

Computer Based Test and Training を活用した 反転授業における授業進度調整方法の実践と評価

山川 広人^{*1}, 上野 春毅^{*2}, 小松川 浩^{*1*2}

^{*1} 千歳科学技術大学 情報システム工学科

^{*2} 千歳科学技術大学 大学院 光科学研究科

Developing Practice of Formative and Flipped Classroom Using Computer Based Test and Training

Hiroto Yamakawa^{*1}, Haruki Ueno^{*2}, Hiroshi Komatsugawa^{*1*2}

^{*1} Information Systems Engineering, Chitose Institute of Science and Technology

^{*2} Graduate School of Photonics Science, Chitose Institute of Science and Technology

本研究グループでは、授業に必要な知識について、学生の予習段階での習得・トレーニングと、授業開始段階での知識習得度の形成的評価の両面を狙った Computer Based Test & Training 機能を持つ e ラーニングシステムを開発し、この活用を前提とした形成的反転授業モデルを提案してきた。本稿はこの実践事例を動的な授業進度の調整が行えるようにさらに発展させた上で、他のプログラミング言語の授業に授業モデルを適用し、その有用性を議論する。

キーワード: 反転授業, e ラーニング, 完全習得学習, 高次能力学習, プログラミング教育

1. はじめに

プログラミング教育では、プログラミング言語の文法や、プログラミング言語特有の指向や設計手法を学びながら、それらを活用できるスキルとして身につけられることが重要である。このため情報系のカリキュラムのプログラミング科目では、復習回の授業で単元の習得を狙う構造的な授業展開の中で、講義部分で知識を学び、実習・演習部分で学んだ知識を活用し身につけることを狙った授業スタイルが基本的なものとして用いられている。その一方で、プログラミング科目に反転授業を導入する実践も報告されている⁽¹⁻²⁾。反転授業では、本来講義部分の役割であった基礎的な知識の取得やトレーニングを予習部分に移した上で、その知識を活用し身につけるための実習・実践・アクティブラーニングの時間を授業内で確保する授業スタイルを導入できる⁽³⁾。これにより、一度の授業で講義・実習を行う授業スタイルに比べ、学生のより深い知識の理解・より高度なスキルの獲得(高次能力学習)や、授

業進度の中で取り残された学生の挽回・一定水準までの引き上げ(完全習得学習)につながることを期待されている。ただし反転授業は、単に予習を課せばこれらの効果が得られるものではなく、効果を導くための授業内の進め方の工夫も行うことが肝要となる。

こうした背景の中で、本研究グループは e ラーニングを活用した反転授業モデルを提案してきた⁽⁴⁾。この提案では、学生の事前学習段階での知識の習得・トレーニングと、授業開始段階での知識習得度の形成的評価の両面を狙った Computer Based Test & Training 機能を持つ e ラーニングシステムを開発した。さらにこのシステムの活用を前提とした形成的反転授業のモデル (Formative and Flipped Classroom) を提案し、プログラミング言語の授業実践を通じて、定期試験結果の得点分布が高得点側に推移する効果などを示した。本稿はこの実践事例をさらに発展させ、他のプログラミング言語の授業に授業モデルを適用し、その効果を評価するものである。授業モデルの適用では、授業開

始時の形成的評価による知識習得度の判定結果と各回の授業の課題達成状況に基づき、教員が学生の授業内での状況を量的に把握・判断しながら授業進度の調整を狙う工夫を施す。これにより、授業モデルとその有効性を議論する。

2. 本研究の位置づけ

高井, 水谷 (2016) ⁽¹⁾は, Java プログラミングの授業時間中に確保していた講義時間を, 講義ビデオによる事前学習に置き換えることを狙い, その教材の作成・配信環境を整備した。受講者および教授者に対するメリットとして, 受講者が予習をしやすい環境となったことを歓迎する声や, 受講者が分からない部分をビデオ教材で指し示しながら教授者がピンポイントで指示を行う適応的な指導を行えたメリットのほか, 講義ビデオだけでは十分な事前学習が行えない懸念を述べている。鈴木, 廣川 (2017) ⁽²⁾は, コンピュータシミュレーションを題材とする科目でペアプログラミングとともに反転授業を導入した。この中で事前学習を行う LMS 上のログと成績の相関について述べている。

これらに対し本稿は, これまでに提案してきた e ラーニングを活用した形成的反転授業モデル⁽³⁾の実践事例をさらに発展させ, 他のプログラミング言語の授業に授業モデルを適用する。さらに反転授業の完全習得学習への効果に着目し, この視点から提案モデルの有効性を議論する。

3. 形成的反転授業モデル

本研究チームでは授業に取り組む単元について形成的テスト・事前学習を可能とするシステムを開発し, これを活用する形成的反転授業モデルを提案してきた。本章でこのシステムおよび提案モデルについて述べる。

3.1 Computer Based Test & Training システム

反転授業を実現するためには, 学生が授業内で求められる知識の習得やトレーニングを予習段階で十分に進められることが望ましい。この予習段階の支援には, e ラーニングを中心とした ICT システムが効果を発揮

するであろう。本研究チームは先行研究において, 学生が予習段階で到達すべき目標 (知識の習得度合い) にむけ, 習得度を確認しながら段階的・反復的に知識を学べることを狙った **Computer Based Test and Training** 機能をもつ e ラーニングシステムを開発した。システム概要を図 1 に示す。Test 機能は, 学生の知識習得度を形成的に判定する (以後, これを形成的テストと表記する) 機能である。Training 機能は, 学生が課せられた水準や学生自身の目標にむけて, 知識習得に繋がる教材を学ぶ (以後, これを事前学習と記載する) 機能である。形成的テストと事前学習のための教材は単元ごとに複数の難易度レベル⁽⁴⁾に分けられ, 教材集に整備される。形成的テストでは最尤推定法を用いた項目反応理論 (IRT) をベースとした出題モジュール⁽⁵⁾を実装している。教材集から出題を行い, 正解・不正解の状況から常に受験者の能力値 (回答可能と推測される難易度) を推定し, 適応する難易度から新たに出題を行う。これを繰り返すことで, テスト終了時に受講者の能力値が判定される。本研究ではこの判定された能力値を予習段階の知識の習得度合いとみなしている。事前学習では, 学生は難易度を指定して問題群を演習できる。また, 形成的テストを模擬受験し, 能力値の判定や不正解となった問題の確認もできる。また解説として用意された教科書を用いて背景知識の確認も行える。これにより, 学生は授業で求められる知識の習得度合いを目標として, 自らの能力値を確認し, 反復的に学習できることを狙っている。

3.2 システムを活用する形成的反転授業モデル

3.1 節で述べたシステムにより, 授業で取り組む単元について, 学生の予習段階での知識習得度が可視化された形での反転授業が可能となる。本研究チームはこれを活用し, プログラミング教育に代表されるような, 複数回の授業で単元の学習の達成を目指す構造的な授業展開を行う科目への反転授業の適用を意識した, 形成的反転授業のモデルを提案してきた。提案モデルを図 2 に示す。このモデルは, ひとつの単元の習得を 3 回 (3 週) 分の授業進度で狙うことを想定している。

¹ 本研究では, 3.2 に後述する形成的反転授業モデルの単元の授業進度にあわせ 7 段階 (レベル 1~7) に分けている。

² モジュール内の出題方法や実画面等は参考文献 (7) に詳細を述べており, これを参照されたい。

1 週目は用語の理解などを狙った入門部分であり、形成的テストの難易度 1,2 段階の教材で得られる知識の活用や実習を通じてスキルとしての習得を狙う。同様に 2 週目は単元の基軸となる基本部分（難易度 3~5 の教材に対応**）、3 週目は単元の応用部分（難易度 6,7 の教材に対応）に定めている。3 週目はその単元の習得のゴールとなる。予習部分と授業開始時に 3.1 に示したシステムを用いる。予習部分では、学生は受講する週の難易度にあわせて、解説やトレーニング機能を用いて必要な知識の事前学習を行う。授業部分では、学生はまず形成的テスト機能を用いて、必要な知識の習得度を判定する。受講者全体の判定結果は教員も確認し、グループワーク（実習）や個人の到達度を確認する課題の実施にむけて授業内の動きを工夫できる。これにはグループワークを行う際の受講者の配置や、全体的に習得が不足していると思われる部分の補足が挙げられる。また単元全体としても、1 週目をプレ段階、3 週目をポスト段階として考え、学生が各週のテストの判定結果を振り返りながら、必要な復習や反復学習を行うように促すことも可能となる。

先行研究ではこの授業モデルを C プログラミングの授業に適用した上で、学習効果を検討した。その結果、授業モデルの適用前と比較し、適用後は定期試験の平均点の上昇に有意な差がみられた。また形成的テストの判定結果の人数推移（1 週目は能力値が低い判定の学生が多く、3 週目は能力値が高い判定の学生が多い）と同期するように学生の反復的な事前学習が進む点、学生アンケートでは形成的テストの実施で能力値が可視化されることに肯定的な意見が多数集まった点から、システムの利用や提案授業モデルが知識定着を伴う実効的な反転授業の実現につながる可能性を示した。

4. 新たな授業への授業モデルの適用

本稿は、3.2 節で述べた形成的反転授業モデルをさらに発展させ、他のプログラミング言語の授業に授業モデルを適用する。対象にはある大学の情報系学科の Java プログラミングの授業を選択した。この授業は、Java 言語の基本文法や標準ライブラリの利用法を学び、オブジェクト指向のコンセプトを意識したプログ

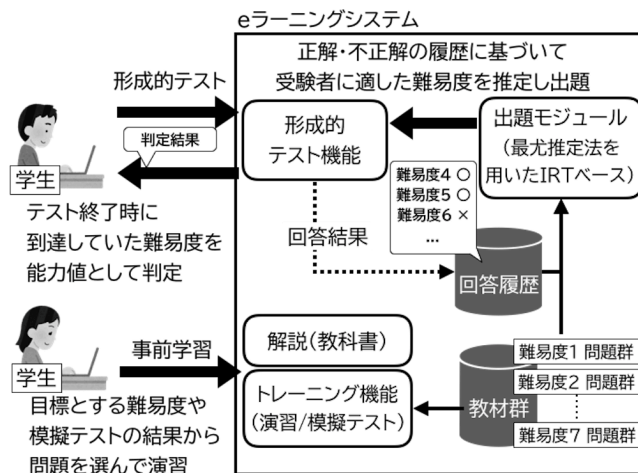


図 1 Computer Based Test and Training の概要図

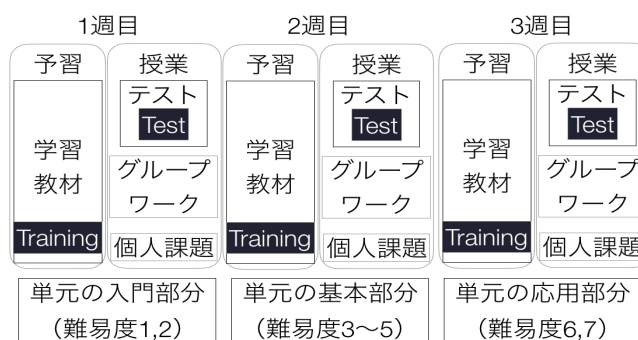


図 2 形成的反転授業のモデル

ラミングスキルの習得を狙いとしている。この授業は一度の授業で講義・実習を行う従来型のスタイルで実施されていた。しかしながら授業が進むにつれ単元の理解や習得につまずき、新たな単元の内容の理解が進まない受講者が増加することや、教員による受講者個々の経過の把握や支援、受講者自身による挽回も難しい問題があった。そこで提案モデルを適用するにあたり、つまずいた学生を一定の水準にまで引き上げる、いわゆる完全習得学習の効果を狙い、提案モデルに動的な授業進度調整の工夫を行うこととした。工夫を行ったモデルと適用方法は 4.1 節に、モデルを適用する授業の計画と準備は 4.2 節に示す。モデルの適用および授業の計画と準備、および 5 章に述べる実践は、主となる教授者を先行研究の実践事例とは別の教員に変更した。これにより提案モデルのさらなる有効性を示すことを狙っている。

4.1 動的な授業進度調整方法を加えた授業モデル

Java プログラミングへの導入を想定した授業の進

**基軸となる内容では学習・利活用する知識量が多くなると仮定し、2 週目のみ 3 段階分の教材を割りあてている。

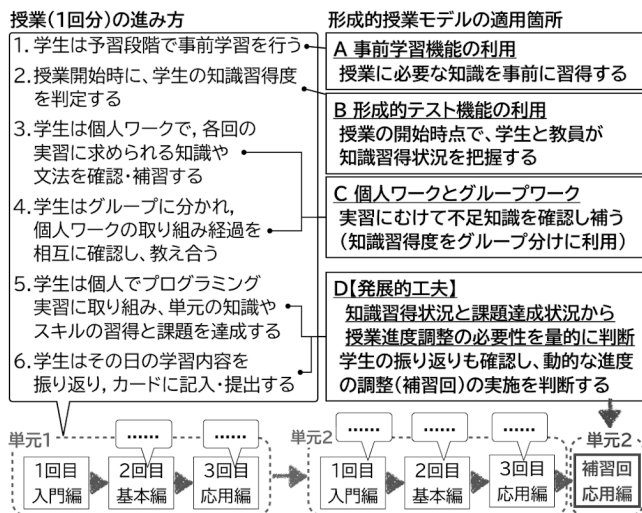


図3 授業の進み方と形式的反転授業の適用箇所

み方と授業モデルの適応箇所を図3に示す。図中左側の「授業(1回分)の進み方」の1~6は、形式的反転授業モデルを適用した上での授業の流れを箇条書きにしたものである。図中右側は、進み方1~6に対応する授業モデルの適用箇所A~Dを表している。図中下側は、単元ごとの授業回数を表している。ひとつの単元に3回(3週)分の授業の割り当てを基本としている。

進み方1の事前学習には、3.1節の事前学習機能を利用する(図3のA)。同じく、進め方2の知識習得度の判定には、3.1節の形成テスト機能を用いる(図3のB)。これにより受講者は予習段階で授業に必要な知識を事前に習得し、授業開始時にその成果を表す知識習得度を判定・確認する。また教員もシステムの管理機能を用いて、受講者全体の習得度を把握する。

進み方3, 4の個人ワークおよびグループワークは、実習の準備となる部分である。具体的には、実習に必要な知識・文法・概念を穴埋め・記述・作図などで問うワークシートを用意し、受講者はこれを個人で達成できるように取り組む。わからない部分には事前学習用の解説教材などを用いて、知識の補習を図るよう促す。次に、受講者はグループに分けられ、グループ内の全員がワークシートの内容を正答し説明できることを目標に、答え合わせやわからない部分の相互の教え合いをグループワークで行い、TAや教員のチェック

を受ける。グループ分けには、その日の形式的テストの判定結果を用いて、習得度が高い・低い受講者の人数がグループ間で偏らないように配慮する(図3のC)。個人ワーク・グループワークを通じて、事前学習が足りない受講者が知識を補うことや、知識を十分に習得した学生のより深い理解を期待している。

進み方5は、授業の達成段階となるプログラミング実習となる部分である。受講者は事前学習で得た知識や個人ワーク・グループワークで補った知識を用いて、課せられたプログラム課題の完成にむけて個別に取り組む。課題を達成した学生は、進み方6に移り、その日の学習内容の振り返りを文章としてカードにまとめ、提出する。本研究における提案モデルへの発展的工夫として、教員が形式的テストによる受講者全体の知識習得状況と課題の達成状況を量的に確認し、動的な授業進度の調整の実施を判断することを追加した(図3のD)。この工夫は、受講者全体の知識習得度や実習の進捗を測定できるようにすることで、授業進度や単元の難易度の上昇に応じて学生が置かれている状況を察知し適応する形で、受講者の安全網となる対応策を設けられることを狙っている。具体的な授業進度の調整方法には、進み方6の学生の振り返りも参照しながら補習が必要と思われる知識・スキルを見定めた上で、次のワークシートや課題内容にフィードバックすることや、単元に割り当てられた授業回数を超えて重点的な補習を扱う授業を追加するといった進行速度自体の調整が挙げられる。

4.2 授業計画と事前準備

4.2の提案モデルを実践するには、授業計画(授業モデルに沿った単元の中での段階分け・授業日の割り当て)を定め、対応する事前学習用の教材準備を行う必要がある。本研究で定めた単元・段階・教材の難易度の対応を表1に示す^{††}。各単元の入門部分は単元の内容の語句・文法の確認(教材難易度3程度)、基本部分は単元の内容を使うプログラミングの練習(教材難

^{††} 表1に示す各単元の内容は次の通りである。単元①はJava言語で変数、条件分岐、繰り返し、演算処理等のプログラミングの概念を記述するための文法・キーワードと、Java仮想マシンでプログラムを動作させるコンパイル・実行方法を身につける。単元②はクラスとインスタンスの関係、フィールド、メソッドの記述と利用方法を学び、オブジェクト指向の基本的なコンセプトを身につける。単元③はクラス図の書き方を学んだ上で、カプセル化、継承、多様性を用いたより高度なオブジェクト指向のプログラミングスキルを身につける。単元④は例外処理やクラスメソッドについて学んだ上で、標準ライブラリの使い方として可変長配列の操作やファイル操作を身につける。

易度 5 程度)、応用編は単元の内容を用いて自らプログラミングを考えた実装(教材難易度 7 程度)ができることが目標となるようにした。図 2 に示した先行研究段階の授業モデルでは、入門編は 2 段階の教材と定めている。この授業では受講者にとってオブジェクト指向に関わる新出の語句や文法を学ぶ分量が多いことから、入門編に 3 段階分の教材を割りあてた。また提案モデルの工夫部分には、授業進度の調整の必要が生じたときの予備となる授業回が必要である。これを 13～15 回分に確保している。仮に授業進度を調整しない場合も、発展的な授業内容が導入できる。

事前学習用の教材について、解説(教科書)となる部分は、教員が単元の内容を説明するスライドと動画を用意した。スライドは従前の授業で、対面での解説に用いたものである。動画はこのスライドに教員の音声吹き込み、再生できるようにしたものである。動画は 1 つあたり 3～5 分の内容で、単元ごとに 10～15 個程度準備した。音声は、従来の対面型での解説が動画で代替できるものになるよう意識した。形成的テストとトレーニング機能の問題を兼ねる部分は、ひとつの難易度ごとに 10 問程度を目安として、単元で約 60 問～80 問となるように整備した。これは、先行研究の形成的テストの仕様にそったものである。

提案モデルの下で授業を進めるには、授業で必要とされる知識習得度を目標として、きちんと事前学習を行うことが前提となる。今回の実践では、履修前の学生に表 1 の初期スケジュールを予め提示した上で、「各単元の応用編の形成的テストまでに、知識習得度が 7 と判定されるように予習する」こと、「判定されたレベルは最終的な成績の配点に組み込む」ことを伝え、学生にとっての予習の意義を持たせている。

5. 実践とその結果

4 章で述べた授業モデルの工夫と事前準備を行った上で、2017 年度(履修者 75 名)および 2018 年度(履修者 96 名)の 2 期にわたり、実際の実践を行った。本章では形成的テスト、授業進度調整、期末テストのそれぞれの結果について述べる。

5.1 形成的テストの結果

提案モデルでは形成的テストを用いることで、毎回

表 1 授業の初期スケジュールと知識習得度の対応

#	単元	段階	必要な知識習得度 (教材難易度)
1	①基本文法と 実行方法	入門編	難易度 3 程度
2		基本編	難易度 5 程度
3		応用編	難易度 7 程度
4	②クラス構造	入門編	難易度 3 程度
5		基本編	難易度 5 程度
6		応用編	難易度 7 程度
7	③クラス設計	入門編	難易度 3 程度
8		基本編	難易度 5 程度
9		応用編	難易度 7 程度
10	④ライブラリ と例外処理	入門編	難易度 3 程度
11		基本編	難易度 5 程度
12		応用編	難易度 7 程度
13～15 は、授業進度の調整用の予備			

の授業の開始時点で受講者自身と教員が知識習得状況を把握できることを狙っている。各単元での形成的テスト判定結果について、図 4 には 2017 年度、図 5 には 2018 年度の結果を示す。どちらの年度も、単元の中で 1 回目は習得度が低い学生が目立ち、3 回目は習得度が高い学生が目立っている。これは表 1 でも示した単元ごとの段階に必要な知識習得度にあわせて、多くの受講生は事前の準備を行った上で授業に参加していると見なすことができる。一方で単元②に目をむけると、その他の単元と比べ、2 回目・3 回目に段階が進んでも高い難易度の判定に到達できず、習得度が 1～3 と判定されている学生が多く見受けられる。これは単元①から②に授業が移り変わる段階で理解や習得につまずき、各回の課題の達成のための前提となる知識・スキルが不足している学生が増加している可能性を考えることができる。診断結果を各回に必要な知識習得度と照らし合わせて示すことで、受講者には、自身にとっての授業の難易度、挽回のための授業や次回以降の事前学習への取り組み方・心構えの改善を促せる。さらに教員が全体の判定度合いの分布から、各回の授業の中での工夫や立ち回り方だけでなく、授業進度の調整の必要性を判断する指標に用いることができるようになる。

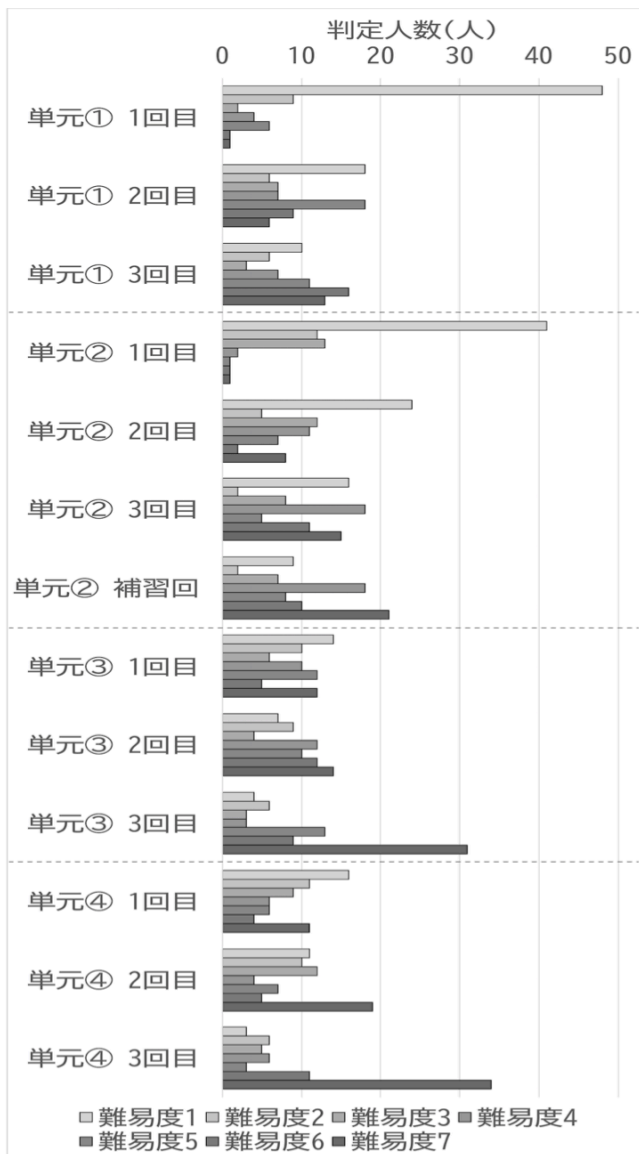


図4 各単元での形式的テスト判定結果(2017年度)

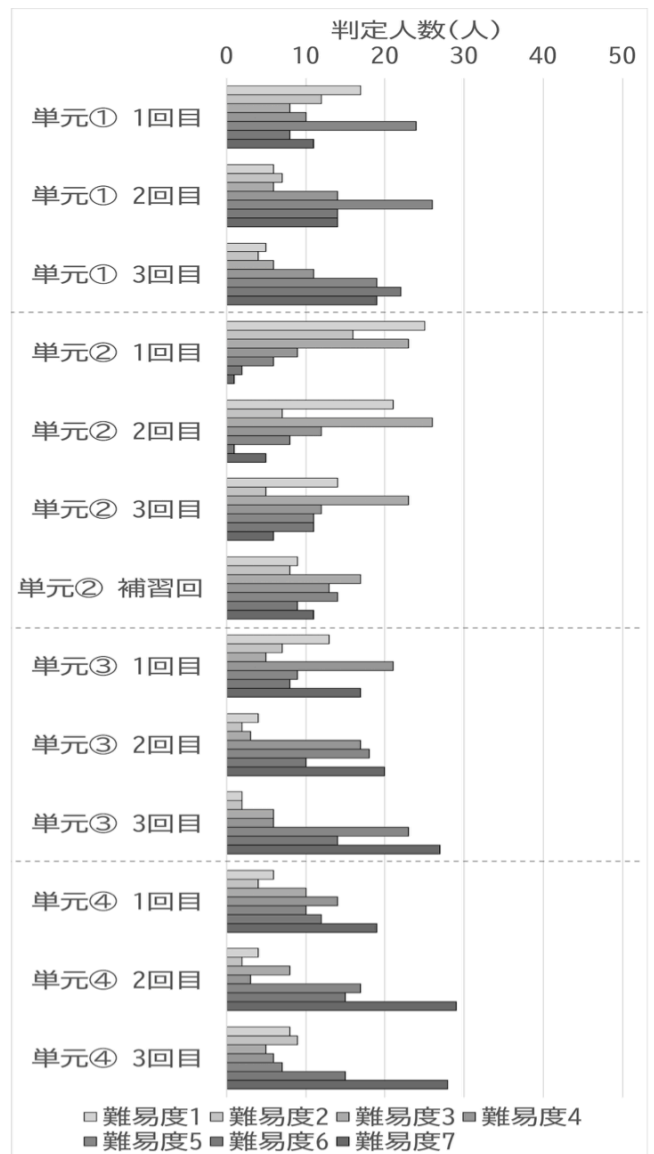


図5 各単元での形式的テスト判定結果(2018年度)

5.2 授業進度調整の結果

提案モデルでは形式的テストと課題の達成状況から、教員が動的な授業進度調整の実施を判断できることを狙っている。これを判定するための指標となる各単元の知識習得状況と課題の達成状況について、表2に2017年度のもの、表3に2018年度のものを示す。表の中で指標Aは、形式的テストの習得度の判定結果が難易度3以下の受講生の割合である。入門編を難易度3程度としているため、指標Aは基本編・応用編にむけた事前学習段階の知識習得が十分でない者の割合と捉えられる。指標Bは各回の授業の達成条件となる課題を完了できた受講生の割合である。これは、事前学習段階の知識習得が十分でなかったとしても、個人ワークやグループワークを通して課題達成に必要な知

識を補い、各回の目標を到達できた者の割合と捉えることができる。2017年度、2018年度はともに、単元②の3回目で、指標Aは3割以上と大きく、指標Bの数値が9割から8割に低下している。これは言い換えれば、単元②の完了予定の授業進度の段階で、その単元の知識の習得度が入門編にとどまっておき、かつ課題達成に至っていない者が多く残っていると見える。実際の授業では、学生がグループワークとプログラミング課題に多くの時間をとられており、授業時間が終了してから1時間程度残って演習を完了した例も多数見られた。この回の学生の振り返りコメントでは、「難しい」「理解できない」といったネガティブな趣旨が目立った。教員は単元の中でまさにつまずいている学生が発生していると判断し、7回目にあたる授業は課題②について補習回を予備回から補填する形で実施した。

補講回の内容は、単元②の基本編までは指標 B も順調であったことから、ワークシートに基本編から応用編の中で段階的な確認内容や類題を用意し、また単元の追加課題を用意することで知識定着の重点化を図った。この補習回の結果では、指標 A, B が改善し、受講者の振り返りも「前回よりも理解できた」「流れがわかった」「インスタンス化（単元②の語句）が理解できた」といった前向きな趣旨のコメントが増えた。これを確認した上で教員は、通常の授業進度に戻し、単元③の開始を 8 回目から戻す行うことにした。このように受講者の形成的テストの結果（指標 A）と、課題の達成状況を量的に把握し、現場での受講生の様子もあわせることで、授業進度の調整の必要性に気づく・判断を行うきっかけに活用できる事例となった。

ただし、この指標だけでは必ずしも判断基準に十分ではない場合もあった。具体的には 2017 年度の単元③にも補講回を実施した。これは指標 A, B では大きな問題はみられなかったものの、グループワークや課題達成の確認において、多くの TA から「受講者が自ら考えてカプセル化する部分がうまく行われていない」と報告があったためである。受講生の振り返りも単元③の知識の語句を使い「public, private の使い分けが難しい」「カプセル化の利点がわからない」といったコメントが見られた。指標 A, B はあくまで判断項目の一つであり、より多くの情報を判断基準に吸い上げられる工夫や、授業進度を調整すべき具体的な基準値の確立は今後の課題である。

5.3 期末テストの結果

提案モデルの学習効果を確認すべく、表 4 に提案モデル導入前後の定期テスト結果を示す。2016 年度は従来型、2018 年度は提案モデルを導入した授業である。試験内容は同一であるが、従来型は 61～70 点に人数が集中している。提案モデル導入後は、81～90 点、91～100 点にそれぞれ人数が集中している。これは提案モデルの手法が従来型に比べ、特につまずいた学生を一定の水準にまで引き上げる、いわゆる完全習得学習にむけた効果が大きいことの一面と考えられる。この定期試験での得点底上げの結果は、主となる教授者や学習内容が異なる先行研究の C プログラミングでも同様の効果が得られている。これは提案モデルが、授業

表 2 各単元の授業進度を判定するための形成的テスト結果と課題の達成状況(2017 年度)

単元	回数	指標 A	指標 B
単元①	1 回目	83%	99%
	2 回目	44%	93%
	3 回目	29%	97%
単元②	1 回目	93%	93%
	2 回目	59%	99%
	3 回目	35%	85%
	補習回	24%	96%
単元③	1 回目	43%	100%
	2 回目	29%	100%
	3 回目	19%	100%
	補習回	実施なし	100%
単元④	1 回目	57%	100%
	2 回目	49%	94%
	3 回目	21%	実施なし
指標 A 形成的テストで 3 以下の判定の受講生の割合			
指標 B 各回の課題を達成した受講生の割合			

表 3 各単元の授業度を判定するための形成的テスト結果と課題の達成状況(2018 年度)

単元	回数	指標 A	指標 B
単元①	1 回目	41%	99%
	2 回目	22%	100%
	3 回目	17%	99%
単元②	1 回目	78%	99%
	2 回目	68%	100%
	3 回目	51%	85%
	補習回	42%	93%
単元③	1 回目	31%	98%
	2 回目	12%	96%
	3 回目	13%	100%
単元④	1 回目	27%	99%
	2 回目	18%	96%
	3 回目	28%	実施なし
指標 A 形成的テストで 3 以下の判定の受講生の割合			
指標 B 各回の課題を達成した受講生の割合			

内容や教授者に依存せず、復習回の授業で単元の習得を狙う構造的な授業展開の中で完全習得学習の学習効

果を発揮することの示唆につながる。

6. 考察

本研究グループでは **Computer Based Test & Training** 機能を持つ e ラーニングシステムを開発し、これを用いた形成的反転授業モデルを提案してきた。本稿では 4.2 節に示した工夫部分を発展させ、形成的テストの判定結果と課題の達成状況を量的に把握し、これをアラート情報として捉えて動的な補講回を組み立てる工夫を行った。提案モデルと工夫の有効性について考えると、5.2 節の実践事例では、特に単元②の 3 回目につまずいた学生達を補習回で挽回させ、次の単元に移る体制を整えることができることを示した。ここで重要な鍵となったのは指標 A、指標 B の量的データではあるが、学生の振り返りコメントも大きな貢献を果たしている。学生が身につけていないと自覚している部分は、教員の具体的な補習内容の判断につながる。また、指標 A、B が良好であっても、実際に授業の中で学生が理解に不安がある（補習を考慮すべき）部分の把握も可能となる。このように、提案モデルの有効性は、受講者の状況を量的・内容的に拾い上げられるセンサー役の仕組みを、授業開始・終了時、単元の開始・終了時の両面に組み込み、都度、授業進行へのフィードバックを可能とするサイクルを実現できる部分にあると考えられる。センサー役を果たす仕組みの知見は、学生の授業の開始段階の理解度をテスト等で量的に把握する一般の反転授業に導入しやすいものとも考えている。

次に、提案モデルの課題について述べる。提案モデルでは、毎回の中で知識習得度の判定結果が優れない受講者は、個人ワーク・グループワーク等で知識を補填することを前提としている。この効果は個人ワーク・グループワーク自体の質にも左右され、ワークの質や効果を高めるための工夫などは議論できていない。授業内での受講者の動きに着目した学習効果へのつながりの詳細な分析や、これに伴う提案モデルの改善・新たな判断指標の検討なども課題である。

7. おわりに

本稿では、先行研究で提案した形成的反転授業モデ

表 4 モデル導入前後の定期テスト結果の人数分布

	2016 年度 (人)	2017 年度 (人)	2018 年度 (人)
51～61 点	2	1	1
61～70 点	19	2	3
71～80 点	14	20	21
81～90 点	16	20	32
91～100 点	16	29	25

注) 受験者数: 2016 年度 67 名, 2017 年度 72 名, 2018 年度 82 名. 50 点未満はどの年度も該当者なし.

ルを発展させ、他のプログラミング言語の授業に授業モデルを適用し、その効果を評価した。提案モデルには完全習得学習を狙った工夫を行った上で授業の計画・準備を実施し、2 年間ででの実践を行った。これにより形成的テストの結果と各回の課題達成状況の量的に把握と、学生の振り返りコメントを参考とすることで、授業進度の調整（動的な補講回の実施）の判定に活用できることを示し、その有用性を議論した。

謝辞

本研究は JSPS 科研費基盤研究(C)17K00492 の助成を受けたものである。

参 考 文 献

- (1) 高井久美子, 水谷晃三: "プログラミング教育における反転授業の試み", 情報処理 Vol.57, No.9, pp.916-919 (2016)
- (2) 鈴木聡, 廣川佐千男: "ペアプログラミングと反転授業を導入したコンピュータシミュレーション実習における履修者の学習活動の分析", 日本教育工学会論文誌 Vol.41, No.3, pp.255-269 (2017)
- (3) ジョナサン・バーグマン (著), アーロン・サムズ (著), 山内祐平 (監修), 大浦弘樹 (監修), 上原裕美子 (訳): "反転授業: 基本を宿題で学んでから, 授業で応用力を身につける", 株式会社オデッセイコミュニケーションズ, 東京 (2014)
- (4) 上野春毅, 加藤翼, 深町賢一, 立野仁, 光永悠彦, 山川広人, 小松川浩: "Computer Based Test and Training を活用した反転授業モデルの提案とプログラミング実習科目での評価", 教育システム情報学会誌(採録審査中)