮、追加テスト
共通課題 (予習・復習)	分割 (関数/メソッド)	指示がある場合に分割できる	引数・戻り値設計の工夫
独自テーマ (成果物・発表)	仕様充足・完成度	最低仕様を満たし動作する	拡張機能、UI/UX改善

## 2.6 筆者担当クラスにおける共通課題運用(実装例)

筆者担当クラスでは、共通課題を C 言語 3 回 (第 2-4 回)、Java 言語 4 回 (第 5-8 回) 実施した。各回で複数課題を課すため、本稿の集計では「当該回の課題提出数 (平均)」を用いる。提出は Moodle を用い、(1) ソースコード、(2) 実行結果が分かる画像をセットとして提出させた。

有効提出 (最低要件) は、(a) ソースコードと画像が提出されていること、(b) プログラムが動作すること、(c) プログラムの動作結果と提出画像が一致すること、の 3 点とした。提出率を合否条件にはしないが、未提出は評価に反映される旨を周知し、再提出は認めない運用とした。

## 3 結果(筆者担当クラス)

### 3.1 共通課題の提出状況

履修者 55 名に対し、第 2 回から第 8 回の提出数 (平均) は表 5 の通りである。第 2 回が最少 (37, 提出率 67.3%)、第 4 回が最多 (50, 90.9%) であり、第 2-8 回の平均提出数は 44.3 (提出率 80.5%) であった。言語別平均では、C 言語回 (第 2-4 回) が 78.8%、Java 回 (第 5-8 回) が 81.8% であった。

表 5 共通課題の提出状況 (履修者 55 名、回ごとの提出数は複数課題の平均)

授業回	言語	提出数(平均)	提出率	未提出数
2	C	37	67.3%	18
3	C	43	78.20%	12
4	C	50	90.90%	5
5	Java	45	81.80%	10
6	Java	42	76.40%	13
7	Java	47	85.50%	8
8	Java	46	83.60%	9

#### 3.1.1 提出率推移の可視化

表 5 の提出率を図 3 に示す。第 2 回は環境構築と復習課題の比重が高く、提出手順にも不慣れであったため提出率が低下した。一方、第 4 回では課題数減少と提出経験の蓄積により提出率が上昇した。

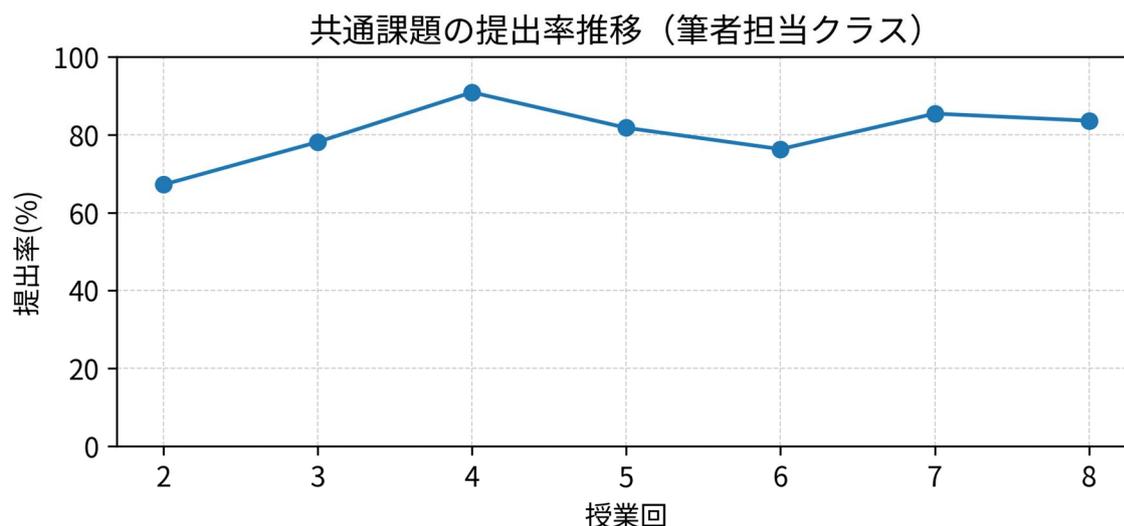


図3 共通課題の提出率推移 (筆者担当クラス, 履修者 55 名)

### 3.2 不備の内訳

提出物の不備は、多い順に「提出物不足 (特に実行結果画像の未提出)」「課題未提出」「提出されたプログラムが動作しない」であった。提出形式として画像の提出を必須としたことにより、実行結果の証拠性は向上した一方、画像の提出漏れが主要な不備要因となった。

### 3.3 共通課題の平均点

共通課題は「予習・復習 (20 点満点)」として評価し、全課題の平均点は 14.9 点 (74.5%) であった。

## 4 授業評価アンケート(科目全体)

本章の集計は、プログラミング実習 (5 クラス) を統合した科目全体の授業評価アンケート結果であり、筆者担当クラスに限定したものではない。

### 4.1 回答率

授業評価アンケートの履修者数と回答数は、2023 年度：履修 317 名・回答 220 名、2024 年度：履修 295 名・回答 231 名、2025 年度：履修 273 名・回答 200 名であった。回答率はそれぞれ 69.4%、78.3%、73.3%であり、年度比較に一定の妥当性がある。

表 6 回答状況 (2023-2025)

年度	履修者数	回答数	回答率
2023	317	220	69.40%
2024	295	231	78.31%
2025	273	200	73.26%

### 4.2 満足度(共通項目)

3 年で共通して比較可能な項目として「この授業を受けてよかった」(10 点満点) の平均点を用いた。平均点は 2023 年度 9.32、2024 年度 9.13、2025 年度 8.72 であり、高評価を維持しつつ緩やかな低下傾向が見られた。なお、2025 年度は設問体系が変更されているため、総合スコアの単純比較は避け、共通性の高い満足度項目を軸に比較した。

表7 満足度 (共通項目)

年度	「授業を受けてよかった」平均点 (10)
2023	9.32
2024	9.13
2025	8.72

### 4.3 授業外学修時間

授業1回あたりの授業外学修時間分布を比較した。2023→2024では「ほとんどなし」が増加した一方、2025では「2時間程度」が増加しており、一定数の学生が課題・制作にまとまった時間を投じた可能性が示唆される。

表8 授業外学修時間 (年度別分布)

年度	ほとんどなし	30分程度	1時間程度	2時間程度	それ以上
2023 (n=220)	19.5%	30.9%	34.1%	6.8%	8.6%
2024 (n=231)	27.3%	27.3%	28.1%	8.7%	8.7%
2025 (n=200)	18.0%	25.5%	34.5%	15.5%	8.0%

※2025年度は集計表上の回答数合計が200と一致しない箇所があるため、本表の比率は回答数200を分母として算出した。

### 4.4 自由記述に見られる定性傾向

自由記述を概観すると、(1)「難しいが身につく」「達成感がある」といった学習効果の実感、(2)質問しやすさ・支援体制への評価、(3)後半テーマ(制作・グループ活動)での主体性・協働の学びが継続的に観察された。一方で、(a)授業ペースへの指摘、(b)クラス(担当教員)による運用差・評価の差への言及、(c)初期段階における環境構築や提出手順など手続き負荷への示唆が見られた。これらは、共通到達目標だけでなく、提出手順の標準化や初期回の支援配分といった運用レイヤの統制が学習体験の質に影響し得ることを裏付ける。

## 5 考察と改善

科目全体の授業評価アンケート(2023-2025)では、「授業を受けてよかった」は高水準を維持する一方、授業ペースや運用差(評価・提出手順等)に関する指摘も見られた。これらの所見を踏まえ、本節では筆者担当クラスのデータに基づき、初期回の手続き負荷と提出手順の標準化を中心に、統制の改善点を整理する。

第2回の提出率が相対的に低かった要因として、授業時間の約半分をエディタ設定やコンパイラ設定などの開発環境構築に費やした点大きい。また、第2回の課題は前提科目「プログラミング基礎」の復習内容であり、授業内では思い出すことを前提に概説中心の解説に留めたため、理解が十分でない学生にとって着手障壁が生じた可能性がある。さらに、実行結果画像の取得方法をスクリーンショット等「任意」としたことで自由度は確保できたが、方法の多様さが逆に学生を混乱させ、画像未提出を増やした可能性がある。

一方、第4回で提出率が上昇した背景として、第4回の授業内容がアルゴリズム中心で課題数が減少し、作業負荷が相対的に低下したことが挙げられる。また、第2・第3回の提出経験により、提出物（ソースコード・画像）や Moodle での提出手順への習熟が進んだことも寄与したと考えられる。

以上より、テーマ選択型授業における統制は、到達目標や教科書範囲といった内容面の統制だけでなく、初期回の環境構築支援、提出物要件の提示方法、提出手順の標準化といった運用面の統制が重要である。改善案として、(1) 環境構築の事前実施（ガイド動画やチェックリストの配布）、(2) 実行結果画像の取得方法の標準例の提示（推奨手順を明示）、(3) 提出物チェックリストの導入（提出前セルフチェック）、を提案する。

### 5.1 運用面の統制強化(提出手順の標準化)

提出不備の最多が「実行結果画像の未提出」であったことから、提出要件そのものの周知に加え、手順の標準化が有効である。例えば、推奨するスクリーンショット手順（OS別の最小手順）を1枚の資料として配布し、Moodle 提出画面の例と合わせて提示することで、任意性による混乱を抑制できる。また、提出前セルフチェック（ソース・画像・一致）のチェックボックス化は、教員側の確認負荷軽減にも寄与する。

### 5.2 初期回の負荷分散(環境構築の事前化)

第2回で環境構築に時間を要した点は、初期回の学習行動（提出）を阻害し得る。対策として、事前配布資料（インストール手順、チェックリスト）や短時間動画により環境構築を授業外へ一部移管し、授業内は動作確認と最初の課題着手に集中させる設計が望ましい。さらに、環境構築の完了を授業中の活動点（20点）の一部に位置づけることで、実施率を高められる。

## 6 おわりに

本稿では、テーマ選択型・複数教員体制の「プログラミング実習」において、(i) 共通到達目標と教科書範囲の明確化、(ii) 評価体系における共通学習と独自テーマの役割分担、(iii) 共通課題運用の具体例と結果、を提示した。今後は、複数クラス間でのデータ収集と比較を行い、統制の粒度（共通課題の最小セット、提出形式の標準化レベル等）を検証することで、テーマの多様性と教育品質保証の両立をより確実にする。

### 参考文献

- ・三谷 純『Java 第3版 入門編 ゼロからはじめるプログラミング』翔泳社、ISBN: 978-4798167060.
- ・柴田 望洋『新・明解 C 言語 入門編 第2版』SBクリエイティブ、ISBN: 978-4815609795.
- ・湘南工科大学 教職課程「プログラミング実習」シラバス（2025年度）.
- ・湘南工科大学 教職課程「プログラミング実習」全体ガイダンス資料（2025年度）.
- ・プログラミング実習 各クラス紹介資料（マハブービ・川上・清水・熊谷・若田、2025年度）.

## 日本の道徳教育へのデューイ教育思想の影響

岡 敬一郎（湘南工科大学教職センター・教授）

### 1 はじめに

本稿の目的は、日本の道徳教育に対してデューイ教育思想の与えた影響がどのように理解されているのかを明らかにすることである。

松橋俊輔は、「戦後の日本における道徳教育をめぐる議論において、デューイの教育思想は、重要な位置を占めてきた」と指摘し、「経緯をごく簡単に概観し」ている。

「戦後、現在に至るまでの道徳教育の大前提は、道徳は学校での教育活動の全体を通して学ばれるものである、という立場である。そのなかで、道徳の授業は、あくまでも教育活動全体を通しての道徳教育を前提とし、その教育効果をより確かなものとするためのものとして、位置づけられてきた。

『全面主義』『生活主義』と呼ばれるこうした道徳教育の基本的立場の成立に対して、デューイの教育思想、道徳教育論が影響していたことは、たびたび指摘されてきた（柳沼 2012：83-85・88、行安 1998：208-209）。じっさい、共同的な生活そのものが道徳性の発達的基础であるとする考えは、デューイの教育思想の基本的な特性であるといえてよい。

『道徳の時間』の特設に際しても、デューイの道徳教育論は重要な位置を占めた。梅根悟、上田薫ら、デューイの教育理論に通じた研究者たちが、特設に反対の立場を鮮明に打ち出したのである（梅根 1956：270-288、上田 1960：83-90）。これに対して、『道徳の時間』の特設を推進した研究者達は、そうした反対派が依って立つデューイ思想を、道徳授業の普及や定着を妨げるものとして敵視した（柳沼 2012：89-90）。このような経緯で、デューイ道徳教育論は道徳授業の導入に反対するものであるから、デューイ思想によって道徳授業を構想することは不可能であり無意味であるとする捉え方が、一般的になったとされている（柳沼 2012：90）。じっさい、デューイは道徳の授業に対してきわめて懐疑的な言葉を残している。

だが、『道徳の時間』が定着してしばらくすると、これとは異なる立場からデューイの道徳教育論を捉えようとする研究も行われてきた（斎藤 1980・1998・2010、柳沼 2012・2015、行安 1998・2017 など）。次節（「デューイ思想から積極的な道徳授業論を導くことの妥当性の根拠についての検討」－引用者註）で改めて触れるが、デューイは、倫理の授業方法論を積極的に論じたことがある。そこに見いだされた『デューイの道徳授業論』の原型を、デューイの教育思想のより広い文脈のなかに位置づけることで拡張し、デューイ思想に依拠した具体的な道徳授業方法論を提示しようとする試みがなされてきたのである。そのように提起されたものとしての『デューイの道徳授業論』は、今回の教科化に際して推進されている道徳授業の方法論と、一定程度重なるものである。同時に、デューイ固有の道徳教育論と、実際に実現される道徳教育制度・実践との間には、様々な対立が存在しうる。」（松橋 2018：209）

松橋の概観によって、戦後日本の道徳教育に対してデューイの教育思想・道徳教育論が影響を与え続けてきたことがわかる。ただし、それが道徳授業論へと収斂していくことは、

松橋自身の関心もさることながら、「道德の時間」の特設や「特別の教科道德」としての教科化が大きな論点となってきた戦後日本の道德教育の歴史を物語っていると言えるだろう。こうした事情によって、道德教育へのデューイの影響が見えにくくなっているとすれば残念であり、教科化後の状況を含めて検討する必要があるように思われる。

そこで本稿は、道德の授業に限定するのではなく、学習指導要領、道德教育における学習観、道德の授業と各教科等とのつながりの三点から、日本の道德教育へのデューイ教育思想の影響について論じている先行研究を確認・分析することによって、その影響がどのように理解されているのかを明らかにする。

## 2 学習指導要領

初めに、学習指導要領に対するデューイの道德教育論の影響に言及している研究を見てみたい。第一に、道德の学習法についてであり、柳沼良太は問題解決的な学習に関連して次のように述べている。

「二〇一五年に公示された『中学校学習指導要領解説特別の教科道德編』（第4章3節5）によれば、『道德科における問題解決的な学習』とは、『生徒一人一人が生きる上で出会う様々な道德上の問題や課題を多面的・多角的に考え、主体的に判断し、実行し、よりよく生きていくための資質・能力を養う学習』である。こうした定義がデューイの道德教育論と共通していることは明らかである。デューイは子どもが主体的に道德的問題に取り組み、そこに課題を見出し、その解決に向けて協働的に探究することを重視している。」（柳沼 2016：106）

「こうした従来の道德授業（「子どもに柔軟性を欠く古い習慣や価値観を押し付けるような道德授業」と「動機や性向を養おうとする徳目主義の指導方法」－引用者註）を改革するために、デューイは一八九〇年代に問題解決学習を活用した道德授業や倫理授業を開発している。（中略）これは我が国において、登場人物の心情を読み取らせ道德的価値を自覚させることで従属的な人格を形成する授業から、道德上の問題を考え議論することで主体的な人格を形成する授業へと質的転換を目指しているのと同じ構造になっている。デューイの考える問題解決学習を生かした道德教育は、子どもが道德上の問題を主体的、能動的、協働的に思考し、判断し、表現し、話し合うようなアクティブ・ラーニングを先取りしているとも言えるだろう。」（柳沼 2016：107）

デューイの重視した指導方法が学習指導要領における問題解決的な学習の定義と共通するものであり、アクティブ・ラーニングを先取りしているとの指摘である。道德の学習法については、野浪俊子も、道德教育とアクティブ・ラーニングの関係をデューイの理論に関連づけて二つの観点から論じている。一つは「美的経験」である。野浪は、「次期学習指導要領の改正に基づき実施される『特別の教科道德』について、『アクティブ・ラーニング』の観点から考察し、今後、道德教育指導の要となる『アクティブ・ラーニング』の在り方を J. デューイの『美的経験』論（自分らしい生命の美的リズム論）に求め、これからの『特別の教科道德』と『アクティブ・ラーニング』とのかかわりについて究明して」いる（野浪 2017：43）。

「本研究では、デューイの『美的経験』論に基づく道德教育と『アクティブ・ラーニング』について考察してきた。その結果、(ママ)『アクティブ・ラーニング』が、児童・生

徒の主体的で能動的な学びを目指し、また、児童・生徒の生活経験から遊離しない学習活動を促進する意味において、デューイの「美的経験」と道德教育のかかわりにおいて、以下のような示唆を得ることができた。

つまり、デューイの『美的経験』論に基づく道德教育が目指す『アクティブ・ラーニング』は、第一に、日常生活経験に基づいた学習活動となる。第二に、日常生活経験の学習活動となることから、日常のひとつの出来事を多面的・多角的・多感的に捉えることのできる学習活動経験となるものといえる。」(野浪 2017: 49)

子どもの「主体的」な学びや「多面的・多角的」な考え・捉えなど、柳沼の議論との共通点が見られる。野浪が論じるもう一つの観点は「経験主義教育」である。

「本研究は、道德教育における『アクティブラーニング』の意義について、J. デューイの『経験主義教育論』に基づいて考察してきた。

その結果、デューイの『経験主義教育論』に基づく『問題解決学習過程』は、『ウェービング的思考プロセス』を伴う『アクティブラーニング』となり、児童・生徒が自己の経験に基づき思考錯誤(ママ)を繰り返しながら、自らの考え方を主体的に、そして自己内対話や他者間対話を通して内省する深い学びとなることが解明できた。

このような『ウェービング的思考プロセス』を伴う『アクティブラーニング』は、『新学習指導要領』(2020年から施行)が目指す『何を学んだか』という学習から『何ができるようになったか』という授業改善や指導法改善に繋がるものであるといえる。

つまり、『何ができるようになったか』という授業改善や指導法改善のためには、『どのように学ぶか』という学習活動における思考プロセスの改善が必要であり、その改善の一試論に繋がるものが、J. デューイの『経験主義教育論』に基づく『問題解決学習過程』における『ウェービング的思考プロセス』であるといえる。

また、『新学習指導要領』では、『何ができるようになったか』という授業改善や指導法改善の観点から、『主体的で対話的な深い学び』を可能にする『アクティブラーニング』を提唱しており、これらのことは、J. デューイの『経験主義教育論』に基づく『問題解決学習過程』における『ウェービング的思考プロセス』を辿る学習活動で可能になるものと考えられる。

上述してきたこれまでのことは、道德教育が最終的に目指す「道徳的な判断力」「道徳的な心情」「道徳的な実践意欲」「道徳的な実践力」を育成することができるものと考えられる。ここに、道德教育において、J. デューイの『経験主義教育論』に基づく『アクティブラーニング』を取り入れる学習活動の意義があるといえる。」(野浪 2025: 37-38)

デューイの「経験主義教育論」に基づく「アクティブラーニング」によって、授業改善や指導法改善の観点から学習指導要領が求める「主体的・対話的で深い学び」が可能となり、道德教育が最終的に目指す資質・能力を育成できるとの主張である。ただし、内省や思考プロセスの改善といった表現には、さらに注意が必要であると思われる。この点に関連して、行安茂は次のように述べている。

「『議論する道徳』は一人ひとりが違った意見を発言し、その違いの意味を理解し合うことに学習の本来の意義を認める。この意味においてアクティブ・ラーニングは『試行錯誤』を伴う。そしてこれは生産的意味をもつ。この学習方法は自分の考え方の誤りを理

解することによって修正し、次の新しい出発点に気づく第一歩である。それは自己の傲慢を排除し、他人の違った考え方に対しては寛大となることはデューイの指摘するとおりである。『議論する道徳』の指導において忘れてはならないことは、質問したり、答えたりする発言のなかに『理由』を求めたり、説明したりすることである。この理由を入れたコミュニケーション（議論）を高めるならば、自己の傲慢さは一層排除され、相手の発言を理解することによって相手に対してより寛大となることが期待される。理由を伴う発言は日本人の不得手であると考えられるから、この点はこれからの指導上の重要な課題である。

道徳科の学習指導において『議論』や『対話』を採用する場合、正解は一つであるという観点をとるのではなくて、多様な考え方があることを認めることは、周知のとおりである。改めて『小学校学習指導要領解説』（平成二七年）総則編、第四章、第二節一「指導の基本方針」の一部分を紹介したい。

『相反する道徳的価値について、どちらか一方の選択を求められる場合も数多く存在する。その場合の多くは、答えは一つではなく、正解は存在しない。こうした問題について多面的・多角的に考察し主体的に判断し、よりよく生きていくための資質・能力を養うためには、児童が道徳的価値を自分との関わりで考えることができるような問題解決的な学習を取り入れることが有効である。』（行安 2017：112）

行安は、アクティブ・ラーニングや問題解決的な学習を論じるなかで、「主体的」であることよりも「多面的・多角的」であることを強く意識し、議論や対話を通じた他者理解や自己成長に論及している。道徳の学習法については、次節でさらに詳しく取り上げたい。

第二に、道徳の授業と各教科等とのつながりについてであり、柳沼は次のように述べている。

「わが国の道徳教育は、学校の教育活動全体を通して行うべきものとされてきた。また、『道徳の時間』が一九五八年に特設されて以来、各教科等で行われる道徳教育全体の要となる時間であり、道徳教育全体を補充・深化・統合する役割を果たすとされてきた。新しい学習指導要領の総則でも、道徳科は道徳教育の『中核的な役割を果たす』とされ、『各教科等で行われる道徳教育を補ったり、それを深めたり、相互の関連を考えて発展させ、統合させたりする』とされている。こうした基本的方針は、道徳が教科化する前も後も変わりはなく、デューイの道徳教育論とも合致している点である。」（柳沼 2016：109）

「道徳の時間」が各教科等で行われる道徳教育全体の要となり、道徳教育全体を補充・深化・統合する役割は、教科化前後で変わらないこと、その方針がデューイの道徳教育論とも合致していることが確認されている。行安も次のように述べている。

「道徳科の指導が目指すものは児童生徒が『物事を多面的・多角的に考え、自己の生き方についての考えを深める学習を通して、道徳性を養うことである』と『解説』（ママ）はくり返し注意を喚起する。これは道徳科以外の各教科、その他の学習活動全体においても求められる。問題は道徳科とこの教育活動全体との関連をどのように考えるかということである。道徳教育は学校の教育活動全体を通して行われる。道徳科はこの活動全体の『要』の地位にある。この点は周知のとおりであるが、その意味については必ずしも十分理解されてはいない。」（行安 2017：114）

「道徳科」が学校の教育活動全体を通して行われる道徳教育全体の「要」の地位にあるという表現は、柳沼と共通している。ただし、その意味の理解が十分ではないという点については、後に詳述したいと思う。

### 3 道徳教育における学習観

次に、道徳教育における学習観について、いま少し見てみたい。

松下良平は、「主体的な思考を促すための能動的学びについて今日デューイから改めて学ぶ必要があるのは、経験の持つ受動的側面についての考察だといえる。そのことはとりわけ道徳教育について当てはまる。」(松下 2017: 123) と述べて、アクティブ・ラーニングについて次のように指摘する。

「主体的・能動的な思考を促すために何よりも必要なのは、ことさらに『能動的』であることを求めて、経験における受動の契機を無視しかねないアクティブラーニングという学習方法の導入というよりも、<心による学習>から<魂による学び>への学習観の転換（正確には後者による前者の包摂）だといえる。そのとき、能動と受動の相互作用として思考や探究を捉え、経験における受動のもつ独自の意義に注目したデューイの視点は、その学習観の転換のための重要な理論的根拠と実践的示唆を与えてくれる。アクティブラーニングから『主体的・対話的で深い学び』への改称を機にこのような学習観の転換がなされれば、活動的な学習は思考を活性化させ、I（「デューイによる道徳授業批判の再検討」－引用者註）で述べた道徳授業観の転換も進むであろう。」(松下 2017: 125-126)

松下の論述を受けて、松橋俊輔は松下の別稿も参照しながら次のように論じている。

「松下によって論じられたのは、アクティブラーニングという方法論は、受動と能動を分離する<心による学習>観と結びつけられがちであり、『学び』を衰微させる危険性があるということであった。これに対して、デューイ教育論に見られる<魂による学び>へ向かうためには、少なくとも教育者自身の『受動の作法』が重要であると確認された。また、こうした議論は、第2節（「デューイ思想に依拠して語られた道徳授業論の内容」－引用者註）で示されたアクティブラーニング型の道徳授業に対する懸念に、一つの理論的・思想史的な説明を与えるものであった。」(松橋 2018: 216)

アクティブ・ラーニングという方法論において主体的・能動的であることが強調される現状への危惧が示され、デューイにおける受動の意義を示唆する議論は、前節で確認した野浪俊子や行安茂の所論とつながるところである。この点について、さらにデューイの「反省的思考」に着目して見ていきたい。西川珠美は次のように論じている。

「『反省的思考』を道徳授業に取り入れるとは、読み物資料や児童の実生活における道徳問題を取り上げ、その解決策を『反省的思考』を用いて児童が自ら構想・検証することで『実践的態度』を育成することを指す。そうすることで期待される利点は以下の2点である。

デューイは、『反省的思考』の過程は、一連の『判断』を為すことであると指摘し、結論に至るまでの諸『判断』を『反省的思考』の単位としている。それは、『反省的思考』を用いてよりよい行為を『判断』し、また、その『判断』の『参照の基準』を創りかえ

ていくことができると考えられる。つまり1点目の利点として、動的な『道徳的判断力』の育成が期待されることが挙げられる。

また、児童は目の前の道徳問題に対して問題解決の思考過程を自力で組み立て、自己の過去の経験に基づく『道徳的価値』を『判断』の『参照の基準』として活用していくと考えられる。つまり、自分の『判断』の『参照の基準』を用いながら自力で問題解決していくことができると考えられる。これは日常の生活場面でも活かされると考えられる。ここから、2点目の利点として、道徳授業での学習が児童の実生活で応用されることが期待されることが挙げられる。」(西川 2014: 347)

萩野奈幹も、道徳の授業について論じるなかで次のように述べている。

「デューイ哲学に基づく問題解決学習は、我が国の道徳科授業における問題解決的な学習と関連づけることができる。そこでは、子どもが道徳的問題に自分事として切実に向き合い、主体的に道徳的問題を見出し、様々な解決策を考え判断する学習となる。また、それは同時にグループや学級全体での相互学習を行うことで、道徳的な見方や考え方を共感的に理解し合い、その経験を共有しながら民主的なコミュニティを創造しようとする反省的協働思考を生かした学習ともなる。さらには、自分の大切にしていきたい道徳的な考えや価値観を振り返り、自己の生き方や人間としての生き方を深く考える学習ともなることを示した。」(萩野 2023: 19)

道徳教育における問題解決的な学習の導入は、方法論としてだけでなく、反省的思考をともなってこそ機能し、道徳的判断力の育成や実生活での応用が期待されるものであることを認識する必要があるだろう。

#### 4 道徳の授業と各教科等とのつながり

最後に、道徳の授業と各教科等とのつながりについてである。先にも述べたが、行安茂は次のように指摘している。

「道徳科と学校の教育活動全体とは密接な関係にある。それは次の二点においてである。

第一点は、各教科、外国語活動、総合的な学習の時間及び特別活動はそれぞれ固有の学習目標をもつので、道徳教育の目標は部分的にしか達成されない。『人間的成長』を目指す『道徳科』は四つの視点から各教科等の学習経験を道徳的価値との関連において活かす課題を担っている。第二点は四つの視点に含まれる諸価値の関連を考え、発展的『統合』を考える役割を道徳科は担っていることである。この点についての理論的研究は未開拓であるといってよい現状である。その場合、諸価値の関連と統合を可能にする基本的価値は何であるかを明らかにする必要がある。この点についての研究はこれからの重要な課題である。これらの問題は道徳科の学習過程と密接につながる。なぜかといえば道徳的価値を一つ一つ理解したからといって全体としての人間は見えてこないからである。教師は児童生徒の成長を考える場合、道徳的諸価値が成長のプロセスにどのように組み込まれ、発展するかについての理論的展望をもつことが求められる。道徳教育の『評価』が注目され、議論されている現在、以上の問題を再検討することは急務である。」(行安 2017: 114)

行安は、「道徳科」が各教科等の学習経験を道徳的価値との関連において生かすとともに道徳的諸価値の関連と統合を担っているとの理解を示しているが、こうした視点からの研

究はあまり進んでいないようである。小柳正司は、道德の授業と各教科とのつながりについて次のように論じている。

「デューイにあっては、子どもたちの学習活動を真理の発見と知識の創造の過程として組織することが教科指導（知育）の本質であり、それがそのまま彼の求める民主主義道德の教育過程（徳育）に他ならない。デューイの道德教育論は、よく誤解されているが、『学校のあらゆる生活場面が道德教育になるのだから意図的な道德教育は必要ない』とする主張ではない。むしろ、徹底した知育の追求の先に新しい徳育の姿を追求するものだったと言える。」（小柳 2017：136）

「ここまでくれば、デューイは『道德の直接教授』をおこなう『特設授業』には反対だったけれども、『道德』の『特設授業』そのものに反対だったわけではないことが理解できよう。両者の区別は現在のわれわれにとっても微妙な問題である。要は、『道德』の『特設授業』をそれ単独のものとして扱わないことである。『国語』『算数』『社会』『理科』等々と並んで『道德』があるという受けとめはぜひとも避けなければならない。なぜなら、各教科で学ぶ学習内容とは別個に道德学習の内容があるわけではないからである。『国語』は『国語』、『理科』は『理科』、『図工』は『図工』、といった教科セクショナルリズムは、パッシヴラーニング、つまりあらかじめ用意された一定量の教育内容を疑問の余地なく学び取っていく学習形態と無縁ではない。そうした古い教科観が克服されなければ、『道德科』はどんなに指導法を工夫してみても、結局は『道德の直接教授』、つまり価値の教え込みに墮していくことを免れないであろう。」（小柳 2017：137）

小柳は、デューイの道德教育論を「徹底した知育の追求の先に新しい徳育の姿を追求するもの」と理解し、「各教科で学ぶ学習内容とは別個に道德学習の内容があるわけではない」と断じている。その理由は、前節で見た学習観につながり、また道德の授業と各教科等とのつながりという点においては行安の所論にも通ずるものがある。ただし、デューイの道德教育論に沿った科目構成が示されているわけではなく、今後の課題ということになるだろうか。柳沼良太は、道德の授業と特別活動との関係を次のように論じている。

「小学校や中学校の道德授業であれば、子どもたちの日常生活や各教科等の教育活動と関連づけることが有意義になるだろう。道德授業と他の教育活動を関連づける方法としては、様々な教育活動を行った後にそれらを道德授業の中で振り返るアプローチと、道德授業をした後に他の教育活動で実践するアプローチが考えられる。デューイの教育理論に基づいて道德授業を構想する場合、後者のアプローチがより適切であろう。

道德授業の後に行う道德的実践を計画的かつ発展的に指導する時間帯をあえてカリキュラム上で特定するとすれば、我が国の場合、特別活動や総合的な学習の時間が有力候補となる。つまり、授業である道德的問題の解決策を考えたいうえで、それを行動の指針として活用し、その有効性や意義を明らかにするのである。その意味で、道德授業と特別活動等の連携は、以前から強く求められている重要な案件である。

道德授業と特別活動との連携としては、道德授業で学習した内容を特別活動の場で生かすことが考えられる。従来の我が国の道德授業では、資料を読んで登場人物の心情を考えて、周知の道德的価値を再確認する程度で終わるため、子ども本人の道德的実践には繋がらないことが多かった。そこで、道德授業で子どもが自ら道德的問題を考え、そ

の解決策道徳的価値について吟味したら、それを実践する場として特別活動を活用すれば、有機的に道徳的实践に繋がるのが想定される。」(柳沼 2016:110)

実践を考える場合には道徳の授業と特別活動との連携が有効であるとの指摘である。ただし、道徳的問題の検討と道徳的価値の吟味を道徳の授業に、道徳的实践を特別活動に負わせる姿勢と、先述の小柳の所論や前節の学習観の議論との関係をどのように考えればよいのか、さらなる検討が必要である。

## 5 おわりに

問題解決的な学習やアクティブ・ラーニング、主体的・対話的で深い学びといった現行学習指導要領に関連する言葉の背景にデューイの影響があることは間違いない。ただし、それらの言葉の意味を理解するにあたっては、方法論として能動的・主体的であることのみならず、デューイにとっての受動の意義や反省的思考といった概念にも注意を払う必要がある。そして、このような観点からの研究が、学習指導要領、道徳教育における学習観、道徳の授業と各教科等とのつながりといった諸側面に通底して蓄積されつつあることが、本稿での検討から見えてきた。課題とされている道徳の授業と各教科等とのつながりの具体的な形については、今後の研究の進捗を待ちたい。

## 6 参考文献

- ・小柳正司 (2017) 「『道徳の教科化』と『教科の道徳化』－ジョン・デューイの道徳教育論の今日的意義－」『日本デューイ学会紀要』第 58 号、129－138 頁
- ・西川珠美 (2014) 「『実践的態度』を育成する道徳授業に関する研究－デューイの『反省的思考』を中心に－」『教育学研究紀要』第 59 巻、中国四国教育学会、343－348 頁
- ・野浪俊子 (2017) 「道徳教育とアクティブ・ラーニングに関する一考察－J. デューイの『美的経験』論に基づいて－」『志學館大学教職センター紀要』第 2 号、43－50 頁
- ・野浪俊子 (2025) 「道徳教育におけるアクティブラーニングの意義 (ママ) －J. デューイの『経験主義教育論』に基づいて－」『志學館大学教職センター紀要』第 10 号、29－38 頁
- ・萩野奈幹 (2023) 「道徳科授業における問題解決学習に関する一考察－デューイ哲学の経験論と思考論に基づく道徳教育論に着目して－」『日本道徳教育方法』第 28 号、日本道徳教育方法学会、11－20 頁
- ・松下良平 (2017) 「道徳教育とアクティブラーニング－デューイから何を学ぶか－」『日本デューイ学会紀要』第 58 号、117－127 頁
- ・松橋俊輔 (2018) 「デューイの教育思想に依拠して論じられた道徳授業論の現状－道徳教育の指導法としてのアクティブラーニングへの期待と懸念－」『研究室紀要』第 44 号、東京大学大学院教育学研究科基礎教育学研究室、209－217 頁
- ・柳沼良太 (2016) 「デューイの教育理論と道徳教育－道徳科における問題解決的な学習を求めて－」『日本デューイ学会紀要』第 57 号、103－112 頁
- ・行安茂 (2017) 「デューイと道徳教育－アクティブ・ラーニングの可能性と課題－」『日本デューイ学会紀要』第 58 号、107－116 頁

## 外国籍生徒に対する生徒指導および進路指導の現状と課題

豊田 賀子（湘南工科大学教職センター・准教授）

### 1 はじめに

近年、日本では外国籍あるいは外国にルーツをもつ生徒が増加しており、その教育的支援の重要性が高まっている。筆者は関東圏の複数の公立高等学校において心理士として、長年にわたり教員を対象としたコンサルテーションを実施してきたが、数年前までは外国籍生徒の割合が2割程度であった学校が、近年では外国籍生徒が全体の約半数近くを占める状況となっている。それに伴い、外国籍生徒に関する生徒指導および進路指導について教員から寄せられる相談は年々増加しており、実態の整理と課題の検討、さらには実践的な指導や支援体制の構築が求められている。

そこで本稿では、高等学校における外国籍生徒に対する生徒指導および進路指導の現状と課題について、実際の学校現場の教員の相談内容などを踏まえながら検討することを目的とする。なお、近年、学校現場においては「外国籍生徒」「外国にルーツをもつ生徒」「外国につながる生徒」など、さまざまな用語が用いられているが、本稿では、主として行政統計や学校基本調査等で用いられている外国籍生徒を対象とする。しかし、生徒指導および進路指導の実態を検討する上では、国籍の有無のみでは把握しきれない課題が多いことから、「外国につながる生徒」という概念も併せて参照する立場をとることとする。本稿が、多文化・多言語の生徒を支えるための実践的な指導の工夫に寄与することを期待する。

### 2 外国籍生徒の現状

学校基本調査<sup>1)</sup>によると、外国籍児童生徒数は平成28年(2016)から令和7年(2025)にかけて、公立小学校・中学校・高等学校のすべての学校段階において増加している(表1参照)。特に小学校段階では、平成28年の49,093人から令和7年には96,167人へと約2倍に増加しており、外国籍児童の受け入れが初等教育段階から急速に拡大している状況が確認できる。また中学校においても同様に増加が見られ、平成28年の20,686人から令和7年には38,254人へと約1.8倍に増加している。これは、小学校段階で在籍していた外国籍児童が、そのまま中学校へ進学していることに加え、学齢期に来日した生徒の増加が影響しているものと考えられる。さらに高等学校段階に着目すると、外国籍生徒数は平成28年の8,968人から令和7年には13,009人へと増加しており、この約10年間で約1.45倍に拡大している。小学校段階ほど急激な増加ではないものの、高等学校段階においても外国籍生徒の在籍が着実に増えていることが分かる。この背景には、国内に居住する外国人住民の増加や国際結婚家庭の子どもの増加、学齢期に来日した生徒の進学など、複数の社会的要因があると考えられる。その中でも、高等学校段階では、学習評価や出席状況が単位取得や進路選択に直接結び付くという制度的特徴を有しており、生徒指導および進路指導上の課題がより顕在化しやすいと考えられる。

こうした状況を受け、我が国では令和元年6月に「日本語教育の推進に関する法律」が成立し、令和5年4月には、高等学校等において生徒の日本語能力に応じた「特別の教育課程」による指導が可能となった。それに伴い、外国籍生徒を含む、日本語指導が必要な

生徒に対する指導・支援に関する指導及び支援について、文部科学省や各教育委員会により研修動画や指導ハンドブック等が作成<sup>2)</sup> <sup>3)</sup> <sup>4)</sup> されている。その中で、東京都教育委員会が作成した「外国籍につながる生徒への指導ハンドブック」<sup>3)</sup> では、高等学校学習指導要領の趣旨を踏まえつつ、より具体的かつ実践的な対応の方向性が示されている。同ハンドブックでは、高校入学後に日本語による日常会話や授業理解が十分にできず、学校生活において孤立したり、学習から取り残されたりすることのないよう、日本語指導を含む組織的な支援体制の構築について記載されている。また、日本語指導は特定の教科に限定されるものではなく、各教科の学習場面に加え、ホームルーム活動や学校行事等の特別活動、さらには生徒指導や進路指導の場面を含む、学校教育活動全体を通して実施されるべきものであると位置づけられている。そのため、教員個人の対応に委ねるのではなく、校内での情報共有や指導体制の整備を含めた、組織的・計画的な取組が重要であることが示されている。さらに、外国につながる生徒に対しては、言語的・文化的背景や在留資格、家庭環境等を含めた背景理解の重要性も示唆されており、校内での情報共有や家庭との連携を通して、生徒の学校生活の安定や進路実現につなげることが重視されている。加えて、外国籍生徒を含む日本語指導が必要な生徒においては、中途退学率が高く、不登校や中途退学の未然防止の観点からも、生徒指導・進路指導と連動した支援の必要性が指摘されている。

表1 公立学校種別にみた外国籍児童生徒数の推移（H28～R7）

学校種別	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
小学校	49,093	53,714	59,094	65,337	70,401	74,683	77,179	84,930	90,367	96,167
中学校	20,686	21,828	23,051	24,800	26,847	28,101	28,736	30,792	33,353	38,254
高等学校	8,968	9,318	9,614	9,636	9,687	9,926	10,387	10,821	11,759	13,009
特別支援学校	1,039	807	897	972	1,093	1,278	1,428	1,638	1,816	2,104
義務教育学校	185	207	326	502	613	683	860	1,068	1,236	1414
中等教育学校	148	141	151	155	174	182	200	200	218	388

※文部科学省学校基本調査に基づく

### 3 外国籍生徒の生徒指導および進路指導についての現状と課題

生徒指導とは、児童生徒一人一人の人格を尊重し、個性の伸長を図りながら、社会的な資質や行動力を高めることを目的とした指導・援助である。令和4年度に改訂された『生徒指導提要』では、生徒指導は問題行動への対応に限定されるものではなく、日常の教育活動全体を通じて行われる予防的・開発的な指導を含むものとされている。そのため、学習面のみならず、生活面、心理・社会的側面を含めた包括的な指導および支援が求められ、多様な背景をもつ生徒への配慮やICT活用、関係機関との連携の重要性も示されている。

一方、進路指導は、生徒が自己の生き方を考え、将来の進路を主体的に選択・決定していく力を育成するための指導・援助であり、生徒指導の一環として位置づけられる。外国籍生徒の場合、言語的・文化的要因に加え、日本の教育制度や就労制度に関する理解不足が進路形成に大きく影響することが指摘されている。このような要因もあり、日本の学校生活に十分適応できず中途退学に至るケースも少なくない。令和5年度の調査<sup>5)</sup>では、高

校生全体の中退率が1.1%に対し、日本語指導が必要な高校生の中退率は8.5%と高い水準にあることが報告されている。また、高校生全体の就職者の非正規就職率は3.1%に対し、該当生徒は38.9%、進学率も高校生全体が75.1%に対し該当生徒は46.6%と低い傾向にあり、進路形成上の困難さが示唆されている<sup>5)</sup>。このように、外国籍生徒への生徒指導および進路指導は、従来の指導の対応にとどまらず、学校生活への適応や心理的安定を支える支援的指導を含むため、より広範な内容が求められている。実際に筆者が教育現場の教員から受ける相談内容は、多岐にわたるが、主に以下の6つに整理することができる(表2参照)。

### 3.1 言語・学習理解に関する課題

外国籍生徒の中には、来日時期が中学校以降であり、日本語の習得が十分でない状態のまま高等学校に進学する生徒が多く見られる。また、来日時期が小学生であっても、日本語の理解がまだまだ十分でない生徒も少なくなく、このような生徒は授業内容を十分に理解できず、学習面で著しい困難を示すことが多い。来日して一定期間が経過しているにもかかわらず、日本語の習得や理解が十分でない場合、学習の遅れが認知的(知的)な要因によるものなのか、あるいは言語的要因に起因するものなのかを判断が難しく、そのため、教員は指導の方向性を定めることに苦慮することが多い。特に入学後の初期段階においては、十分なアセスメント体制が整っていない場合が多く、適切な指導が行われないうま学年が進行し、学習不振が固定化してしまう実態が確認されている。その結果、単位未修得が累積し、最終的に退学に至るケースも少なくない。

### 3.2 生活面・家庭環境に起因する課題

家庭の経済的困難により、通学費や教材費を十分に確保できず、継続的な通学が妨げられる事例が見られる。さらに、保護者自身も外国籍である場合、在留資格の不安定さから、生徒自身の将来設計が見通しにくくなる状況も少なくない。実際に、調査報告<sup>6)</sup>では、全日制高校において外国につながる生徒の進路指導に関して、「家計が厳しく進学が難しい」「保護者の理解を得ることが難しい」といった家庭環境に起因する課題が報告されている。このような家庭の経済的・制度的な不安定さの中で、生徒が学業と並行して生活費や家計を支えるためにアルバイトを余儀なくされているケースも少なくない。なかには、生徒のアルバイト収入の多く、あるいは全額を家庭に入れている事例も見られ、学習時間の確保が困難となるだけでなく、疲労の蓄積や生活リズムの乱れにつながる場合がある。その結果、学業との両立が難しくなり、出席不安定や成績低下を招き、進路形成にも影響を及ぼしている。また、生活習慣の違いにより、朝の登校に間に合わない、あるいは雨天時に登校を控えるといった文化的背景に起因する出席の不安定さが生じる場合もある。その結果、出席不安定が学習の継続や進路形成の双方に影響を及ぼしている現状が確認されている。

### 3.3 人間関係・生徒指導上の課題

異文化的背景をもつ生徒が、日本の学校文化や同世代の人間関係の暗黙のルールに馴染

表2. 外国籍生徒に対する生徒指導・進路指導の課題

課題	主な内容
①言語・学習 理解に関する 課題	・来日時期が中学校以降で、日本語の習得が十分でないまま進学
	・学習のつまづきが、日本語能力によるものか、知的・発達の特性によるものかの判別が困難
	・適切なアセスメントがないまま、学習不振が固定化しやすい
②生活面・家 庭環境に起因 する課題	・家庭の経済的困難（学費・教材費・交通費など）
	・在留資格の不安定さによる将来不安
	・生活習慣の違い（起床時間、天候による登校判断など）
	・出席不安定が学習面および進路形成の双方に影響を及ぼす
③人間関係・ 生徒指導上の 課題	・日本の学校文化や暗黙のルールへの適応困難
	・人間関係のトラブルや孤立
	・所有物・公共性に関する認識および倫理観の違い
	・悪意がない場合でも「問題行動」として指導されやすい
④家庭連携・ 支援体制に関 する課題	・保護者が日本語を十分に理解できない
	・面談や文書での情報共有が困難
	・通訳・翻訳・ICT活用が十分に整備されていない
	・同一出身国の生徒同士で集団化しやすく、日本語使用や異文化交流の機会が限定され、日本の学校文化への適応が進みにくい
⑤進路指導に おける制度理 解・情報保障 の課題	・日本の進学・就職制度が複雑で、生徒・保護者ともに理解が難しい
	・在留資格（ビザ）による進路制約が十分に共有されない
	・進路情報が日本語中心で提供され、理解が追いつかない
	・単位未修得が退学に直結しやすく、早期支援が間に合わない場合がある
⑥教員に関す る課題	・研修機会の不足
	・教員の負担
	・制度的な制約

めず、孤立感を抱いたり、トラブルを引き起こしたりするケースが報告されている。また、文化や家庭教育の違いにより、倫理的判断や公共性に対する認識にずれが生じることもある。例えば、所有物や公共空間に関する認識の違いから、軽微な窃盗やルール違反として扱われる事象が発生する場合がある。教員からは、「本人に悪意はないが、日本の学校生活の常識が十分に伝わっていない」「倫理観や公共性の基準が共有されておらず、指導が難しい」といった声が寄せられており、単なる規則違反としての対応ではなく、文化理解を踏まえた丁寧な関わりや日本独自の倫理観やルールの学習や指導の必要性が指摘されている。

### 3.4 家庭連携・支援体制に関する課題

保護者が日本語を十分に理解できない場合、面談や文書を通じた情報共有が困難となり、進路指導や生活支援に関する連携が円滑に進まないケースが多く見られる。先行研究や調査報告<sup>6)</sup>において、調査対象16校中全体の約6割の学校が、外国につながる生徒の保護者が三者面談に来ないことについて「よくある」「時々ある」と回答していることや、外国人保護者とのコミュニケーションについて、「とても難しい」と回答した学校は2校、「や

や難しい」が10校、「あまり難しくない」が3校、「まったく難しくない」が1校となり全般的に、やりとりが難しいと考えている学校が多いことが報告されている。その理由として、最も多い回答が「日本語のコミュニケーションが難しい」「保護者の出身国の文化や価値観がわからない」「保護者の教育関心が低い」「信頼関係が構築しづらい」そして先述した「連絡がとれない」が報告され家庭との連携の難しさが指摘されている。実際に筆者が関わる学校現場においても、保護者との意思疎通が十分に図れず、重要な情報が家庭に伝わりにくい事例も多い。校内での通訳・翻訳やICTを活用した指導も試みられているものの、人的・制度的な制約により十分に整備されているとは言い難く、家庭連携や指導・支援体制の構築が教員個人の工夫や負担に依存している現状がみられる。

### 3.5 進路指導における制度理解・情報保障の課題

大学・専門学校の入試制度や就職活動の時期・方法、在留資格（ビザ）による進路上の制約などについて、生徒本人および保護者が十分な情報を得られていない場合が多い。そのため、外国籍生徒に対する進路指導は、単なる進路決定の支援にとどまらず、日本の教育制度や進路制度に関する説明、情報保障を含む生活支援的な役割を担うことが求められている。現場では、やさしい日本語を用いた説明や、個別かつ継続的な進路面談などの工夫が行われているが、十分な時間を確保することが難しく、教員の負担が大きくなっている実情がある。また、日本の進学・就職制度は複雑であり、日本語による情報提供が中心となるため、生徒本人や保護者が制度を十分に理解できないまま、進路選択を迫られる場面が少なくない。そして、在留資格や家族の就労状況といった制度的・社会的制約が進路の選択肢を大きく左右するにもかかわらず、これらの要因が進路指導の中で十分に共有・整理されないまま指導が進められる場合もある。

### 3.6 教員に関する課題

このような外国籍生徒への生徒指導および進路指導は、言語的・文化的背景や家庭環境、在留資格といった多様な要因を踏まえた対応が求められるが、こうした知識や視点を体系的に学ぶ機会が、教員養成段階および現職研修の双方において十分に確保されているとは言い難い。現場では、外国籍生徒への対応に関する研修資料やハンドブックが整備されつつあるものの、それらが継続的・組織的な研修として位置づけられておらず、実際の指導は教員個人の経験や試行錯誤に委ねられている場合が多い。特に高等学校においては、教科担任制のもとで生徒と関わる時間が限られていることから、日本語指導や多文化理解、進路制度や在留資格に関する知識を校内で共有する機会が確保されにくい。また、急激な外国籍生徒の増加に、学校全体が対応できないのが現状であろう。

このような状況は、指導の内容や質にばらつきを生じさせるだけでなく、教員の不安感や負担感を高め、組織的な対応を困難にする要因となっていると考えられる。実際に、著者に寄せられる教員からの相談には、「外国籍生徒を今まで指導したことがない」「イメージができない」「不安である」等との相談はよく寄せられる。また、調査報告においても<sup>6)</sup>「外国につながる生徒を教えるにあたり、教員のスキルや知識の向上が必要だ」という質問にたいして、18校のうち、12校が「はい」と回答し、「いいえ」(3校)を大きく上回る

結果となっており、研修機会の確保は重要であろう。その中でも 11 校が「保護者対応」に関する研修機会を望んでおり、教員にとって外国籍生徒への生徒指導および進路指導は、生徒本人への対応にとどまらず、保護者への対応が重要な職務の一部となっていることが明らかとなった。

#### 4 考察

本稿では、高等学校における外国籍生徒に対する生徒指導および進路指導上の課題について、言語・学習理解、生活面・家庭環境、人間関係、家庭連携・支援体制、進路指導における制度理解・情報保障、教員の課題という六つの側面から整理した。その結果、外国籍生徒に対する指導上の課題や困難さは、言語的要因、家庭環境、文化的背景、制度的制約、教員を取り巻く体制上の課題などが相互に影響し合う、多面的かつ重層的なものであることが示唆された。

言語・学習理解の側面においては、日本語能力の不足と認知的要因とを適切に区別することが難しく、十分なアセスメントが行われなまま学習不振が固定化するケースが見られた。また、外国籍生徒が示す遅刻・欠席や問題行動の背景には、日本語理解の困難さに加え、家庭環境や文化的背景が複雑に関係している場合が多く、生徒指導を規範逸脱への対応としてのみ捉えることの限界が示された。

進路指導においては、日本の進学・就職制度や在留資格による制約について、生徒本人および保護者が十分に理解できないまま進路選択を迫られる状況が少なくないことが明らかとなった。情報保障の不足は、進路選択の幅を狭める要因となるだけでなく、生徒や保護者の不安を高める要因ともなっている。

一方、校内においては ICT の翻訳機能を活用した対応が行われる場面も見られるが、専門的・抽象的な学習内容や感情理解を伴う指導場面においては限界があることが確認されている。通訳相談員の配置などの取組も一部で進められているものの、調査報告<sup>6)</sup>によれば、全体の約 7 割の学校が「通訳はいない」と回答しており、とりわけ全日制高校では通訳が配置されていない割合が約 8 割と高い結果が示されている。また、通訳が配置されている場合においても、派遣回数や対応言語に制約があり、すべての外国籍生徒や家庭のニーズに十分対応できているとは言い難い状況が指摘されている。

以上のように、高等学校における外国籍生徒への生徒指導および進路指導は、学習面・生活面・進路面にまたがる多面的かつ重層的な課題を内包しており、学校現場の構造的条件を踏まえた対応が求められている。

#### 5 提言

本稿で明らかにしたように、高等学校における外国籍生徒への生徒指導および進路指導は、教員個人の努力のみで対応できる課題ではなく、学校全体としての組織的な取組が不可欠である。とりわけ全日制の通常の高等学校においては、教科担任制や時間割の制約、人的・制度的リソースの不足といった構造的要因を前提とした支援の在り方を検討する必要がある。以下に、今後求められる支援の方向性を提言として示す。

##### 5.1 学校組織としての支援体制の構築

現在も学国籍生徒への指導や対応は、学校全体で組織的に実施することが明言されているが、現実的には、外国籍生徒への指導や対応は特定の担当者や個別対応に委ねることが多い。そのため、学校全体として共有すべき生徒指導・進路指導上の課題として位置づけ入学時や学年進行の節目において、生徒の日本語能力、学習状況、生活背景等を把握し、校内で情報を共有する仕組みを整備することが求められる。その際、生徒指導と進路指導を切り離すのではなく、一体的に捉えた指導および支援体制の構築が重要である。

## 5.2 初期アセスメントと段階的支援の充実

言語・学習理解の課題に対しては、入学後早期に日本語能力や学習歴を把握する初期アセスメント体制を整備し、その結果をもとに段階的な学習支援を行うことが重要である。これにより、学習不振の固定化や単位未修得の累積を防ぐことが期待される。

## 5.3 ICT 活用と通訳支援の位置づけの明確化

ICT を活用した翻訳支援は、一定の補助的役割を果たすものの、生徒指導や進路指導における複雑な意思疎通を十分に担うことは難しい。そのため、ICT を万能な解決策として捉えるのではなく、あくまで補助的手段として位置づける必要がある。同時に、通訳相談員や多文化共生スクールコーディネーター等の外部人材の活用を含め、学校外の支援資源との連携を前提とした体制整備が求められる。

## 5.4 教職課程および教員研修への位置づけ

外国籍生徒への生徒指導および進路指導の課題は、個々の教員の資質や経験に依存すべきものではなく、教員養成段階および現職研修の中で体系的に扱われるべき教育課題である。教職課程や校内研修において、日本語指導の基本的な考え方、多文化理解、在留資格や進路制度に関する基礎知識を位置づけ、教員間で共通理解を形成することが、学校全体としての支援の質を高めるうえで重要であろう。

## 6 最後に

本稿では、高等学校における外国籍生徒を対象とした生徒指導および進路指導の現状と課題を整理し、その特徴を明らかにした。外国籍生徒が直面する困難は、学習理解や進路選択にとどまらず、生活環境、在留資格、人間関係といった要因が複雑に関係するものである。本稿で示した課題および提言が、学校現場における支援体制の在り方を再考する一助となり、外国籍生徒一人ひとりの学校適応と進路形成を支える実践につながることを期待したい。

## 7 引用文献

### 1) 文部科学省「学校基本調査」

[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/toukei/chousa01/kihon/1267995.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa01/kihon/1267995.htm) (2026年1月30日閲覧)

### 2) 文部科学省(2025)「外国人児童生徒等教育の現状と課題」文部科学省総合教育政策

- 局国際教育課 [https://www.mext.go.jp/content/20250425-mxt\\_kyokoku-000041756\\_005.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20250425-mxt_kyokoku-000041756_005.pdf) (2026年1月28日閲覧)
- 3) 東京都教育委員会 (2023)「外国につながる生徒への指導ハンドブック」  
[https://www.mext.go.jp/content/20250425-mxt\\_kyokoku-000041756\\_005.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20250425-mxt_kyokoku-000041756_005.pdf)  
(2026年1月28日閲覧)
- 4) 神奈川県教育委員会 (2025)「外国につながるのがある児童・生徒への指導・支援の手引き(改訂版)～多文化共生社会を目指して」  
[https://www.pref.kanagawa.jp/documents/64369/tebiki\\_r7kaiteiban.pdf](https://www.pref.kanagawa.jp/documents/64369/tebiki_r7kaiteiban.pdf) (2026年1月28日閲覧)
- 5) 文部科学省 (2024)「令和5年度日本語指導が必要な児童生徒の受入状況等に関する調査結果の概要」[https://www.mext.go.jp/content/20240808-mxt\\_kyokoku-000037366\\_3.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20240808-mxt_kyokoku-000037366_3.pdf) (2026年1月30日閲覧)
- 6) 額賀美紗子・三浦綾希子・高橋史子・徳永智子・金 侖貞・布川あゆみ (2022)「外国につながる生徒の学習と進路状況に関する調査報告書－都立高校アンケート調査の分析結果」東京大学大学院附属学校高度化専攻・効果検証センター関連プロジェクト報告書

# 各教科・総合的な学習の時間・特別活動を有機的に関連付けた探究的な学びの充実

尾崎 誠（湘南工科大学教職センター・准教授）

## 1 はじめに

本稿では、学習指導要領総則の趣旨を踏まえた各教科等における教育方法の工夫・改善について、特に各教科等の見方・考え方と探究的な学びの在り方に着目して考察することを目的としている。

現行の中学校学習指導要領において、「探究」という学習プロセスは、総合的な学習の時間のみならず、各教科等の学習においても不可欠な要素として位置づけられている。中央教育審議会(2016)は、次期学習指導要領に向けた答申において、子供たちが未来社会を切り拓くための資質・能力を育成するために「主体的・対話的で深い学び」の視点からの授業改善を提言した。この中で「深い学び」の鍵となるのが「探究」である。

文部科学省(2017)は、総合的な学習の時間における探究のプロセスを「課題の設定」「情報の収集」「整理・分析」「まとめ・表現」のサイクルとして示し、各教科で身につけた資質・能力を活用・発揮する学習場面を通じた「深い学び」の実現を求めている。同時に、各教科等においては、習得・活用・探究という学びの過程の中で、各教科の特質に応じた「見方・考え方」を働かせながら「深い学び」の実現を求められている。さらに、学びの過程で生じる「協働的な学び」の基盤や、探究への切実感を生み出す実体験は、特別活動における学びを通して培われる。このように、各教科と総合的な学習の時間の往還に加えて、特別活動での学びも有機的に関連づけ、生徒の資質・能力をスパイラルに向上させることが、カリキュラム・マネジメントの要諦とされている。

そこで本稿では、現行学習指導要領の趣旨を踏まえた教育課程の編成という視点から、各教科、総合的な学習の時間及び特別活動を有機的に関連付けた「探究的な学び」の充実の在り方について、公立中学校の校内研究事例から分析・考察することにした。

## 2 「探究的な学び」を軸にした校内研究の推進

### 2.1 調査対象校の概要

本稿では、神奈川県内にある公立 A 中学校（全校生徒数 302 名、各学年 3 学級、特別支援 2 学級）における、令和 7(2025)年度の校内研究を調査対象とする。

A 中学校は、市の教育課程実践検証協力校事業（以下、協力校事業と記す）のモデル校を、令和 6(2024)年度から同 7(2025)年度まで 2 年間委託されている。モデル校の役割は、現行学習指導要領の趣旨に沿い生徒の資質・能力を育む教育課程の編成と教育活動の工夫・改善に取り組むことと、協力校事業を先行実施する立場から事業推進に必要な情報を収集することである。協力校事業における研究主題は「資質・能力を育む教育課程の編成と教育活動の工夫・改善」、副主題は「資質・能力の育成を促す単元（題材）構想と教師の指導改善」である。

### 2.2 令和 7(2025)年度の校内研究計画

協力校事業の 2 年目にあたる令和 7(2025)年度の校内研究計画を表 1 に示す。校内研究

テーマを昨年度から継続して「子どもたちが主体的に学びたくなる授業づくり～子どもと一緒に授業づくりを楽しむ教師～」と設定し、生徒の立場に立った授業づくりの意識を共有した。これは、生徒の実態に応じた授業改善を入り口にして、生徒が資質・能力を身に付けて成長した姿を具体的に描くことを意味している。

### 2.3 目指したい生徒像・授業像の共有

全体会 1・2 では、前年度の研究成果を振り返りながら、「1年後には生徒にこうなっていてほしい」、「こういうことができるようになってほしい」といった1年後に実現したい生徒像を具体化した。昨年度と異なるのは、生徒像だけでなく、教師自身の成長した姿と目指したい授業像を、校内研究の個人目標として設定し、それを職員室前に掲示して生徒へ宣言したことである(図1)。このような取り組みを通して、生徒たちと共に授業改善に取り組もうとする姿勢を示していた。

表1 令和7(2025)年度の校内研究計画

回	月日	主な内容	備考
1	5/16	全体会 1	校内研究テーマの共有、目指す生徒像・授業像の共有
2	6/19	全体会 2	個人テーマの共有と具体化
3	7/2	研究授業 1	3 学年理科, 数学科, 社会科
	8/4	市教育課程研究会	協力校事業の成果発表
4	8/20	全体研修	横浜国大附属鎌倉中との合同教科会
5	9/12	研究授業 2	1 学年英語科, 2 学年社会科, 3 学年美術科
6	11/7	研究授業 3	公開授業(2 学年総合)
7	12/12	研究授業 4	1 学年保健体育科, 理科, 国語科
8	1/16	研究授業 5	1 学年数学科, 2 学年理科, 特別支援学級(自立活動)
9	2/19	全体会 3	研究成果のまとめ



図1 生徒に向けた授業者の目標宣言

### 2.4 探究的な学びに関する共通理解

#### (1) 3観点の重なりに応じた指導・評価の考え方

全体会 1・2 では、今年度の研究推進にあたり、探究的な学びに関する指導と評価の考え方について、観点別学習状況における3観点と関連づけて共通理解を図った(図2)。

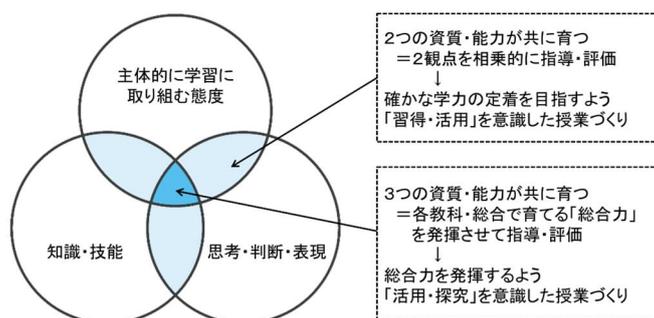


図2 3観点の重なりに応じた指導・評価の考え方

まず、学習評価の3観点を重ねて捉えたとき、2つの観点が重なる部分は、両観点を無理に切り離さず相乗的に指導・評価することになる。例えば、習得した知識の活用の仕方を練習する場面では、観点「知識・技能」と観点「思考・判断・表現」を切り離さずに育てつつ、それぞれの観定の趣旨に照らして評価することになる。このような場面では、基礎的な知識や技能(内容知)に加え、知識・技能の生かし方や情報の集め方といった「学

び方」に関すること（方法知）の習得も目指すことになる。そのため、確かな学力の定着を目指すよう「習得・活用」を意識した授業づくりが求められる。

3つの観点が重なる部分は、3つの資質・能力を総合的に発揮させて指導・評価することになる。例えば、生活上の課題を見つけて解決策を構想する場面では、それまでに習得した知識・技能を活用しながら、自ら進んで粘り強く解決する姿が期待される。このような学習課題には数時間扱いで取り組むことが多いため、生徒のアウトプットを重視しつつ、「活用・探究」を意識した授業づくりが求められる。

このように、複数の観点を重ねて指導・評価にあたる場合、各教科と総合的な学習の時間で共通するのは、総合力を発揮するような学習課題（探究的な課題、パフォーマンス課題等）を設定することが重要である。一方、各教科では「各教科の見方・考え方」を働かせて「習得・活用・探究」を適切に組み合わせるための指導の工夫が求められるのに対して、総合的な学習の時間では「総合の見方・考え方」を働かせつつ学習過程が探究のプロセスになるような指導と単元づくりの工夫が求められる。

## (2) 習得・活用・探究の基本的な考え方

次に、「習得・活用・探究」の基本的な考え方について、次の①から④を共通理解した。

- ①生活や社会における現実的な文脈において、資質・能力を総合的に発揮させる学習活動を「探究」と捉える。そこでは、生徒に活動を委ねるよう意識する。
- ②「探究」で総合力を発揮できるよう、各教科や総合的な学習の時間における「習得」と「活用+プチ探究」を通して、資質・能力をしっかりと育てる。そこでは、授業者が教えるべきことと、生徒に考えさせるべきことを明確に意識する。
- ③「習得→活用」や「活用→探究」の順序にこだわりすぎない。
- ④「活用・探究」の難易度は、3年間を見通して、生徒の実態や発達の段階に応じて適切に設定する。

さらに、前年度の反省から、生徒の主体性を高めるための指導法の工夫・改善にあたり、学校・学年の単位で「授業者の無意識による教育効果（ヒドゥン・カリキュラム）」に着目して、例えば次のような点に留意することを共通理解した。

- ・生徒の主体性が高まらず「正解待ち」の様子がある場合、授業者が安易に正解や指示を与えている可能性がある。
- ・授業者が無意識に口頭で補足している内容は、意識的に黒板にも書き、言葉と言葉のあいだを補うとよい。
- ・生徒の資質・能力の高まりを、ペーパーテスト等の量的評価にも結びつけるよう、学習をふり返って定着させる時間を設けるとよい。

## 3 各教科及び総合的な学習の時間における授業改善の実際

### 3.1 「習得・活用」を意識した授業改善

研究授業1では、第3学年の理科、数学科、社会科において、生徒が「習得・活用」する場面の授業改善に取り組んだ。

理科では、単元「生物の多様性と進化」において、生徒自身が問いを立てて、図や資料などの情報をもとに多角的・多面的に考察することを目標とした学習課題に取り組んだ。プレ授業では、メンデルの実験をテーマに、やや複雑な条件下で遺伝子の伝わり方の規則

性について考えた。研究授業1では、「進化とは何かを考えよう」という学習課題に取り組んだ。生徒たちは、ヒトの進化の図から具体的な変化を見だし「なぜ四足歩行から二足歩行になったのか」といった問いを立て、理由を考察していた。この場面は「習得・活用」にあたり、授業者は「進化」の概念の理解をねらったが、生徒たちは教科書等の資料をうまく活用できておらず、考察の根拠となる知識等が不足して上手に説明できていない様子が見られた。

数学科では、単元「平方根（根号を含む式の計算）」において、平方根や近似値の意味を理解させることを目標に、「大きい数の近似値を求めよう」という学習課題に取り組んだ。授業では $\sqrt{2} = 1.414$ 等の近似値をクラスで共有した後、班ごとに $\sqrt{8}$ や $\sqrt{450}$ などの近似値を求める活動に取り組んだ。この場面は「習得・活用」にあたり、生徒が近似値の求め方や考え方を説明する際に既習の知識・技能を活用させることで、平方根や近似値に対する理解の深まりをねらっていた。一方で、 $\sqrt{450}$ を $\sqrt{3} \times \sqrt{3} \times \sqrt{5} \times \sqrt{10}$ と変形した理由をうまく言語化できない様子や、 $3 \times 5 \times \sqrt{2}$ と変形できない様子が見られた。

社会科では、単元「現代社会と私たち」において、現代社会の課題を見いだして課題解決の仮説を考えることを目標に、「社会が変化する中で、私たちはどのような社会をつくれるだろうか」という学習課題に取り組んだ。この問いに対して、生徒は教科書やGIGA端末等を活用し、事実やデータ（根拠）に基づいて現代社会の課題を見いだして、解決方法の仮説を立てていた。この場面は「習得・活用」にあたり、考える順序を示したワークシートを用いて考えを深めていた。一方、授業者は教科書の情報や友人の説明等を転記せず、生徒自身の言葉で表現することをねらっていたが、「テーマ」「課題」「仮説」といった用語の解釈に授業者との齟齬が見られ、思考の方向が定まらずに転記している様子も見られた。

これらの授業は、「習得・活用」を意識した授業を通して、知識・技能について十分に修得しておくことや、各教科における考え方（考える手順等）を習得させることの重要性を示している。そのために、教科書等から知識・技能を補わせる、復習によって知識・技能を定着させる、黒板やワークシートで考える手順を示す、考えたことを「生徒自身の言葉」で説明させるといった指導の工夫が必要であると考えられる。

また、隣の生徒と相談しながら考えをまとめる姿や、一人でじっくり考える姿、友人に自分の考えを説明しながら確かめている姿など、思考を深めるために「個別最適な学び」と「協働的な学び」を生徒が主体的に発動させている姿が多く見られた。こうした協働的な学びが充実し、生徒が安心して自分の考えを他者に表現できる背景には、日頃の学級活動（特別活動）を中心とした集団づくりによる生徒間の信頼関係の構築が土台として機能



(理科)



(数学科)



(社会科)

図3 研究授業1の授業の様子

している。このように「主体的・対話的で深い学び」は授業者が指示するものではなく、特別活動で培われた学級風土によって生徒が自然に発動させるほうが、探究的な学びの質が深まると考えられる。

### 3.2 「活用・探究」を意識した授業改善

研究授業2では、第1学年の英語科、第2学年の社会科、第3学年の美術科において、生徒が「活用・探究」する場面の授業改善に取り組んだ。

英語科では、「三人称と-sへの気付き」をテーマに、三人称単数現在形の-sがどのような時に付加されるかを生徒に気付かせ、理解を促すことを目標とした学習活動に取り組んだ。授業者は、こうした言語固有のルールを一方向的に教えるのではなく、ALT等との自然な会話の中から気付かせることで、心理的なハードルを下げることをねらった。そこで、動詞をカードにして縦に並べる等の板書の工夫により、-sの存在を視覚的に気付きやすくした。その後、口頭練習を通して-sと共に第三者の存在を意識させる場面を設けた。この場面は「活用」にあたり、生徒が-sと第三者の存在とを関連づけて理解することをねらっていた。さらに、学習のモード（聞く、話す、考える等）をカードで明示し、生徒が自分でモードを切り替える習慣づけをねらっていた。

社会科では、第2学年の地理的分野において、日本の各地方における産業等の発展について、その背景を理解したり、発展について考えたりする学習に取り組んだ。プレ授業では「活用」の場面にあたり、中国・四国地方における人口減と農業の発展との関係を理解するために「Yチャート」を用いて情報を整理させた。しかし、Yチャートは本来、課題の発見を目的としたツールのため、生徒は情報をうまく整理できていなかった。研究授業2では、こうした問題点を改善したワークシートにより、生徒が学習のねらいと「何を思考・判断すればよいか」を明確につかめている様子が見られた。社会科では、教科書に様々な思考ツールが紹介されているが、「活用」の目的に合うよう、適切なツールを選択することが、生徒の理解や思考・判断を促すと考えられる。

美術科では、第3学年の鑑賞の学習において、レオナルド・ダ・ビンチをはじめ様々な作家が表現した「最後の晚餐」という作品をテーマに、構図や色彩等の既習知識を生かして「作者の心情」や「作者の表現の意図」を感じ取る（予想する）学習活動に取り組んだ。これは、美意識（見方・考え方）を深めるための「活用・探究」の場面にあたる。話し合い活動では、数種類の「最後の晚餐」を比較させることで、生徒が構図や色彩の違いに気付きやすくなり、各自が感じ取ったことを安心して発言している様子が見られた。ワークシートは、レオナルド・ダ・ビンチの作品の周囲へ自由に感じ取ったことを書き込めるように工夫していた。このような、作品の比較と、既習知識に基づく鑑賞の視点により、生



(英語科)



(社会科)



(美術科)

図4 研究授業2の授業の様子

徒の「活用・探究」の質が深まったと考えられる。

これらの実践から、「活用・探究」を意識した授業において「活用」の質を深めるためには、活用させたい既習知識や、考える活動のゴールを明確に示すのが有効であることがわかる。また、「探究」に結びつけるために、生徒たちが主体的・対話的で深い学びを発動させ、自分の考えや感じ取ったことを、既習知識を用いて自分なりに表現することが有効であると考えられる。さらに、思考活動を取り入れる際には、発散的思考と収束的思考のどちらをねらいとするか明確にしておくことが大切である。

### 3.3 総合的な学習の時間において「活用・探究」を意識した授業改善

研究授業3では、第2学年の総合的な学習の時間において、生徒が「活用・探究」する場面の授業改善に取り組んだ。この学年では、3年間を通して「防災」を大きなテーマとして、時間軸・空間軸を段階的に広げながら、探究の質を深めようと工夫している。また、「実体験から学ぶ」ことを重視しており、この学習は次年度の修学旅行（特別活動・学校行事）において、被災地である陸前高田市を実際に訪問することを見据えて構成されている。今回の単元では東日本大震災に関連づけ、陸前高田市の住民から実体験をオンラインで聞く場面を設けるなど、学校行事での実体験をより深い探究へとつなげる事前学習として、生徒が未経験の災害について実感を持たせようと工夫していた。

学年では、生徒の個人課題に応じて5つのゼミ（心・感情、行政・経済、復興、避難所・訓練、陸前の魅力）を設け、ゼミごとに探究的な学習を展開した。展開にはそれぞれの特色があり、全員共通のテーマを設定したゼミや、先に成果発表の方向性を定めたゼミ等があった。いずれのゼミも、個人課題に基づいて活動グループを編成し、グループ課題を設定していた。グループごとに、インターネットや学校図書館を活用して情報の収集、整理・分析に取り組んだ(図5a)。また、避難所での利用を想定したイスやベッド等を試作しているグループもあり(図5b)、単なる調べ学習とは異なる探究の質の深まりが多く見られた。一方、「グループ課題」が単語やキーワードで設定されていたため、個人課題を見失っていた生徒が多く、グループの一部の生徒だけが活動している様子や、探究の質が浅い様子も見られた。同様に、各教科等で学んだ既習知識や方法知を活用できておらず、探究の質が深まらない様子も見られた。そういった生徒に対して、個人課題やグループ課題を疑問文（例えば「なぜ、～なのだろう?」「～はどうだったのだろうか?」）に修正した結果、生徒の探究の質が深まった様子も見られた。

さらに、学校図書館では、生徒が調べたい単語やキーワード（例えば「復興」）を念頭に、図書の背表紙からその単語を検索しようとしている様子が見られた。その際、学校司書が生徒から調べたい内容を聞き取り、図書からの情報の見つけ方を示したことで、生徒は求める情報を見つけることができた(図5c)。

これらの実践から、総合的な学習の時間ではあるが、教科等で習得した既習知識や見方・考え方を総合的に発揮させるために「活用・探究」を意識した授業づくりが、生徒の主体的・対話的で深い学びに結び付きやすいと考えられる。また、総合的な学習の時間は、生徒が未知の状況（唯一解のない問題）に直面したとき、自分の力（または自分たちの力）で解決するための力を育てることもねらいの一つである。そのため、生徒が「私って、なんでこれを探究してるんだっけ?」、「私が解決したい疑問って、なんだっけ?」、「私

はこれをどう捉えているんだろう？」と探究課題を問い続けられるよう、単語ではなく疑問文（リサーチ・クエスチョン）で探究課題を設定するのがよいと考えられる。疑問文にすることで、生徒同士が対話を通して意味を理解し合ったり、互いの考えをすり合わせてたりする「協働的な学び」が必然的に生まれやすくなることが期待される。



(a)グループで探究する様子 (b)避難所の用具を試作した様子 (c)学校司書が支援する様子

図5 総合的な学習の時間の授業の様子

### 3.4 各教科等の「見方・考え方」を働かせて「活用・探究」につなげる授業改善

研究授業4では、第1学年の保健体育科、理科、国語科において、生徒が「活用・探究」する場面の授業改善に取り組んだ。

保健体育科では、陸上競技（長距離走）の単元において、自己の課題に応じた練習方法を選択する学習に取り組んだ。長距離走における「ペースを一定にすること」をクラス共通の課題に設定し、それに沿う既習事項として、具体的な練習方法や課題設定の考え方等を習得させていた。研究授業ではこれらを活用させ、自己の課題解決に向けた練習方法を選択・実践させた。この場面は「活用・探究」にあたり、授業者は記録を蓄積できるワークシートを用いて自己の変容に気付かせたり、心拍数等の定量的な基準に基づいて課題を設定させたりして、「個別最適な学び」を促していた。さらに、練習をする・支える立場を意識させたり、記録の取り方を数パターン提示したりして、生徒同士の「協働的な学び」を促していた。授業者がこうした陸上競技の「見方・考え方」を生徒へ一貫して提示したことで、生徒はその「見方・考え方」を働かせながら課題解決に取り組んでいた。

理科では、身のまわりの現象（音の世界）の単元において、既習事項や経験を手がかりにして音の性質を考察する学習に取り組んだ。研究授業では、ギターの弦から発する音の性質について生徒に考察させる学習に取り組んだ。この場面は「活用・探究」にあたり、授業では「ギターで一番高い音を出そうとすると、どの部分を押しえて、どの弦を鳴らせばいいと思いますか」という学習課題を設定していた。生徒は個人やグループで考え、考察したことを自分なりの言葉で表現していた。授業者は日頃から、生徒に実験方法を考案させていたが、その際「何を観察するのか」、「実験の条件をどう揃えるか」等、理科の「見方・考え方」をくり返し提示していた。そのため、生徒が思考・判断する際に「見方・考え方」を働かせている様子が見られた。

国語科では、古典（いにしへの心にふれる）の単元において、古文の音読を通して「古典のリズム」を感じ取らせながら、文語の決まりや訓読の仕方等の理解を促す学習に取り組んだ。研究授業では、グループごとに「竹取物語」のフレーズを選択し、表現の意図を明確にして音読の工夫を考えさせていた。この場面は「活用・探究」にあたる。机間指導の際、授業者は生徒の疑問に対して「まず音読してみよう」と回答し、実際に声に出すよ

う支援していた。これは古典の「見方・考え方」の一つであり、音読することによって「古典のリズム」を生徒が実感しやすくなることを期待していた。実際、生徒は文字だけでは気付かなかった言葉の区切りやリズム等に気付くことができていた。

これらの実践から、「活用・探究」の場面（生徒が考える場面）において、各教科の「見方・考え方」を授業者が示し、生徒が「見方・考え方」を働かせて考えるように促すことがわかる。また、その際の支援では、生徒の思考をたどり、解決策の見つけ方を示すのが有効であるといえる。このとき、生徒の疑問に対する解答を示さないよう留意することが大切である。

○「見方・考え方」を働かせるよう促す声かけの例

「今、どんなふうに考えているの?」、「今、何に困っているの?」→「そうか、それなら音読してみてはどうか」、「さっき測った心拍数と比べてみたらどう?」

さらに、生徒が「何も活動していない（無言で、動きが無い）」ように見えても、深い思考に入っていることがある。そのため、生徒が考えている場面では、あえて生徒に声を掛けずそっと見守ることで、生徒の思考を妨げない支援も大切になるといえる。



(保健体育科)



(理科)



(国語科)

図6 研究授業4の授業の様子

### 3.5 「考える場面」における支援方法の工夫・改善

研究授業5では、第1学年の数学科、第2学年の理科、特別支援学級の自立活動において、生徒が「考える（活用・探究する）」場面における支援の工夫に取り組んだ。

数学科では、平面図形の単元において、基本的な作図を利用して多角形の等積変形について考える学習に取り組んだ。この場面は「活用・探究」にあたり、作図に関する既習知識を生かして等積変形させることをねらっていた。生徒は作図を利用して、多角形を区切ったりして解いていたが、正答にたどり着く生徒は少なかった。その原因として、授業者は面積を半分にしたり、平行線を引いたりする際に「作図を利用」することを生徒が理解できていると認識していたが、実際には生徒は「作図」とは「線を引くこと」という認識だったと考えられる。そのため、学習課題を解くための「足場かけ(図7)」として、学習のスマールステップを設定して、作図を利用した考え方を段階的に理解させながら考えさせるのが有効であると考えられる。

理科では、プレ授業の際に、電流の分流・合流の法則性を見つけるために、測定したデータから電流の大

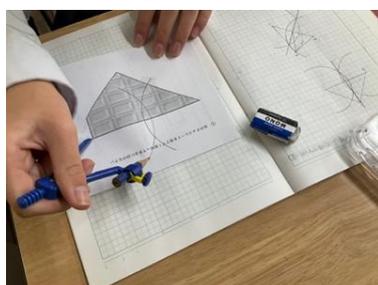


図7 考える場面での足場かけ  
(Gemini3で生成)

きさの関係を見つける活動に取り組んだ。生徒は測定データを見比べながら関係を説明しようとしていたが、「関係」を説明するときの表現方法がわからず困っている様子が見られた。その際、授業者は「AとBを比べると、どちらが大きい」のように例文を示して支援していた。研究授業では「天気とその変化」の単元において、予想した天気と実際の天気になずれが生じる理由を考える活動に取り組んだ。天気図等を根拠にして「予想」と「根拠」を説明させる際に、「この点について、予想は〇〇だったが、実際は△△だった」のような構文や例文が示されており、生徒は考察を上手に説明できていた。

自立活動では、他者の要望に応えるおにぎりを握るという学習活動に取り組んだ。プレ授業では、授業者が「大きめ」「少なめ」といった相対的な表現を用いた際に、生徒ごとに捉え方が異なったため、授業者の意図とは異なるおにぎりをつくることになった。また、授業の冒頭で自ら選んだ具の種類等を忘れてしまう生徒もいた。そのため、研究授業ではおにぎりを握る際の透明ラップの下に敷いて、量の日安や具の種類が見えるようにしたワークシートを作成して支援した。その結果、他者が要望する量や種類を正しく受けとめることができていた。さらに、衛生面やマナーに関する習慣づけなど、その場面で指導する必要性が高い活動もあるため、自立活動を支援する「足場かけ」が必要と考えられる。

これらの実践から、生徒が「活用・探究」する場面では、自分の力で学習課題をやり遂げられるよう「足場かけ」を準備する必要があると考えられる。例えば、問いに対する回答を説明する「構文」を示すことで、各教科等の「見方・考え方」を働かせやすくなり、また考えたことを論理的に説明する力につながると考えられる。こうした「構文」やワークシート等による足場かけは、最終的には生徒が授業者の支援に頼らずに各教科等の「見方・考え方」を働かせられるようになることを目指して提供されるものである。



(数学科)



(理科)



(自立活動)

図8 研究授業5の授業の様子

#### 4. まとめ

本稿では、各教科、総合的な学習の時間及び特別活動を有機的に関連付けた「探究的な学び」の充実について、校内研究事例を分析し、次のような知見を得た。

- 「探究的な学び」を実現するために、単元・題材の指導計画は基礎・基本を「習得・活用」する学習場面と、それらを生かして「活用・探究」する学習場面で構成するとよい。
- 「習得・活用」の場面では、知識・技能について十分に修得しておくことや、各教科における考え方や思考手順等を習得させることが重要である。また、「活用・探究」の過程で知識・技能の不足に気づき、再び「習得・活用」に戻るといった往還も重要である。
- 「活用・探究」の場面では、次の4点を明確に示すとよい。

- ①生徒に考えてほしい「問い」

- ②考える活動のゴールと、問いに対する回答の「構文」や「例文」
  - ③考える過程で生かしてほしい既習事項，実感・経験，考える手順等
  - ④考える過程で働かせたい各教科等の「見方・考え方」
- 「探究的な学び」の質を深めるために、主体的・対話的で深い学びを生徒が自ら発動させることが有効である。その際、生徒が探究課題を問い続けられるよう、単語ではなく疑問文（リサーチ・クエスチョン）で設定するのが有効である。さらに、自分の考えや感じ取ったことを、既習知識を用いて自分なりの言葉で表現させることが有効である。
- 生徒が考える場面での支援として、学習課題を生徒が自分の力で解決できるような「足場かけ」を設定するのが有効である。また、生徒との会話を通して生徒の思考過程をたどり、それを受けて解決策の見つけ方を示すとよい。その際、生徒の疑問に対する解答を示さないように留意する。

本稿では主に各教科及び総合的な学習の時間における授業改善を論じたが、探究的な学びの質を高めるために不可欠な「協働的な学び」を支えているのは、日頃の特別活動（学級活動等）による集団形成である。また、総合的な学習の時間での探究が、修学旅行などの学校行事と有機的に結びつくことで、生徒の学びはより切実感のあるものとなる。

今回の事例のように、各教科と総合的な学習の時間の往還に、特別活動における集団形成や行事での実体験を関連づけ、学校全体で授業づくりの工夫・改善を実践することが、ひいては生徒の資質・能力を相乗的に育成するカリキュラム・マネジメントの実現につながると考えられる。

#### 参考文献

- 中央教育審議会（2016）「幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）」
- 文部科学省（2017）「中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 総合的な学習の時間編」，第2章，第2節
- 大島純・千代西尾祐司（2019）「学習科学ハンドブック」，第6章，第6節，pp.160-163

## 定時制工業高校における「工業情報数理」の授業実践

木村 圭一郎（湘南工科大学教職センター・非常勤講師）

### 1 はじめに

筆者が本務校として勤務する東京都立蔵前工科高等学校定時制課程建築工学科における必履修科目「工業情報数理」に関する授業実践について報告する。本務校は東京都教育委員会の施策により、今年(2025年)度で募集停止となった。そのため、1年次に配当されている本科目の授業も最後となる。筆者も閉課程に至る過員解消のため異動となることから、これを機に授業実践を取りまとめてみる。

### 2 「工業情報数理」について

「工業情報数理」は、2018年告示の高等学校学習指導要領における工業の新設科目で、2009年告示の「工業数理基礎」と「情報技術基礎」に分かれていた内容が整理統合された。また、必履修科目である普通教科情報における「情報Ⅰ」の代替科目にあたる。なお、指導項目は以下の通りである。

表1 「工業情報数理」の指導項目

(1) 産業社会と情報技術 ア 情報化の進展と産業社会 イ 情報モラル ウ 情報のセキュリティ管理	(2) コンピュータシステム ア ハードウェア イ ソフトウェア ウ 情報通信ネットワーク	(3) プログラミングと工業に関する事象の数理処理 ア アルゴリズムとプログラミング イ データの入出力 ウ 数理処理 エ 制御プログラミング
--	--	---

内容の大半は「情報技術基礎」が基となっており、「工業数理基礎」から引き継いだ部分は『数理処理』のみである。なお、「情報技術基礎」が代替の関係から全ての工業高校で履修されていたのに対し、「工業数理基礎」は履修単位数の制約から、一部の単位制を除いて定時制で履修する学校はほぼない状態であった。ただし、本務校では建築や設備工業を学ぶ上で、面積・体積・質量の積算、単位と単位換算は必須であったことから、それらを「工業技術基礎」の中で取り扱っていた。

### 3 本務校における授業実践

#### 3.1 旧学習指導要領における「情報技術基礎」の実践

筆者が着任前の「情報技術基礎」では、生徒一人一台によるICT端末の導入前であったため、全定共用のPC室(Windows 10機・35台)だけで授業が行われ、ワープロ(Word)を用いた文字入力の練習および文書作成、表計算(Excel)やプレゼンテーション(PowerPoint)ソフトの活用、平面図を描くと建物が立体的に表示される「3Dマイホームデザイナー」の操作を学習する授業が年間を通じて実施されていた。ここで問題となる

のは、「3D マイホームデザイナー」は3学年以降で学ぶCADソフト（JW-CAD）の導入の役割を果たしているが、ライセンス上の問題からPC室以外で使用できないという制約があった。よって、生徒のICT端末にもインストールできない。なお、JW-CADはフリーソフトのため制約は生じない。

### 3.2 筆者による「情報技術基礎」の実践

筆者は着任して2021年度に授業を担当した。その際に工夫した点は、工業高校における指導の一つである「資格・検定の取得」の充実であった。生徒にとっては卒業時の進路指導における「履歴書」に学習の成果として記すことができ、教員にとっては、学ぶ目的を明確化させ、目標達成に向けての意欲の継続を図ることができる。ここでは、ワープロやプレゼンテーションの学習成果を活用するため、日本情報処理検定協会が年4回実施している検定を受検させた。

表2 「情報技術基礎」における資格検定の取り組み

受検検定	受検年月	受検者数	合格者数
文書デザイン検定	2021年7月	7名	3級1名・4級5名
プレゼンテーション作成検定	2022年2月	7名	3級4名・4級3名

なお、本務校では「技能審査による単位認定」を実施している。上記の検定に合格することで1単位ずつ増単され、特に三年で卒業する三修制を選択した場合に有利となる。

### 3.3 新学習指導要領における「工業情報数理」の実践

筆者は2022年度から「工業情報数理」を二年間担当した。『数理処理』を取り扱うことができるようになったことから、全国工業高等学校長協会が年2回実施している「計算技術検定」を11月に受検させる指導を取り入れた。なお、本検定も技能審査の対象である。

表3 「工業情報数理」における資格検定の取り組み

受検検定	受検年月	受検者数	合格者数
プレゼンテーション作成検定	2022年7月	3名	2名
計算技術検定3級	2022年11月	3名	2名
プレゼンテーション作成検定	2023年7月	2名	2名
計算技術検定3級	2023年11月	2名	2名

プログラミングについて全く取り扱われていなかったことから、ライセンスの制約がある「3D マイホームデザイナー」を扱うことをやめ、新たに以下のプログラミング学習を授業に取り入れた。これにより、1学期にWord・Excel・PowerPointの活用、2学期に関数電卓を用いた数理処理、2学期の後半から3学期にかけてプログラミングを学ぶという指導内容を確立した。

#### 3.3.1 Processingを用いたプログラミング学習の実践

「Processing」はインタラクティブなビジュアルデザインに特化したプログラミング言

語で、「Java」がベースであるが、実際のプログラムを動作させるために必要となる設定や宣言を省略していることから、初心者でもプログラミングを容易に開始することができる。また、オープンソースであることから、ライセンスの制約を気にすることなく、生徒の ICT 端末で使うことができる。

本務校では、1年次から「製図」を履修する。『どこからどこまで、どれぐらいの太さの線をどのように引くか?』といった、製図とグラフィックに共通する基礎・基本となる技術を、プログラミングで体現できる点も考慮して選択した。

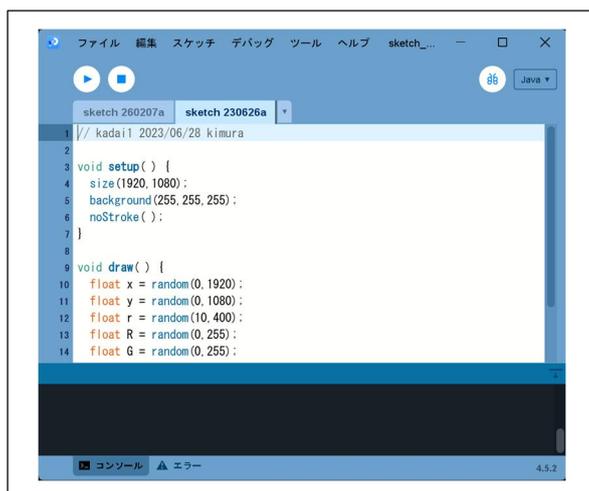


図1 「Processing」の開発環境

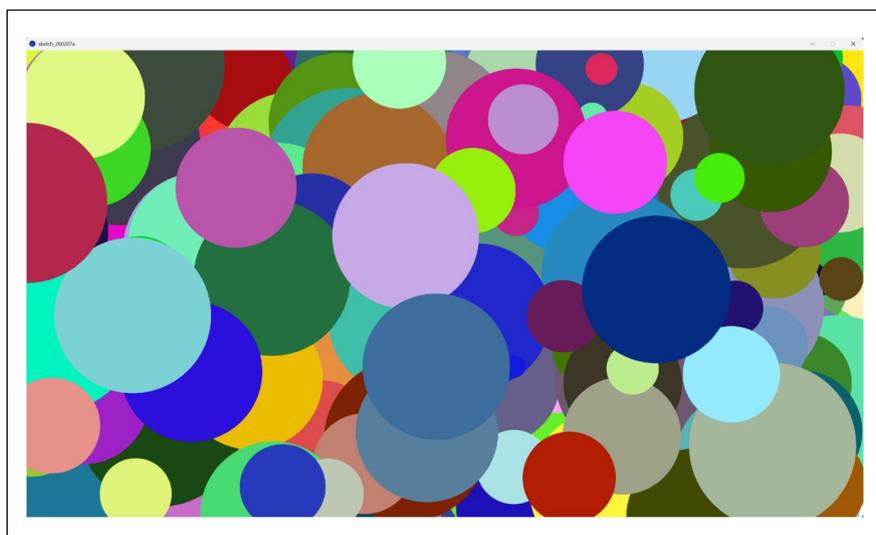


図2 「Processing」の実行画面例

授業では、生徒が各自のペースで学習を進め、時間内で終わらなかった場合でも自宅に帰って ICT 端末で学習を継続できるよう、自学自習のテキスト教材を作成し、それを授業で配布するだけでなく、PDF 形式に変換し、オンライン学習ツールとして全ての都立高校で採用されている「Teams」上にアップロードした。

### 3.3.2 Arduino を用いた制御プログラミング学習の実践

「Arduino」は Atmel 社の AVR マイクロコントローラを搭載し、先の「Processing」に

似た開発環境とプログラミング言語（Wiring：C++言語に近い）で制御することができるワンボードマイコンである。本務校では2年次から建築系と設備工業系を選択し、設備工業系では3年次に「衛生・防災設備」や「空調設備」を学習する。設備工業系を学んだ生徒が卒業後の目標とするビル管理の業務では、温度や湿度ならびに風量や水量等を計測して危険報知や安全確認を行う。その際にセンサーを活用した組込み制御技術が用いられることから、そうした技術の導入として選択した。

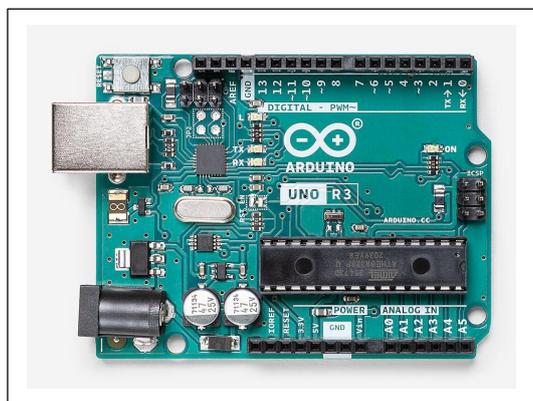


図3 「Arduino Uno Rev3」

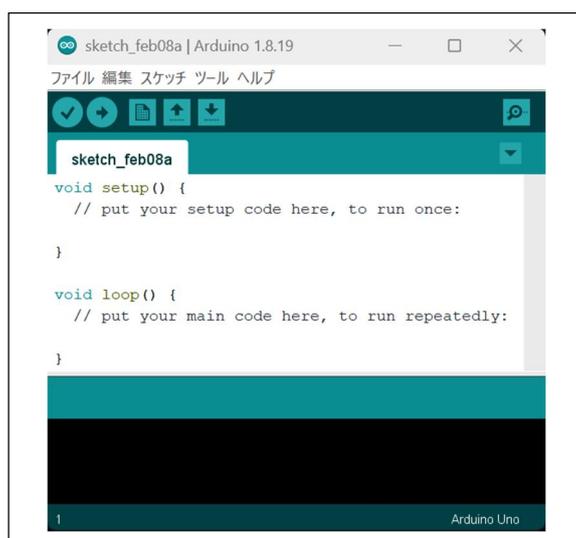


図4 「Arduino」の開発環境

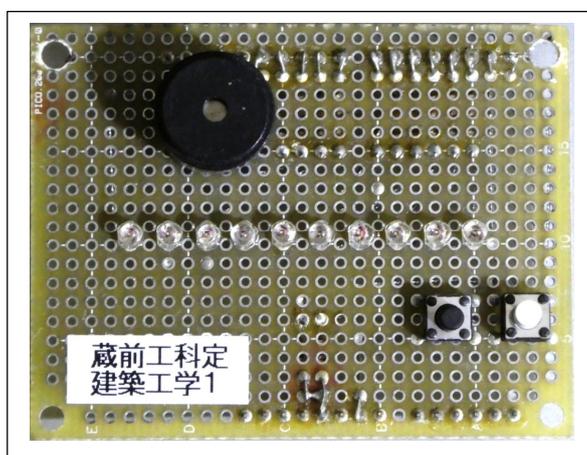


図5 自作した入出力基板①

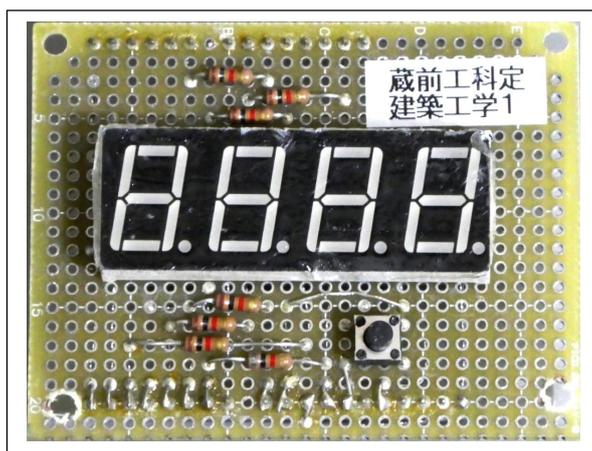


図6 自作した入出力基板②

「Arduino」においてPCとのプログラムや数値のやり取りはUSBで行うが、実際に制御する入出力ポートはピン端子のため、実行結果を可視化する場合に端子電圧を取り出す回路が必要となる。そこで、授業では「Arduino」に筆者が自作した入出力基板を取り付けた。(電気系の学科であれば、回路基板を生徒に製作させる作業を「工業技術基礎」や「実習」で実施する授業も考えられる。)①は入力にタクトスイッチ2個、出力にLED10個とブザー1個を搭載し、②は入力にタクトスイッチ1個、出力に4桁の7セグメントLEDを用いた。そして、これらの基板をインターフェースとした制御プログラミングに関する授業をテキスト教材を用いて行った。授業内で終わらない場合は、「Arduino」や入出力基板を貸し出すことで放課後や自宅での自学自習を可能とした。

### 3.4 「主体的・対話的で深い学び」への発展

テキスト教材は、始めに例題としてサンプルプログラムを入力させ、その結果を確認し、それがクリアできた後に、課題としてプログラムを拡張させ、最終的には生徒が考案した図形を描画させたり、制御を行ったりといった形式にした。これにより、最初は受動的な学習態度であっても、課題に挑戦していくうち生徒は次第に能動的に取り組むようになった。また、プログラム上の数値を変化させた場合に、動作や表示がどれぐらい変化するかといった調整や確認を行わせ、タイプミスがあった場合には自らエラーを見つけて修正するデバッグ作業を行うことにより、システムとのやりとりを重視する学習とした。

### 3.5 実践してみて

授業後に確認したところ、「プログラムを入力するのは面倒くさかったが、自分で命令した通りに光ったり音が鳴ったりするのは面白かった。」等の感想が生徒から得られた。

## 4 おわりに

基礎・基本となる既存技術を教えつつ、日進月歩で革新する新規技術との呼応が求められる工業科教育において、「何をどのように学ばせるか？」は常に試行錯誤の連続である。今回の取り組みは、そうした状況における創意工夫と実践の一つであり、それがベストな選択であるかどうかは、学校の特色や生徒の現状によって異なるが、今後も継続する教育

活動の中で、常に授業内容を改善していきたいと考えている。今回、このような形で指導実践を取りまとめる機会をいただいたことに感謝し、本稿の結びとする。

## 5 参考文献

- 文部科学省，学習指導要領「生きる力」，  
[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/index.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/index.htm)
- Welcome to Processing! ， <https://processing.org/>
- Arduino Home ， <https://www.arduino.cc/>
- 谷尻かおり，Processing による画像処理とグラフィックス，カットシステム，2012
- 鈴木哲哉，ボクの Arduino 工作ノート，ラトルズ，2014

## 定時制工業高校における職業指導の現状と課題

木村 圭一郎（湘南工科大学教職センター・非常勤講師）

### 1 はじめに

筆者が本務校として2020～2025年度まで在職した東京都立蔵前工科高等学校定時制課程における職業指導の現状と課題について報告する。

### 2 職業指導について

職業指導とは、職業に就こうとする個人に対して、職業選択や職業適性に関する支援を行う活動（Vocational Guidance : ヴァケイショナル・ガイダンス）である。職業指導が卒業時の単なる出口指導で終わるものでなく、入学から卒業まで、さらにはそれ以降のキャリア発達に通ずる教育活動であることを本学の講義では強調している。

#### 2.1 「特別活動」における職業指導

2018年告示の高等学校学習指導要領「特別活動」における〔ホームルーム活動〕の内容に、以下の記述がある。

(3) 一人一人のキャリア形成と自己実現

ア 学校生活と社会的・職業的自立の意義の理解

現在及び将来の生活や学習と自己実現とのつながりを考えたり、社会的・職業的自立の意義を意識したりしながら、学習の見通しを立て、振り返ること。

イ [略]

ウ 社会参画意識の醸成や勤労観・職業観の形成

社会の一員としての自覚や責任をもち、社会生活を営む上で必要なマナーやルール、働くことや社会に貢献することについて考えて行動すること。

エ 主体的な進路の選択決定と将来設計

適性やキャリア形成などを踏まえた教科・科目を選択することなどについて、目標をもって、在り方生き方や進路に関する適切な情報を収集・整理し、自己の個性や興味・関心と照らして考えること。

「特別活動」に生徒のキャリア形成を促す内容があることから、職業指導においても社会における勤労観や職業観を育成する視点が必要である。

#### 2.2 「課題研究」における職業指導

同様に工業における「課題研究」の内容には、以下の〔指導項目〕がある。

- (1) 作品製作, 製品開発 (2) 調査, 研究, 実験 (3) 産業現場等における実習  
(4) 職業資格の取得

(1)を通じて、ものづくりの工程を学び、(3)はインターンシップ等の活動を意味する。また、(4)は就職や進学時における学習成果として記すことから、まさに「課題研究」は

職業指導に通ずる学習といえる。

### 3 本務校における職業指導の取り組み

#### 3.1 本務校について

本務校は東京都台東区にある創立 101 年の工業高校で、全日制課程は機械科・電気科・建築科・設備工業科（1 クラス定員 35 名，機械のみ 2 クラス）があり，定時制課程は建築工学科（1 クラス定員 30 名）がある。東京都では 2018 年度入学者から私立高校無償化が始まった影響で都立高校の入学者が減り，特に定時制入学者は激減した。その影響により，本務校では 2025 年度入学者をもって定時制が募集停止となった。



図 1 本務校の校舎

表 1 定時制課程の卒業生数

年度	卒業生数	就職者数	進学者数
2020 年	9	7	2
2021 年	3	2	1
2022 年	3	2	1
2023 年	4	3	1
2024 年	4	3	1
2025 年	3	2	1

※ 就職者には縁故就職を含む

歴史と伝統ある工業高校で，就職については全日制で年間三千社以上，定時制でも三百社を超える求人票が学校指定で送られてくるが，定時制では生徒数の実態から，ほとんどの求人票が受付するだけの状態となっている。これは，非常にもったいない話であるが致し方ないと考えている。なお，筆者が在職した 6 年間の主な就職先・進学先は以下の通りである。

【主な就職先】東武ビルマネジメント（ビル管理），レンゴー株式会社（段ボール製造管理）  
ニエカワ設備（立体駐車場施工），西谷工業株式会社（左官），エバラ物流（フォークリフト操作）  
【主な進学先】都立城南職業能力開発センター，青山製図専門学校，東京モード学園，  
東京マスタ学院調理師専門学校，横浜ミュージックスクール

生徒は専門科目で建築や設備工業を学ぶが、必ずしも全員が専門科目に通じた進路先を選択してはいない。(過去には大工や建築施工に関する就職先もあった。) 高校生活の中で新たな興味・関心が湧き、それに即した進路を選択する生徒が出た場合でも、教員は丁寧に対応している。なお、筆者は2020年度に進路指導部を担当し、2021～2024年度は担任として職業指導に関わった。

### 3.2 コロナ禍における進路指導

この年はコロナ禍の特別な対応が求められた。6月から授業が再開され、夏季休業は8月の二週間であった。7月に公開される求人票をもとに、生徒は夏季休業中に職場見学を行うが、定時制では同業他社を比較して応募企業を決めさせる方針から、3社の職場を見学するよう指導している。この年は夏季休業が圧縮されたため、その期間だけで職場見学を終えることができなかつた。ただ、例年9月16日以降の選考開始が、この年に限り10月16日以降とされたため、例年以上に履歴書の作成や就職試験の対策の指導に時間をかけることができ、全ての就職希望者が最初に応募した企業から内定を得た。

### 3.3 インターンシップの取り組み

全日制では従前よりインターンシップを2年生全員に実施しているが、定時制では2021年度から希望者にインターンシップを開始した。他校では定時制でも全員参加の学校もあるが、昼間働いている生徒に仕事を休んで参加させることは難しく、また休業期間以外に実施する場合は、その後の授業に参加させるかどうかの問題が生じる。(本務校の場合は授業の出欠は任意とした。) 参加者は2021年度4名、2022年度3名、2023年度1名、2024年度1名で、主な業種は左官、ビル管理、電気工事、建築設計業であった。全員が産業教育振興中央会による体験活動保険に加入して参加した。参加した生徒は総じて体験した業種への興味・関心が高まり、2名がインターンシップ先の企業に就職した。

### 3.4 ハローワークとの関わり

本務校では職業安定法第27条に基づいてハローワーク業務の一部を分担しているが、ハローワークに常駐する就職支援ナビゲータとの連携も密に行っている。具体的には、入学後に昼間働く仕事を探す際の求職支援や、特別活動における進路行事の中で就職面接のガイダンス等をナビゲータに依頼して実施している。外部の専門家から指導される機会は、生徒の受け止め方に重みが増す。ナビゲータから指導を受けた後、さらに詳しく細かい対応を進路指導部と担任で行っている。

### 3.5 キャリアパスポートの取り組み

文部科学省は2020年度から小中高を通じたキャリアパスポートの作成を開始した。これに合わせて、本務校でも学期末や学年末に生徒が自ら学校生活や学習成果を振り返って記述する活動を進めているが、中学校の分が入学後に送られてこないため、校種間の引継ぎは達成されていない。

### 3.6 今後考えられる対応

一つは複数社への応募である。高卒就活は原則一人一社制であり、不合格とならない限り別の企業に応募できない。それでも近年、最初から二社の応募を認める府県が出たのを契機に、東京都や神奈川県でも10月以降は二社の応募を認めている。複数社の応募は、学業がおろそかになる懸念、企業が内定を出しにくくなる可能性、内定を辞退する場合に企業と学校との信頼関係にヒビが入る恐れはあるが、複数社応募が徐々に広がりつつある現状においては、学校として複数社応募を前提とした指導体制を整える必要がある。

次に、履歴書の電子作成への対応である。従来から統一書式の履歴書は生徒の手書きによる作成で、一字一句でも間違えたら書き直し、修正液等の使用は一切認めない指導は、生徒が緊張感を持って就活に取り組む意識を高めるが、とにかく時間を要する。2025年度から、企業が認めれば電子作成による提出が可能となった。修正が簡単で、複数社への応募でも容易に使い回しができる半面、生徒の丁寧な取り組みが伝わりづらいことから、現状では時間に余裕がある限り、手書き作成を指導している。これに関しては、学校側の認識を改めていく必要があると考える。

### 3.7 資格取得の取り組み

先述の通り、「課題研究」における職業資格の取得は、生徒が希望する進路を選択する際の職業指導に直結する。筆者は、設備工業系を選択した生徒のうち、希望者に対して第二種電気工事士試験の取得指導を行った。電気系の学科とは異なり、関連する内容の科目が教育課程に無いことから、「課題研究」の授業だけでは時間が足りず、放課後や長期休業に補習を行った。2021・2024・2025年度に各1名が受験し、全員が合格した。

### 3.8 TIPS フォーラムへの参加

東京都教育委員会は2025年度より「TIPS フォーラム」[Tokyo IBL (Inquiry-Based Learning) Project Scope]として、全ての都立高校における探究学習の成果を一堂に発表する場を立ち上げた。本務校では「課題研究」の実施をもって「総合的な探究の時間」を代替していることから、今回は筆者が指導した生徒の成果を発表した。

## 4 おわりに

学校の特色や生徒の実態によって、どのように職業指導を進めるか、どの活動に重点を置くかといった対応は異なるが、生徒一人一人にキメ細かく対応できるのが、定時制の強みである。本務校は残り三年で閉課程となるが、今後も筆者は定時制教育の振興を進める職業指導を実践していく所存である。

## 5 参考文献

- 文部科学省、高等学校学習指導要領（平成30年告示），  
[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/1384661.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1384661.htm), 2019
- 佐藤史人・伊藤一雄・佐々木英一・堀内達夫，新時代のキャリア教育と職業指導，  
法律文化社，2018
- 東京都立蔵前工科高等学校公式サイト，<https://www.metro.ed.jp/kuramaekoka-h/>

## 学校の廃品を活用したスピーカアンプの製作

東京都立蔵前工科高等学校 定時制課程

### ○製作動機

学校の放送システムが更新されたことにより、今まで使用されていた教室の放送設備が不要となった。そこで、SDGsの観点から廃品となった放送設備を活用し、HRや部活動で利用できるスピーカアンプを製作しようと考えた。

### ○仮説

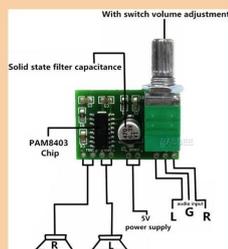
放送設備に内蔵されているスピーカ ( $8\Omega \cdot 3W$ ) を、そのまま使うことはできないだろうか？

### ○調査

放送設備を分解してみたところ、内蔵されていたスピーカはモノラルであった。ステレオの音源を再生したいと考えたので、スピーカは別途用意することにした。また、アンプも内蔵されていなかったため、合わせて製作することにした。

### ○試作

スマホのUSB端子から電源を得られるよう、動作電圧を5Vとし、その上で出来るだけ大音量を得られるよう、PAM8403 ( $3W \times 2$ ) のICを用いたD級アンプを試作した。 $4\Omega \cdot 10W$ のスピーカよりも、FOSTEXの $8\Omega \cdot 10W$ スピーカの音質が良かったため、出力は低減するがFOSTEXを採用した。なお、これらのスピーカは全て科に残っていたものである。



### ○製作

まず、今回使用するスピーカの径に合わせて孔を開け直した。そのため、最初から開いている孔は、あえて塞がず低音のウーハーとしての効果を期待した。また、USB端子や音声信号入力端子を取り付けるための加工や調整が、特に苦労した。

アンプは当初、試作と同様に製作したが、なぜか片方しか音が鳴らず、何度も回路や配線を確認しても、原因を特定することができなかったため、やむを得ず試作のアンプを取り付け、最終的に完成した。原因を特定できなかったことは非常に残念であったが、あらかじめ試作しておく大切さを学んだ。



### ○まとめと今後の展望

廃品を利用することにより、わずか500円程度の出費でアンプ内蔵のステレオ音響システムを構築することができた。また、今後は増幅度や周波数特性の測定を行い、課題研究発表の準備を進めていく。なお、今回は費用の面から有線としたが、Bluetoothモジュールを用いれば、スマホからの音声信号入力を無線に出来るので、機会があれば挑戦したい。

図2 TIPS フォーラムにおける生徒発表

## 中学校数学科において「主体的に学ぶ態度」を育むカリキュラム・マネジメントの実践

米倉 康子（藤沢市立湘洋中学校・教諭）

尾崎 誠（湘南工科大学教職センター・准教授）

### 1. はじめに

#### 1.1 公立中学校の多様性と包摂性

公立中学校には地域の生徒たちが集まってくるが、その個々を取り巻く環境は様々である。経済的なゆとりがある家庭もあれば、日々の生活に困難を抱える家庭もある。学習に対する意欲や準備状態も、生徒一人ひとりによって大きく異なるのが現実である。

しかし、このようにいろいろな生徒が集うところこそが公立中学校の面白いところである。多様な価値観や背景を持つ他者と出会い、共に過ごす時間は、生徒たちが社会性を育む上でかけがえのない資源となるからである。一方で、その多様さゆえに、中にはとても授業に向かうどころではない状況にいる生徒も存在する。

#### 1.2 多様性と包摂性の中で「学ぶ態度」を育む授業の大切さ

そのような多様な状況にある生徒にとって、学校で学びに向かうことはどのような意味を持つのだろうか。筆者は、学びに向かうことが実は将来の希望につながることで、学ぶ意味を知ることが自分自身をつくることであると確信している。もし、そのように生徒自身が感じられる瞬間を授業の中で創り出すことができれば、たとえ置かれている環境が様々であったとしても、生徒は学校の授業へ主体的に臨むことができるはずである。そのためには、伝統的な「正解（答え）に効率良くたどり着くための道筋を教師が教える授業」から、「教師にとっても予想外のことが出てきて、生徒とともに悩み、考え、学びあう授業」へと転換していくことが大切であると考え。

筆者は 2016 年度より公立中学校の管理職として勤め、実際の授業実践から少し離れた立場から学校教育を見つめてきた。授業を参観しながら、「こうできるのでは」「ああできるのでは」と、理想的な授業像やカリキュラム・マネジメントについて思索を巡らせていた。そして 2023 年度より再び公立中学校の数学科担当として授業実践に復帰したが、管理職の時に考えていたことはごく一部しか実践できていない。

そこで本稿では、管理職としての視点と授業実践者としての視点の両面から、数学科の授業実践を振り返り、公立中の多様性・包摂性を踏まえて生徒の「主体的に学ぶ態度」を育むための指導の在り方や、カリキュラムのデザインについて考察することにした。

## 2. 公立中学校における数学科教育を取り巻く現状と課題

### 2.1 学校の物理的な環境

生徒数が少なくなってきた現在において、筆者が勤務する市は全国的にも住みやすい街として名前が挙がり、生徒数はむしろ増加傾向にある。地域に活気があることは喜ばしいことであるが、学校経営の視点から見ると、これは新たな課題を生んでいる。

生徒数が増加傾向にあるとはいえ、将来的に生徒が減少することが予測されている現段階では、今ある学校施設を安易に増やすことは難しい。また、校舎は年々老朽化が進んで

いるが、建て替えることも難しい。施設面だけでなく、教員の定数を増やすことも容易ではない。こうした状況下で、令和8年度から中学校でも35人学級が完全実施されることとなった。一人ひとりの生徒にきめ細かな指導を行うための施策であるが、1学年8クラス規模の大規模校においては、まずは教室のやりくりが極めて悩ましい問題として立ちまわっている。

昭和の最後から平成の最初にかけては1学級の生徒数が多く、1学年で9～10クラスあるのは当たり前だった。しかし、当時は「とにかく知識を詰め込んで行う授業」が主流であり、集団準拠評価（いわゆる相対評価）を行っていた時代である。教育の質的転換が求められている現在とは、必要な「空間」の質が異なっていた。

現代の学校教育では、生徒の多様な学習状況に応じた習熟度別などの少人数授業の実践、プライバシーに配慮した男女更衣室の確保やLGBTQに配慮した教育、不登校傾向にある生徒への登校支援のための別室（スペシャルサポートルーム等）など、多様な教育ニーズに対応するための物理的な「空間」と、多様なニーズに対応する質的な配慮が不可欠になっている。これらの教育活動を実現するために、既存の特別教室や多目的スペースを転化することになれば、これまでに積み上げてきた教育実践とのトレードオフを考えなくてはならない。これは、学校運営における物理的なリソース配分の問題として、非常に悩ましい問題である。

## 2.2 教員の多忙化と教材研究

物理的なリソースに加え、人的なリソースの問題も深刻さを増している。現在も、定数欠員、病気休暇等の代替教員の不足等によって、教職員が足りない状況が慢性化している。足りない教員分の仕事を、現場の常勤教員が分担して引き受けている実態がある。非常勤講師の補填によって何とか負担を減らそうと工夫されているが、学級担任や校務分掌を担う常勤教員が増えないことには、根本的な解決に至らない。その結果、常勤教員の空き時間は減少し、授業の準備に取り掛かれるのは、生徒が下校して会議や部活動指導が終わった後、つまり勤務時間外になりがちである。

ベテラン教員は、これまでの豊富な経験を生かして授業を構成することはできるが、GIGAスクール構想によって導入されたICT機器などの新しいスタイルには手を出しにくい傾向がある。一方で若手教員は、ICTスキルは高いものの授業の経験が少ないため、教材研究にかけられる時間が圧倒的に少ない中で授業を行わざるを得ない。

筆者は現在、経験3年目の若手教員とTT（ティーム・ティーチング）で授業に臨んでいるが、毎回の授業後に「準備が足りなかったね」という反省の繰り返しになる。その若手教員の働き方を傍で見ていると、決して手を抜いているわけではなく一生懸命に教材研究をしているのである。この教員と同様に、経験の浅い教員が日々の業務に追われて余裕をなくしてしまうことが原因となり、1時間の授業の指導について単元全体の内容を吟味してから考えたり、生徒の思考を深めるための独自教材を考えたりする意欲を持続させるまでに至らない様子が、肌で感じられる。「主体的・対話的で深い学び」を実現するためには、教員自身が教材と向き合い、指導法を工夫する時間的・精神的余白が大切ではあるが、なかなか明るい展望をもてないのが正直なところである。

## 2.3 GIGA スクール構想

2020年、GIGA スクール構想により1人1台のタブレット端末（以下、GIGA 端末と記す）が国の予算で整備された。これにより、教育のDX（デジタル・トランスフォーメーション）が進むことが期待されたが、導入から4年が経過し、新たな課題が浮き彫りになっている。それは、GIGA 端末の使用頻度が高まるにつれて故障や不具合の頻度が高まっていることである。

GIGA 端末の修理費には限りがあるため、実際、クラスの中で手元にタブレットがない生徒が必ずいるという状況が常態化してしまった。筆者自身の授業でも、バッテリーの劣化により授業中に充電が切れてしまう生徒が続出する事態が発生したことがある。その結果、教室のコンセントの周りに生徒が集まって、まるでキャンプファイヤーのように充電しながら授業するという、笑い話のようなことが頻繁に起こった。今年度タブレット端末の入れ替えがあり、このようなハードウェア面の深刻な問題は解消されたが、GIGA 端末を活用した授業改善を進めようにも、端末の維持・管理という教育の本質以前の問題に時間を割かれることも、現場の教員にとっては大きな負担となっている。

## 3. 学習者の実態分析と情意的側面の深層

### 3.1 今でも変わらない「深く学びたい」という本質的欲求

前述のように、学校現場には物理的、人的、技術的な様々な壁が存在する現状であるが、それはあくまで教員目線からのとらえであり、生徒自身は学びに対して前向きな気持ちをもっていることは強調しておきたい。授業中のふとしたときに生徒から漏れる「何でこうなるの?」「ああ、そうか」などと聞こえる言葉は、与えられた課題に対して興味・関心をもち、自分で思考し、道筋をつけられた達成感がにじみ出ている。これは、数学的に考えることのよさや楽しさを実感している瞬間であるともいえる。学習指導要領が改訂されようとも、またICT機器が導入されようとも、生徒たちが「深く学びたい」「わかったときの喜びを感じたい」という本質的な欲求を持っていることは、以前も今も変わらない。

### 3.2 個に応じた指導の難しさと「集団」への眼差し

筆者自身もまさにそうなのだが、教員はどうしても「生徒たち」と集団として生徒をとらえがちである。しかし前述の通り、生徒は一人ひとり家庭の背景が違い、学習してきた環境も違う。そこに対する考慮が十分にできず、クラス全体に向けて画一的な説明をして「わかる生徒もいれば、わからない生徒もいる」と、学習状況を集団としてとらえる経験を、筆者自身も長年繰り返してきた。

これまでの実践から強く感じるのは、どんなに背景が異なる生徒が集まっても、その状況の中で生徒同士が学びあうことができれば、生徒の力は確実に伸びるということである。学びあいがある授業内に生まれ、生徒同士の会話が生まれると、いろいろな環境下にある生徒がつながり、そこから課題を「教師から与えられたもの」ではなく「自分自身の課題」としてとらえられる生徒が増えると考えている。一斉講義型の授業から180度の転換を図ることは難しいが、生徒が「考えることが楽しい」と感じられる場面を少しずつ増やすように授業を工夫することで、生徒がより主体的に授業へ取り組めるようになると考え

られる。

### 3.3 コミュニケーションが希薄なクラスの実態

一方、生徒同士の会話が生まれてこないクラスもある。休み時間には気の合う友人たちと楽し気に会話しているのだが、授業中に「グループで考えよう」と机を向き合わせても、しーんと黙ったまま個々に課題に取り組む光景が、何度も繰り返されている。特に気になるのは、学習に困難を感じているスローラーの生徒の様子である。机間指導の際、彼らが鉛筆をもったままじっとしているのを見かけて順に助言するが、生徒によっては「話しかけてほしくない」というオーラを全身から放っている様子もある。教師一人でのアドバイスには時間の限界があり、生徒同士の助け合いも生まれなため、筆者は授業を終えると意気消沈して職員室へ戻る日々が続いていた。

なぜ、これほどまでに生徒たちは授業中に話さないのだろうか。その要因はいろいろ重なっていると考えられる。第一に、彼らが小学校の中学年を過ぎた時期が、新型コロナウイルス感染症の拡大時期と重なっていることが挙げられる。給食の黙食や、対面での会話を制限された経験から、学校では「黙って授業をすること」に安心感をもっているのかもしれない。第二に、生徒の気質である。いわゆる勉強のできる生徒が比較のおとなしい、口数の少なめな子が多い傾向が見受けられる。第三に、地域的な特性である。筆者の勤務校周辺は、保護者も生徒も学習や成績への意識が高い地域である。そのため「勉強ができないことを恥ずかしい」ととらえる意識が強く、間違った発言を恐れたり、わからないことを他者に知られることを拒んだりする心理が働いている可能性がある。それでも、こうした様々な背景で育った生徒が集まってくるのが公立中学校である。こうした現状を受け止めた上で、指導法を模索していくことが大切である。

### 3.4 アンケート調査に見る学習意欲と人間関係の相関

このような静かにグループ活動を行うクラスの実態を客観的に把握するため、生徒に無記名のアンケート調査を行った。アンケート調査は、2025年12月に、神奈川県内の公立A中学校2年生1クラス(27名)に対して実施した。アンケートの結果を図1に示す。

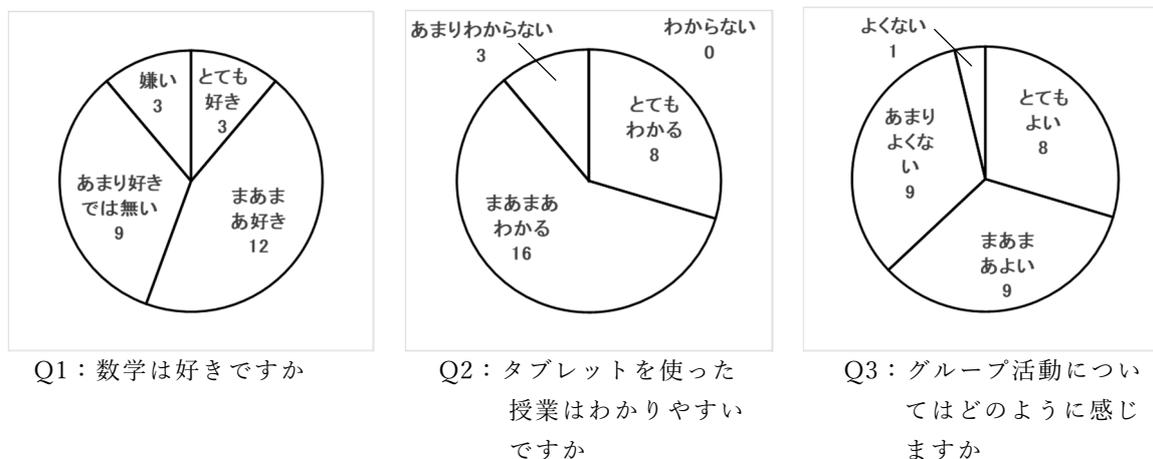


図1 静かにグループ活動を行うクラスに対するアンケート調査の結果

Q1では、数学に対する意識を把握するために「数学は好きですか」という問いに対し、4件法で回答を求めた。その結果、数学は「とても好き(3人)」、「まあまあ好き(12人)」という肯定的な回答は55.6%である。一方「あまり好きではない(9人)」、「嫌い(3人)」という否定的な回答は44.4%である。肯定的な理由として、生徒の回答には「難しい問題が解けたときの達成感がいい」「自力で解けたときに面白さを感じる」等が挙げられ、課題解決そのものに喜びを見出していることがわかる。否定的な理由としては、「一番点数を取りづらく、苦手だから」、「答えがハッキリしなかったときは少しもやもやする」といった数学に対する苦手意識や、「一次関数とか、どこで使うのと思うものが多く、ポジティブになれない」といった実利的な価値への疑問に関する記述が見られた。

Q2では、タブレット端末の活用に対する意識を把握するために、「タブレットを使った授業はわかりやすいですか」という問いに対し、4件法で回答を求めた。その結果、タブレット端末を使った授業について「とてもわかる(8人)」、「まあまあわかる(16人)」という肯定的な回答は88.9%であり、大多数の生徒が肯定的に捉えている。その理由として、生徒の回答には「簡単に文字を大きくしたり図形を書いたりできる」、「黒板よりも自分のタブレットから学んだほうが記憶に残りやすいし使いやすい」といった機能面での利便性に加え、「簡単にクラスメイトと意見が共有できるのはいい」という、コミュニケーションツールとしての価値を認める記述もあったことは注目に値する。

Q3では、グループ活動に対する意識を把握するために、「グループ活動についてはどのように感じますか」という問いに対し、4件法で回答を求めた。その結果、グループ活動は「とてもよい(8人)」、「まあまあよい(9人)」という肯定的な回答は63.0%である。一方、「あまりよくない(9人)」、「よくない(1人)」という否定的な回答は37.0%である。肯定的な生徒の回答には「友達の見聞などを聞き、新たな視点を持つことができる」「自分の意見を言って、新しい考えを見つけたり、自分が考えていたことをより深く理解できる」といった学び合いの価値を挙げるものが多かった。一方、否定的な回答には「全体的に会話が少なく感じ、効果的だと思わない」「話すことが苦手な人もいる」という、現状のコミュニケーション不全を指摘するものもあった。

さらに、「数学があまり好きではない」と回答した生徒と、「グループ活動はあまりよくない」と回答した生徒の間には相関関係が見られた。

以上のことから、コミュニケーションが希薄なクラスにおいては、生徒一人一人が数学の問題を自分で解く達成感をもつことと、数学の授業における集団活動を通してクラスの間関係の構築を促す工夫が、学習意欲の向上や学び合いの質の高まりにつながる可能性が考えられる。

## 4. 主体的な学びを支える学習環境の構築

### 4.1 お互いを認め合う学級風土の醸成

生徒たちの授業の中での様子を長年観察していると、一つの確信めいた事実に行き着く。それは、まずは「わからない、教えて」と言える生徒は伸びるということである。わからないことを自覚し、他者に助けを求めるスキルは、単に数学の成績を向上させるだけでなく、将来社会に出て生きていく中で身につけてほしい力の一番といてもいいほど重要な

資質であるといえる。しかし、多感な中学生にとって、自分の無知をさらけ出すことは勇気がいる行為である。特に、学習意識の高い地域柄や、「勉強ができないことは恥ずかしい」という規範意識が強い集団においてはなおさらである。

したがって、わからないことは決して恥ずかしいことではないことや、聞かずにわからないまま時間が過ぎるよりも、聞いてわかる方がずっと楽しくなることを、一人でも多くの生徒に理解してほしいと願っている。そのためには、教室全体において、わからないことをバカにするような冷笑的な雰囲気をつくらないことが、カリキュラム・マネジメントにおける最優先事項となる。

そこは、システムや教材だけで解決できるものではなく、教員が日々の指導の中で、生徒の小さな変化を見逃さず、一生懸命に言葉を尽くして伝えていくという、地道な人間関係づくりの積み重ねが必要不可欠である。授業の中で、自分の考えを話すことや、相手の意見を聞くことがきちんと行えることは、よい人間関係づくりの基本になるからである。

#### 4.2 グループ活動における「学び合い」の見直し

生徒が他の生徒から「教えて」と聞かれ、説明する場面において、興味深い様子が見られる。それは、教員が説明するよりも、むしろ生徒からの説明の方が、聞いている生徒にはわかることが多いという事実である。教員はどうしても専門的な用語を使ったり、論理の飛躍があったりしがちだが、生徒同士の言葉は、つたなかったとしても、同じ目線であるがゆえに届くのであろう。そして、説明を行う側の生徒にとっても、自分の思考を言語化するプロセスが重要である。説明を行いながら、時には聞く方の「え、そこはどうなってるの?」といった合いの手が入るなどして、思考がより整理され、お互い理解が深まるのである。

これまでの教員生活において、グループ活動を行うと、特に女子生徒同士が活発に話し、それを男子生徒も聞きながら考えを深めていける場面が多く見られた。そのため、問題を解く場面はなるべくグループにするのがよいと考え、実践を重ねてきた。もちろん、違う話題のおしゃべりが出てしまうなどの失敗もあるが、それは課題が易しすぎたなど、こちらの教材準備が足りないことに起因するケースが多く、教訓としてきた。改めて「授業は生き物であり、何年やってもうまくいかない」ものであると実感する。

#### 4.3 「沈黙」を破る仕掛け:ゲームの要素とICTの触媒機能

以上のように、お互いを認め合う学級風土の構築を意識し、生徒同士の教え合いや学び合いを見直しながら授業実践に取り組んだ。その結果、生徒たちに自然な会話が生まれた事例が見つかった。これらの事例は、静まり返った教室に風穴を開けるための重要なヒントを含んでいると考えられる。

##### (1) ゲーム活動による没入と相互確認

1つ目の事例は、第1学年における「文字の式」の単元において、文字式の四則演算にゲーム活動(ゲーミフィケーション)を取り入れたものである。

グループの中でカードを引き、カードに書いてある数式に、ルーレットで選んだ数を代入して式の値を求める。基本的には「最も多い数の人が勝ち」というルールであるが、ここに「革命」という特別ルールを導入した。特定のカードを持っている人が「革命」を宣

言すると、逆に「最も小さい数の人が勝ち」というルールに変わるようにしたのである。この仕掛けにより、グループの中に「勝負」の要素が持ち込まれた。すると、ごく自然に会話が発生するようになった。勝負がかかると、自分の計算だけでなく、相手の計算がどうあるかどうかもお互い真剣に確かめることになる。「また累乗の計算間違えた!」「この組み合わせより強いものある?」などと、数式を巡って話している声があちこちから聞こえてくるようになった。これまでグループ活動の時間になると鉛筆が止まり無表情だった生徒が、にこにこしながら計算していた姿も見られた。

このように、学習にゲームの要素が絡むと、生徒の意欲が倍増すると考えられる。

さらに、中1の段階で特に間違いやすい累乗の計算( $(-3)^2$ と $-3^2$ の違いなど)について、答えが合わない生徒が「何で?」とグループの生徒に聞き、生徒同士での学び合いを通して「なるほど」とうなずく姿が見られたことは、大きな成果であった。ゲーム活動を取り入れたことで、クラスの心理的なハードルが下がり、素直に「わからない」と言える関係性の醸成につながったものと考えられる。

## (2) ICTを用いた「協働的な困難」の共有

2つ目の事例は、第2学年における「一次関数」の単元において、関数グラフソフト(GeoGebra)を利用した作図課題を取り入れたものである。この学習では「y軸、x軸に対称な直線をかく」という基本課題に加え、「1本の直線に対して垂直な直線をかく」、「三角形の面積を二等分する直線をかく」という応用課題を提示した。

垂直な直線や面積を二等分する直線については、直感だけでは理解が難しいため、クラスの「皆ができない」状態に陥った。しかし、この「皆ができない」という状況こそが、安心して相談できる要因となったようである。これまでの経験からも、グループ活動の課題は、個人の力では解決が難しい程度の難易度がよいことは感じていたが、この課題はまさにそうであった。最初は「困った、どうしよう」という沈黙が教室を支配したが、さすがに沈黙に耐え兼ね、あるグループが話し出した。すると、それに触発されるようにして、いつもは話さない他のグループも話し始めたのである。

この課題に取り組んでいる時間は、教師は一方的に話す時間にならず、生徒たちがGeoGebraの画面を見ながらお互いの考えを言い合う様子や、話し合いを通して変化する生徒の表情や反応をゆっくり見ることができた。グループで話していると「あっ、こうじゃない?」というような、お互いの意見を聞きながら思考の整理が行われている様子が見られた。グループ活動のよいところは、話して、聞いて、それを自分の思考としてまとめていけるところである。そのよさを少し理解できた生徒もいて、この実践以降、少しずつではあるが、話をして考える様子が増えてきたように感じている。

この事例からは、個人の力では解決が難しいが、グループで協力すれば解決できそうな難易度の学習課題を設定することで、グループでの話し合い活動が自然発生して活発になり、それが人間関係の構築や、数学的な理解につながったと考えられる。

## 5. ファシリテーターとしての教師の役割と変容

### 5.1 「教える」から「つなぐ」へ

これらの実践を通じて実感したのは、教師自身の役割意識の変容の必要性である。せつ

かく生徒が自らの言葉で説明したのに、それを教師が引き取って「今の意見はこういうことだね」と再度きれいに説明し直してしまうような場面があると、生徒の学習意欲を低下させ、思考のプロセスを奪ってしまうことにつながりかねない。これからの教師には、知識を授ける「ティーチャー」ではなく、生徒から生徒へ思考をつなぎ、学びの場を調整する「ファシリテーター」としての役割が求められると考えられる。

教師がひっぱっていく授業という意識から脱却しなければ、生徒は永遠に受け身のままである。わずか1時間でも、生徒たちが自分たちの考えで進める授業をつくっていくことで、考えることが楽しいと感じる生徒が増えていけば、「これはどうなのか」と自ら課題を見出して考えることができるようになるだろう。

管理職を離れ、筆者自身が授業を行うチャンスを得たことで、授業の中でやれることや、授業の様々な可能性を考えることは、やはり楽しい。特に、生徒が自分の考えを生き生きと説明する姿を見ることができたときは、学びのファシリテーターとしての役割を的確に果たすことができた達成感と、教師としての無上の喜びを感じる。

## 5.2 若手教員との協働と授業改善

学習指導要領が目指す「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善は、教師のファシリテーターとしての力が必要不可欠である。現在、一緒にTTで授業を行っている若手教員は、ICTスキルが高く、生徒の懐に入り込むのが上手である。筆者が苦戦している生徒との関係づくりも、彼らは自然に行えている場面があり、逆にベテランの自分が学ぶことも多い。一方で、若手教員は指導書に頼り、指導計画の通りに授業を進めることに忠実になりすぎる傾向があるため、生徒の突発的な反応やつぶやきを拾って授業を展開する即興性には課題が残る。そのような場面では、本稿で述べたように、生徒一人一人の背景を考慮すること、GIGA 端末やゲーム活動を取り入れたコミュニケーションの活発化、適切な難易度の学習課題の設定を通じた人間関係の構築と学び合いの質の向上を意識してもらい、生徒の思考が深まる瞬間の面白さを味わってもらいながら、教師がファシリテーターとして振る舞う必要性と技術を伝えていきたい。

## 6. 結論

本稿では、公立中学校数学科における「主体的に学ぶ態度」の育成を目指したカリキュラム・マネジメントの実践について論じてきた。

生徒同士で話しながら課題を解決することは、教師の講義を聴いて理解するよりも、学習効果が高いことは間違いないと確信している。課題の構造が見えそうで見えず、「果たしてこうか、やはりこうか?」と考え、誰かの発言によって見えなかった構造が現れる。その瞬間の嬉しさが、思わず「わかった」という言葉になって口をついて出るのである。これまではグループで考えることでこの効果が期待できると感じていたが、今年度の実践から、話すのが苦手と感じる生徒が多い場合には、必ずしも安易なグループ活動が理解を深めるとは限らないという新たな知見も得られた。

しかし、そのような「静かなクラス」においても、ICT は効果的なツールとなり得る。アンケート結果からも、数学があまり好きではない生徒が、ICTを使った学習については肯定的な捉えをしていることが明らかになった。実際に言葉を交わすこととは形が違うか

もしれないが、画面共有などを通じて考え方を共有することは可能であり、そこから「他者との関わり」を再構築できる可能性がある。

また、魅力的な教材が、各生徒の思考を促す原動力になることは間違いない。教材の開発は自らももちろん行いつつ、いろいろな教師の知恵を借りながら進めていきたい。何より、生徒が自分で自分の課題を見つけて、解決して、「数学は面白い」と感じられる時間にできるよう、さらに努力していきたい。

### 参考文献等

- 松原元一，数学的な見方・考え方—算数・数学教育の改善，国土社，1990年
- 牧田秀昭・秋田喜代美，教える空間から学び合う場へ—数学教師の授業づくり，東洋館出版社，2012年
- 稲垣忠彦・佐藤学，授業研究入門，岩波書店，1996年
- 畑村洋太郎，畑村式「わかる」技術，講談社現代新書，2005年
- 数学教育，1998年3月号，No.482，明治図書出版，1998年
- 文部科学省，中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 数学編，日本文教出版，2017年
- GeoGebra「GeoGebra 関数グラフ」<https://www.geogebra.org/graphing?lang=ja> (2025年12月24日確認)

## ICTの活用によって数学的対話を促進する指導法の工夫改善 ～「わかった」を引き出す発問と学習課題の工夫～

米倉 康子（藤沢市立湘洋中学校・教諭）

尾崎 誠（湘南工科大学教職センター・准教授）

### 1. はじめに

#### 1.1 「わかった」という原体験の創出

中学校の数学科の授業において、生徒が最も「楽しい」と感じる瞬間はいつだろうか。それは、難解な公式を暗記したときでも、計算ドリルを早く解き終えたときでもない。試行錯誤ののち、解決の方向性が明らかになったとき、思わず「わかった！」と口に出した瞬間である。私たち教師は、そのような瞬間を授業の中で何度も創り出したいと願っている。「答えがどうなるのかわからない」と生徒の誰もが頭を抱えて、でも誰もが解けそうである、と感じられる課題。そして、苦労の末にその構造が見えたとき、知的な興奮が得られるような課題。そのような「良質な学習課題」や「発問」を見出し、生徒に提示することができれば、授業は劇的に変わるはずである。もちろん、それを毎時間の授業で行うことは容易ではない。しかし、教師が教材研究を深め、生徒の思考を揺さぶるような「仕掛け」を用意することで、生徒は主体的に数学の世界へと没入していくことができる。

#### 1.2 「言葉」による理解の深化とコロナ禍の教訓

また、数学の理解において「対話」は欠かせない要素である。筆者の経験上、教員がいくらかわかりやすく説明を重ねたとしても、生徒がそれを自分自身の中の課題としてとらえ、真の理解に至るためには、一度自分自身の言葉に「翻訳」して落とし込むプロセスが必要になる。そこへ到達する有効なステップとして、友達の言葉を介して理解できる場面を、これまでの授業の中で何度も目撃してきた。教師の整然とした説明よりも、隣の席の友人の「あ、これってこういうことじゃない？」というつたない一言が、ストンと腑に落ちることがあるのである。しかし、コロナ禍によってグループ活動が一度途絶えたとき、この「友達の言葉によって救われてきた子ども」が伸び悩む姿を目の当たりにした。やはり、子どもたちは子どもたち同士の言葉で理解を深めていたのである。

本稿では、こうした実感を踏まえ、生徒同士の対話（協働的な学び）と、ICTを活用した個々の思考（個別最適な学び）を往還させるための教材開発について、具体的な授業実践事例を通して報告する。これは、教職課程コアカリキュラムにおける「当該教科の指導方法と授業設計」、特に「情報機器及び教材の効果的な活用法」に関する実践研究である。

### 2. 「思考を誘発する」学習課題の開発と実践

生徒が「考えたい」と感じられる課題には共通点がある。それは、「課題自身が魅力をもっていること」、そして「学力差に関わらず、誰もが試行錯誤できる課題であること」である。そこで筆者は、生徒の鉛筆が動き出し、自然と対話が生まれることを目指して、次のような授業実践に取り組んだ。

## 2.1 実践事例1:関数の導入における「問題づくり」の活動

### (1) 課題の概要

第2学年における「関数」の単元の導入における学習課題の工夫例を図1に示す。提示した課題は、正方形の黒いタイルを規則的に並べていくとき、30番目のタイルの枚数を関数によって求めるものである。

問題1

1 番目	2 番目	3 番目	…	30 番目
				
1 枚	2 枚	枚		_____ 枚

(1) 3番目の図を描きなさい。また、タイルは何枚必要ですか。

(2) 30番目のタイルの枚数を求めなさい。

求める式 ( $x$ 番目の枚数 $y$ を求める式) を作ってみよう。

(3) 自分で規則を考えて、1番目、2番目のタイルを並べて、30番目のタイルの枚数を求める問題をつくりなさい。

また、実際に30番目のタイルの枚数を求めなさい。

図1 関数の単元の導入における学習課題の工夫例

この課題の特徴は、単に与えられた図形の規則を解くだけでなく、「自分で規則を考えて問題をつくる」という活動を取り入れた点にある。「1番目、2番目…の図を描いて、30番目を求める問題をつくりなさい」と投げかけると、生徒たちは問題づくりにかなり凝って、一生懸命に考え始めた。特に、タイルの並べ方を工夫することで、規則を見つけるヒントにもなり、逆に考え方を複雑にすることもできることを理解した生徒は、その法則を表す式を必死に求めようとしていた。

### (2) 生徒の反応と考察

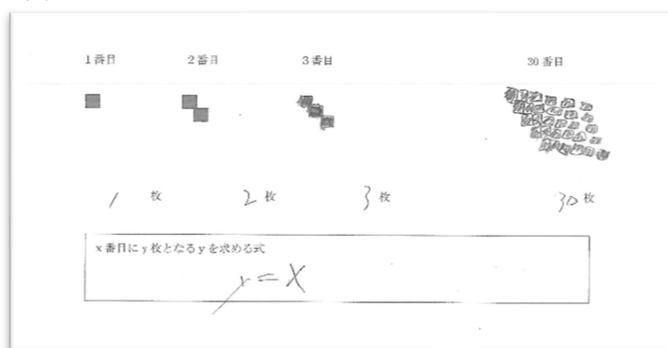
実際に生徒が作成した記述例を図2に示す。ここには、多様な数学的思考が表れていた。

図2(a)の生徒は、 $y = x$ となる比例モデル(1番目1枚、2番目2枚…)を作成した。これは関数の基礎である比例関係を直感的に理解している姿である。

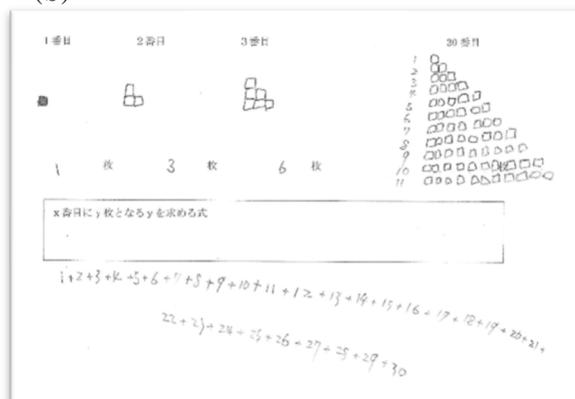
図2(b)の生徒は、1番目1枚、2番目3枚、3番目6枚…と階段状に増えていくモデルを考え、30番目の枚数を $1+2+3+\dots+30$ という和の計算で求めようとしていた。これは「ガウスの計算」と呼ばれる等差数列の和の考え方にたどり着いている。ただし、この生徒は関数化することができていない。

図2(c)の生徒は、正方形が市松模様の法則で拡大していくような、複雑なモデルを考案した。1番目は $1 \times 1$ 、2番目はそれに四隅が加わって…といった規則性を、自分なりに見つけ、「式を作りたい」とかなり粘って思考していた。結果として、この生徒が考えた規則は中学2年生の学習範囲を超える2次関数的な内容を含んでいた。授業では、クラス全体で共有する時間を確保できなかったが、この活動を通して、「 $x$ に伴って $y$ が決まる」という

(a)



(b)



(c)

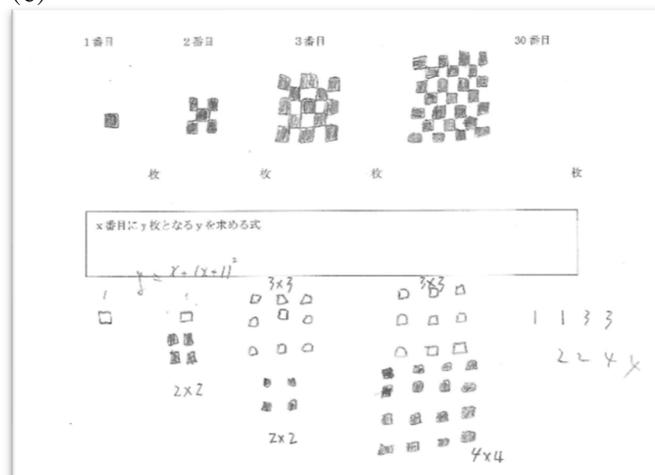


図2 生徒の記述例

関数の定義を、定義の暗記ではなく実感として捉えることができた。また、取り組みやすい課題であったため、生徒は自分なりの問題をつくり、友達に見せるなどして、自然な形で共有(学び合い)が生まれやすかった。自分で動かす、図を描くことができる課題は、生徒の主体性を引き出す有効な手立てであると考えられる。

## 2.2 実践事例2: 四則演算のまとめにおける「逆思考」と「構造の発見」

### (1) 課題の概要

第1学年における「四則演算」の学習課題の工夫例を図3に示す。この学習課題では、計算スキルの定着と数理的な感覚を養うために、パズル的な要素を取り入れ「4つの-4の間に、+、-、×、÷の記号をあてはめて、右辺の数(1から10)をつくりなさい」という問題に取り組ませた。

### (2) 「やみくもな計算」から「構造の理解」へ

この課題を提示した直後、生徒たちはまずやみくもに計算を始める。答えが見つかり「わかった!」「できた!」と声をあげる。この段階では、試行錯誤そのものを楽しんでいる。しかし、時間が経過すると、生徒の思考に変化が現れる。だんだんと、「右辺の数を作り出すためには、どういう式になればよいか」という逆向きの思考(構造への着目)が生まれ始めるのである。例えば、「1」を作るためには、「同じ数で割ればよい( $A \div A = 1$ )」

## 問題 2

4つの  $-4$  の間に,  $+$ ,  $-$ ,  $\times$ ,  $\div$  の記号をあてはめて, 右辺の数をつくりなさい。

$$(-4) \quad (-4) \quad (-4) \quad (-4) = 1$$

$$(-4) \quad (-4) \quad (-4) \quad (-4) = 2$$

$$(-4) \quad (-4) \quad (-4) \quad (-4) = 3$$

$$(-4) \quad (-4) \quad (-4) \quad (-4) = 4$$

$$(-4) \quad (-4) \quad (-4) \quad (-4) = 5$$

$$(-4) \quad (-4) \quad (-4) \quad (-4) = 6$$

$$(-4) \quad (-4) \quad (-4) \quad (-4) = 7$$

$$(-4) \quad (-4) \quad (-4) \quad (-4) = 8$$

$$(-4) \quad (-4) \quad (-4) \quad (-4) = 9$$

$$(-4) \quad (-4) \quad (-4) \quad (-4) = 10$$

図 3 四則演算のまとめにおける学習課題の工夫例

とか、「1 を掛け合わせればよい ( $1 \times 1 = 1$ )」といったアイデアである。特に難しかったのは「7」を作ることである。生徒たちは「 $4 + 3$ 」や「 $8 - 1$ 」を作ろうとするが、 $(-4)$ の組合せだけではうまくいかない。試行錯誤の末、計算結果にマイナスが残ってしまうことに気づく。そこで教師が「 $-( )$ を使って符号を変えてもいいよ」とヒントを伝えると、一気に解決へと進んだ。

**(3) 生徒の反応と考察**

この活動の最大の成果は、グループ内での自然な対話である。同じ答え「3」を作るのも、自分とは違う式を作っている友達がいることに気づくと、「えっ、それ本当に3になるの?」と疑問を抱き、自分で計算してみる生徒がほとんどで、それによっていろいろな気づきがあるのが面白い。おそらく、自分一人で解いているとそれに気づくまでにはもっと時間がかかっていると思われる。計算に自信のない生徒も、友達のやり方を見て計算の順序（先に乗除、後に加減）を再確認したり、カッコの必要性を実感として学んだりしていた。自分一人でドリルを解いているだけでは、計算ミスの指摘は単なる「バツ」で終わるが、この活動では「なぜ間違えたか」「どうすれば目的の数になるか」を主体的に探究するプロセスになった。これもまた、自分で作ったものを人に見せて共有しやすいというこの課題の特性が、対話を促進したものと考えられる。

**3. ICT ツールによる思考の可視化と共有**

グループ活動が苦手なクラスや、口頭での説明が難しい幾何（図形）の分野において、ICT ツールは強力な武器となる。言葉によるコミュニケーションの壁を、視覚的なイメージの共有が補完するからである。

### 3.1 実践事例3:ICT を用いた「合同条件」の直観的理解

#### (1) 「必要最小限」を探る課題

第2学年における「図形の合同」の単元における学習課題の工夫例を図4に示す。この学習課題では、三角形の合同条件を理解させるために、授業支援ツール（ロイロノート）を用いて、「最低限の部品を使って合同な三角形をつくるにはどれを使えばよいか」を考えさせた。

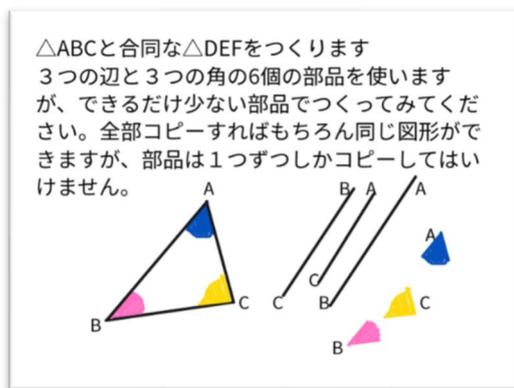


図4 合同な三角形の作図における学習課題の工夫例

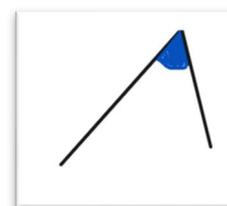


図5 生徒の作図例

教師は画面上に、ターゲットとなる三角形 ABC と、その構成要素である「3つの辺」と「3つの角」の部品（パーツ）をバラバラに用意した。学習課題は「 $\triangle ABC$ と合同な  $\triangle DEF$ をつくります。できるだけ少ない部品でつくっててください」と設定した。生徒は、どの部品を選べば、三角形が「ただ一つに決まるか」を試行錯誤しながら考えていた。

#### (2) 操作による発見と視覚的共有

多くの生徒は、図5のように「2つの辺と、その間に挟まれた角」のセットをつくっていた。タブレット上で2本の辺を配置し、その間の角度を決めると、残りの1辺は自動的に決まってしまう（線を引くしかない）ことを、操作を通して実感したのである。生徒は図5のように、色分けされた辺と角を配置しており、視覚的に「2辺挟角」の構造をとらえていることがわかる。一方で、「3辺相等（3つの辺）」や「1辺両端角（1つの辺とその両端の角）」については、イメージがつかみにくい生徒もいた。その際、同じグループの生徒に説明してもらうことで、理解できた生徒もいた。

このことから、生徒が試行錯誤する場面に ICT を用いることで、「条件」という概念そのものに集中することができ、生徒の理解を促したものと考えられる。

### 3.2 実践事例4:ICT を用いた「証明の一般性」の理解

#### (1) 証明学習における「特殊と一般」の壁

中学校数学の難所の一つが「図形の証明」である。生徒は、証明を「目の前にある図形に限って、その性質を説明すること（特殊性の証明）」と誤解していることがある。しかし、証明の本質的役割は、条件を満たす図形であれば、形や大きさがどう変わろうとも、常にその性質が成り立つこと（一般性）を示す点にある。そして、この一般性は、黒板に描かれた固定的な図形だけで理解させるのは難しい。そこで、ロイロノートを活用した授業実

践に取り組んだ。

第2学年における「図形の合同」の単元における学習課題の工夫例を図6に、生徒の回答を共有している例を図7に示す。この学習課題では、図形の合同の証明を行うのに、提示された図のみにおいてそれが成立しているのではなく、与えられた条件を満たす図すべてにおいて成立することがとらえられるように考えて、図6の課題を提示し、図7のようにロイロノートを用いて生徒が作った図を共有した。

問題

- ① 線分 AB を書きなさい。
- ② AB の中点 E を書きなさい。
- ③ 中点 E を通る線分 AB とは別の線分を書きなさい
- ④ ③で書いた線分の A 側の端の点を D とするとき、AD と平行になるように点 B から直線を書き、③で書いた線分との交点を C とする。

図6 図形の合同の証明における学習課題の工夫例

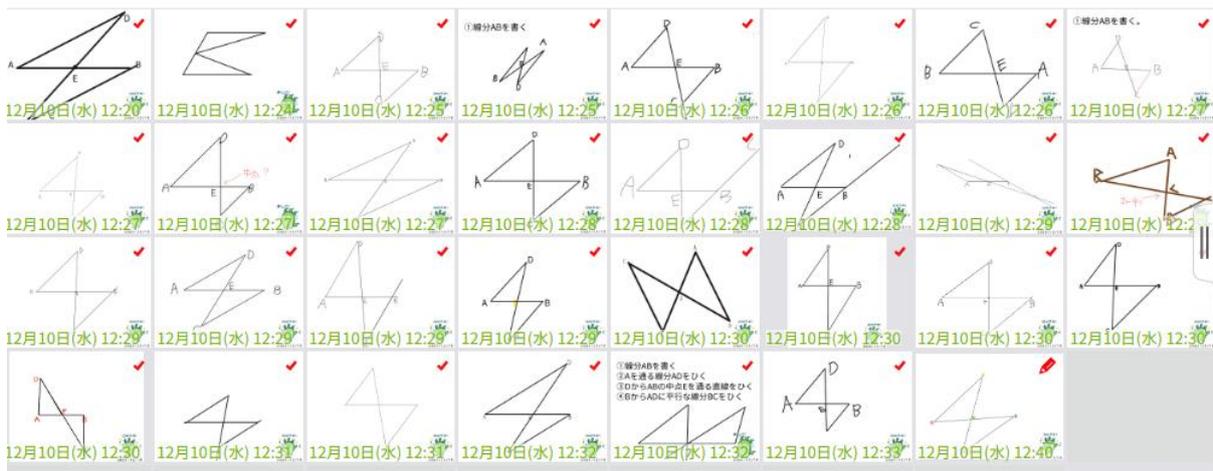


図7 生徒の回答を共有している例

## (2) 「蝶々型」の共有による概念形成

生徒は図6の課題を読み取りながら2つの三角形( $\triangle AEC$ と $\triangle BED$ )をかき、その関係を調べる。この手順で作図すると $AE = BE$ ,  $AD \parallel BC$ を満たす三角形が描かれ、いわゆる「蝶々型」や「リボン型」と呼ばれる図形ができあがる。ある生徒の図は細長い蝶々になり、ある生徒の図は押しつぶされたような蝶々になる。生徒が作成した多様な図を、ロイロノート等の共有機能を用いて、図7のように一覧表示した。そして、微妙な違いはあれども、この条件で作図した2つの三角形は合同になることを理解することができた。ICTの活用によって図形を自由に描けることと、クラス全員の図形を共有できることによって、「証明とは、一つの事例が正しいことを言っているのではなく、それにあてはまること全部を証明している」という理解を促すことにつながったと考えられる。

#### 4. 数学的活動を呼び起こす発展的教材の工夫

ICT 機器がなくても、教材そのものの魅力によって生徒の思考を深めることは可能である。ここでは、生徒が「なぜ？」と問いかけ、自ら解決に向かう（主体的な学び）ための発展的な授業実践にも取り組んだ。

##### 4.1 実践事例5:文字式の有用性を感じる「17 段目の秘密」

###### (1) 計算練習から「不思議」の体験へ

第2学年における「式の計算」の単元における学習課題の工夫例を図8に示す。この学習課題は、数年前から教科書にも発展教材として掲載されている。

問題	
① 1 段目には 1～9 のうち自分の好きな数を書き込もう	
② 2 段目には「5」を書こう	5
③ 3 段目は 1 段目と 2 段目の和を書く	
④ 4 段目は 2 段目と 3 段目の和を書く	
⑤ これを繰り返していく	
⑥ 17 段目は 15 段目と 16 段目の和を書く	
⑦ さて、どうなるか？	

図8 式の計算における学習課題の工夫例

この学習課題は、フィボナッチ数列のように、前の2つの項を足していくルールの計算である(一の位の数だけで考える)。クラスで1人程度は計算をミスしていて、あれ?ともう一度計算すると間違いが見つかり、とりあえず「できた」となる。苦手な生徒でも、まずはそこで小さな達成感を得ることができる。

グループで取り組み、互いの答えを見せ合うと、1段目にどんな数を選んだかに関わらず、全員の17段目の答えが「5」になっていることに気づく。そして、2段目に「5」をあてはめたところ17段目が「5」になったことから、では他の数だったらどうなるかを確かめてみよう、と進んでいく。しかし、他の数では2段目と17段目が同じ数にならないことに気付くと、どんな法則があるのかと考え始める。

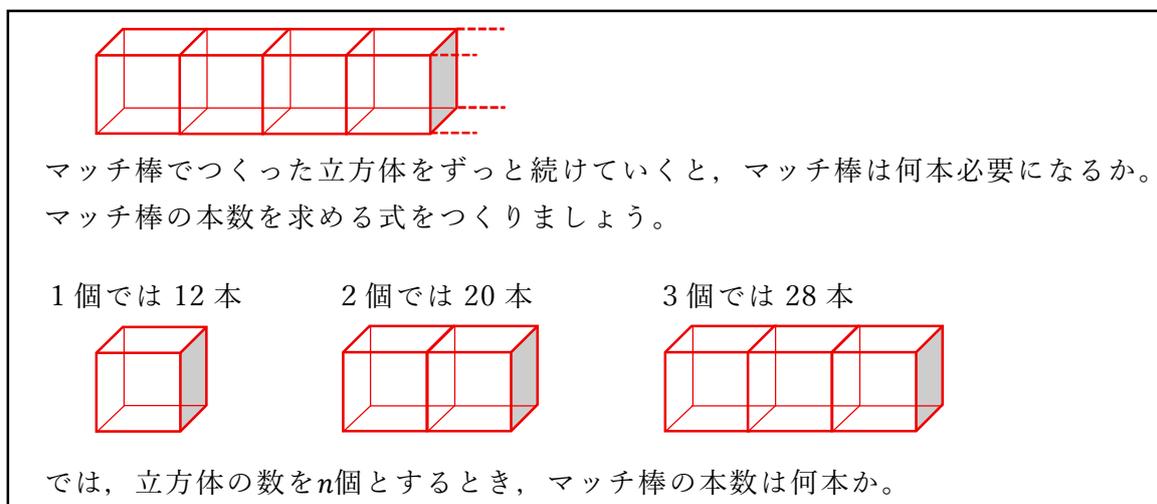
###### (2) 「文字」を使う必然性の理解

実際にはこの法則のさらに先を考えてほしいところであるが、「なぜ5以外の数は同じ数にならないのか」という疑問こそが、文字式(代数)への興味・関心の入り口になる。生徒たちは「他の数だったらどうなるのだろう?」と、2段目の数をさらに変えて試そうとする。そして、生徒はその説明を考えながら「いろいろあてはめる」ことが「文字に値を代入している」と同じであることを理解していく。生徒は計算の達成感を得るだけでなく、文字を使うことの「よさ(一般性)」を体感することができると考えられる。

## 4.2 実践事例6:多様な解法を認め合う「マッチ棒の立方体」

### (1) 思考が思考を呼び起こす連鎖

第1学年における「文字の式」の単元における学習課題の工夫例を図9に示す。この学習課題は、マッチ棒で立方体を連結して作っていくときの本数を求めるものである。



マッチ棒でつくった立方体をずっと続けていくと、マッチ棒は何本必要になるか。マッチ棒の本数を求める式をつくりましょう。

1個では12本      2個では20本      3個では28本

では、立方体の数を $n$ 個とするとき、マッチ棒の本数は何本か。

図9 文字の式における学習課題の工夫例

生徒がこの課題を考える際には、様々な計算の考え方がある。そこで、授業では生徒が考えた式を整理せずにそのまま書き出して共有することにした。すると、その式はどうやって考えたのかを読み解くことになり、大変面白い。一見すると「変な長い式」も登場するので、これは何か誤っているのではないかと思うが、生徒の説明を聞くと、なるほどそのように考えたのか、と皆がうなずくものもある。その考え方を聞いた生徒が、それならこの考え方もありだ、と次の考え方を紹介する。このように、思考の共有が次の思考を生み出すような、面白い学習課題である。このような活動を続けていくと、生徒が自分で課題を見出して解決を目指し、さらにそれを自分たちで深めていく学び（すなわち、主体的・対話的で深い学び）につながりやすくなると考えられる。

## 5. 結論と今後の展望

### 5.1 「小さな達成感」と「構造の発見」の重要性

本稿で紹介した3.1から4.2の実践事例に共通している要素は、導入のハードルの低さと、その先に広がる数学的な深さである。自分でタイルを描く、マッチ棒の絵を見る、とりあえず計算してみるといった活動は、数学が苦手な生徒にとっても「自分で何となく取り組むことが可能」なものである。そこでまず、小さな達成感を得ることが重要であることがわかった。その上で、教師から「次はどうなる?」「なぜそうなる?」という問いを投げかけることで、生徒は簡単な作業の背後にある「数学的な構造」に気付き、探究し始める。見えにくい構造が見えたときの喜びこそが、生徒を主体的な学びへと駆り立てる原動力になると考えられる。

### 5.2 ICT と対話による「個」と「協働」の往還

コロナ禍を経て、グループ活動が停滞し、生徒同士の関わりが希薄になっている現状が

ある。しかし、だからこそ、ICT ツールや魅力的な教材の果たす役割は大きい。ICT は、コミュニケーションが苦手な生徒も含め、生徒が考えた思考を可視化しやすくすると共に、他者をつなぐ架け橋となり得る。そして、ICT を活用し、可視化された思考を共有することによって、その背後にある「数学的な構造」を見つけやすくし、数学に対する理解を深めることにつながると考えられる。

また、魅力的な教材は、「教えて」「わかった」という自然な会話を誘発する力を持っている。「授業は生き物であり、何年やってもうまくいかない」ものであるが、教材がもつ魅力によって生徒が自分で課題を見つけ、友人と協働しながら解決し、「数学は面白い」と感じられる時間を創出することができる。

生徒の「わかった」という声と、輝く瞳に出会うために、これからも実践と改善のサイクル（カリキュラム・マネジメント）を回し続けていきたい。

### 参考文献

- 松原元一，数学的な見方・考え方—算数・数学教育の改善，国土社，1990年
- 牧田秀昭・秋田喜代美，教える空間から学び合う場へ—数学教師の授業づくり，東洋館出版社，2012年
- 稲垣忠彦・佐藤学，授業研究入門，岩波書店，1996年
- 畑村洋太郎，畑村式「わかる」技術，講談社現代新書，2005年
- 数学教育，1998年3月号，No.482，明治図書出版，1998年
- 文部科学省，中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 数学編，日本文教出版，2017年
- 国立教育政策研究所，「指導と評価の一体化」のための学習評価に関する参考資料 中学校 数学，東洋館出版社，2020年

# 機械工学教育における導入科目と専門科目の「ブリッジ」設計 —「思考カップリング」による専門学習の動機付け最大化モデル—

佐藤 博之（湘南工科大学工学部機械工学科・教授）

## 1 はじめに

現代の工学教育（機械系）において、1年次の導入科目と2年次以降の「4力学」を中心とした高度な専門科目との間には、依然として概念的な断絶（ミッシング・リンク）が存在していると考えられる。本論文では、学生が自律的に「なぜこの学びが必要か」を解釈し、専門知識を「未来を創る武器」として再定義する契機となり得る授業の設計思想「思考カップリング」を導入することで、導入教育を実効性のある「ブリッジ（架け橋）」へと進化させることを目的とし、授業デザインにおける有益な視座とは何かについて考察する。

## 2 国内の機械工学導入教育の現状整理と分析

### 2.1 日本機械学会(JSME)による教育指針とアクティブ・ラーニング

日本機械学会では、学士課程教育において「4力学+設計科学」を中核とし、教養・情報・倫理をバランスよく配置する体系を標準としている[1]。このJSME論説では、設計製図や実験だけでなく、初年次からPBL（課題解決型学習）や反転授業などのアクティブ・ラーニングを導入し、主体的学習態度を養うことの重要性が指摘されている。最近は多くの大学でアクティブ・ラーニングが導入されているものの、それが「2年次以降の専門科目の修得に対する切実な動機付けとして十分に機能しているか？」という点については、検討の余地もある。

### 2.2 国内大学等における導入教育の3つの典型モデル

機械工学科の専門カリキュラムを対象に、1年次に概論的な科目を設定している先行事例について、以下に提示する。ここでは国内のシラバス・教育論から、「初年次～低学年の機械工学入門的役割を持つ科目」を抽出し、テーマと内容の観点から整理する。

①日本大学の例[2-3]； 日本大学工学部機械工学科では、1年次に「機械工学リテラシー」「基礎製図」「コンピュータプログラミング入門」「ロハス工学入門」などを配置し、「機械工学基礎の入門科目を徹底して学修し、機械工学を学ぶための土台づくり」を明示している。2年次以降は4力学（材料・熱・機械・流体）と実験・工作実習を本格的に配置しており、1年次の入門科目はその前段階として位置づけられている。

また同大学理工学部機械工学科のカリキュラムでは、1年次に「機械工学や機械技術者について学ぶインセンティブ科目」「機械製図」「機械工作実習」「基礎科学科目」「技術者倫理」などを置き、2年次に「4力学」「機械工作法」「機械要素」などを系統的に履修させる設計となっている。ここでも「技術者としてのあり方」と「図面・工作の基礎」が、初年次の入門的役割を果たしている。

②九州産業大学の例[4]； 九州産業大学機械工学科では、1年次に「工業力学」「材料力学I」「機械製図」「機械加工実習」「電気電子工学概論」「プログラミング」などを配置し、機械工学の知識・技術、ロボット・メカトロに関する基礎、情報リテラシーを早期から学ば

せる方針を掲げている。2年次以降で「4力学」や「設計・生産技術」を発展的に学ぶという全体構造は、他大学と共通である。

③関西大学の例[5]； 関西大学システム理工学部機械工学科のカリキュラムは、JABEE(日本技術者教育認定機構)認定プログラムとして、3年次科目ではあるが「安全工学」という科目が設置されており、1年次必修科目では「機械工学入門(講義/実技の2科目設定)」「機械物理学実験」、選択科目の「科学技術と法」「機械工学の実際」といった科目において、安全・リスク・人間工学・法制度などを段階的に意識する体系となっている。こういった前段科目から、3年次に配置されている「安全工学」に繋がるように設計されているのが特徴と言える。

これらの事例に対して俯瞰的に課題となりそうなポイントを考察し、表1のように整理した。典型モデルの分類について「リテラシー・インセンティブ型」「早期専門導入型」「安全・倫理起点型」を考えると、それぞれの特徴および課題要素は次のように考えられる。

**【リテラシー・インセンティブ型】**

- ・1年次に「機械工学リテラシー」や「インセンティブ科目」を配置し、機械技術者の役割や社会との関わりを概論的に学ぶことは、技術者としてのアイデンティティ形成や学ぶ目的の動機付けを重視している。
- ・「何を学ぶか」の動機付けは行われるが、個々の専門科目(例えば熱力学での特定の数式など)が将来のどの技術課題を解決するのかという「思考のカップリング」までは踏み込んでいないケースが多いと推察される。

**【早期専門導入型】**

- ・1年次から工業力学・材料力学・工作実習などを本格的に開始し、早期から専門知識・技術に触れることにより、専門科目の習熟に時間をかけられるため技術的な土台作りが強固になる。
- ・1年次生にとって「未習の難しい学問」を学ぶハードルが高く、なぜその苦労が必要なのかという「社会課題からのバックキャスト」が欠落するケースも推察される。

**【安全・倫理起点型】**

- ・早い段階で安全工学や技術者倫理を配置し、技術者の責任を自覚させることで、「安全は技術の前提」という強いメッセージ性を持って実務的なリスク感受性を高めることが期待できる。
- ・安全を「守りの知識」に留まってしまいうことで、有機的な繋がり/拡がりが見られ難いケースも考えられる。

表1 導入教育のモデル分類の一例

モデル	主な目的	教育方法の例	進化のポイント(例:一案)
リテラシー型	興味の喚起	概論講義、工場見学	興味を「修学計画(どの科目が必要か)」へ具体化させる
早期専門型	基礎学力の養成	理論講義、基礎演習	「専門科目の必要性」を技術ロードマップから逆算して理解させる
安全・倫理型	社会的責任の自覚	事件事例ベースの討論	安全を技術ロードマップの時間軸に組み込む(想定する)

## 2.3 現状の課題と本研究の立脚点

先行事例の調査から、以下の「ミッシング・リンク（失われた接続）」が挙げられる。

- 1) 【概論】と【専門】の断絶； 1年次の楽しい概論が2年次からの厳しい数式（4力学）への心理的な「防波堤」になっていない。
- 2) 【修学】と【社会接続】の分離； 自分の修学計画と社会（技術）との接続が不明瞭である。
- 3) 【安全】の単発化； 「安全意識」が設計・技術開発の思考プロセスに継続的に反映され難い。

上記のミッシング・リンクに対して、本研究では解決策として【思考カップリング】という概念を提案する。この概念は、先行事例から見えてきた「リテラシー」「早期専門」「安全」の独立した3要素に対して、「技術ロードマップ課題」という1つの器を提示することで、学生自身の「修学計画と強制的に結合させる試み」である。次項ではその詳細について説明する。

## 3 【思考カップリング】の設計思想

### 3.1 認知心理学の視点

大学教員が学生に対して願うことの1つは、主体的・自律的な学び方を獲得して欲しいということであると考えられる。暗記中心の学びから思考中心の学び方へ意識をシフトさせることは、教授側／学生側の両方に必要な視点であると考えられる。そこで本研究では、D. Ausubel が提唱した「有意味受容学習」の理論[6]を本設計の主軸に据えることを考えた。この理論の解釈は例えば広田の論文[7]を参照いただくことにして、この理論を背景に本研究で提示する授業設計の考え方を整理すると、次のポイント2つに要約される。

- 先行オーガナイザーとしての何を据えるか？－「技術ロードマップ課題」の役割－：  
2年次以降に新しく学ぶ専門知識を既存の認知構造に結びつける「足場(ブリッジ)」を意識すると、これを具現化する案としては「技術ロードマップ課題」を構築する。ロードマップは将来の技術という「大きな枠組み」を提供し、2年次以降の断片的な専門知識を吸収するための「先行オーガナイザー」として機能することが考えられる。
- 機械的学習（Rote Learning）からの脱却：  
「試験のために公式を覚える」という機械的学習（丸暗記）に対し、技術ロードマップ課題の可能性は、「未来のこの技術を実現するためにこの公式が必要だ」という関連付けがなされることで、知識は長期的に保持され、応用可能な「生きた知識」へと昇華させることが期待できる。

### 3.2 キャリア構築理論の視点

前項にて述べた「主体的・自律的な学び方の獲得」には、学修者の学びに対する「意味づけ（＝何のために学ぶのか）」が重要と考えられる。そこで本研究では、自己の近い将来について考える「キャリア設定」に着目し、自らの学修を自分事化するメカニズムを活用

することを考えた。M. Savickas による「キャリア構築理論」[8]と重ねて、本研究で提案する【思考カップリング】を解釈すると、次のようなポイントに要約される。

○キャリア関心 (Concern) と好奇心 (Curiosity) の喚起：

1年次の早い段階で将来の技術進化を予測させることは、学生の「キャリア関心 (将来への備え)」と「キャリア好奇心 (選択肢の探索)」を刺激することが期待できる。

○ナラティブ・アイデンティティの形成：

提案する【思考カップリング】は、学生が「自分は将来この技術で社会に貢献するエンジニアである」という「個人の物語 (キャリア・ストーリー)」の中に、大学での学びを位置づけるプロセスと言える。これにより受動的な「学生」から能動的な「エンジニアの卵 (技術者の主体性)」への変容が促されることが期待できる。

### 3.3 【思考カップリング】モデルの提案

改めて本研究の動機でもある課題感を記述すると、1年次の導入基礎科目と2年次以降の高度な専門科目との間にある「概念的な断絶 (ミッシング・リンク)」を解決することである。アイデア創出に向けて「認知心理学の理論」および「キャリア構築理論」との関連性を整理考察し、これらの理論を課題解決が可能な授業デザインに応用することを考えた。「ミッシング・リンク」のキーワードである【概論】【専門】【修学】【社会接続】【安全】に対して、これらが有機的に繋がる学びの仕組み構築のアイデアを考えた。その一例として「技術ロードマップ課題」を考案し、この課題遂行にミッシング・リンクの5 Wordsすべてを落とし込むことを考えた。その結果が、図1に示す『【思考カップリング】モデル』である。

1年次生は専門科目の厳しさ／楽しさについて、考える機会は然程多くないと思われる。その状態で2年次生から4力を学び始め、多くの学生はその難解さを感じる事が想像できる。1年次と2年次のスムーズな接続には、1年次の専門科目を「基礎力養成 (数学・物理など)」や「知識修得 (概論的インプット)」だけに終始しないカリキュラム設計の思想が必要と考えられ、主体性／自律性が発揮されるには「学修者の思考」がポイントであると考えた。つまり、「何のため？何とつながる？」といった目的思考で考えると、具体的なイメージ着想には「製品・モノ・システム」を素材に、「分解と結合」を思考できる教材開発が有用と考えた。ここで「技術ロードマップ課題」のアイデアとなった。

「技術ロードマップ」は前述した「製品・モノ・システム」の素材に最適と考えられる。さらに「分解と結合」の思考については、「分解」→機械要素→設計→「専門科目の必要性」、「結合」→機械要素→設計→「安全と倫理の必要性」や「科目連携／相互作用の気づき」という、「技術ロードマップ」を仕上げるプロセスで自然に組み込まれた「分解と結合」を体験することが可能である。

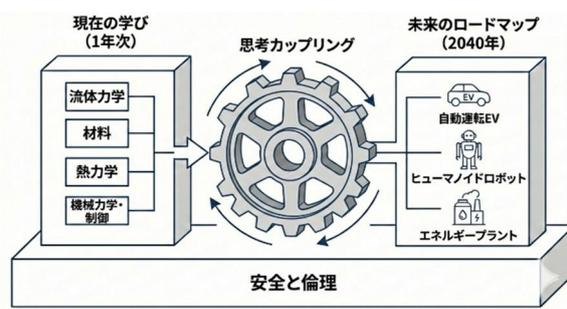


図1 【思考カップリング】モデルの概念図

### 3.4 【思考カップリング】モデルの優位性

本研究が提唱する【思考カップリング】は、単なるキャリア教育と専門科目の併置ではない。Ausubelの有意義受容学習が説く認知的な「足場架け」と、Savickasの理論が説くキャリアの「意味付け」を、技術ロードマップ作成という課題演習を通じて学生の脳内で同期させる試みと言える。これにより2年次以降の抽象度の高い専門知が、学生自身の生存戦略に不可欠な「生きた道具」へと変容するメカニズムを構築するものであると考える。

本提案モデルの優位性について表2に整理する。「学習の方向」に関する観点では、本モデルは「逆算型」と言える。自分の興味があるモノを想定し、未来から今必要な学びを特定する思考カップリングが仕込まれている。また「科目の関連性」に関する観点では、本モデルは「統合型」と言える。技術ロードマップで設定したプロダクトに対して、安全が担保されるには（設計・生産時に）どんな視点が必要か、科目の関連性に気づく思考カップリングが仕込まれている。さらに「評価の視点」に関する観点では、本モデルには「納得感と計画性」の思考カップリングが組み込まれ、学びを自分事化することに寄与すると考えられる。

表2 【思考カップリング】モデルの優位性比較

比較項目	従来の導入教育(一般型)	本提案(思考カップリング型)	優位性のポイント
学習の方向	積み上げ型: 基礎から順に学ぶ (終わりが見えない)	逆算型: 未来から今必要な学びを特定する	学習の「迷子」を防ぎ、難解な科目に直面した際のレジリエンス(折れない心)を高める
科目の関係性	並列型: 各科目がバラバラに存在	統合型: ロードマップ上で科目が「武器」として繋がる	「なぜ材料力学と熱力学の両方が必要なのか」というマルチフィジックス的な視点を早期に獲得できる
評価の視点	知識量: どれだけ覚えたか	納得感と計画性: 自分の学びをどう設計したか	学生の「納得度」を評価指標に置くことで、2年次以降のドロップアウト率の低減に寄与する

## 4 実践のデザイン — 【思考カップリング】の具現化プロセス

### 4.1 授業運営のフェーズとリソースの段階的投入

本プログラムの最大の目的は、1年次生の未習段階における興味と2年次以降の専門知を、将来の技術展望を介して結合（カップリング）させることである。この複雑な認知プロセスを支援するため、全15回の講義を以下の3つのフェーズに分けて教育リソースを段階的に投入する設計を考える。

#### 【フェーズ1】: マインドセットと専門性の断片化（第1回～第9回）

導入部である第1回では、「安全工学」を全ての工学知の前提として配置する。ここでは事故事例ベースのPBL方式を通じて、技術者の倫理的責任という「縦糸」を定義する。第2回から第9回では、材料力学・熱力学・流体力学・機械力学/制御工学といった専門科目のエッセンスをあえて断片的なキーワードとして提示する。この段階では完璧な理解を求めず、各科目が「どのような課題を解決するための武器か」というカタログ的知識の蓄積に注力することにする。

#### 【フェーズ2】: ロードマップによる逆算型探究（第10回～第12回）

この段階では、学生が例えば「モビリティ」「ロボティクス」「エネルギープラント」の

3つの選択パスから自身の興味に沿ったテーマを決定する。ここで投入される主要リソースは、「2040年を見据えた技術ロードマップ作成ワークシート」である。学生は未来の製品機能を実現するために、フェーズ1でストックしたキーワードの中から、「どの学問が必要になるかを逆算的に特定」していくことを想定する。

【フェーズ3】：思考のネットワーク化と可視化（第13回～第15回）

最終段階では、個別の知識と未来予測を統合する「成果発表（ポスター発表）」を設定する。この活動においては成績評価の45%程度を想定し、活動が単なる成果提示ではなく、他者との「学び合い」を通じたネットワークの拡張を目的とすることを考えている。

#### 4.2 教員による「思考カップリング」促進の介入（ナラティブ）

学生がシラバスの文字情報を「自分の未来を支える力」へと変換するためには、教員による戦略的な言語介入、すなわち「ナラティブ（語り）の提供」が不可欠と考える。本研究では以下の3つの介入軸を想定する。

○「武器のカタログ」としてのシラバス提示；

教員は2年次以降のシラバス資料を単なる履修ルールではなく、「君たち（学生たち）が2040年の社会課題を解決するための強力な武器を揃えたカタログである」とこの意識を強く示して提示する。このナラティブにより、専門科目の「難しそう」に対する心理的障壁を、「獲得すべき装備」への期待感へと転換させる。

○条件変化を伴う「揺さぶり」のフィードバック；

ポスターセッション等の対話の場において、教員は例えば「もし重力が半分になったら、あなたがマッピングした材料力学の計算はどう変わるか？」など、条件を変化させた問い（揺さぶり）を投げかける。これは、固定化された知識を動的なものへと変換し、思考の柔軟性（レジリエンス）を養うための介入として効果的である。

○「わからない」の価値化；

学生がキーワードの紐付けに窮した際、教員は例えば「現時点で理解できない言葉を特定できたことこそが、2年次の講義を最前列で聴くための最高の準備である」とフィードバックする。これにより、無知を恥じる受動的姿勢から、謎を解き明かそうとする能動的姿勢への変容を促すことが期待できる。

#### 4.3 シラバス活用の工夫

本プログラムにおいてシラバスは、「読み物」ではなく「設計ツール」として機能させることがポイントと考える。技術ロードマップ課題を進めるにあたり、学生が膨大な情報から必要な要素を抽出するための具体的なプロセスを以下に詳述する。

○キーワード抽出のワークフロー；

学生は自身が作成したロードマップ上の技術課題（例：ヒューマノイドロボットの歩行安定性）に対し、シラバスの索引や各回の授業概要から関連しそうな単語（例：振動、制御、機械力学）をスキャン（メモ）する。その際、完全な定義を理解している必要はなく、直感的な関連性の「仮説」を立てることを最優先させる。

○思考カップリング・ワークシートの導入；

抽出したキーワードと技術課題を、物理的に線で結びつけるワークシートを導入する。この「結合（カップリング）」の作業こそが、バラバラだった知識を「工学という一つの体系」として認識させる契機となると考える。例えば鉄道車両の設計において、車体構造と「材料力学（曲げ応力）」、空調システムと「熱力学」を線で結ぶ行為が、学問の境界を越えた統合的視点を養う契機となる。

○評価指標（ルーブリック）との整合；

シラバスの活用度合いは、独自のルーブリックにおける「g: 知識・理解（専門基礎と製品の接続）」および「b: 深める力（自律的学習の設計）」として評価される（表3参照）。学生は「どのキーワードを選んだか」だけでなく、「なぜそのキーワードが自分の未来に必要なだと考えたか」というプロセスを言語化することを求められる。この一連の工夫により、シラバスは学生にとっての「修学の羅針盤」へと昇華されることが期待できる。

表3 到達目標（ルーブリック）

身に付ける力と対応する指標	単位修得に必要なレベル	目指すべきレベル
機械工学の学びについて理解し、説明することができる (g.知識・理解)	機械工学の学びについて、いくつか例を挙げて説明することができる。	機械工学の学びについて、分野と枠組みを理解し、2年次以降の専門科目の概要を説明することができる。
機械工学の役目について理解し、説明することができる (g.知識・理解)	機械工学の役割について、限定的に例示したり、概要を説明することができる。	機械工学の役割や社会に及ぼす影響を、様々な観点から、具体的な例を挙げて説明することができる。
自分の興味分野を見出し、深く掘り下げるための計画と行動を考えることができる (b.深める力)	自分の興味関心のいくつかを言語化し、より深掘りするための基本的な行動計画を立てることができる。	興味分野を明確化し、深掘りするための計画を立て、具体的に行動することができる。
資料作成の基本スキルを身に付け、内容を効果的にまとめ、伝えることができる (b.深める力)	効果的な伝え方は不足しているが、基本的な資料作成スキルは身につけている。	わかりやすく整理された資料を作成し、効果的に伝えることができる。
積極的に「学び合い」を実践することができる (b.深める力)	基本的な学び合いの姿勢があり、意見交換ができる。	主体的に学び合いに関わり、自身の知識を深めるとともに、周囲の成長にも貢献することができる。

## 5 考察と課題

### 5.1 「ゆらぎ」を通じた専門教育への認知的準備

本プログラムに対して想定される最大の懸念としては、1年次生の知識不足による「誤解の定着」が挙げられる。しかし本実践において、ポスター中央に配置した製品図から専門科目キーワード（流体力学や機械力学・制御等）を紐付ける作業は、正解を導き出すための演習ではない。

Ausubelの有意味受容学習理論に基づけば、未習の概念に「未来のロードマップ」というラベルを付与することは、強力な「先行オーガナイザー」の構築を意味すると考えられる。学生が「なぜこの計算が必要か」という仮説を立て、たとえそれが不完全なものであっても自らのナラティブの中に位置づけることで、知識の受容体が形成されると考えられる。このプロセスで生じる「思考のゆらぎ（不完全な理解）」は、2年次以降の本格的な専門科目の授業において、教員の解説によって謎が解き明かされる「アハ体験（深い理解）」を引き起こすための不可欠な伏線になり得る。

したがって、本モデルにおける「浅い理解」は専門教育を妨げる要因ではなく、むしろ難解な数式展開に直面した際の心理的障壁を下げるための、「認知的レジリエンス」を養う重要な準備期間であると評価できると考える。

## 5.2 安全・倫理の「縦糸」による技術者アイデンティティの早期確立

第1回目の授業に配置する「安全工学」は、単なる知識の習得ではなく、全ての専門科目を貫く「縦糸」としての役割を果たすと考えている。批判的視点からは「安全は技術開発の制約に過ぎない」との意見も想定されるが、本実践のプロセスはこれと対極にある。

学生は、例えばエネルギープラントや次世代モビリティといった「攻め」のロードマップを作成する過程で、常に第1回で学んだリスク感受性を参照することが求められる。これにより、安全は「外部から与えられる制約」ではなく、「製品の品質と信頼性を担保するための、エンジニアリングの核心」へと内面化（意識化）されると考える。

この倫理的基盤の早期確立は、学生自身を単なる「受講生」ではなく「社会に責任を持つ技術者の卵」として再定義する「技術者アイデンティティ」の形成を促すと考えられる。このアイデンティティこそが、中だるみが生じやすい低学年次において学習意欲を維持し続ける強力な内発的動機付け（インセンティブ）へのフックとして機能する。

## 5.3 評価の妥当性と「学びのプロセス」への正当な配分

個別最適化された技術ロードマップ課題の「テーマ選択制（マルチパス）」は、評価の客観性を損なう懸念も考えられる。しかし本実践における評価は、ロードマップの正確性ではなく「専門知といかに論理的に格闘したか」という、思考のプロセスに焦点化することを想定している。先に示した表3のルーブリックでは、シラバスのキーワードと技術課題の結合の論理性（g:知識・理解）や、自身の不足を特定したアクションプランの具体性（b:深める力）を重点的に評価する。これにより、テーマの難易度に左右されない公平な評価が可能と考えている。

また、ポスターセッションを通じた「学び合い」を評価に組み込むことで、他者の異なる視点（例：ロボットパスの学生がプラントパスの学生の安全策に学ぶ等）を自身の成長に取り込む姿を正当に配分することができる。このような多面的な評価デザインは、成果物の見栄えよりも学修者が自己の学びをいかに自己調整（セルフ・レギュレーション）したかを重視する、教育の質的転換を具現化するものと言える。

## 6 おわりに

本研究ノートでは、機械工学導入教育における「納得感の欠如」という課題に対し、【思考カップリング】モデルという新たな設計思想に基づく授業実践案を提示した。本プログラムが教育現場および学生に与える意義について、以下の3点に総括する。

### 1) 学びのオーナーシップの確立

本プログラムを通じて、シラバスを「与えられる情報から自ら選択する武器の目録へ」とその役割を変容させる案を説いた。学生が自身の描く技術ロードマップに基づき、流体力学や機械力学・制御工学といった専門科目の必要性を自ら特定するプロセスは、教育の主体を教員から学修者へと移譲する。このオーナーシップこそが、2年次以降の困難な学

修を支える最強の内発的動機付けとなり得る。

## 2) 倫理と専門知の統合的理解

第1回目の「安全工学」を全ての学問の「縦糸」として貫通させることで、安全は単なる制約ではなく、技術の品質を支えるエンジニアリングの本質として再定義する。専門科目のエッセンスを学ぶ際にも常にリスク感受性を参照させる設計は、高度な専門知と社会的責任を切り離さない「統合的な技術者像」を低学年次で形成することができる。

## 3) 汎用的な「思考の OS」としての可能性

本プログラムが提供するものは、特定の知識そのものではなく、未知の学問体系を自身の未来に接続するための「思考の OS」と考えている。この OS は、機械工学の枠を超え、医学・情報工学・法学といった、理論と実務の架け橋を必要とするあらゆる分野に適用可能である。本研究で示した「ポスター形式のアウトプット」や「プロセス評価の枠組み」は、質的転換を迫られる現代の大学教育における有力な実践モデルの1つとなり得る。

## 今後の展望

本プログラムを受講した学生の2年次以降の学修状況（単位修得率、GPA、意欲の持続性）を追跡調査し、その教育的効果を定量的に検証することが課題と考えている。また、生成 AI などの最新技術を「思考カップリング」の補助ツールとして導入するなど、教員のフィードバック負荷を軽減しつつ、より深度の高い探究を実現する手法についても検討を重ねていきたい。

## 7 参考文献

1. 角田和巳, “大学・大学院における技術者教育（機械系の事例）”, 日本機械学会誌, vol.123/No.1214, p.34-35, 2020.
2. “日本大学工学部 機械工学科の概要”,  
<https://www.ce.nihon-u.ac.jp/department401/machine402/>, アクセス日: 2026.02.21
3. “日本大学理工学部 機械工学科カリキュラム”,  
[https://www.mech.cst.nihon-u.ac.jp/department/curriculum\\_2022/](https://www.mech.cst.nihon-u.ac.jp/department/curriculum_2022/), アクセス日: 2026.02.21
4. “九州産業大学理工学部 機械工学科”,  
<https://www.kyusan-u.ac.jp/faculty/rikou/kikai/>, アクセス日: 2026.02.21
5. “関西大学システム理工学部 機械工学科カリキュラム”,  
[https://www.kansai-u.ac.jp/Fc\\_sci/department/mec/curriculum.php](https://www.kansai-u.ac.jp/Fc_sci/department/mec/curriculum.php), アクセス日: 2026.02.21
6. Ausubel, D.P., “The psychology of meaningful verbal learning: An introduction to school learning”, NY: Grune & Stratton, 1963.
7. 広田 忍, “D.P.Ausubel の教授方略とその論理-「先行オーガナイザー」を中心に-”, 富山大学教育学部紀要, A (文科系), 第 31 号, p.77-87, 1983.
8. Savickas, M. L., “Career construction theory and practice”, Career development and counseling- Putting theory and research to work, 2, 147-183, 2013.

## 湿り空気線図の大学教育と空調設計実務における ギャップの可視化と教材開発の提案

佐藤 博之（湘南工科大学工学部機械工学科・教授）

### 1 はじめに

空気調和設備の設計において、湿り空気線図（以下、空気線図）は外気・室内空気・給気の状態変化を視覚的に把握し、冷却・加熱・加湿・除湿の各過程を一枚の図上で統合的に扱うための基本ツールである。機械工学系の「工業熱力学」および建築工学系の「建築環境工学」のいずれにおいても教授される数少ない共通トピックであり、熱力学の基礎概念と空調設計実務を結ぶ接点に位置すると考えられる。

しかしながら、工業熱力学の専門教育における空気線図の扱いは、熱力学体系の応用編に位置づけられることが多く、授業全体に占めるウェイトは非常に限定的である。この構造のもとでは、学生が空気線図を「作図・計算できる」ようになる一方で、「なぜその操作をするのか」「その操作は実務のどの設計判断に対応するのか」という問いに答えられないまま学習を終える可能性がある。

そこで本研究では、機械系・建築系のテキストおよびシラバスの比較分析と、実務系テキスト・技術資料の定性的レビューを通じて、大学教育と実務設計の間に存在するギャップを可視化することを試みる。さらに、そのギャップを段階的に埋めることを設計思想とした3種の演習モデルを教材として提案する。本論文の構成は以下の通りである。第2章では大学教育における空気線図の扱いを分析し、第3章では実務設計における利用実態をレビューする。第4章でギャップの構造を可視化・解釈し、第5章で提案教材を示す。第6章では本研究の貢献と限界、および大学教員・実務技術者・学生それぞれに向けた示唆を述べて締め括る。

### 2 大学教育における空気線図の扱い

#### 2.1 調査の方法

機械系および建築系テキストのそれぞれ複数冊を対象に、空気線図を扱う章・節の内容を比較分析した。比較軸の設定は以下の手順で行った。まず、空調設計実務テキストおよびWeb技術資料の予備的レビューを通じて、実務において設計者が空気線図を用いる際に必要とされる知識・判断の要素を抽出した。次に、抽出された要素を「大学教育ではどのように扱われているか」という観点で読み替え、教育と実務の対比が可能な軸として再定義した。

設定した比較軸は、(a) 扱うプロセスの種類と深さ (A1～A4: 4軸)、(b) 問いの方向と思考の型 (B1～B3: 3軸)、(c) 重視する物理量と設計指標 (C1～C4: 4軸)、(d) 実務・設計文脈との接続 (D1～D3: 3軸) の4カテゴリ・計14軸である(表1)。予備的レビューの結果、大学教育と実務の差異が特に顕著であると判断した「B1(問いの方向)」「C1(顕熱比SHFの扱い)」「A3(外気混合過程)」「D2(外気条件の変動性)」の4軸を◎必須軸として優先的に分析した。残る軸は○準必須・△補足として段階的に扱うこととした。また、本学シラバスを一次資料として、授業全体における空気線図の位置づけを分析した。

表 1 比較軸の定義一覧 (4 カテゴリ・14 軸)

カテゴリ	軸コード	軸名	大学教育テキストでの確認観点	優先度
A 扱うプロセス の範囲	A1	冷却除湿過程の扱い	基本操作として明示されているか、状態点の移動方向・意味の解説があるか。	△
	A2	再熱過程の扱い	言及なし/用語のみ/概念説明あり/演習問題ありの4段階で確認する。	○
	A3	外気混合過程の扱い	混合比・混合状態点の計算まで扱うか、外気比の設定根拠への言及があるか。	◎
	A4	加湿過程の扱い	冷房系(除湿)と暖房系(加湿)の両方を扱うか、加湿方式の違いへの言及があるか。	△
B 問いの方向と 思考の型	B1	順問題か逆問題か	「状態量を求めよ」型と「プロセス・条件を設計せよ」型の比率を確認する。	◎
	B2	演習問題の前提条件の与え方	条件が全て与えられるか、一部を学生自身が設定・判断する間いがあるか。	△
	B3	複数解・判断型設問の有無	「この設計は成立するか」「どのプロセスが適切か」といった判断型の間いがあるか。	○
C 重視する物理 量と設計指標	C1	顕熱比(SHF)の扱い	定義のみか、設計指標として活用する記述があるか、空気線図上のSHFスケールへの言及があるか。	◎
	C2	比エンタルピー差による負荷計算	状態点間のエンタルピー差から熱量を算出する計算まで踏み込むか。	△
	C3	外気比・換気量と衛生基準との接続	換気量の計算があるか、建築基準法・建築物衛生法等の法規・基準への言及があるか。	○
	C4	露点温度・コイル出口条件の扱い	露点温度の概念があるか、冷却コイル出口の相対湿度条件(機器設計的観点)への言及があるか。	△
D 実務・設計文 脈との接続	D1	用途・建物タイプへの言及	事務室・病院・飲食店等の具体的な建物用途が登場するか、一般的記述にとどまるか。	○
	D2	外気条件の変動性への言及	地域・季節・設計用外気条件(TAC等)の考え方があるか、外気条件が与件として固定されているか。	◎
	D3	計算ツール・ソフトへの言及	手計算のみか、実務で使われる計算ソフト・BIMツール等への言及があるか。	△

## 2.2 機械系テキストにおける空気線図の扱い

調査した機械系テキストでは、空気線図は「湿り空気と空気調和」として熱力学体系の末尾章に配置される構成が共通して見られた。扱われるページ数は各書籍で全体比約2~9%程度にとどまり、内容は湿り空気の定義・状態量(乾球温度・湿球温度・絶対湿度・相対湿度・比エンタルピー)の説明と、空気線図上での状態点の読み取りが中心である。

演習問題の構成については、「外気温度および相対湿度が与えられた場合の比エンタルピーを求めよ」「冷却後の状態点を求めよ」といった、与件から状態量を求める順問題(B1軸)が多い。また、顕熱比(SHF, C1軸)については定義の記述が見られる書籍もあるが、SHFを設計上の判断パラメータとして使う解説は確認されなかった。さらに外気混合過程(A3軸)は、計算操作として扱われるものの、外気比の設定根拠となる換気基準との接続は見られない。外気条件(D2軸)は演習問題の与件として固定されている場合が多い。再熱過程(A2軸)については言及のない書籍が多く、あったとしても用語解説にとどまる。

## 2.3 建築系テキストにおける空気線図の扱い

建築系テキストでは、空気線図は建築環境工学の体系の中で建物用途・換気・熱負荷計算と接続した文脈で扱われる構成が見られた。顕熱比（SHF, C1軸）は建築士試験の頻出項目として設計指標の性格を持ち、SHFから給気状態を決定する設計フローが解説される場合がある。外気混合過程（A3軸）は換気・通風を扱う独立章と接続しており、法規に基づく換気量の概念が含まれる。また、設計用外気条件（D2軸）についても、超過確率（TAC）に基づく外気条件の設定という概念が一部で導入されている。

## 3 空調設計実務における空気線図の利用実態

### 3.1 調査の方法

本章では、空調設計実務における空気線図の利用実態を把握するため、設計実務テキスト[7][8]およびWeb資料を対象とした定性的レビューを行った。調査にあたっては、第2章で設定した比較軸（表1）を参照しつつ、特に「実務で要求される思考の構造」に着目して情報を抽出した。なお本調査は、実務技術者への体系的なヒアリング調査は未対応であり、今後の課題とする。

### 3.2 実務における空気線図の位置づけ

実務設計において、空気線図は「空調過程を可視化する分析ツール」であると同時に、「設計パラメータを決定するための設計ツール」として機能していることが、複数の実務テキストの記述から確認された。具体的な設計フローは、室内目標温湿度の設定→顕熱比（SHF）の算定→空気線図上での給気状態点の決定→混合空気状態の確認→コイル負荷の算定、という逆問題的な順序で進む。この設計フローは、与件から状態量を求める大学教育の演習構造とは本質的に方向が逆転している。

顕熱比（SHF）は、実務では設計の入口で使うパラメータである。基準に従って計算すると、一般事務室では $SHF \approx 0.7 \sim 0.9$ 、飲食店などの高潜熱用途ではより低い値が標準的な設計値として参照される[9]。大学教育でSHFが定義のみとして扱われる状況とは対照的に、実務ではSHF値の違いが空調方式の選定に直結する設計判断のパラメータとして機能している。

### 3.3 条件設定の作法

空調設備の実務設計において、設計用外気条件は単純な固定値ではなく、TAC温度（空調設計に用いる超過確率を考慮した設計用外気温度）や設計用気象データを参照しつつ、対象建物の立地条件・用途・空調運用時間帯・空調方式に応じて、設計者が選定する前提条件である。大学教育では外気条件が演習問題の与件として一義的に提示されるが、実務では「なぜその外気条件を採用するか」という設定根拠の説明が設計者に求められる。外気比についても同様であり、建築基準法・建築物衛生法等の換気基準が外気量の下限値を規定しており、設計者が任意設定できるパラメータではない。外気比は空調負荷の規模を直接左右する設計変数であり、その設定根拠は法規・用途・在室人員計画と連動している。

実務では再熱過程の要否、除湿量の確保、給気風量の設計整合性といった複数条件を同

時に満たす必要があり、唯一解のない判断が常に介在する。この「判断の多重性」は、単一の正解を前提とする大学演習の構造とは根本的に異なる思考を要求するものである。

## 4 ギャップの可視化と構造的解釈

### 4.1 比較分析の結果

第2章および第3章の分析結果をもとに、設定した比較軸に沿って大学教育（機械系・建築系）と実務設計の三者を比較した結果を表2に示す。

機械系テキストでは、空気線図の扱いは熱力学的な状態量の計算を中心とした順問題構成が基本であり、顕熱比（SHF）は定義の記述にとどまる場合が多い。外気混合過程は計算操作として扱われるものの、その設定根拠となる換気基準との接続は見られず、外気条件は与件として固定されている場合が多い。さらに再熱過程への言及も限定的であり、設計条件の妥当性を問う判断型設問はほぼ存在しない。

建築系テキストでは、SHFが建築士試験の頻出項目として設計指標の性格を持ち、外気混合過程は換気基準と接続した独立章として扱われる場合が多い。また、設計用外気条件についてもTAC（超過確率）の概念が導入されており、機械系教育と実務の中間的・橋渡しの位置づけにあると言える。

実務設計においては、空気線図は「室内目標条件とSHFから給気状態を逆算する」逆問題的ツールとして機能する。外気条件はTACデータ等に基づいて地域・季節ごとに設定され、外気比は法規・用途と直結した設計判断の一つである。また、設計の各段階で判断が介在し、唯一解のない思考が常に求められると言える。

表2 比較軸による大学教育（機械系・建築系）と実務設計の比較

比較軸	機械系テキスト	建築系テキスト	実務設計	ギャップ
B1 問いの方向	順問題中心（状態量を求める）	設計フローとして逆問題を部分的に含む	完全に逆問題（状態を設定する）	◎大
C1 SHFの扱い	定義のみ記述・設計指標としての活用なし	設計指標として体系化（建築士試験頻出）	設計の入口で使うパラメータ・用途別に設計値が異なる	◎大
A3 外気混合	計算操作として扱う・換気基準との接続なし	換気基準と接続・独立章として扱う	法規・用途と直結・外気比は設計判断の一つ	○中
D2 外気条件の変動性	与件として固定・変動性への言及なし	TAC概念を扱う・地域・季節への言及あり	TACデータ・HASP-EE使用・地域・季節・時間帯で変動	◎大
A2 再熱過程	言及なし～用語のみ	設備設計で扱う	用途によって必須の設計判断	○中
B3 判断型設問	ほぼなし	限定的にあり	常に判断が介在する（唯一解なし）	◎大
C3 外気比と換気基準	接続なし	独立章として扱う	法規と直結した設計条件	◎大
D1 用途への言及	なし～一般論	建物用途を想定	用途ごとに設計値が異なる	○中

### 4.2 核心的ギャップの特定

比較分析の結果、特に機械系大学教育と実務設計の間に顕著なギャップが確認された2点について、本研究の「核心的ギャップ」として以下に特定する。

#### 【核心的ギャップ①：問いの方向の逆転（比較軸 B1×C1）】

機械系教育では与件から状態量を求める「順問題」が演習の基本形である。一方、実務設計では室内目標条件とSHFから給気状態を逆算し、必要なプロセスを選定するという「逆問題」的構造が基本となる。SHFの扱いは大学教育では定義として紹介されるにとどまるが、実務では設計の入口で使う基本パラメータである。この「問いの方向の逆転」が、「空気線図を作図できるが設計に使えない」という課題の根本的な構造的原と考えられる。

## 【核心的ギャップ②：条件設定の作法の欠如（比較軸 D2×A3）】

大学教育では外気条件・外気比はいずれも与件として固定され、その設定根拠は演習の対象外となっている。しかし実務設計では、TAC データに基づく設計用外気条件の選定と、法規・用途に基づく外気比の設定が、空気線図による計算を行う前の前提判断として存在する。「条件をどう設定するか」という作法そのものが、大学教育では明示的に教えられていないと考えられる。

### 4.3 ギャップの構造的解釈

前述の2つの核心的ギャップに共通する構造的な原因は、大学教育において空気線図の扱いが「熱力学の論理体系の中で教え易い形」に最適化された結果、設計という文脈から切り離されて教えられている点にある（図1参照）。



図1 湿り空気線図の大学教育（機械系・建築系）と実務設計における「ギャップ構造」の概念図

熱力学教育では、概念理解を確認するために「条件を与えて解を求める」順問題が教育上の合理性を持つ。しかしこの合理性が、実務で要求される「解を想定して条件を設定・検証する」という逆問題的思考との断絶を生じさせている可能性がある。言い換えれば、大学教育は「熱力学ツールとしての空気線図」を教えているが、実務は「設計ツールとしての空気線図」を要求しており、「空気線図」という同一のツールが異なる文脈で機能していることへの橋渡しが、現状の教育には欠けているとも言える。

一方で、建築系教育がこの断絶を部分的に埋めているのは、建築環境工学が建物用途・法規・設備設計と一体の教育体系を持つ性格のためであり、熱力学を独立した理論体系として教える機械系教育との構造的な違いが反映されていると考えられる。

この構造的ギャップを踏まえ、次章では「問いの方向の逆転」と「条件設定の作法」の両方を段階的に体験させる演習モデルを提案する。

## 5 教材開発の提案

### 5.1 本章の位置づけと設計思想

第4章で明らかにしたように、機械系の工業熱力学教育における空気線図の扱いには、「問いの方向の逆転」と「条件設定の作法の欠如」という2つの核心的ギャップが存在することを示した。本章では、「これらのギャップを段階的に体験させること」を設計思想とした「3種の演習モデル」を提案する。各モデルは単なる状態量の計算演習にとどまらず、実際の空調設計実務で想定される用途・条件を設定条件の根拠とし、「なぜその条件を設定するか」「設計想定は成立するか」という設計的思考の問いを内包する構成とした。難易度はモデル1（基本）からモデル3（実務接続）へと段階的に高まるよう配置し、モデル1で空気線図の基本操作と空調過程の構造を理解した上で、モデル2・3へと発展させることを想定している。各モデルの考察では、演習の着眼点が実務設計における判断のどの段階に対応するかを併せて示す。

なお、ここで示す教材はいずれも試案の位置付けであり、授業実践による検証は今後の課題であることを付記する。各モデルの位置づけを図2に、ギャップとの対応を表3にそれぞれ示す。

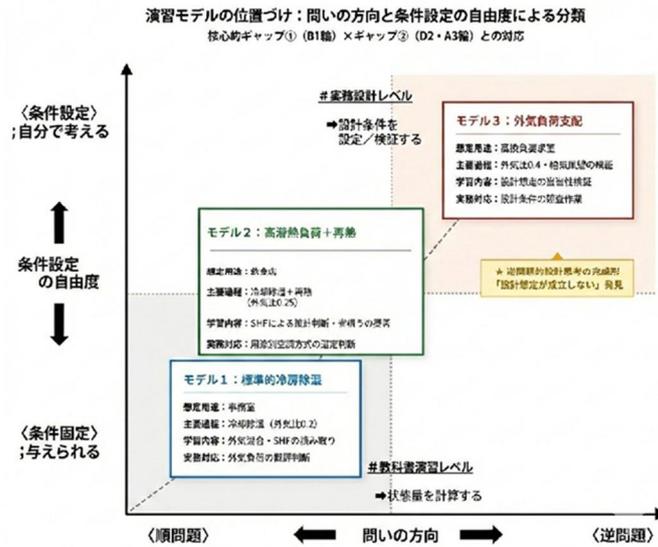


図2 演習モデルの位置づけ

：問いの方向（ギャップ①）と条件設定の自由度（ギャップ②）で分類

表3 各モデルと核心的ギャップの対応

モデル	対応ギャップ軸	演習で体験する思考	実務設計との対応
M1 標準的冷房除湿	A3 (外気混合) C1 (SHFの読み取り)	外気比・混合状態の計算と空気線図上での確認 (順問題的な操作の習熟)	外気負荷の規模を概算する基礎判断
M2 高潜熱負荷+再熱	A2 (再熱過程) C1 (SHFによる設計判断) B1 (逆問題的思考の導入)	SHFから給気状態の目標値を逆算する (逆問題への移行)	用途別の空調方式を選定する判断の入口
M3 外気負荷支配	B1 (設計条件の妥当性検証) B3 (判断型・逆問題の完成形) D2 (外気条件の影響)	設計想定が成立しないことを発見・考察する (逆問題的な設計思考の完成)	実務における設計条件の照査作業に直接対応

## 5.2 モデル1:標準的冷房除湿過程

モデル1は、本研究で提案する演習モデルで最も基礎的な位置づけにある。空調の基本である冷房運転時の顕熱負荷と潜熱負荷の関係、および冷却除湿過程を空気線図上で直感的に理解させることを目的とした。設定条件は、外気温湿度 32.0[°C]/70.0[%], 室内温湿度 26.0[°C]/50[%], 冷房顕熱負荷 8000[W], 冷房潜熱負荷 2000[W], 外気風量 400[m<sup>3</sup>/h], 循環風量 2000[m<sup>3</sup>/h], 外気比 0.2 とし、実際の事務室に近い条件を想定している。

この条件における空気線図の作図について説明する。

- 外気状態点① ( $h=86.6$  kJ/kg), 混合空気状態点② ( $h=59.7$  kJ/kg), 冷却コイル出口状態点③ ( $h=37.3$  kJ/kg), 室内状態点④ ( $h=53.0$  kJ/kg) の4点を定義する(図3)。
- 混合空気状態点②は、外気比 0.2 に基づく加重平均により算出され、空気線図上では①と④を結ぶ直線上の内分点として表される。
- 冷却除湿過程(②→③)では、顕熱負荷が支配的であるため、給気空気は極端に低温・低湿とはならず、再熱を必要としない基本的な冷却除湿過程となる。

本モデルの演習では、外気比が混合空気状態に与える影響、顕熱負荷と潜熱負荷の比率が冷却除湿過程に及ぼす影響、および室内目標条件を満たすために必要な給気状態の考え方を考察することができる。この演習は、実務設計における外気負荷の概算判断に対応する基礎的思考プロセスである。実務では外気比の設定根拠として換気基準(建築基準法・建築物衛生法等)が存在し、通常は設計者が任意に決定するものではない。本モデルでは外気比を与件として設定しているが、その設定根拠は実務上の制約条件と直結する設計判断であることを付記する。

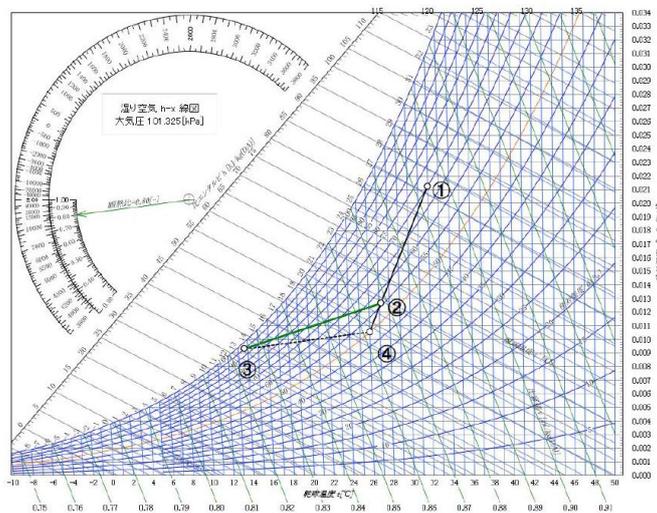


図3 モデル1の空気線図

## 5.3 モデル2:高潜熱負荷における除湿制御

モデル2は、潜熱負荷が大きく除湿制御を扱う発展モデルである。飲食店やカフェなどの高潜熱用途を想定し、除湿量を確保するために冷却後に再熱を行う空調過程を扱う仕様である。設定条件は、外気温湿度 30.0[°C]/80.0[%], 室内温湿度 25.0[°C]/50[%], 冷房顕熱負荷 5000[W], 冷房潜熱負荷 5000[W] (顕熱比 SHF=0.5), 外気風量 500[m<sup>3</sup>/h], 循環風量

2000[m<sup>3</sup>/h], 外気比 0.25 とした.

この条件における空気線図の作図について説明する.

- 外気状態点① ( $h=85.6$  kJ/kg), 混合空気状態点② ( $h=57.1$  kJ/kg), 冷却コイル出口状態点③ ( $h=30.7$  kJ/kg), 再熱コイル出口状態点④ ( $h=39.5$  kJ/kg), 室内状態点⑤ ( $h=50.4$  kJ/kg) の 5 点を定義する (図 4).
- 本モデルの特徴は, 除湿量を確保するために冷却コイル出口空気を過冷却し, その後に再熱を行う点にある. 再熱過程では絶対湿度を一定に保ったまま温度のみが上昇し, 空気線図上では水平方向右への移動として表される.

本モデルの演習では, 潜熱負荷が大きい場合の空気線図の特徴, 冷却除湿と再熱が組み合わせる理由, 温度制御と湿度制御の優先順位の違いなどを考察することができる. 潜熱負荷が支配的な条件で再熱の要否を空気線図上で判断するこの過程は, 用途別の空調方式選定という実務判断の入口に相当する. 実務では顕熱比 (SHF) が室内負荷の性格を示す設計パラメータとして機能し, SHF 値から給気状態点の目標を逆算するという逆問題的思考が要求される. 本モデルはその移行段階として, 「SHF をどう読むか」から「SHF から何を定めるか」への思考の転換を体験させる構成となっている.

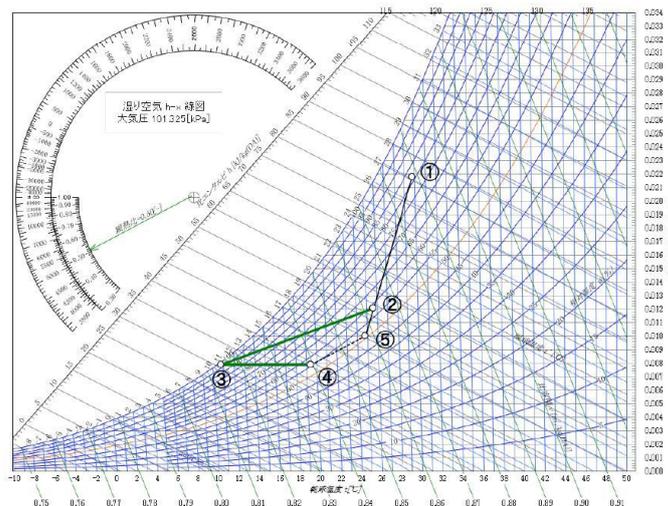


図 4 モデル 2 の空気線図

#### 5.4 モデル 3: 外気負荷支配条件における空調制御

モデル 3 は, 本研究で提案する演習モデルの中で最も難易度が高く, 外気負荷が空調システム全体に大きな影響を及ぼす条件を対象としている. 設定条件は, 外気温湿度 35.0[°C]/65.0[%], 室内温湿度 27.0[°C]/50[%], 冷房顕熱負荷 12000[W], 冷房潜熱負荷 1000[W], 外気風量 1200[m<sup>3</sup>/h], 循環風量 3000[m<sup>3</sup>/h], 外気比 0.4 とし, 換気量が多く要求される用途 (医療施設・実験室等) を想定している.

この条件における空気線図の作図について説明する.

- 外気状態点① ( $h=95.3$  kJ/kg), 混合空気状態点② ( $h=69.7$  kJ/kg), 冷却コイル出口状態点③ ( $h=43.5$  kJ/kg), 室内状態点④ ( $h=55.7$  kJ/kg) の 4 点を定義する (図 5).

- 空気線図を用いた解析により，設計想定である給気風量  $3000[\text{m}^3/\text{h}]$  では必要な顕熱処理を確保できないことが判明し， $3380[\text{m}^3/\text{h}]$  の給気風量が必要であることを確認する仕様である。

本モデルの演習では，設計想定と解析結果が一致しない場合の考え方，外気比の増加が混合空気状態に与える影響，外気条件が空調負荷に及ぼす役割，および室内負荷中心モデルとの違いを考察させることができる。設計想定風量の妥当性を空気線図上で検証するこの過程は，実務における設計条件の照査作業に直接対応する。大学の演習では与えられた条件から状態量を求める順問題が中心となるが，実務では「設定した条件が成立するか」を問い直す逆問題的設計思考が常に求められる。モデル3において「設計想定  $3000[\text{m}^3/\text{h}]$  が成立せず  $3380[\text{m}^3/\text{h}]$  が必要」という発見が演習の核心に置かれているのは，この実務的思考プロセスを体験させるためであり，順問題的演習では得られない設計的判断力の育成を意図している。

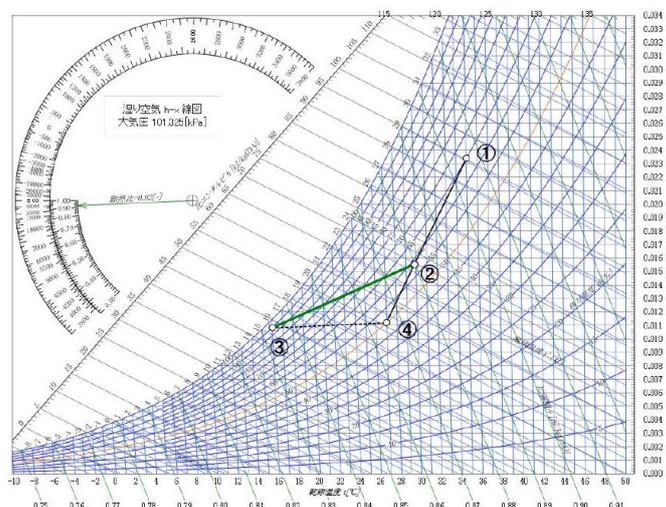


図5 モデル3の空気線図

## 5.5 教材設計上の考察

本節では，前述の演習モデルを授業で運用する教員向けの示唆として，各モデルの発展的な問いかけの可能性について考察する。

モデル1では外気比 0.2 という数値を与件として与えているが，演習の発展的な問いとして「なぜ 0.2 か」を学生に問いかけることが有効である。この問いは換気基準・衛生法規といった実務上の制約条件へと自然に思考が展開し，空調設計が熱力学計算のみならず法規・用途・建物計画と連動した総合的判断であることを気づかせる契機となる。本教材が「与件を疑う」思考の入口として機能するよう，教員側の問いかけの設計が重要である。

モデル2からモデル3への移行では，「SHFから設計する（逆問題への移行）」から「設計条件の成立性を検証する（逆問題の完成形）」という思考の段階的深化が生じる。この段階的深化を学生自身が自覚できるよう，各モデル終了時に「今回の演習で順問題と逆問題のどちらに近い思考をしたか」を振り返らせるリフレクション課題を組み合わせることも有効と考えられる。

## 6 おわりに

本研究では、機械系・建築系テキストおよびシラバスの比較分析と実務系資料の定性的レビューを通じて、大学専門科目の工業熱力学教育と空調設計実務における空気線図の扱いに関するギャップを可視化し、その構造的解釈を試みた。分析の結果、「問いの方向の逆転（順問題中心の教育と逆問題的な実務の乖離）」および「条件設定の作法の欠如（与件として固定された外気条件・外気比が、実務では設計判断の前提であること）」の2点が核心的ギャップとして特定された。さらに、これらのギャップを段階的に体験させる演習モデル3種を教材試案として提案した。

本研究の限界として、教材の有効性を検証する授業実践は本論文の対象外であり、提案教材はあくまで試案段階にある。また実務調査については、技術資料・Web資料の定性的レビューを主としており、本質的アプローチとして必須と考えられる実務技術者への体系的なヒアリング調査は、今後の課題として残される。これらの検証を通じて本提案の有用性を深化させることが次の研究課題であると考えられる。

最後に、本研究の成果が大学教員・実務エンジニア・学生の3者それぞれに持つ意義を述べる。大学教員にとっては、空気線図の演習設計において「順問題から逆問題へ」という視点を取り入れる根拠と、実務接続を意識した問いかけの手がかりを提供するものである。実務エンジニアにとっては、新人技術者が大学の専門科目でどのような文脈から空気線図を学んでいるかを知ることによって、実務教育における「つまずきの構造」を理解する参照点となり得る。学生にとっては、抽象的な状態量の計算が実務のどの設計判断に対応するかを示すことで、「なぜ空気線図を学ぶのか」という学習動機の文脈を与えるものである。

## 7 参考文献

1. 吉田幸司（編著）、岸本健ほか（著），“基礎から学ぶ熱力学”，オーム社，2016.
2. 日本機械学会，“機械工学テキストシリーズ 熱力学”，日本機械学会，2002.
3. 小山敏行，“熱力学きほんの「き」”，森北出版，2010.
4. 田中俊六ほか，“最新建築環境工学（第4版）”，井上書院，2014.
5. 宇田川光弘，“建築環境工学”，朝倉書店，1993.
6. 空気調和・衛生工学会（編集），“空気調和・衛生工学便覧（第14版）”，空気調和・衛生工学会，2010.
7. 空気調和・衛生工学会（編集），“徹底マスター 空気線図の読み方・使い方（改訂2版）”，オーム社，2019.
8. 土井巖，“空調設備実務パーフェクトマニュアル（第4版）”，秀和システム新社，2023.
9. 株式会社エムシーHP，“計装豆知識：空気線図その1”，  
<https://www.mgco.jp/magazine/plan/mame/pdf/m2110.pdf>（アクセス日：2026.02.20）

## Scratch を利用した測定機器装置の開発

水谷光（湘南工科大学工学部電気電子工学科・教授）

袴田紫苑（東京理科大学理学部物理学科・非常勤講師/駒場学園高等学校・教諭）

### 1. はじめに

学習指導要領では、小学校・中学校・高等学校の理科において「エネルギー」は重要な柱の一つとして位置づけられている。特に電気に関する学習は重視されており、小学校3年生から6年生まで毎学年で扱われる。中学校では静電気、電流と回路、電流と磁界などを学び、高等学校ではそれらをより深める内容が設定されている。このように、電気は小学校から高等学校まで段階的に学ぶよう設計されており、電気の学習を通して自然現象を科学的に捉える力を育てることが狙いの一つである。

しかし一方で、電気分野は学習者にとって「難しい」「苦手」と感じられやすく、特に中学生以降でその傾向が強くなることが報告されている[1]。電気は目に見えないため、理解のためには電圧・電流などを測って数値として確かめ、条件と結果の関係を整理する経験が重要になる。見えない電気の状態を測定と表示によって扱えることは、自然現象を科学的に捉えるための基盤となる。

また、特に初学者においては学習の入り口として「動いた」「光った」「充電できた」といった体験や、さらに実験装置が「実際に使用できる」ことは、自身の生活により落とし込んで学ぶ上でも重要である。しかし、エネルギー、特に再生可能エネルギーの学習では、発電の有無だけで終わることは十分とは言えない。自然の中でどれだけ発電できるのか、その量は目的に対して十分か、なども含めて確かめられることが、理解の深まりや実感につながる。

このような背景から、著者らは中高生を対象とした、エネルギー変換を体験できる教材の研究を進めてきた。これまで色素増感太陽電池を用いて太陽光発電を体験する教材や、3Dプリンターで作製した卓上型サボニウス風車を用いて風力による発電を体験できる教材を報告している[2][3]。これらは比較的安価に自作できるため、生徒が構造を改良したり、製作したりすることが可能である。そのため、組み立てて実験をして発電の仕組みを理解するだけでなく、自ら設計し試行錯誤する学習へと発展させることができる。

しかし、作製や改良を行ったとしても、その成果が自然の中で実際にどれだけ発電できるのかを、生徒自身が確かめることができなければ設計の妥当性を判断することは難しい。自然条件下における発電量は時間とともに変化するため、自然の中での発電量を確かめるには連続的な測定と記録が必要になる。改良の効果を電圧・電流・電力といった数値として比較できる環境があってはじめて、なぜ増加・減少したのかを説明し、根拠にもとづいて実用性を含めた議論をすることが可能になる。

そこで本稿では、中高生やコンピュータの初学者でも扱えることを目標として、Scratchを用いて電圧・電流などの物理量を測定し、結果を表示・記録しながら実験できる電気実験装置を開発した。さらに、屋外など自然条件下での変化を扱うため、照度や回転数も同時に取得できる構成とした。

これにより、色素増感太陽電池や風力発電教材と接続し、生徒が製作・改良した装置の

発電量を連続的なデータとして確認できる学習環境の構築を目指す。

## 2 Scratch を用いた物理量の測定環境の構築

### 2.1 物理量の測定環境の概要

本研究で開発した実験装置は、中学生程度の学習者でも扱えることを目標としており、比較的中学校の教育現場で導入されている Scratch を用いて、実験を操作しながら、電圧・電流などの値を継続的に取得できる環境を構築するものである。本装置は、エネルギー環境教育実験教材に接続することを想定している。

前述した色素増感太陽電池や小型風車発電機のような教材は、安価で自作でき、発電の仕組みを体験しやすい一方で、出力が小さく、屋外では日射や風が時間とともに変化する。そのため、単発の測定だけでは「どの条件下でよく発電するのか」「なぜ値が変わるのか」を整理しにくい。そこで本装置では、次の点を重視した。

- ・ 定量的な測定：電圧・電流を数値として取得し、電力のような量に整理できること。
- ・ 環境条件の同時取得：太陽光発電では照度、風力発電では回転数（風速の代替指標）を同時に測り、出力変化の要因を説明できること。
- ・ 継続的なデータ取得：屋外の条件変化を追えるよう、一定間隔で測定を繰り返し、時系列データとして扱えること。
- ・ 導入の容易さ：学校の PC 環境で実施しやすいよう、特別な開発環境を使わず、Scratch 上で操作・表示できること。

特に、色素増感太陽電池教材では出力電圧が 0.5 V 程度、電流が数 mA 程度の小さな値となる例が報告されている [2]。このレンジは Arduino の A/D 変換器（0~5 V、10 ビット）をそのまま用いると分解能が不足しやすい。そこで本装置では、オペアンプによる増幅回路と電流測定用のシャント抵抗を用いて、Arduino で扱いやすい電圧範囲に変換して測定できるようにした。

### 2.2 システム構成

本論文で製作した実験装置の構成を示す。

ハードウェア

- ・ WindowsPC
- ・ Arduino Uno
- ・ インターフェース装置（次章で詳細に説明）

ソフトウェア

- ・ Scratch
- ・ Scratino3(スクラッチーノ 3)

PC と Arduino は USB で接続し、Scratino3 を使って Scratch から Arduino のアナログ入力値・デジタル入力値を読み取る。電圧や電流、照度などのアナログ量は Arduino のアナログ入力（0~5 V）で取得し、回転数はフォトインタラプタのデジタル信号として取得する。

## 2.3 インターフェース

Arduino に組み込まれた A/D 変換器の入力範囲は 0~5 V であり、また分解能は 10 ビットである。そのため、色素増感太陽電池のように電圧が 0.5 V 以下、電流が数 mA 程度の信号をそのまま入力すると、変化が数カウント程度にしか現れず、条件の違いを比較しにくい。

本装置ではこの課題に対応するため、(1) 電圧の増幅、(2) 電流の電圧変換（シャント抵抗）と増幅を行い、測定対象の信号を Arduino で扱いやすい範囲へスケールした。さらに、エネルギー変換教材との接続を前提として、照度および回転数も同時に取得できるようにした。

以下では、各測定系の考え方と接続方法を述べる。

### (1) 太陽電池・風力発電機の実出力電圧測定

太陽電池や風力発電機等の測定対象の実出力端子をインターフェース装置の電圧入力に接続し、オペアンプにより電圧を増幅したうえで Arduino のアナログ入力へ入力する。増幅率を上げることで、例えば 0.2 V 程度の信号を 1~数 V 程度に拡大でき、A/D 変換結果として十分な変化量を得られる。教材の実出力は条件によって変動幅が大きいため、測定対象に応じて増幅率を調整し、A/D 入力が飽和しない範囲で測定する。

### (2) 電流測定

電流は直接 Arduino で測れないため、小さな抵抗を直列に入れ、その両端の電圧降下から電流を求める方式とした。色素増感太陽電池では数 mA の電流が想定されるため、電圧降下は数 mV となり、このままでは A/D 変換の分解能に対して小さい。そこで、シャント抵抗両端の電圧をオペアンプで増幅し、Arduino で読み取れる大きさに変換する。

### (3) 太陽光の照度測定

太陽光発電実験では、出力の変化要因として照度が大きく影響する。そこで本装置では CdS を使い、照度の変化を相対的に取得できるようにした。

色素増感太陽電池は、紫外線のみ吸収可能な酸化チタンによる太陽電池を可視光も吸収できるように改良した太陽電池である。このため、可視光線領域（おおよそ 400nm~700nm）の光を検知し、ピーク波長は、540nm~570nm 付近である CdS を利用した。

本装置では CdS を分圧回路として構成し、分圧点の電圧を Arduino のアナログ入力にて測定する。なお、厳密な照度 [lx] への換算には校正が必要である。

### (4) 風速計の回転数測定

風力発電実験では風速が出力を左右するが、学校現場で風速を常に測定するのは容易ではない。そこで本装置では、風車の回転をフォトインタラプタで検出し、一定時間内の回転数に相当する信号変化回数を取得する方式とした。

Scratch プログラムでは、デジタル入力を周期的に読み取り、入力状態の変化を数えることで回転をカウントする（図 2）。測定時間を決めてカウントし、単位時間あたりの回数へ換算する。

ここで得られる値は状態変化回数であり、風車の形状やフォトインタラプタの取り付け方法によって風速との変換式は異なる。したがって、風速への換算を行う場合は、事前の校正が必要である。

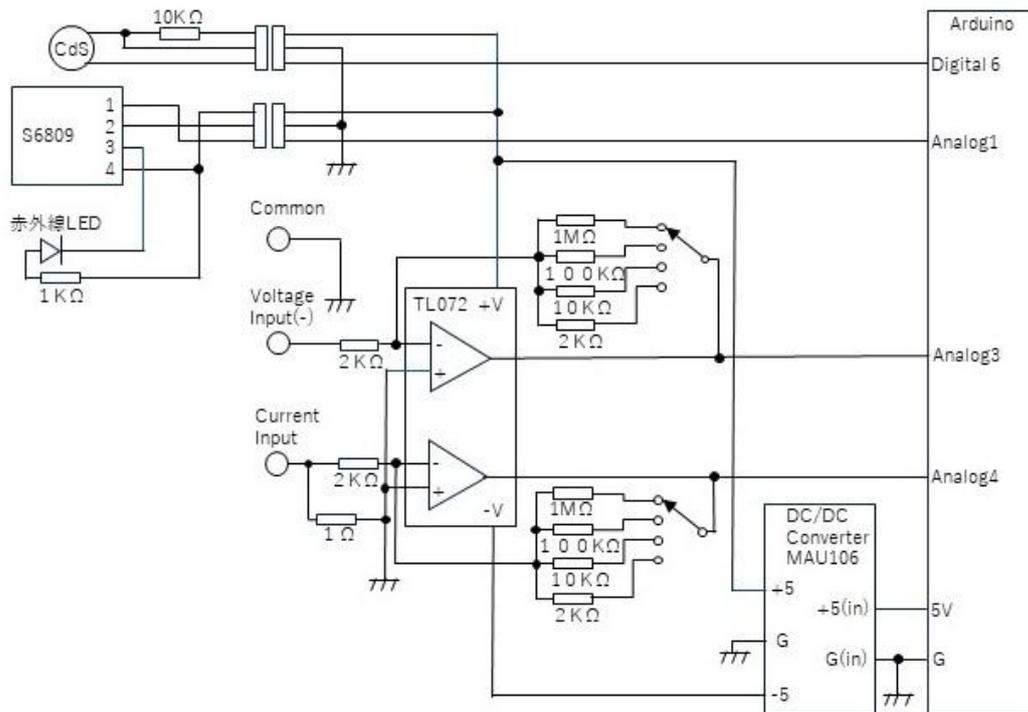


図1 インターフェース装置の回路図

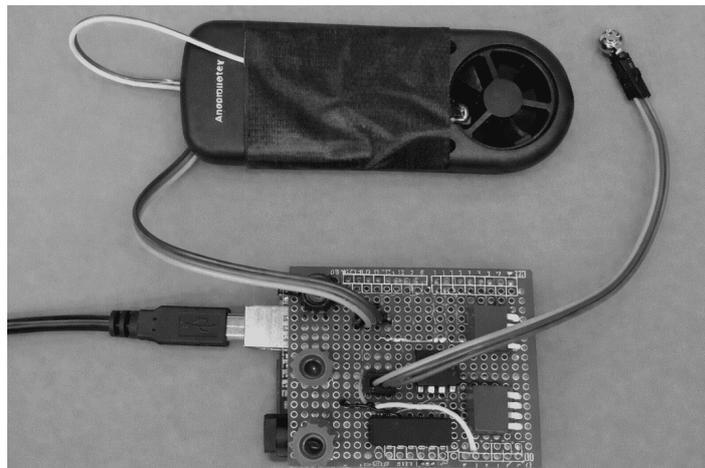


図2 インターフェース装置の写真

## 2.4 予定している実験

### 2.4.1 色素増感太陽電池による発電実験

色素増感太陽電池は、身近な材料で作製でき、可視光を利用した発電を体験しやすい教材である。色素の浸漬条件や組み立て方法を変えることで、生徒が工夫や改良を行うこともできる。

一定の照度のもとで測定を行えば、セルの基本的な特性を比較することは可能である。しかし、屋外では日射は連続的に変化する、雲の通過や時間帯によって出力は大きく変わる。

本装置を用いると、電圧・電流を連続的に測定しながら、CdSによる照度も同時に記録できる。これにより、出力の変化を光の強さの変化と対応させて整理できる。それにより、

- ・日射の変化に伴う電流や電力の推移を時系列で確認する
- ・一定時間あたりに得られた電力量を計算し、発電量を評価する
- ・作製条件の異なる複数のセルについて、同じ時間帯のデータを比較する

といった活動を行うことが想定される。

照度と出力を同時に記録することで、自然条件の影響を含めた発電の実態を把握することができる。そのため、学習者は、設計の違いが出力にどのように影響するかを、変動を考慮しながら検討することが可能になる。

## 2.4.2 風力発電の実験

卓上型のサボニウス型風車風力発電教材では、風速に応じて出力が増減し、また羽根の形状や枚数を変更することで、性能の違いを確認することができる[3]。

送風機を用いて風速を一定に保てば、回転数と出力の関係を整理することは可能である。しかし自然風では風速がごく短時間で変動し、実際の利用環境では、この変動を無視することはできない。

本装置では、風車の電圧・電流に加えて回転数を同時に連続測定が可能である。これにより、回転数の変化と出力の変化を同一時間軸上で確認できる。

その結果、学習者は風力発電機の作製および発電実験に加えて、本装置を用いることで

- ・自然風下での風速と出力の推移を記録する
- ・瞬間的な値だけでなく、一定時間の平均出力を求めたり、安定供給の難しさをデータで確認する
- ・負荷条件を変えた場合の出力変化を比較する

といった学習が可能になる。

本装置を用いることで、回転数と電気量を同時に測定し、風力の変動と出力の変動の対応関係を数値で示すことができる。これにより実際に得られたデータを検討することで、風力発電の特徴である変動性についての理解が深まると考えられる。

## 3 おわりに

本研究では、Scratch と Arduino を用いて、電気・エネルギー教材に接続可能な測定環境を構築した。本装置は高精度な計測を目的とするものではない。しかし、色素増感太陽電池や卓上型風車風力発電機などのエネルギー環境教育実験教材と併用することにより、自然条件下での出力の変動を連続的に記録し、その傾向を把握し、条件との関係を考察するためには十分な機能を備えている。

Scratch という扱いやすい環境で記録と表示を行えることにより、自然条件と発電量の関係を具体的に考えたり、生徒が自らの装置を測定し、結果を整理し、発電量を評価する活動を支援することができるであろう。

今後は、測定レンジの切り替えや校正手順の整理、長時間記録の運用方法の改善を行い、

より多様な教材・授業場面での活用可能性を検討する。

また、中学校高等学校において、本装置を用いた教育実践も今後予定している。

#### 4 参考文献

- [1] 川村康文, 中村保裕, 井上徳也:”理学部物理系大学生にみる小・中・高等学校での理科学習の実態と問題点“、日本理科教育学会理科教育学研究 51-1, pp. 129-135  
2010 年
- [2] 井筒紫苑、川村康文、町永大樹、岡茉由理:”教材としての色素増感太陽電池の開発および実践”、エネルギー環境教育研究 第 13 巻第 1 号 2018 年 12 月
- [3] 井筒紫苑、川村康文、二宮拓紀、飯野誠也:”3D プリンターを用いた卓上型サボニウス型風車風力発電機の開発と実践”、エネルギー環境教育研究第 13 巻第 2 号 2019 年 7 月

## フーリエ変換を用いた多項式近似について

水谷光（湘南工科大学工学部電気電子工学科・教授）

### 1 はじめに

画像などの多項式による近似は、情報の解析などに有効な手段である。多項式に近似すれば微分や積分を計算することが可能となることや、画像の特徴を抽出して画像のパターンを簡単に捉えることができ、画像の構造を把握できるなどのメリットがある。

このようなメリットがあるものの、その近似を得るためには、多くの計算が必要となる。[1]によれば、連立方程式の式の数より少ない未知数で近似するため、一般化逆行列を用いて計算したが、良い近似結果を得られなかったと報告されている。また、[2]によれば、Karush-Kuhn-Tucker(KKT) 方程式に帰着して近似解を求める手法について議論しているが、KKT 方程式は非線形方程式であるために、解を得るためには計算量も多く、解を得ることができない場合もある。

そこで、本論文では、フーリエ変換を用いた多項式近似について述べる。本手法によれば、少し多くの誤差を含む可能性があるものの陽的な線形計算のみで解を得ることができ、容易に高速に求められることが期待できる。

### 2 フーリエ変換を用いた多項式近似の方法

#### 2.1 1次元情報に対する検討

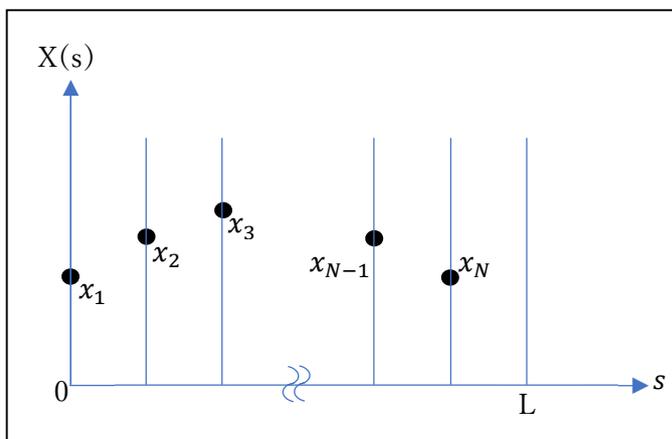


図1 1次元関数上の離散点

ここでは、まず、1次元関数 $x = X(s)$ 上の離散点について考察する。横軸を $s$ とした図1のグラフで、 $s$ が0から $L$ の間に $N$ 個の離散点での関数の値 $x_i = X((i-1)\Delta s)$ を考える。ここで、

$$\Delta s = \frac{L}{N}$$

である。この離散点での関数の値 $x_i$ を一度に

$$X = [x_1, x_2, x_3, \dots, x_{N-1}, x_N]^T$$

と表現することにする。ここで  $T$  は転置を表す。この  $X$  が与えられる情報である。そして  $X$  の要素  $x_i$  を  $M-1$  次元の  $s$  の多項式で近似することが目的となる。この近似された値を  $x'_i$  とすると、

$$x'_i = a_0 + a_1s + \dots + a_{N-1}s^{M-1} = \sum_{m=0}^{M-1} a_m s^m$$

となる。ここで、近似された値を一度に

$$X' = [x'_1, x'_2, x'_3, \dots, x'_{N-1}, x'_N]^T$$

と表現する。つまり、この多項式の係数

$$A = [a_0, a_1, a_2, \dots, a_{M-1}]^T$$

を求めることが本論文の目的となる。

ここで、 $X'$  と  $A$  の関係は、

$$X' = P_{NM}A$$

ただし、

$$P_{NM} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & \Delta s^1 & \dots & \Delta s^{M-1} \\ 1 & (2\Delta s)^1 & \dots & (2\Delta s)^{M-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & ((N-1)\Delta s)^1 & \dots & ((N-1)\Delta s)^{M-1} \end{bmatrix}$$

である。もし、 $M=N$  ならば  $P_{NN}$  は正則であり、 $P_{NN}^{-1}$  が存在して

$$A = P_{NN}^{-1}X$$

と決定でき、この時  $X=X'$  となる。しかし、 $M < N$  の場合には、 $P_{NM}^{-1}$  は存在しないためこの方法で  $A$  は決定できない。この場合でも、 $X$  と  $X'$  の誤差がなるべく小さくなるように  $A$  を決め、 $X'$  の要素を多項式で表現することが望ましい。

本論文では、この目的のためにフーリエ変換を用いる。まず、与えられた情報  $X$  に離散フーリエ変換を行い、その結果を  $F$  とすると、

$$F = \frac{1}{N} Q_N X \tag{1}$$

を得る。ここでは与えられた情報  $X$  が、離散的な情報であることから離散フーリエ変換を用いた。ただし、 $Q_N$  はフーリエ行列であり、

$$Q_N = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & \omega & \omega^2 & \dots & \omega^{N-1} \\ 1 & \omega^2 & \omega^4 & \dots & \omega^{2(N-1)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \omega^{N-1} & \omega^{2(N-1)} & \dots & \omega^{(N-1)^2} \end{bmatrix}$$

$$\omega = e^{\frac{2\pi i}{N}}$$

である。ここで、 $i$  は、虚数単位であり、 $F$  は、 $X$  の複素周波数となる。

さて、ここで、LをN点ではなく、M点でサンプリングした情報列を $X_M$ とする。もし、 $X_M$ の情報が与えられ、それを多項式で近似すると、

$$X_M = P_{MM}A$$

となり、 $P_{MM}^{-1}$ が存在するため、

$$A = P_{MM}^{-1}X_M \tag{2}$$

である。

ここで、 $X_M$ と $X$ は、サンプリング数は違うが同じ情報を持っていると仮定し、その誤差を最小にする $X_M$ を決めることを試みる。このため、 $X_M$ も離散フーリエ変換して、 $X_M$ の複素周波数 $F_M$ を得る。

$$F_M = \frac{1}{M}Q_{MM}X_M$$

さらに、 $F$ と $F_M$ をフーリエ逆変換することにより、

$$X(s) = \text{Re}([1 \ \bar{\omega} \ \bar{\omega}^2 \ \dots \ \bar{\omega}^{N-1}]F)$$

$$X'(s) = \text{Re}([1 \ \bar{\omega} \ \bar{\omega}^2 \ \dots \ \bar{\omega}^{M-1}]F_M)$$

を得る。ただし

$$\bar{\omega} = e^{\frac{-2\pi i s}{L}}$$

であり、 $\text{Re}(\cdot)$ は、複素数から実数成分を取り出す関数である。これらは、 $X$ 及び $X_M$ のサンプリング点間を補完した連続した関数となっている。

ここで、2つの関数の誤差を

$$e = \int_0^L (X(s) - X'(s))^T (X(s) - X'(s)) dx$$

とすれば、パーセバルの定理により

$$e = L \sum_{n=1}^M |f_n - f_n'|^2 + L \sum_{n=M+1}^N |f_n|^2$$

と書き換えられる。ただし、

$$F = [f_1 \ f_2 \ f_3 \ \dots \ f_{N-1} \ f_N]^t$$

$$F_M = [f'_1 \ f'_2 \ f'_3 \ \dots \ f'_{M-1} \ f'_M]^t$$

である。これから、 $e$ の最小値 $e_{min}$ は、 $\{f_n = f_n' \ |n = 1, M\}$ の場合であり、

$$e_{min} = L \sum_{n=M}^{N-1} (f_n)^2$$

となる。

結局、本手法では $M \neq N$ の場合、 $N$ 個のデータを  $M$ 次元の方程式で表現するためには、

1. (1) 式によって与えられた  $X$  を離散フーリエ変換をして、複素周波数  $F$  を求める
2.  $F$  の要素の数を  $M$  個に減らして、 $F_M$  を得る
3.  $X_M = Q_{MM}^{-1} F_M$  によって、 $X_M$  を得る
4. (2) 式によって多項式の係数行列  $A$  を得る

というステップで実行できることになる。これらは陽的に定義された線形方程式であるため、高速に容易に計算できることが期待できる。また、ステップ 1 の離散フーリエ変換は、FFT を用いれば高速に計算できるため、計算量は削減できる。

## 2.2 2次元データに対する拡張

本章では、前章で示した方法を拡張して、2次元のデータに対しても適用できることを示す。

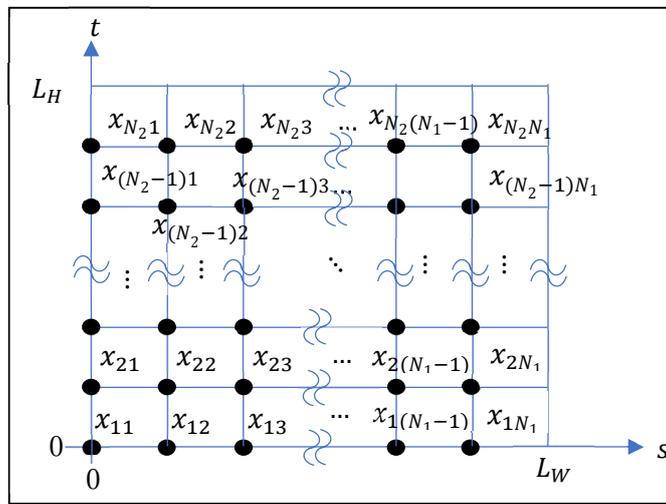


図 2 2次元の離散点における情報

まず、2次元情報は横方向  $s$  の長さ  $L_W$  に  $N_1$  個のサンプリング点、縦方向  $t$  の長さ  $L_H$  に  $N_2$  のサンプリング点で構成されているとすると、この2次元の情報の値は、

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1N_1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{N_2 1} & \cdots & x_{N_2 N_1} \end{bmatrix}$$

と表現できる。しかし、今後の議論の都合で行列の要素を並べ替えて、2次元の情報の値を  $X$  のように定義する。

$$X = [x_{11} \cdots x_{N_2 1} \quad x_{12} \cdots x_{N_2 2} \quad x_{13} \cdots x_{N_2 3} \quad \cdots \quad x_{1N_1} \cdots x_{N_2 N_1}]^T$$

そしてこれらの要素  $x_{ij}$  を  $s$  の  $M_1$  次元と  $t$  の  $M_2$  次元の多項式で近似し、近似した値を  $x'_{ij}$  とすると、

$$x'_{ij} = a_{00} + a_{10}s + \cdots + a_{(M_1-1)0}s^{M_1-1} \\ + a_{01}t + a_{11}st + \cdots + a_{(M_1-1)1}s^{M_1-1}t$$

$$\begin{aligned}
 &+ \dots \\
 &+ a_{0(M_2-1)} t^{M_2-1} + a_{1(M_2-1)} s t^{M_2-1} + \dots + a_{(M_1-1)(M_2-1)} s^{M_1-1} t^{M_2-1} \\
 &= \sum_{k=0}^{M_1-1} \sum_{m=0}^{M_2-1} a_{km} s^k t^m
 \end{aligned}$$

となる。ここで、近似された値を一度に表現し、 $X'$ とする。

$$X' = [x'_{11} \dots x'_{N_2 1} \quad x'_{12} \dots x'_{N_2 2} \quad x'_{13} \dots x'_{N_2 3} \quad \dots \quad x'_{1N_1} \dots x'_{N_2 N_1}]^T$$

$X'$ は近似された値全体を示すベクトルである。また、近似した多項式の係数を

$$A = [a_{00} \dots a_{(N_1-1)1} \quad a_{01} \dots a_{(N_1-1)2} \quad a_{13} \dots a_{(N_1-1)3} \quad \dots \quad a_{0(N_2-1)} \dots a_{(N_1-1)(N_2-1)}]^T$$

と一度に表現すると、

$$X' = P_{N_1 N_2 M_1 M_2} A$$

である。ここで、 $P_{N_1 N_2 M_1 M_2}$ は $M_1 M_2$ 行 $N_1 N_2$ 列の行列であり、

$$P_{N_1 N_2 M_1 M_2} = \begin{bmatrix} \hat{P} & \hat{P} & \dots & \hat{P} \\ \hat{P} & \hat{P}(\Delta t)^1 & \dots & \hat{P}(\Delta t)^{M_2-1} \\ \hat{P} & \hat{P}(2\Delta t)^1 & \dots & \hat{P}(2\Delta t)^{M_2-1} \\ \hat{P} & \hat{P}(3\Delta t)^1 & \dots & \hat{P}(3\Delta t)^{M_2-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{P} & \hat{P}((N_2-1)\Delta t)^1 & \dots & \hat{P}((N_2-1)\Delta t)^{M_2-1} \end{bmatrix}$$

となる。ただし、 $\hat{P}$ は、 $P$ を示すために導入した $P$ の小行列であり、

$$\hat{P} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & (\Delta S)^1 & \dots & \Delta S^{M_1-1} \\ 1 & (2\Delta S)^1 & \dots & (2\Delta S)^{M_1-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & ((N_1-1)\Delta S)^1 & \dots & ((N_1-1)\Delta S)^{M_1-1} \end{bmatrix}$$

であり、 $\Delta s = \frac{L_w}{N_1}$ 、 $\Delta t = \frac{L_H}{N_2}$  である。

次に、1次元データを取り扱った時と同様に、S方向のサンプリング点の数を $N_1$ から $M_1$ に変え、t方向のサンプリング点の数を $N_2$ から $M_2$ に変えた時の $X$ を $X_{M_1 M_2}$ とすれば、

$$X_{M_1 M_2} = P_{M_1 M_2 M_1 M_2} A$$

であるが、 $P_{M_1 M_2 M_1 M_2}$ は正則となり、 $P_{M_1 M_2 M_1 M_2}^{-1}$ が存在して、

$$A = P_{M_1 M_2 M_1 M_2}^{-1} X_{M_1 M_2}$$

となる。

さて、 $X_{M_1 M_2}$ と $X$ は、サンプリング数は違うが同じ情報を持っていると仮定し、その誤差を最小にすることを試みる。このため $X$ と $X_{M_1 M_2}$ を離散フーリエ変換して、それぞれの複素空間周波数を求めると、

$$F_{M_1 M_2} = \frac{1}{M_1 M_2} Q_{M_1 M_2} X_{M_1 M_2}$$

$$F = \frac{1}{N_1 N_2} Q_{N_1 N_2} X$$

を得る。

ただし、 $Q_{N_1 N_2}$ は、2次元のフーリエ係数であり、

$$Q_{N_1 N_2} = \begin{bmatrix} \hat{Q} & \hat{Q} & \hat{Q} & \dots & \hat{Q} \\ \hat{Q} & \hat{Q}\omega_s^1 & \hat{Q}\omega_s^2 & \dots & \hat{Q}\omega_s^{(N_1-1)} \\ \hat{Q} & \hat{Q}\omega_s^2 & \hat{Q}\omega_s^{2^2} & \dots & \hat{Q}\omega_s^{2(N_1-1)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{Q} & \hat{Q}\omega_s^{N_1-1} & \hat{Q}\omega_s^{2(N_1-1)} & \dots & \hat{Q}\omega_s^{(N_1-1)^2} \end{bmatrix}$$

となる。ただし、 $\hat{Q}$ は、 $Q$ を示すために導入した $Q$ の小行列であり、

$$\hat{Q} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & \omega_t & \omega_t^2 & \dots & \omega_t^{N_2-1} \\ 1 & \omega_t^2 & \omega_t^4 & \dots & \omega_t^{2(N_2-1)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \omega_t^{N_2-1} & \omega_t^{2(N_2-1)} & \dots & \omega_t^{(N_2-1)^2} \end{bmatrix}$$

また、

$$\omega_s = e^{\frac{2\pi i}{N_1}}$$

$$\omega_t = e^{\frac{2\pi i}{N_2}}$$

である。そして、 $F$ と $F_{M_1 M_2}$ をフーリエ逆変換することにより、

$$X(s, t) = \text{Re}([1 \dots \overline{\omega}_t^{(N_2-1)} \overline{\omega}_s^1 \dots \overline{\omega}_s^1 \overline{\omega}_t^{(N_2-1)} \overline{\omega}_s^2 \dots \overline{\omega}_s^2 \overline{\omega}_t^{(N_2-1)} \dots \dots \overline{\omega}_s^{(N_1-1)} \dots \overline{\omega}_s^{(N_1-1)} \overline{\omega}_t^{(N_2-1)}]F)$$

$$X'(s, t) = \text{Re}([1 \dots \overline{\omega}_t^{(M_2-1)} \overline{\omega}_s^1 \dots \overline{\omega}_s^1 \overline{\omega}_t^{(M_2-1)} \overline{\omega}_s^2 \dots \overline{\omega}_s^2 \overline{\omega}_t^{(M_2-1)} \dots \dots \overline{\omega}_s^{(M_1-1)} \dots \overline{\omega}_s^{(M_1-1)} \overline{\omega}_t^{(M_2-1)}]F_M)$$

を得る。ただし、 $\overline{\omega}_s$ 、 $\overline{\omega}_t$ は、それぞれ

$$\overline{\omega}_s = e^{\frac{-2\pi i}{L_W} s}$$

$$\overline{\omega}_t = e^{\frac{-2\pi i}{L_H} t}$$

である。

ここで、 $X(s, t)$ と $X'(s, t)$ の誤差を

$$e = \int_0^{L_H} \int_0^{L_W} (X(s, t) - X'(s, t))^T (X(s, t) - X'(s, t)) ds dt$$

とすれば、パーセバルの定理を  $s$  方向と  $t$  方向に適用することにより、

$$e = L_H L_W \sum_{n=1}^{M_2} \sum_{m=1}^{M_1} |f_{nm} - f'_{nm}|^2 + L_H L_W \sum_{n=M_2+1}^{N_2} \sum_{m=1}^{N_1} |f_{nm}|^2 + L_H L_W \sum_{n=1}^{M_2} \sum_{m=M_1+1}^{N_1} |f_{nm}|^2$$

と書き換えられる。ただし、 $f_{nm}$  はFのn行m列成分、 $f'_{nm}$ はF'のn行m列成分である。これから、eの最小値 $e_{min}$ は、 $\{f_{nm} - f'_{nm} | m = 1, M_1, n = 1, M_2\}$ の場合であり、

$$e_{min} = L_H L_W \sum_{n=M_2+1}^{N_2} \sum_{m=1}^{N_1} |f_{nm}|^2 + L_H L_W \sum_{n=1}^{M_2} \sum_{m=M_1+1}^{N_1} |f_{nm}|^2$$

である。

結局、本手法は2次元の情報に対する拡張が可能であり、1次元のデータと同様に多項式の近似を得ることができる。

### 3 おわりに

本論文では、離散データの多項式近似を求める方法について述べた。本手法では、離散データから連続データを予測した上で、多項式近似の連続データをそれに近づけることで近似式を得る。このため、サンプリング点だけで誤差を評価する方法とは、違った近似解となる可能性もあるが、陽的な線形計算だけで近似解を得ることができるため、アルゴリズムも簡単で高速に計算できることが期待できる。本論文では、1次元と2次元のデータの多項式近似について述べたが、観測値の時間経過など1次元データのみならず、画像データなど、多くのデータの近似に適用できることになる。また、同様の方法でn次元のデータの多項式近似に拡張できることが期待できる。

今後の課題としては、実際のデータを使って計算することにより有効性や問題点などを分析することなどがあげられる。

### 4 参考文献

- [1] 常家航, 小澤和也, 岡崎秀晃, "画像認識ニューラルネットワークと画像の多項式近似について," 信学技報, CAS2022-66, pp. 23-27
- [2] 常家航, 小澤和也, 磯貝海斗, 岡崎秀晃, "2変数の多項式を用いた画像の近似について," 信学技報, CAS2023-87, pp. 26-30
- [3] 岡本通子. "チェビシエフ多項式による関数近似について." 生産研究 16.8 (1964): 222-226.

湘南工科大学教職センター年報 第6号

---

2026年2月28日 印刷・発行

編集・発行者 湘南工科大学教職センター

〒251-8511 神奈川県藤沢市辻堂西海岸 1-1-25

<https://www.shonan-it.ac.jp/faculties/general/education/>



印刷所 カサハラ印刷株式会社

〒259-1147 神奈川県伊勢原市白根 475-1

<https://www.kspr.co.jp/>

---

印刷版：ISSN 2436-8296      オンライン版：ISSN 2436-8288