

主体的な学びを促進する演習型授業の設計と評価 ～コンピュータシステムの入門的演習を例にして～

立岡 陽理¹ 川端 英之¹ 谷川 一哉¹ 弘中 哲夫¹

概要: 本研究では、大学等での授業における学習者の主体的学習のサポートを目的とした授業設計手法を提案する。提案手法に基づいて設計された授業では、学習者の理解度の自己確認や、現在地点とゴールの把握が頻繁に促される。また、問題を解く前に結果の予想が促され、身近な話題を盛り込んだ解説がなされる。これらにより、学習者の学習意欲を高め、理解を深め、さらに成長の実感を促すサポートを行う。本研究では、授業設計手法の有効性を評価するために、コンピュータシステムの入門的演習授業に提案手法の適用し、大学初年次学生の協力を得て被験者実験を行った。アンケートの結果、この度の改訂によって学習者の主体的学習をサポートできる可能性が高いことが確認された。

キーワード: 授業設計, 主体的な学びのサイクル, 演習型授業, 成長の可視化

Design and Evaluation of an Exercise-Style Class to Promote Active Learning

— A Case Study on the Introductory Class of Computer Systems —

Abstract: We propose a class design methodology that aims to help students perform *active learning* in class at universities. In a class that is designed based on our method, self-checking of their understandings and confirmation of current situation in the learning roadmap are performed frequently. In addition, students are prompted to guess answers for exercises and results of experiments beforehand, which would stimulate students' proactivity. Explanations that relates the subjects to familiar topics are also incorporated. Through these, our method encourage students' motivation, deep understandings and realizing of their growth. We applied the proposed method to an exercise-style introductory class on computer systems to evaluate the effectiveness of the method. We constructed a revised version of the text based on our method and performed a user study with the cooperation of 12 freshmen. As the result of questionnaire, the proposed method has been confirmed to have potential to design classes for realizing practical active learning.

Keywords: Class design, Active learning cycle, Exercise-style class, Progress visualization

1. はじめに

近年、大学の教育改革に伴い、学習者の主体的な学びを促進する授業に対する要求が高まってきている [1]。しかしながら、学習者の姿勢を理想的に保つことは容易ではなく、大学における従来の授業、とりわけ演習型授業では、学習者が与えられた課題をこなすことが重視されている。

学習者を主体的な姿勢にするための授業設計に関する研

究は既に多く存在する。例えば、アクティブ・ラーニングを取り入れた授業 [2] や反転授業 [3] 等がある。しかしながら、学習者が自然に主体的であり続けられるようなサポートがなされている授業はあまり見られない。

本研究では、授業内容を理解するという授業本来の目的を達成することを目指し、授業形態や内容はそのままに、教材を改善することによって、学習者が自然に主体的になれるようサポートを行う授業設計手法を提案する。本手法に基づく授業設計の結果として得られる授業は、次の点が特徴的である。

¹ 広島市立大学
Hiroshima City University

- 学習者が要所要所で理解度を自己確認することによって、自身の成長を実感できるようにしている。また、理解度に応じた問題を用意することで、段階的に学習できるようにしている。
- 学習者が課題の意図を理解し、筋道を立てながら学習できるように配慮している。
- 授業の全体と現在地を把握できるようにして、学習者が自身の成長を実感し易くしている。
- 授業に対し興味や関心を持ってもらい、学習者の学習意欲を高められるように工夫している。

提案する授業設計手法をコンピュータシステムの入門的演習型授業のテキスト [4] に適用した改訂版テキストを作成し、大学初年次の学生 12 名の協力を得て、従来版と改訂版を比較する被験者実験を実施した。本稿では、授業設計手法の詳細について述べ、実験結果を踏まえて提案手法の評価について議論する。

本稿は、以下のように構成されている。2 節では、主体的な学びのために学習者に求められる要素を考察し、主体的学習の促進に必要なサポートを従来の授業の現状を踏まえて論ずる。3 節では、授業設計手法について説明する。4 節では、授業設計手法の妥当性の評価のために行った被験者実験についての説明し、その結果を踏まえて考察する。5 節では、まとめと今後の課題を述べる。

2. 主体的な学びを促進できる授業とは

2.1 主体的な学びのために学習者に求められるもの

「主体的」という言葉は教育の領域において頻出する。その意味については幅広い学問分野から様々な解釈があるが、字義としては、「日本国語大辞典（第二版）」において、「他に強制されたり、盲従したり、また、衝動的に行ったりしないで、自分の意志、判断に基づいて行動するさま」とある。これを踏まえると、主体的な学びは、「他によってではなく、自分の意思や判断に基づいて学ぶこと」と解釈することができる。

主体的な学びのために学習者に求められるものは、学習意欲、理解、および成長の実感という 3 つの要素とそれらの相互関連であると考えられる。

2.1.1 要素 1：主体的な動機に基づく学習意欲

学習意欲は何らかの動機によって生まれる。特に大学の授業においては、(1) 授業の内容に興味や関心がある等の純粋な好奇心、(2) 将来やこれからの勉強のため等の自身の判断に基づく必要性、(3) 卒業や進級に必要な単位を取得するため等の他者の要求に基づく必要性といった動機が学習意欲を支えていると考えられる（学習者の動機づけと学習意欲との関係に関しては、自己決定理論に基づいた様々な授業設計への応用がみられる [5]）。

このうち、(3) だけを動機とした学びは主体的であるとは言えない。すなわち、主体的な学びには、(1) や (2) のよう

な自分自身の意思や判断に基づく主体的な動機によって生まれる学習意欲を持つことが不可欠であると考えられる。

2.1.2 要素 2：授業内容の十分な理解

学習者の主体的な動機に基づいた学習意欲によって、理解が深まる。この理解の深さは主体的な学びに関係していると考えられる。

学習者が授業の内容を十分に理解できれば、授業は「興味や関心があるから学びたい」と思っていたことを学べる場となる。「授業で学ぶことは意味がある」と自身で判断し、その判断に基づいて「授業を受けよう」という意思が生まれる。すなわち、授業内容を深く理解することによって、授業の重要性を自ら見出して学習の動機づけができ、より意欲的に学習に取り組むようになると考えられる。一方、学習者が授業の内容をほとんど理解していない場合、「何のために、何を学んでいるかは分からないけれど、やらなければならないから課題をこなす」ことになるだろう。理解ができなければ授業は途端に強制的な作業の場と化してしまう。その結果、学習意欲の低下がまぬがれない。

2.1.3 要素 3：成長の実感

授業の重要性を見出して学習の動機づけをすることは、目的意識が明確でない学習者にとっては特に、過度な要求であり得る。主体的な学びを促進するには、より直接的に学習意欲を刺激するような要素が必要である。その要素とは、成長の実感であると考えられる。

理解したことが何らかの形で活用できたり、以前より知識が身につけていることを自ら実感できた時、学習者には達成感が生まれる。その途中で失敗したり試行錯誤した経験があればさらにその達成感は大きくなる。「できなかったことができるようになる感覚」は学習意欲への刺激となり、もっと学びたいという学習意欲に繋がるだろう。

2.1.4 主体的な学びのサイクル

要素 1 から要素 3 を踏まえると、主体的な学びは学習意欲、理解、および成長の実感の相互関連した次のようなサイクル (図 1) によって実現されると考えられる。学習者は、主体的な動機から学習意欲を持ち、その上で学習内容を深く理解することによって、授業の重要性を見出してより意欲的に学習に取り組める。学習意欲を持ち、理解することを繰り返すサイクルによって主体的な学びは実現される。さらに、このサイクルの中で学習者が成長を実感することで、学習意欲がより高まる。主体的な学びを促進する授業の設計においては、学習者の学習意欲、理解、および成長の実感に如何に配慮できるかが重要であると考えられる。

2.2 主体的な学びができる授業に求められるもの

前節の議論を踏まえると、学習者が学習意欲を高め、深く理解し、成長を実感できるようにサポートすることによって、主体的な学びが促進されると考えられる。

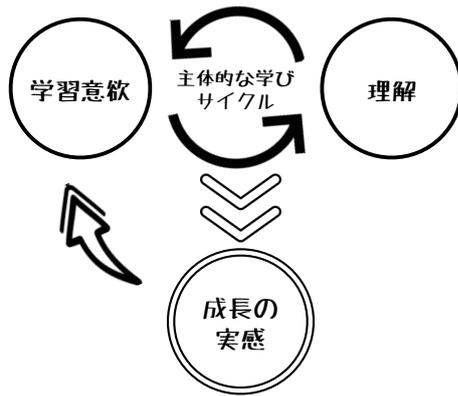


図 1 主体的な学びのサイクル

2.2.1 学習意欲を高めるためのサポート

主体的な動機に基づいた学習意欲を全ての学習者が持っているわけではない。授業に取り組む初期段階で、「学びたい」と思えるようにサポートすることが望まれる。

従来の授業においても、授業の概要や目標をシラバス等に明記することで、授業への興味や関心を抱けるようにしたり、将来への必要性を感じとれるようにしている。しかしながら、多くのものは、元々かなり意欲的であったり知識をある程度身につけている学習者向きの内容が多いように見受けられる。

学習者の学習意欲を高めるためには、学んでいることを自身と結び付けられるようなサポートが必要である。そのためには、日常生活との関連、他の授業との関連、将来との関連を教材の中で伝えることが有効であろう。そうすれば、授業を身近に感じて好奇心が湧き、授業は自分のために必要なものである、という意識が芽生えたと考えられる。

2.2.2 理解を深めるためのサポート

深い理解とは、学習者がものごとを本質的に理解しながら知識を蓄え、応用的な問題に取り組む時に、その知識を活用しながら「この場合はどうなるだろう」と思考を巡らせられるようになることと言えよう。

学習者の理解を深めるためには、学習者自身が概念を表面的ではなく本質的に理解し、それを活用して予想することを促すことが重要である。そのために、教材の改善にあたっては、理解を深めるための問題と、知識を活用して予想を立てさせる問題を用意し、学習者に自分で考えさせることが有効であると考えられる。

2.2.3 成長を実感するためのサポート

従来の大学の授業において、学習者が成長を実感しやすいのは、成績が上がった時、または、分からないことが分かるようになったと自覚する時であると考えられるが、後者による成長の実感は学習者自身の感覚に委ねられている。成績が思うように上がらず、自身の成長を自覚しにくい学習者にとっては、成長を実感する機会は極めて少ないのではないだろうか。

学習者が成長を実感する機会を増やすためには、「ゲー

表 1 主体的な学びサイクルの要素と要件の対応

| | 学習意欲 | 理解 | 成長の実感 |
|--------------|------|----|-------|
| レベルチェック表 | △ | △ | ○ |
| 選択式予想問題 | | ○ | |
| 授業の全体図 | △ | | ○ |
| 身近な内容のコラムや解説 | ○ | | |

ムの考え方やデザイン・メカニクスなどの要素をゲーム以外の社会的な活動やサービスに利用するもの」と定義されているゲーミフィケーション [6] の考え方をを用いることが有用と考えられる。中でも、「成長の可視化」と「成長のプロセスの可視化」という要素は成長を実感する機会を増やすためには有効である。

例えば、ゲームでは、プレイヤーレベルが設定されることがあるが、大抵はレベル 1 から始まり、目標をクリアすることによってレベルが上がる。また、ゲームによっては、ゴールまでの道りを示したのものがある。「レベル」や「ゴールまでの道程」を明示することにより、ゲームプレイヤーは、成長を実感することができる。これを授業に取り入れることによって、学習者の成長の実感を促すことができると考えられる。

3. 授業設計手法

学習意欲を高めるためのサポート、理解を深めるためのサポート、および成長の実感を促すサポートのために、授業設計手法に取り入れるべき要件は以下の 4 つである。

- 現状の理解度を確認できるレベルチェック表の用意
- 選択式予想問題の用意
- 授業のゴールと現在地が確認できる全体図の用意
- 身近な内容を取り入れたコラムや解説の用意

各要件は表 1 のように、それぞれが学習意欲、理解、および成長の実感をサポートし、主体的な学びを促進することを目的としている。要件が主目的とするサポート対象を○、その他関連性のあるものを△で示している。

各要件について、具体例を交えながら、その特徴や設計意図を述べる。具体例としては、各要件を広島市立大学情報科学部 2 年次の学生を対象とした授業「情報科学基礎実験 α-1(A)[4]」のテキストに適用した結果を利用する。

3.1 要件 1: 現状の理解度を確認できるレベルチェック表の用意

成長を実感するために有効であると考えられるゲーミフィケーションの「成長の可視化」という要素を取り入れ、理解度をレベルによって表すことで、理解度を自己確認できるようなレベルチェック表を用意する。これにより、学習者は、現状を把握し、これからの学習の筋道を立てられる。また、学習を進めるうちにレベルが上がったことを学習者自身が確認できるようにして、成長の実感を促す。さらに、レベルに応じた問題を用意することによって、徐々に

ステップアップしながら理解できるような手助けを行う。

レベルに応じた問題の最後には、これまでの問題によって得た知識を活用することで正解できるような最終確認問題を用意する。これにより、学習者は「身につけた知識を活用することができた」と感じ、成長を実感することができるものと期待できる。また、学習者がレベルに合った問題から取り組めるようにして、知識のある人にとって冗長にならないような工夫をしている。

図 2 は、回路の動作を理解することを目的とした課題の導入部である。学習者は学習前に、理解度のレベルにチェックをつける。レベル分けは、「ここまでなら分かる」という項目を基準として設定する。また、最上レベルに課題を取り組む上で身につけて欲しいことを示すことで、目標を明確にする。全くわからない学習者向けに、「どれにも当てはまらない」という項目をレベル 1 として設定する。

レベルチェック後、学習者はレベルに応じた問題に取り組む。レベル 1 にチェックをつけた学習者はレベル 1 の学習者向けの「レベル 1 → レベル 2」(図 3)へ進む。レベル 1 の学習者向けの問題は、易しい内容にする。

レベル 1 の学習者向けの問題をクリアすると、レベル 2 の学習者向けの「レベル 2 → レベル 3」(図 4)の問題に進むことができる。初めから難しい課題を設けるとやる気を失ってしまう可能性があるが、問題を細分化することで、「これならできるかもしれない」といった前向きな意欲を持てるように促している。

「レベル 2 → レベル 3」の問題をクリアした学習者は、図 5 のレベルチェックで、再度理解度を確認する。これにより、「分からなかったことが、分かるようになった」という成長を実感することができる。レベル 3 に到達した学習者は、最終確認問題(具体例では、スタッフ突破チャレンジと称している)に取り組む。また、はじめからレベル 3 であった学習者も、最終確認問題に取り組む。

学習者は、レベルに応じた問題を取り組めるため、元から理解度の高い学生はどんどん先に進むことができる。学習前レベル 2 だった学習者は、レベル 1 の学習者向けの問題を飛ばしてレベル 2 の学習者向けの問題から取り組むことができる。また、レベル 3 だった学習者は、レベルに応じた問題は全て飛ばして、最終確認問題だけ取り組むことができる。

3.2 要件 2: 選択式予想問題の用意

理解をサポートするための問題と、知識を活用して予想を立てさせる問題を用意することによって、学習者の深い理解のサポートを行う。予想問題によって、予想を立てることで、この実験は何を確かめるためのものなのかが分かる。これにより、学習者が「何がわかったかは分からないが、課題をこなした」状態になることを防いでいる。また、予想を立てるための誘導的問題を用意することで、学習者

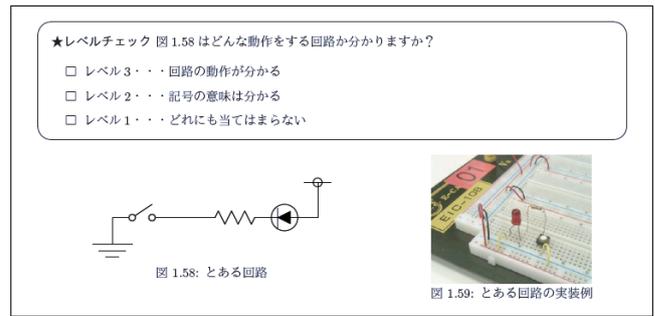


図 2 学習前のレベルチェックの例

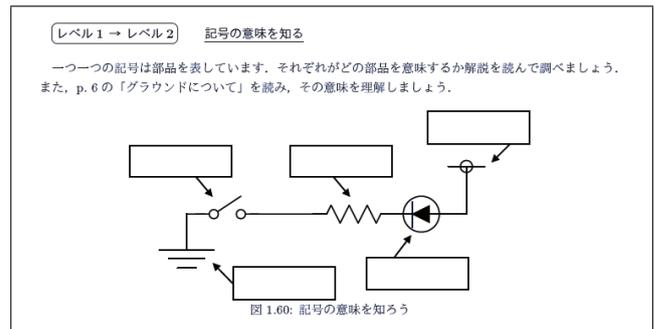


図 3 レベル 1 の学習者向けの問題例

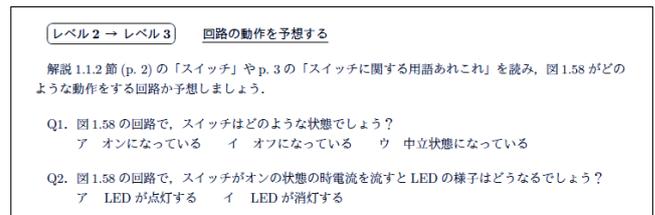


図 4 レベル 2 の学習者向けの問題の例

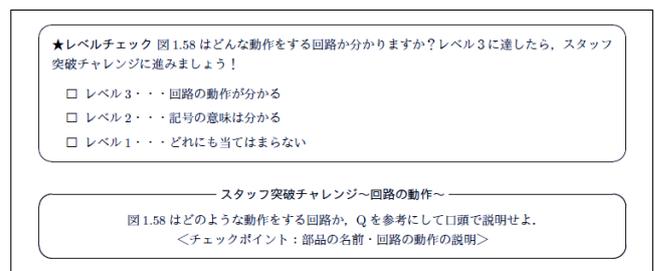


図 5 学習後のレベルチェックと最終確認問題の例

が学習内容を理解せずに、なんとなく予想することも防いでいる。

結果を予想するだけでなく、結果が予想と違った時にそれぞれを比較することも重要である。選択肢が無ければ全く検討がつかず未回答になってしまう場合もあるが、選択肢の中から解答を選ぶような形式にすることで、学習者が必ず予想を立てられるようになり、予想と結果を比較することができる。

図 6 は、抵抗の特性によって LED の光の大きさはどのように変化するかを確認する課題の一部である。学習者は、予想問題によって結果を予想し、課題(例ではスタッフ突破チャレンジ)で回路を組み立てて、結果を確認する。

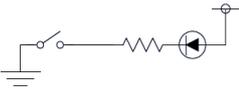


図 1.58: とある回路

図 1.58 の回路では抵抗が使われていますが、何のために抵抗があるかを考えていきます。解説 1.1.1 節 (p. 1) の「抵抗」についてを読み、予想を立てましょう。

Q1. 抵抗値が大きくなると電流の値は？
ア 大きくなる イ 変化なし ウ 小さくなる

Q2. 図 1.58 の回路から抵抗を外し、スイッチと LED を直接繋いでスイッチをオンにするとどうなるでしょう？
ア 流れる電流が大きくなりすぎて、電線や電源装置に熱が生じる
イ 電流が流れず、回路が動作しなくなる
ウ 流れる電流の量が減るので、回路が動作しにくくなる

実験 電流制限抵抗値を 470 Ω、4.7k Ω、10k Ω と変更すると、LED の点灯の様子はどうなるでしょう？
予想 抵抗値が大きくなるにつれて LED は
ア 明るくなる イ 変化なし ウ 暗くなる

—— スタッフ突破チャレンジ～抵抗の役割～ ——

電流制限抵抗値を 470 Ω、4.7k Ω、10k Ω と変更せよ。
その時の LED の点灯の様子とそうなった理由を、Q を参考に口頭で説明せよ。
<チェックポイント：オームの法則・電流・抵抗>

図 6 選択式予想問題の例

Q1 と Q2 は、予想を立てるために必要な知識を身につける問題である。

3.3 要件 3：授業のゴールと現在地が確認できる全体図の用意

授業の目標と現在地を確認することができる授業の全体図を用意する。これにより、学習の進捗がひと目で確認できるようにし、「ここまで分かるようになった」という成長を実感できるようにしている。また、各課題の内容を明記することによって、授業で学ぶ内容を全体図だけで把握でき、それによって、学習の見通しを立てて授業に取り組むことができる。さらに、ゴールを明らかにすることで「ゴールに向かって頑張ろう」という意欲も生まれるのではないかと考えられる。

図 7 は、授業のゴールと現在地が確認できる全体図をコンピュータシステムの入門的演習型授業のテキストに適用した例である*1。図を説明するために必要となるコンピュータシステムの入門的演習型授業の概要を述べる。この授業は、全 7 回から構成されるコンピュータシステムの理解を目的とした演習型の授業である。各回につき、4～6 個の課題が用意されており、各課題をクリアすることによって次の課題に進めるようになっている。

すごろくのはじまりは、左上の「スタート！」と書かれたマスであり、学習者はここから順番に課題をクリアする。課題の内容を各マスに明記して、授業で学ぶ内容をすごろくだけで把握できるようにしている。これにより、学習者は学習内容の見通しを立てて授業に取り組むことができる。

課題をクリアするごとに、学習者は指導員のチェックを受ける。具体例では、指導員がスタンプを押すことになっているが、学習者自身がチェックをつけるようにしても良い。

*1 具体例では、全体図をすごろくのような形で表現したため、「コンピュータシステムまるわかりすごろく」という名前を付けているが、サイコロを振ってマスを進める訳ではない。

いずれにしても、現在地を分かりやすくすることで、学習者が進み具合を把握したり、成長を実感できるようにすることが重要である。

3.4 要件 4：身近な内容を取り入れたコラムや解説の用意

授業内容と日常生活や他の授業、将来等、学習者にとって身近なこととの関連を取り入れたコラムや解説を用意して、学習意欲をより高められるようなサポートを行う。

コラムや解説は、長い文章の一部であるよりも強調させた方が読み手の目に止まりやすく、さらに文章が短ければ、学習者は「読んでみようかな」という気持ちになる。その上で、授業で学ぶことと日常生活との結びつきを示すことで、授業の内容に興味や関心を持ってもらい、より意欲的な学習ができるようなサポートを行う。また、授業内容が過去に受講した授業と関連していることを示し、授業へ親しみを感じやすくする。これまで学んだことを活用できるとなれば、この授業だけでなく他の授業の重要性も見出すことができるのではないだろうか。過去の授業だけでなく、未来の授業と繋がりがあることを示すこともできる。これから受講する授業にも繋がりがあると分かれば、「将来のためにも、この授業は自分のために必要なものである」という意識が芽生える。

具体例の 1 つ目を図 8 に示す。これは、授業用テキストの解説に取り入れた「抵抗」についてのコラムである。学習者にとってあまり馴染みのない「抵抗」という部品を身近に感じてもらえるような内容にしている。授業の内容を身近に感じ、興味を持つことができれば、より意欲的に学習することができると思う。

具体例の 2 つ目を図 9 に示す。これは、論理回路についての説明の導入部であり、3 行目から 5 行目で、この授業の内容が他の授業とも繋がりを書いている。他の授業との関連は授業を取り組む意味にもなり、学習意欲が生まれるのではないかと考えられる。

以上が、身近な内容を取り入れたコラムや解説の詳細である。他にも、授業内容が将来どのように役立つか等、学習者が興味や関心を持ちそうなことをピックアップすることで、より学習意欲が高まるようなサポートを行うことができると思われる。

4. 要件に基づく授業設計とその評価

4.1 演習型授業への適用

提案する授業設計手法の適用可能性を評価するために、手法を演習型授業に適用した改訂版テキストを作成した。

4.1.1 演習型授業の概要

授業設計手法を適用した授業は、広島市立大学情報科学部 2 年次の学生を対象とした「情報科学基礎実験 α-1(A)[4]」である。この授業は、コンピュータシステムの入門的演習型授業であり、全 7 回から構成されている。第 1 回から第

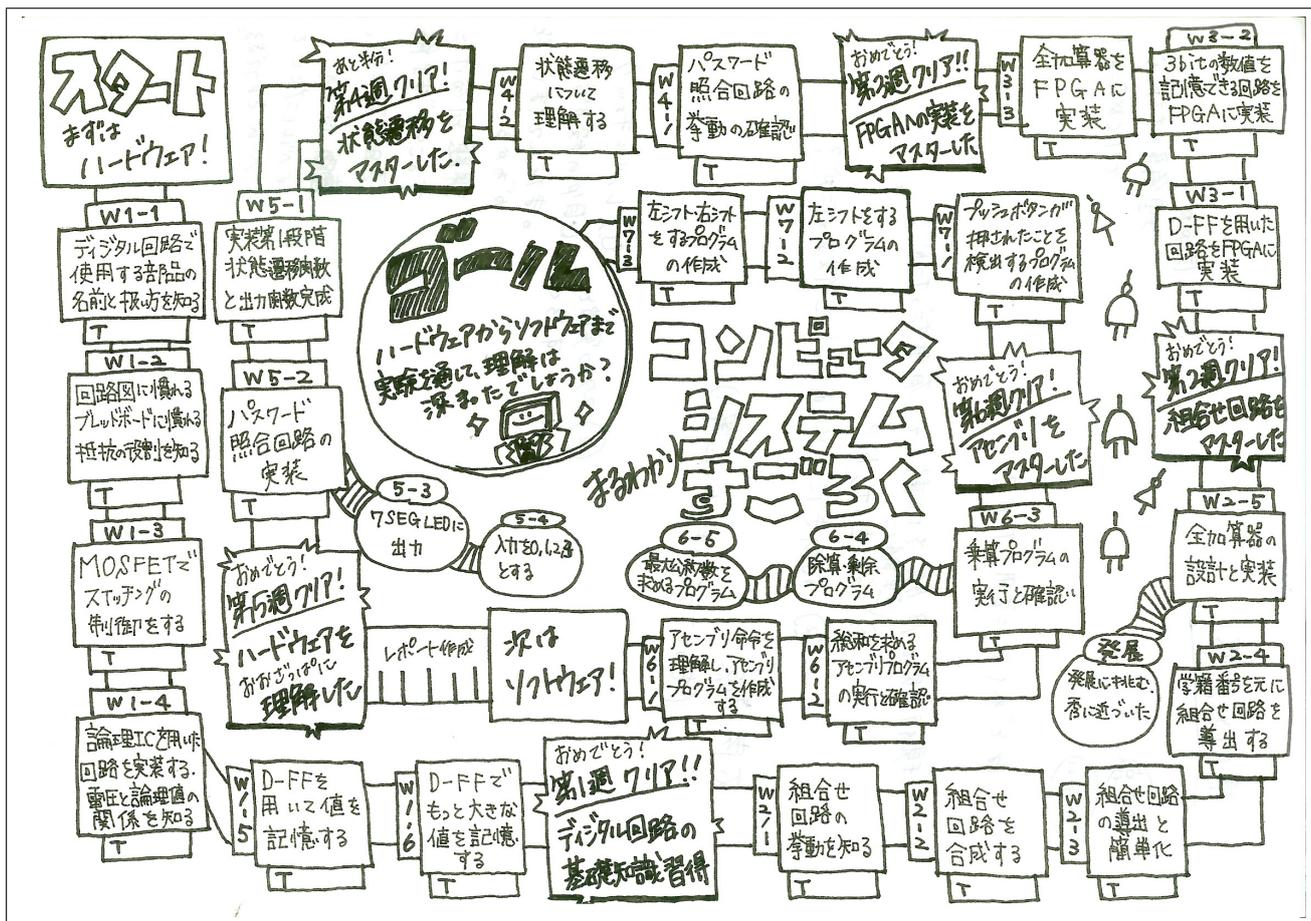


図 7 コンピュータシステムまるわかりすごろく

抵抗器はどこで使われている？

普段、抵抗を目にする機会は少ないと思いますが、ほとんど全てのデジタル機器で活躍しています。例えば、オーディオ装置の音量調整つまみには可変抵抗器（抵抗値を変えられる抵抗器）が、スマートフォンにはチップ抵抗器が使われています。

図 8 抵抗器についてのコラム (具体例 1)

全てのデジタル機器は（パソコンであれ、スマートフォンであれ、ネットワークルータであれ）情報の保存と処理を行うために設計された回路からできています。そのような回路を論理回路と呼びますが、論理回路は、論理ゲートと呼ばれる論理演算を行う最も基本的な素子からできています。論理回路や論理ゲートについては、1年次の「コンピュータ基礎」2年次の「論理回路」などの授業で習っているでしょうが、ここで少し復習しましょう。

図 9 他の授業との繋がりを示す解説 (具体例 2)

5回では、論理回路の設計と実装によってハードウェアについての理解を深め、第6回から第7回では、アセンブリプログラミング演習によってソフトウェアの理解を深められるような構成になっている。各回につき4~6個の課題が用意されており、学習者は課題をクリアするごとに指導員のチェックを受け、次の課題に進むことができる。この授業は、テキストの解説を読みながら一人で課題に取り組む形式になっている。

4.1.2 授業設計手法の適用結果

情報科学基礎実験 α-1(A) の第1回と第6回の授業テキストに提案手法を適用し改訂版テキストを作成した。本稿では、提案手法の適用結果の一例として、第1回の3つ

目の課題に適用したものを示す。図 10 は従来版テキストの課題である。この課題は、MOSFET を用いた LED の点灯制御を行う回路を実装し、その挙動を確認することで MOSFET の特性について理解することを目的としたものである。以下、要件と適用結果の図の関係を説明する。

- 要件1の「現状の理解度を確認できるレベルチェック表の用意」の適用結果は、図 11 の①と②、図 12 の④、図 13 の⑤と⑥、である。①は学習前のレベルチェック表、②・④・⑤はレベルに応じた問題、⑥は学習後のレベルチェックと最終確認問題である。
- 要件2の「選択式予想問題の用意」の適用結果は、図 12 の③である。
- 要件3の「授業のゴールと現在地が確認できる全体図の用意」の適用結果は、図 7 である。
- 要件4の「身近な内容を取り入れたコラムや解説の用意」の適用結果は、図 14 である。授業テキストの解説ページの中に、コラムを取り入れている。

提案手法を情報科学基礎実験 α-1(A) の授業テキストに当てはめることは可能ではあったが、その適用には多くの時間を要した。特に時間がかかったのは、レベルに応じた問題と身近な内容を取り入れたコラムや解説の作成である。レベルに応じた問題は、理解度に合わせて複数の問題

W1-3 MOSFETを用いたLEDの点灯制御 確認: _____

図 1.62: 「電子的なスイッチ (MOSFET)」を用いて LED の点滅を制御する回路。電子的なスイッチのオン・オフは、電圧値で制御する。

図 1.62 の回路の挙動を説明する次の文章の空欄を埋めよ。ここでは必要に応じテスタで電圧を測定する。テスタの使い方は解説 1.7 節 (p.17) を参照すること。

MOSFET のソース端子に対するゲート端子の電位のことをゲート電圧と呼ぶ (図 1.62 中の節点 A の電位)。図 1.62 の回路において、スイッチ SW1 をオフにしているときは、Tr1 のゲート電圧は [] [V] であり、このとき LED1 は [] である。一方、スイッチ SW1 をオンにしているときは、Tr1 のゲート電圧は [] [V] であり、このとき LED1 は [] である。

抵抗 R2 の両端の電位差は、これらのいずれの場合も [] [V] である。すなわち、Tr1 のゲート・ソース間、およびゲート・ドレイン間には電流は流れない。このようにスイッチを操作したときのゲート電圧の変化を下記に書きなさい。

| SW1 をオフ | SW1 をオン |
|---------|---------|
| 節点 A | 5V |
| | 0V |

時間

図 1.63: ブレッドボードへの回路の実装の様子

図 10 従来版の課題

【予想】MOSFET のソース端子とゲート端子の電位のことをゲート電圧と呼びます (図 1.65 中の接点 A の電位)。MOSFET はゲート電圧によって制御できるスイッチング素子と見なすことができますが、どのようにして制御するか解説 1.3.1 節 (p. 10) を読んで考えましょう。

Q1. ゲート電圧が 5V のとき、LED の様子はどうなるでしょうか？
ア Tr1 は「オフ」となり、ドレイン・ソース間に電流が流れないため、LED は光らない
イ Tr1 は「オン」となり、ソース・ゲート間に電流が流れるため、LED が光る
ウ Tr1 は「オン」となり、ドレイン・ソース間に電流が流れるため、LED が光る

Q2. ゲート電圧が 0V のとき、LED の様子はどうなるでしょうか？
ア Tr1 は「オフ」となり、ドレイン・ソース間に電流が流れないため、LED は光らない
イ Tr1 は「オン」となり、ソース・ゲート間に電流が流れるため、LED は光らない
ウ Tr1 は「オン」となり、ドレイン・ソース間に電流が流れるため、LED が光る

MOSFET は図 1.67 のように電子的なスイッチとして利用することができるのです。

図 1.67: 電子的なスイッチ (MOSFET) を用いて LED の点滅を制御する回路

レベル 2 → レベル 3 MOSFET を用いた回路をブレッドボード上に実装する

MOSFET について何となく理解できたら、図 1.65 の回路をブレッドボード上に実装しましょう。ブレッドボードへの回路の実装の様子 (図 1.68) を参考にしてください。

図 1.68: ブレッドボードへの回路の実装の様子

図 12 改訂版の課題 (2)

W1-3 MOSFETを用いたLEDの点灯制御

▶ MOSFET について知る ▶ 回路の実装 ▶ スwitchング制御の理解

図 1.65: MOSFET を用いて LED の点滅を制御する回路

W1-2 ではスイッチを用いて LED の点灯を制御する回路をブレッドボード上に実装しましたが、**W1-3** では MOSFET によって LED の点灯制御を行う回路 (図 1.65) を実装します。まずは、MOSFET についてどれくらい理解しているかを確認しましょう。

★レベルチェック MOSFET についてどれくらい理解していますか？

- レベル 4・・・MOSFET によるスイッチング制御を理解している
- レベル 3・・・MOSFET を用いた回路をブレッドボード上に実装できる
- レベル 2・・・MOSFET の特徴を知っていて、回路の動作もわかる
- レベル 1・・・どれも当てはまらない

レベル 1 → レベル 2 MOSFET の特徴を知り、回路の動作を予想する

図 1.65 の Tr1 は MOSFET を表しています。解説 1.3.1 節 (p. 10) と解説 1.3.2 節 (p. 11) の MOSFET に関する解説を読んで以下について考えます。

図 1.66 の空欄に端子の名前を埋めましょう。

図 1.66: nMOSFET の端子の名前

図 11 改訂版の課題 (1)

レベル 3 → レベル 4 MOSFET によるスイッチングの制御を理解する

ブレッドボード上に実装した回路の動作を確認しながら、次の文章の空欄を埋めましょう。電圧には単位もつけましょう。ここでは必要に応じテスタで電圧を測定します。テスタの使い方は解説 1.7 節 (p. 18) を参照してください。

図 1.65 の回路において、スイッチ SW1 をオフにしているときは、Tr1 のゲート電圧は [] であり、このとき LED1 は [] である。一方、スイッチ SW1 をオンにしているときは、Tr1 のゲート電圧は [] であり、このとき LED1 は [] である。

抵抗 R2 の両端の電位差は、これらのいずれの場合も [] である。すなわち、Tr1 のゲート・ソース間、およびゲート・ドレイン間には電流は流れない。このようにスイッチを操作したときのゲート電圧の変化を下記に書きなさい。

| SW1 をオフ | SW1 をオン |
|---------|---------|
| 節点 A | 5V |
| | 0V |

時間

★レベルチェック MOSFET についてどれくらい理解できましたか？ レベル 4 に達したら、スタッフ突破チャレンジに進みましょう！

- レベル 4・・・MOSFET によるスイッチング制御を理解している
- レベル 3・・・MOSFET を用いた回路をブレッドボード上に実装できる
- レベル 2・・・MOSFET の特徴を知っていて、回路の動作もわかる
- レベル 1・・・どれも当てはまらない

——スタッフ突破チャレンジ—MOSFET によるスイッチングの制御—

MOSFET を電子的なスイッチとみなした時、そのオン・オフはどのようにして制御されるか、口頭で説明せよ。
<チェックポイント: どんな時にオンになるか、オフになるか>

スタッフサイン: _____

図 13 改訂版の課題 (3)

を作成しなければならいたため多くの時間を要した。また、身近な内容を取り入れたコラムや解説を作成する際は、学習者が興味を持てるような話題を探すことに時間を要した。一方、授業のゴールと現在地が確認できる全体図とレベルチェック表は、簡単に作成することができた。全体図は、授業カリキュラムが把握できていればそれを図にすればよい。また、レベルチェック表は、学習者に理解して欲しい

項目を順番に並べるだけで簡単に作成することができた。

4.2 被験者実験の概要

主体的な学びを促進する授業設計手法の有効性を評価するため、被験者実験を行った。

4.2.1 実験方法

実験は 2018 年 11 月 15 日～11 月 16 日の 2 日間、計 10

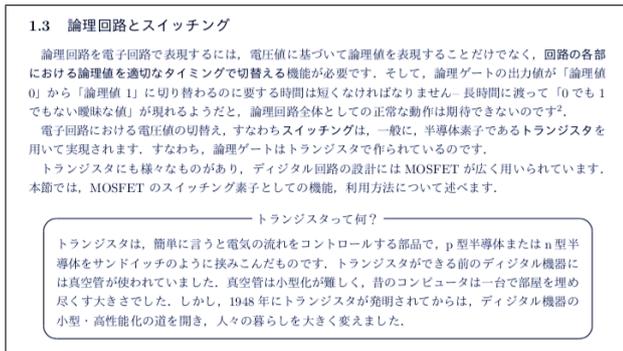


図 14 身近な内容を取り入れたコラム

表 2 実験のスケジュール

| | A | B |
|--------------------------|-----|-----|
| 1 日目：論理回路の設計と実装 (W1) | 従来版 | 改訂版 |
| 2 日目：アセンブリプログラミング演習 (W2) | 改訂版 | 従来版 |

時間に渡り行なった。実験対象者は、広島市立大学情報科学部の、情報科学基礎実験 α-1(A) をまだ受講していない 1 年生である。学内で実験参加者を募集したところ、1 年生 12 名 (男子 6 名, 女子 6 名) が集まった。

実験参加者の普段の授業に対する姿勢や自主的な勉強への取り組みに関するアンケート調査の結果から、学習意欲が全くないという学生はおらず、授業は比較的積極的に取り組んでいるが、予習・復習や自主的な勉強等、授業外での学習には積極的でない学生が多いことがわかった。また、授業内外問わず学習に対して意欲的な学生や、授業に対してあまり積極的ではない学生も参加している。

実験では、従来版と改訂版を比較することによって改訂版の有用性を評価するために、12 名の学生を 6 名ずつのグループ A・B に分け、表 2 のように、2 種類の課題を従来版と改訂版のそれぞれの教材を用いて取り組んでもらった。

学生からの質問に応じたり課題をこなしたことを確認するため、教員 1 名、学生 1 名に指導員として参加してもらった。実験中のルールとして、課題は完全に個人で行い、他の参加者に手伝ってもらうことは禁止した。しかし、指導員や他の学生に質問することは許可した。

4.3 被験者実験の結果と考察

4.3.1 アンケートの結果と考察

アンケートでは、様々な項目を用意した。以下の 6 つの観点で、アンケート結果について自由記述欄のコメントを一部抜粋しながら考察する。

- 「要件 1：現状の理解度を確認できるレベルチェック表の用意」が主体的学習の手助けになったか
- 「要件 2：選択式予想問題の用意」が主体的学習の手助けになったか
- 「要件 3：授業のゴールと現在地が確認できる全体図」が主体的学習の手助けになったか
- 「要件 4：身近な内容を取り入れたコラムや解説」が

主体的学習の手助けになったか

- 従来版と改訂版で学習者の学習意欲、理解、成長の実感に違いがあったか
- 従来版と改訂版における満足点・不満点

(1) 「要件 1：現状の理解度を確認できるレベルチェック表の用意」が主体的学習の手助けになっていたか

92 % (12 名中 11 名) の学生が、「レベルチェックは学習の手助けになった」と回答した。

- レベルチェックは心理的に「レベル 1 ならできそう」と、安心することが出来て良かった。
- 一つの問題に対し細かく問題が分かれており、それによって自分のレベルにあった課題からスタートすることができ、理解を深めることができた。
- 自分が分かっている部分は飛ばすことができるので、その分より多くの他の知識を得ることができた。また、どこがわからないかがよく分かるので、とても勉強しやすかった。

結果から、レベルチェック表によって、学習者の「深い理解」が促されていたことが分かった。しかしながら、学習者の成長の実感と学習意欲に対してのサポートがなされていたかは分からなかった。

(2) 「要件 2：選択式予想問題の用意」が主体的学習の手助けになっていたか

100 % の学生 (12 名中 12 名) が、「選択式予想問題は学習の手助けになった」と回答した。

- 論理回路演習を従来版テキストで取り組んだ時は、何がどうなっているのかあまり理解できていないまま課題をクリアしていたから、改訂版のようにしっかり予想することは大切だと思う。
- 予想を立てることでデバッグや組み立てがしやすくなった。
- 回路の挙動を予想し、自分で考えることで本当に自分が理解できているのか分かり、従来版で学習した時よりも、少し課題と違う問題が出題されたときに解くことができた。

学生は、選択式予想問題に対して大むね設計意図通りの反応を示していた。他にも、「予想を立てていないときは、ただ実験をしているだけで学んでいる実感がなかった」という意見もあった。

(3) 「要件 3：授業のゴールと現在地が確認できる全体図の用意」が主体的学習の手助けになっていたか

92 % (12 名中 11 名) の学生が、「授業の全体図は学習の手助けになった」と回答した。

- 視覚的に進行状況が確認でき、分かりやすかった。
- 次は何を学習するのか、全体的に見て今どのあたりを学習しているのかがわかるので、学習のポイントや学習のゴールが見えてやる気が出た。

- 勉強している実感がわいた。
- 従来版でも改訂版でもやる内容は変わらないので、(全体図は) 必要ないと思う。

学生は、授業のゴールと現在地が確認できる全体図に対して大むね設計意図通りの反応を示していた。「学習の手助けになった」と答えた学生の中には、「勉強している実感がわいた」という意見があり、自身の成長を感じ取っていると考えられる。しかし、そういった成長を実感した学生は少数派であった。

(4) 「要件 4：身近な内容を取り入れたコラムや解説の用意」が主体的学習の手助けになっていたか

83% (12名中10名) の学生が、「身近な内容を取り入れたコラムや解説は学習の手助けになった」と回答した。

- 自分の興味を広げるきっかけになり、また、それにより理解が深まった。
- 他の授業と関連づけることで意欲を高められた。
- 解説やコラムはダイレクトに学習につながらない。

学生は、身近な内容を取り入れたコラムや解説に対して大むね設計意図通りの反応を示していた。身近な内容を取り入れたコラムや解説は、学習意欲や深い理解の促進に有効的であると言える。

(5) 従来版と改訂版で学習者の学習意欲、理解、成長の実感に違いがあったか

実験の両日で、学習意欲、理解、および成長の実感に関するアンケートを行った。

学習意欲に関しての従来版と改訂版の比較を行った結果を表 3 に示す。結果から、改訂版の方が従来版より意欲的に取り組んでいた学生が多かったことがわかる。しかし、半分以上の学生は学習意欲に違いが見られなかった。学習意欲を高めるためのサポートに関しては改善の余地がある。

次に、成長の実感に関するアンケートの結果を、表 4 に示す。改訂版ではほとんどの学生が、「学んでいる実感や成長している実感」を感じていたが、こういったタイミングでそういった実感を持てたかは明らかにならなかった。また、改訂版の方が学びや成長を実感していた学生は7名、実感に違いが見られなかった学生が5名だった。従来版の方が成長を実感できていた学生はいなかった。改訂版の全ての要素、すなわち要件一つ一つの相互関連によって成長を実感していたのではないかと考えられる。

最後に、授業内容の理解に関するアンケートの結果を、表 5 に示す。また、改訂版の方が理解できていた学生が6名、違いがなかった学生が4名、従来版の方が理解できていた学生が2名であった。この結果から、「理解している実感」は改訂版の方が湧きやすいことがわかる。

(6) 従来版と改訂版における満足点・不満点

2日目の実験後、従来版と改訂版におけるそれぞれの満足点・不満点を学習に挙げてもらった。以下に学生からの

表 3 「実験中、もっと先に進みたい、理解したい等の学習意欲がありましたか？」回答集計

| | 従来版 | 改訂版 |
|-------------|-----|-----|
| 1：常にあった | 2名 | 5名 |
| 2：たまにあった | 6名 | 6名 |
| 3：どちらとも言えない | 4名 | 1名 |
| 4：あまりなかった | 0名 | 0名 |
| 5：全くなかった | 0名 | 0名 |

表 4 「実験中、学んでいる実感、以前よりも成長している実感がありましたか？」回答集計

| | 従来版 | 改訂版 |
|-------------|-----|-----|
| 1：常にあった | 3名 | 9名 |
| 2：たまにあった | 5名 | 2名 |
| 3：どちらとも言えない | 1名 | 1名 |
| 4：あまりなかった | 3名 | 0名 |
| 5：全くなかった | 0名 | 0名 |

表 5 「実験の内容をどれくらい理解しましたか？」回答集計

| | 従来版 | 改訂版 |
|---------------|-----|-----|
| 1：すべて理解した | 1名 | 2名 |
| 2：おおむね理解した | 4名 | 8名 |
| 3：半分くらい理解した | 6名 | 1名 |
| 4：あまり理解できなかった | 1名 | 1名 |
| 5：全く理解できなかった | 0名 | 0名 |

コメントを抜粋する。

- 従来版はいきなり課題が渡されてどこから取り組んでいいかわからなかったが、改訂版は一つ一つステップアップしながら課題に取り組めて良かった。
- 改訂版では段階的に進められたので、課題を取り組みやすかった。しかし、できる人にとっては従来版の方がスピーディーに進めると思う。
ただ、改訂版は字が多く色々なところに目がいった。
- 従来版はつまづいたら、つまづきっぱなしでわからない人向けではないと思った。改訂版は、とても勉強がしやすかった。

アンケートでは、「段階的に課題を進めることで理解が深まった」という意見が非常に多かった。また、「初めて学習する際は改訂版の方が理解しやすい」という意見も多く挙げられていたことから、提案手法は、理解に自信がない学習者にとっては理解の手助けになりやすく主体的な学びを促進できることが期待される。しかしながら、理解に自信がある学習者への対応については検討の余地がある。

4.3.2 理解度テストの結果による考察

従来版と改訂版による理解度の差を比較するために、理解度テストを行った。以下、論理回路の設計と実装、アセンブリプログラミング演習に分けて考察する。

(1) 論理回路の設計と実装

論理回路の設計と実装の課題は全部で6つ用意したが、

その内全員が課題をこなせたのは課題3までである。よって、課題3の内容に対しての理解度を確認する問題を比較対象の例を挙げる。以下の問題2の内容は、課題3において学習者に理解して欲しい項目の一つである。

問題2: MOFETは電子的なスイッチですが、どんなときにオンになってどんな時にオフになりますか？

解答結果から、改訂版テキストを用いた学生と従来版テキストを用いた学生とでは、正答率に大きな差が生まれていることが分かった。従来版では、「わからない」と回答した者が2名いたが、改訂版は全員が回答していて正答率はほぼ100%であった。また、改訂版の方がより詳細な解答だった。要因としては、改訂版では、MOSFETについて理解するためのサポート問題を用意したのに対し、従来版では「MOSFETについて解説を読んで理解せよ」としか書かれていないことが挙げられる。

(2) アセンブリプログラミング演習

アセンブリプログラミング演習についての理解度テストでは、アセンブリプログラムのサンプルコードの挙動を答えさせるような問題のみを出題した。結果として、理解度テストによる正答率には、従来版と改訂版に大きな差は見られなかった。問題が学習者にとって簡単であったため、理解度に差がつきにくかったと考えられる。

4.3.3 演習の終了までに要した時間の比較

(1) 論理回路の設計と実装

「論理回路の設計と実装」の演習は課題がW1-1からW1-6までである。各課題に要した時間を平均演習時間とする。表6に各課題ごとの平均演習時間を示す。カッコ内は、課題をこなした人数を表している。

表6 従来版と改訂版の平均実験時間の比較
(論理回路の設計と実装)

| 課題 | 従来版 | | | 改訂版 | | |
|------|--------|----|----|--------|----|----|
| | 平均 | 最短 | 最長 | 平均 | 最短 | 最長 |
| W1-1 | 20(6名) | 13 | 33 | 26(6名) | 8 | 52 |
| W1-2 | 49(6名) | 27 | 74 | 65(6名) | 38 | 79 |
| W1-3 | 67(6名) | 54 | 97 | 74(6名) | 42 | 93 |
| W1-4 | 55(3名) | 40 | 65 | 64(2名) | 52 | 76 |
| W1-5 | 65(1名) | 65 | 65 | 61(1名) | 61 | 61 |
| W1-6 | -(0名) | - | - | 29(1名) | 29 | 29 |

全員がクリアした課題はW1-3までで、その全てにおいて改訂版の方が時間がかかっていた。改訂版では、要件1により、取り組む問題数が増えたことが要因として挙げられる。実際の授業に当てはめるとなると、改訂版の問題を精査する必要がある。また、W1-4以降に取り組むことができた学生は、従来版でも改訂版でもあまり平均演習時間に大きな差は見られなかった。

(2) アセンブリプログラミング演習

「アセンブリプログラミング演習」は課題がW6-1から、W6-5までの5問から構成されている。表7に各課題ごと

表7 従来版と改訂版の平均実験時間の比較
(アセンブリプログラミング演習)

| 課題 | 従来版 | | | 改訂版 | | |
|------|--------|----|----|----------|----|-----|
| | 平均 | 最短 | 最長 | 平均 | 最短 | 最長 |
| W6-1 | 68(6名) | 55 | 98 | 101*(6名) | 53 | 184 |
| W6-2 | 79(4名) | 55 | 96 | 60(4名) | 50 | 75 |
| W6-3 | 31(1名) | 31 | 31 | 37(3名) | 31 | 44 |
| W6-4 | -(0名) | - | - | -(0名) | - | - |
| W6-5 | -(0名) | - | - | -(0名) | - | - |

*演習内容を大きく勘違いしていた被験者が1名いた

の平均演習時間を示す。カッコ内は、課題をこなした人数を表している。

1つ目の課題は、従来版の方が平均演習時間が短かったが、2つ目と3つ目の課題では、改訂版の方が早く課題を終了させていた。改訂版では1つ目の課題において、アセンブリプログラムの一つ一つの命令の意味を確認したりプログラムの挙動を予想するような問題を設定したことによって、後の課題ではプログラムをスムーズに書くことができたのではないだろうか。一方、従来版では、「解説を読んで理解し、実装して挙動を確認せよ」と指示されていただけで、理解は学習者に委ねられていた。これによって、学習者は曖昧な理解のままプログラムを書くことになり、途中でつまづいてしまった可能性が高い。

5. まとめと今後の課題

本研究では、授業における学習者の主体的な学びの促進を目的とした授業設計手法の提案とその評価を行った。その結果、提案手法に基づき設計した授業は主体的な学びを促進できる可能性が高いことがわかった。

今後の課題として、授業設計の質の向上や理解に自信がある学習者への対応等が、実験により見つかった。また、発展的課題として様々な授業への適用と、適用手順のメソッドの確立が挙げられる。

参考文献

- [1] 生涯学習政策局政策課(2017年12月):平成28年度文部科学白書第5章 高等教育の充実, http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpab201701/detail/1398214.htm (2019年1月参照)
- [2] 大藪加奈:アクティブ・ラーニングの手法:共通(教養)教育英語科目における実践報告, 外国語教育フォーラム, Vol.9, pp.51-67(2015)
- [3] 近藤真唯:教職課程における反転授業の活用と学習効果, 千葉商大紀要 53(1), pp.103-117(2015)
- [4] 広島市立大学情報学部:情報科学基礎実験 α-1(A) テキスト 2018年度版(2018)
- [5] 有馬祐介:自己決定理論に基づいた児童の意欲を高める授業の開発, 東京学芸大学教職大学院年報, Vol.6, pp.61-72(2017)
- [6] 井上明人:ゲーミフィケーションー〈ゲーム〉がビジネスを変える, NHK出版(2012)