

## e-Learning 学習履歴を用いた ドロップアウト兆候者早期抽出手法の 提案，検証および今後の可能性

高岡 詠子<sup>†1</sup> 大澤 佑至<sup>†2</sup> 吉田 淳一<sup>†2</sup>

我々は e-Learning (eL) を主とした Java プログラミング講義を 5 年間行い、学生の学習状況と成績の解析を行ってきた。また、ドロップアウト兆候者を対象とした少人数制対面型補習講義を行うという試みを行ったところ、プログラミングに対する学生の苦手意識を緩和させることに成功した。しかしドロップアウト兆候者の抽出は手作業で行っており抽出に遅れが生じるという問題点が残った。そこでこれまでの eL 学習履歴と成績に関する解析結果を基に、eL を主としたブレンド型講義においてドロップアウト兆候者を早期に発見するためのチェックシートを作成した。そのチェックシートを用いて、ドロップアウト兆候者を抽出できることが示された。抽出した学生に対面授業による補習を行うなどすることで、プログラミングに苦手意識を持つ学生を減らすなどの対応が可能であることに加え、その他 eL を主とする授業への様々な応用が考えられる。

### A Study on at-risk Students Prediction Utilizing Learning Activities of e-Learning Style Lectures

EIKO TAKAOKA,<sup>†1</sup> YUJI OSAWA<sup>†2</sup> and JUNICHI YOSHIDA<sup>†2</sup>

Web-based e-Learning has a big issue how to find out possible stopouts in an early stage of the course and to guide them to the desirable goal. This paper represents that we successfully helped the at-risk students overcome their programming phobia and develop the ability to create basic programs by offering a face-to-face class with small-group instruction for them, and the analysis on the relationship between students' lecture records and student activities for a blended-type e-Learning course for Java Programming. Based on the analysis, we proposed a check-sheet for detecting possible stopouts in the early stage of the course, applied the proposed check-sheet to some e-Learning course, and obtained that the proposed check-sheet can be able to detect at-risk students.

### 1. はじめに

90 年代に始まった e-Learning (以下 eL) がインターネットとともに爆発的に普及したが、21 世紀に入って eL の欠点が浮き彫りになってきた。これら欠点についての反省を重ねる中で、eL の持つ長所のみをそのまま生かしその短所を「対面学習」で補う形の教育・学習方法が定着し始めた<sup>1)</sup>。

我々は、平成 16 年から 5 年間にわたり、千歳科学技術大学における Java プログラミング授業において、対面型にはじまり、eL を取り入れた様々なブレンド形での講義を展開し、講義形式と学生の学習状況、成績に関するデータ解析を行ってきた。eL 型講義におけるドロップアウトの問題が以前から議論されているように、我々の講義においても、ガイダンス、2 回の対面授業および定期試験以外はすべて eL 講義のみという 18 年度の講義では、単位をとれない学生が 2 割も出現するという事態が起こった。そこで翌年度より、通常の学生には eL を適用し、講義中盤でドロップアウトしそうであった学生(ケアを必要とする学生、モチベーションの低下している学生を含む。以下、ドロップアウト兆候者)を対象とした少人数制対面型補習講義を行うという試みを行ったところ、プログラミングに対する学生の苦手意識を緩和させ、基礎的なプログラミング能力を身につけさせることに成功した。実際、ドロップアウト兆候者や補習の必要な学生のためのコースを通常講義と別枠で運用するのは教員の負担が大きく理想的な講義展開ができていないのが現状であるが、通常の講義に eL を適用し、補習講義に教員が集中できたことで理想的な講義展開になったと考えられる。しかし、補習対象者の抽出は、中間試験の結果によって教員が手作業でピックアップしており、ドロップアウト兆候者を特定するタイミングに遅れが生じるという問題点が残った。そこで、講義が始まってから比較的早い時点でドロップアウト兆候者を早期発見し、早いタイミングで教員による学生への適切な指導を行うためのメカニズムを構築することを考えた。それまでの eL 型講義における成績と学習状況の解析結果を基に「ドロップアウト兆候者」早期発見のためのチェックシートを作成した。さらに作成したチェックシートを 4 つの eL を主体とした講義に適用し、ドロップアウト兆候者をほぼ抽出できるという結果を得た<sup>2)</sup>。

<sup>†1</sup> 上智大学  
Sophia University

<sup>†2</sup> 千歳科学技術大学  
Chitose Institute of Science and Technology

教育の現場では、ある一定の法則に従って毎年、まったく同じような対応を行うということが難しい。大学入学前に受けてくる初等・中等教育のレベルは学生によっても年度によっても一定ではなく、入学後の学生をとりまく環境も様々である。就職難の時代において、就職活動における困難に直面する学生が増加傾向にあることも含め、これらの複雑な状況が学生の勉学のモチベーション維持にも影響を与えるため、年度、学生ごとに異なる細かい要素を吸収し、教員が適切な対応をとれるような仕組みが必須と考える。本論文で提案するチェックシートを活用して可能な限り早い段階で学生のドロップアウト兆候を見出すことは教育現場において必須である。

本論文では上記に述べた我々の5年間の研究結果を総合し、19, 20年度の少人数制対面型補習講義を受けた学生の成績やアンケート結果を紹介し、eLを主としたプログラミング授業における、少人数制対面型補習講義の有効性を述べる。次に、ドロップアウト兆候者の抽出のタイミングに遅れが生じるという問題点を解決するための早期発見チェックシートの導入を提案し、その有効性を評価する。最後にチェックシートを用いて抽出したドロップアウト兆候者に対し、どのような形でフォローアップすべきかについても論じる。

## 2. 関連研究

はじめに、eLを主としたプログラミング講義、eL型講義のドロップアウトに関する研究について述べる。

プログラミングの講義にeLを用いる研究については、高岡らが、単位認定型eL形式の授業においても対面型およびブレンド型授業と同じ水準の環境を学生に提供できること、Javaプログラミングの授業を単位認定型eL形式で効果的に運用することができることを示している<sup>3)</sup>。ここで、効果的な運用のためには、しっかりした授業設計に基づいたコンテンツの作成と毎年のコンテンツ改善を行うこと、ガイダンスやスクーリングを適切に行い、ドロップアウトしそうな学生を早めに発見・対処することが必要であることを指摘している。eL型講義のドロップアウトに関し、Martinezは、Attrition (eL学習者の人数が減ること)とRetention (1つのコースから次に進む学習者の数が増えること)という視点からeLの課題をとらえており、Attritionの中でも「学業の一時中断」をstopout、「退学」をdropoutと定義している<sup>4)</sup>。また、Martinezは、Attritionを減らすには、教材の配置を考えると、フィードバックをきちんとすることを提案している。Salmon<sup>5)</sup>は、UK公開大学の例をあげ、履修者(e-Learner)の35%以上が最初の課題提出の前にドロップアウトしてしまうことから、最初の課題がキーポイントであることをあげ、特に最初の段階において認知的

負荷(cognitive overload)を超えないことが重要と指摘する。この認知的負荷の考え方はTyler-Smithもe-Learnerがクリアすべき難関として指摘しており、コンピュータの操作に慣れること、LMSに慣れること、コンテンツの学習、対面型講義とeL型講義の差を納得してe-Learnerとなること、他学習者とのディスカッションをすること、そして最大のポイントはこれらの難関をクリアするためにスタートから最初の数週間でドロップアウトの兆候がある学習者を見つけることがカギであると述べている<sup>6)</sup>。その他ドロップアウトの原因として、自信がなくなってしまう<sup>7)</sup>、企業などではモチベーション低下、インストラクタの無能さなどが指摘される<sup>8)</sup>。

これらの先行研究と本研究の関連について述べる。本論文での「ドロップアウト兆候者」とはMartinezの定義するstopoutを指す(学習へのモチベーションがわずかに一時的に学習をやめてしまう)ことと定義する。我々はeL教材については毎年の講義ごとに学生へのアンケートをとり、教材の配置を含めて再構成を行い、学生に対するフィードバックを適切に行っている。また、本論文で扱う授業は理系単科大学で行われているため入学者のコンピュータの操作による負荷はほとんどないと考えてよい。eL型講義履修者は入学と同時に多くの教科でeLシステムを使用しており、eL型講義では必ずオリエンテーションと少なくとも2回の対面講義を途中で行うことで、認知的負荷の低減には極力努めている。つまり先行研究において議論されている、プログラミングの授業をeLを主として運用する際の注意点や問題点を意識して適切に運用を行っているといえる。我々はさらなる適切な運用においては、特に最初の数週間がカギであることをふまえ、ドロップアウト兆候者をeL型講義の初期段階で半自動的に抽出し、適切な指導を教員が与えるための枠組みにつなげたいと考えた。ドロップアウト兆候者を早期発見するための兆候を見つけるという関連研究には、ある課題に合格するまでの提出回数に制限をつけるかつけないかによってドロップアウトする学習者の学習パターンが異なるということを示唆した研究がある<sup>9)</sup>が、実際にそれらのキーを具体化してドロップアウト早期発見を半自動化に行うという試みはまだ少ない。

一方、補習授業が講義の質を上げ、学生のモチベーションを上げるという研究はすでに実績をあげている<sup>10),11)</sup>。さらに少人数制授業が学生/生徒間の相互作用を高め、教育的に効果的な手法であることもいわれている<sup>12),13)</sup>が、eLを主としたブレンド型講義において通常の学生にはeL講義を適用しドロップアウト兆候者には少人数制の対面補習授業を行うという試みは文献14)で報告されているほかにはない。

このような先行研究をふまえ、我々の5年間にわたるeL型Javaプログラミング講義における学生の学習状況と成績の解析結果を基に、eLを主としたブレンド型講義においてド

ロップアウト兆候者を早期に発見するためのチェックシートを提案し, 提案した手法の有効性の検証を行うこととした。

### 3. eL を主とした Java プログラミング講義の運用

本章では, 16~20 年度まで行われた Java プログラミングの講義 (科目名「ソフトウェアデザイン」以下 SWD) の運用形態, および 19, 20 年度に行った, ドロップアウト兆候者 (手作業で抽出) に対する少人数制対面型補習授業の運用, 学生の成績やアンケート結果を紹介し, eL を主とした Java プログラミング講義における, 少人数制対面型補習講義の有効性を述べる。

#### 3.1 本研究で用いた eL システムの概要

本研究で用いた eL システムの概要とその機能について特に, 本論文に関連するものについて詳しく記述する。本研究で用いた eL およびコンテンツ開発は大学独自で行われている。市販の LMS と同等の機能を備えた教員用 LMS では, 学習者の成績管理を行うことができる。多くの科目において本 eL システムを利用した授業が行われており, 実証評価済みである<sup>3)</sup>。学習コンテンツは, 教科書コンテンツとドリルコンテンツである。これらのコンテンツはすべて SCORM 対応であることが条件である。教科書・ドリルは 1 対 1 対応しており, 両者とも大カテゴリ (大学数学・高校情報などのカテゴリ), 中カテゴリ (科目名であることが多い), 小カテゴリ (オブジェクト指向・クラス設計などの単元) から選ぶようになっている。大カテゴリは複数の中カテゴリから構成されており, 中カテゴリは複数の小カテゴリから, 小カテゴリは複数の教科書・ドリルから構成される。教科書からは, あらかじめ「関連する教材」として登録されているその教科書の内容に関連したドリル問題を選んで学習することができる。また, ドリル側からも同様に関連する教科書を閲覧することが可能である。ログインした学生は, 提供されているすべての教科書・ドリルコンテンツを自由に使用し, 学習することができる。これに加え, 教員が, 1 回の講義で学習すべき教科書と演習, 課題レポートをあらかじめ指定し, これを複数回分組み合わせることでそれを 1 つの「コース」として指定することも可能である。すると, 学生側のインタフェースでは定められた期間内に学習すべきコンテンツ・課題レポートが表示される。コースに登録された学生は教員の設定した細かいスケジュールに従って, その期間で与えられた教科書・ドリルといったコンテンツの学習と課題レポートを行う。コースは通常の学習方法と比較して, 定められた期間内に学習すべきコンテンツ・課題レポートのみが eL システム上に表示されるため, 学生は一目で何を学習すべきかを把握できるという利点がある。

教科書にはテキスト・アニメーション・音声・映像が存在する。テキストは学生がボタンをクリックすると少しずつ表示されるように設計されたものがほとんどであり, 一部 HTML 文書で作成されたものもある。テキストで表現しきれない 3 次元イメージや映像に盛り込めないような細かいプログラムの説明などをアニメーションで行う。音声教材は, 教員による解説を音声収録したものに合わせてアニメーションが展開していく形の教材である。音声, 映像教材は対面式講義の少ない eL の学習において講義の代わりとなるコンテンツである。

ドリルの基本は語句の穴埋め問題である。その他, 英語であれば長文内容の正誤を問う問題や TOEIC のような問題, 数学であれば計算結果を直接入力させるような問題, プログラムの学習であれば, プログラムの穴埋めや実行結果を問うような問題など, 科目によって様々である。問題数は 10 問前後が多く最大で 30 問まで登録可能である。解答方式としては, 穴埋め式のほかに選択式 (各小問ごとに複数選択肢から選ぶ)・直接入力式・パズル方式 (ドリルの下部に提示されている解答群から, あてはまるものを空欄へマウスで移動する) がある。解答はすぐに正解・不正解が表示され, 正解した問題番号には , 不正解した問題番号には  がつくようになっている。ドリルにはヒントが提供されており, ヒントを見て正解した場合には  となる。学生は LMS を通じて教科書の閲覧率やドリルの正解率と不正解率を確認することができるようになっている。ドリルは, 演習と課題の 2 つのモードが提供されている。演習モードでは学生がドリルを自分の進度に合わせて能動的に解答できるのに対し, 課題モードでは学生は教員によって与えられた期限内に達成率が 100% になるまでドリル学習を行う。

その他, 学生と教員あるいは学生同士のコミュニケーションのためのメニューとして掲示板, 質問箱, レポート箱が用意されており, 学生同士, 学生と教員のコミュニケーションサポート機能および課題レポートの閲覧・提出確認などの機能を備えている。

教員は随時, 以下の 8 項目の学習状況を確認することができる。

1. 教科書閲覧回数: カテゴリ内の教科書を閲覧した回数の合計を示す。
2. 教科書閲覧時間: カテゴリ内の教科書を閲覧した時間 (秒) の合計を示す。
3. ドリル解答数: カテゴリ内のドリルの正解数・不正回数・諦め数の合計を示す。
4. ドリル正解率: カテゴリ内のドリルを正解した回数の割合を示し,  $\text{ドリル正解数} / \text{ドリル解答数} \times 100$  で与えられる。
5. ドリル不正解率: カテゴリ内のドリルを間違えた回数の割合を示し,  $\text{ドリル不正解数} / \text{ドリル解答数} \times 100$  で与えられる。
6. ドリル諦め数: カテゴリ内のドリルを諦めた回数の合計を示す。

7. ドリルヒント参照数: カテゴリ内のドリルヒントを参照した回数の合計を示す.
8. ドリル達成率: カテゴリ内のドリルの達成状況を示す. 課題期間にドリルを1度以上正解した問題数/カテゴリ内の全ドリル数  $\times 100$  で与えられる. 全問正解することでそのカテゴリの達成率は100%となる. 何度解答していても正解しなければ達成率は0%となる.

以上のデータを用いて, 教員は自分の受け持ちである科目を受講している学生の学習状況を確認することができる.

### 3.2 Java プログラミング講義のコンテンツ

本研究で用いているデータは主として SWD のコンテンツの使用状況から取得している. そのため, 本節では eL システム上の学習コンテンツの中で, 特に SWD で使用されたコンテンツについて 3.1 節で述べたもの以外に特記すべき事項について述べる.

本講義のコンテンツは, 16 年度から毎年履修者にアンケートをとり, 学習者の意見を反映させて作成・更新を行い現在の形となった. 教科書は主に HTML を用いて作成されており, Java 言語における言葉の概念, オブジェクト指向特有の考え方を中心に理解させるように設計された. また, HTML を用いて作成した教科書のほかに Flash アニメーションや映像教材を用意し, 教科書の内容の補助とプログラムの説明を行う. Flash アニメーションは教科書で表現しきれないイメージを伝えたり, 映像に盛り込めないような細かいプログラムの説明を行ったりするために作成された. 映像教材は教科書やアニメーションでは表現できないイメージを伝えるために用意したもので, 実際の講義を収録したものを編集するというものではなく, 本コンテンツ専用にシナリオを作成して撮影・編集を行ったものである. ドリルは教科書の理解度を確認するためのものとして用意された. 主に語句やプログラムの穴埋め問題, プログラムの実行結果を問う問題が用意されており, 解答方式も選択式や記述式・パズル式といった様々な形態のものがある. 最終的に, ① オブジェクト指向, ② Java, 変数・式・演算子, ③ クラスの概念とインスタンス, ④ クラスを定義する, ⑤ フィールドの宣言, ⑥ メソッドの定義, ⑦ 基本的なプログラミング, ⑧ 今までのまとめ, ⑨ 継承の概念と方法, ⑩ 継承とコンストラクタ, ⑪ 配列のカテゴリを設け, 各カテゴリごとに教科書, 映像, アニメーション, ドリルを配置しており, 最終的にコンテンツ総数は教科書 49 ページ, アニメーション 12 本, 映像 13 本, ドリル 77 問, 各カテゴリごとに逆引きの辞書や FAQ など盛り込んだ.

### 3.3 Java プログラミング講義の eL 運用形態

平成 16~20 年度まで行われた SWD (Java プログラミングの講義: 科目名「ソフトウェア

デザイン」) は, Java プログラミング初心者を対象とした必修科目である. 履修者は理系の学部にも所属しており, 入学時より eL システムを用いた授業を多く受講する. プログラミング以外の授業でもコンピュータを使うことが非常に多い. また, SWD を履修する前に 2 年春学期に C 言語プログラミングの授業を受けてきており, プログラミングの基本は学習済みである. SWD は 16~18 年までは 3 年生対象必修の春学期科目であったが, 18 年度秋学期以降 2 年生対象必修科目となった. C 言語を学んで半期プログラミング言語を何も学習しないので, その知識を忘れてしまうという問題が起こったため, C 言語を 2 年春に学習, その後 blank を空けずに 2 年秋に Java 言語を学習させるというカリキュラムに変更したのである. 実習型の講義であり, 90 分 1 コマとし 2 コマ連続で全 14 週にわたって行われる.

表 1 に eL 運用形態を示す. この講義の最終的な目的は以下の 3 点である.

1. コンピュータを使って実際に自分で Java プログラミングができるようになる.
2. 仕様に従って LinuxOS 上でプログラムを書く.
3. コマンドプロンプトを使ってコンパイルおよび実行ができる.

学生はこの講義を通じてクラス・オブジェクトの概念・メソッドの概念・継承の概念といった Java の基本を学び, クラスやインスタンスの作成, オブジェクト間のデータの受け渡し, 継承を用いたプログラムの作成ができるようになることを目指す. 単位認定型 eL とは, 教員・TA を必ずしも必要とせず eL 上のコンテンツを用いて学生が自分のペースで学習を進めてゆく講義形式のことであり, 学生に対する最低限のケアであるガイダンス,

表 1 Java プログラミングの講義: 各年度の講義形態

Table 1 The evolution of the teaching style of the Java programming course.

年学期	学年	eL 形態	人数	1 時間目	2 時間目	出席
16 春	3	対面	126	講義	実習	必須
17 春	3	対面と eL のブレンド型	144	eL システムによる自習	実習	必須
18 春	3	単位認定型 eL	128	14 週の講義のうち, ガイダンス, 中間試験, 期末試験, および他 2 回の対面講義の計 5 回のみ出席必須		
18 秋	2	単位認定型 eL	123			
19 秋	2	補習あり	122	中間試験後に補習対象者は対面講義. その他は上記の単位認定型 eL と同形式.		
20 秋	2	補習あり	96			

2回のスクーリング(中間試験前, 期末試験前に1回ずつ), 中間・期末試験以外に教室での集合講義は行われぬ。また, 試験は中間試験・期末試験の2回行われ, それにより評価が決定する。両試験とも, 以下に述べるペーパー試験, オンライン試験が行われる。eLシステムにログインすると一目で何を学習すべきかが把握できるように, 期間内の学習項目・課題が表示されるようになっているので, 履修者は提示されるとおりに学習を進めていけばよい。ペーパー試験: 語句の穴埋め問題32問(各1点)とプログラミング記述問題2問(8点分)の計40点満点。語句の穴埋め問題に関しては基本的にドリルから出題され, プログラムを書くうえで最低限知っておくべき語句が主である(フィールド, メソッドなど)。プログラム記述問題に関しては, サンプルプログラムを基にプログラムを記述する問題が出題される。オンライン試験: Stepが3つあり, 各Stepは20点である。Step1は基礎, Step2では応用といったようにStepが進むごとに難度が上がっていき, 要求された仕様を満たすようにプログラムを作成する。各Stepごとに減点方式で採点が行われ, 満点は60点である。未提出やコンパイルエラーは原則として0点である。

### 3.4 少人数制対面型補習講義

19年と20年には, 中間試験の結果とそれまでの学習状況をふまえ, 教員が手作業で補習対象者を抽出し, それ以外の学生には中間試験前と同様のeLを主体とした対面授業を行わない講義を適用し, 補習対象者にはeL教材を使用した対面授業による補習講義を行った。中間試験までは通常学生も補習対象者も統一してガイダンス時に提示されたスケジュールに従ってeLを用いた学習を行い, 対面授業はガイダンスのほかに1度だけ行われる。中間試験以降, 補習対象者に対する対面授業は以下に示すスケジュールで6回行われ, そのうち1回は通常学生と合同の対面授業となる。基本的に教材は通常学生と同じeL教材を使用するが, 補習対象者は対面授業への出席は必須で, 毎回の授業では各自クラスを設計, 実装を行う実習形式で行われる。余裕のある学生は通常学生と同じ課題にも取り組むことができる。教員1名とTA6名に随時質問しながら進めていくことが可能である。

第1週: 中間試験オンライン試験の復習

第2週: 各自少なくとも2つのクラスを設計し実装する。

第3週: 各自第2週目までのクラスを継承して新たなクラスを実装する。

第4週: 通常学生と合同授業。与えられた仕様に従ってプログラミングを行う。

第5~6週: 与えられた仕様に従って通常学生に出されている課題と同じ仕様でプログラミングを行う。

補習対象者は, 中間試験のオンライン試験が20点未満である学生である。20点未満とい

うことは少なくともオンラインのStep1すらできていないことを示している。つまり, プログラミングの力がまったくついていない学生を補習対象とした。その他, 特に課題期間中に取り組みがほとんどされていない, 教科書閲覧率が非常に低い学生もチェックしたが, あくまでも補習はドロップアウト兆候者を対象にしている。eLコンテンツ閲覧率が低くても試験の点数が高ければ補習対象とはしない。その結果, 19年度は履修者122名中24名が補習対象者となった。ほとんどの学生が補習授業には出席したが, そのうち3名は大学に来なくなったため, 実質的に補習授業を受けたのは21名である。20年度は履修者96名中45名が補習対象者となった。そのうち4名は大学自体に来なくなったこと, 面接を行い, 5名は補習対象者からはずしたため実質は36名が補習対象者となった。ほぼ半数が補習対象者になってしまった。この原因については, 両年度のeLコンテンツの学習状況を含め改めて4章で議論する。

### 3.5 eLを主としたプログラミング授業における少人数制対面型補習講義の評価

eLを主としたプログラミング授業における, 少人数制対面型補習講義の有効性を検証するために, 客観評価として, 補習を受けない通常の学生(以下, 通常学生)と補習対象者(以下, 補習者)の, 中間・期末のペーパー・オンラインそれぞれの平均点を比較し検定を行った。また, 主観評価にアンケート結果を用いた。

図1, および表2, 表3に19, 20年度の試験の平均点, 標準偏差(SD)を示す。両年度とも, 中間オンラインテストの補習者の平均点がきわめて低いのは, 補習者のほとんどが0点であったという非常にいびつな分布であったことに起因する。期末試験のオンライン試験で0点をとる学生が減ることで補習者全体の平均点上がり, このいびつな分布がある程度解消されることは, 補習の効果があったということにつながる。両年度の各試験における通常学生と補習者の平均点はすべて有意差が認められた(中間ペーパー, 中間オンライン, 期末ペーパー, 期末オンラインそれぞれ両側検定: 19年度:  $t(115) = 2.70, 18.39, 2.37, 3.06, p < 0.01$ , 20年度:  $t(90) = 6.73, 16.56, 5.26, 4.45, p < 0.01$ )。つまり, すべての試験において通常学生は補習者を上回る平均点となっている。ただし, 両者の差は2年とも中間試験に比べ期末試験では縮まっており, 特にオンライン試験の差はかなり縮まっているのが分かる。中間試験に比べ期末試験の補習者のオンライン試験の点数がかなり上がっていることを考えると, 補習授業の有効性を評価することができる。

全体的な平均点の比較に加え, 補習者個々の中間試験および期末試験の成績に着目して解析した。19年度の補習者21名中, 中間試験のオンライン試験では12名が0点, 5名は欠席したが, 期末試験には全員が出席し, オンライン試験の0点は3名(この3名は中間オ

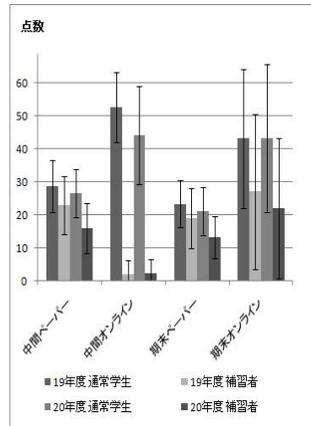


図1 通常学生と補習者の成績比較  
Fig.1 Midterm and final average examination scores of the normal course and the supplementary course in 2007 and 2008.

表2 19年通常学生 (N = 96) と補習者 (N = 21) 成績比較  
Table 2 Performance scores of students who took the normal course (N = 96) or the supplementary course (N = 21) in 2007.

	通常学生		補習者	
	平均点	SD	平均点	SD
中間ペーパー	28.81	7.85	22.88	8.75
中間オンライン	52.63	10.70	2.00	4.40
期末ペーパー	23.39	7.25	18.95	9.06
期末オンライン	43.22	21.05	27.10	23.42

表3 20年通常学生 (N = 56) と補習者 (N = 36) 成績比較  
Table 3 Performance scores of students who took the normal course (N = 56) or the supplementary course (N = 36) in autumn 2008.

	通常学生		補習者	
	平均点	SD	平均点	SD
中間ペーパー	26.64	7.26	16.03	7.53
中間オンライン	44.13	14.80	2.19	4.44
期末ペーパー	21.14	7.20	13.28	6.47
期末オンライン	43.25	22.56	22.06	21.24

ンラインも0点), 15~20点が3名, それ以外の学生はすべて20点以上であり, そのうち3名が満点であった. 20年度に関しては, 補習者36名中, 中間試験のオンライン試験では27名が0点, 5名は欠席したが, 期末試験には全員が出席し, オンライン試験の0点は12名, 15~20点が10名, それ以外の学生はすべて20点以上であり, そのうち3名が満点であった. 15~20点というのは, プログラムとしては動くがインデントや表示が足りないなどの細かい減点の対象となったものであり, 本講義としての最低限のプログラミングの力がついたと見なす. 19年度に比べ20年度のほうが全体的に平均点が下がったが, 両年度ともに欠席者を含めると補習者全体の7~8割が中間試験で0点であったのが逆に期末試験では7~8割以上が15点以上をとることができ, 数名は満点をとるまでに成長することができた. 補習を行ったにもかかわらずオンライン試験の点数が0点の学生に関してはほとんどが時間内にコンパイルエラーがとれなかったという状況であり, オンライン試験の評価法を含めてプログラミング講義の評価という観点から別途議論する必要があると考えられるがそれはまた別の機会としたい.

主観評価としてeLに関するアンケートを行った. 結果を表4, 図2に示す. 質問回答者

表4 アンケート結果 (人数と割合)

Table 4 Questionnaire for all students about the-Learning method.

質問内容	19年度		20年度	
	全員 (111)	補習 (17)	全員 (61)	補習 (23)
毎週スクーリングのときのような先生のいる授業(今までの授業と同じ形式)が必要だ	32(29%)	8(47%)	15(25%)	13(57%)
毎週TAが教室にいて, 質問できる環境が整ってれば, 今回のような授業形態でもよい	70(63%)	7(41%)	36(59%)	9(39%)
eLのみで十分理解できるので, 毎週TAが教室にいる必要はない	7(6%)	0(0%)	7(11%)	1(4%)
その他	2(2%)	2(12%)	3(5%)	0(0%)

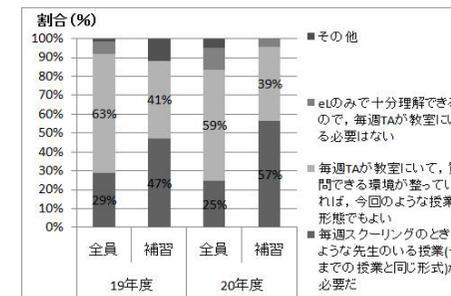


図2 アンケート結果  
Fig.2 Questionnaire for all students about the-Learning method.

数および全員を対象にした割合と補習者のみに対する割合を記載してある. 括弧内は有効回答数である.

さらに補習者のみに「中間試験前はなぜ課題を達成できなかったのか?」という質問を行ったので, その結果を表5, 図3に示す. 表4で19年度補習者17名であるのに表5で20名となっているのは表4の質問に答えず表5の質問のみに答えた学生が3名いたからである.

表4, 図2を見ると, 補習者の半数は対面授業を希望していることが分かる. さらにほとんどの補習者は質問できる環境がある教室での授業を望んでいることが分かる. 表5, 図3からは, 1人では学習モチベーションがわからない, あるいは対面でないと質問できない学生

表 5 補習者のみのアンケート結果

Table 5 More detailed survey for students in the supplementary course only.

選択肢	19 年補習 (20)	20 年補習 (15)
一人で課題を行うモチベーションがわかなかった	10 (50%)	8 (53%)
対面でないので質問する気になれなかった	7 (35%)	7 (47%)
eL 自体が嫌い	3(15%)	0
その他	0	0

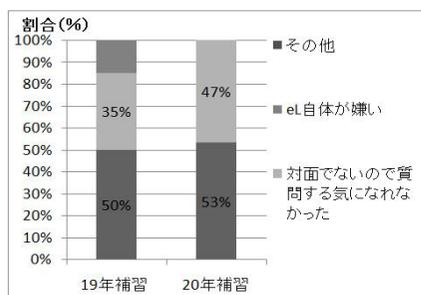


図 3 補習者のみのアンケート結果

Fig. 3 More detailed survey for students in the supplementary course only.

がほとんどであり，そのまま放っておけばドロップアウトしてしまうことはほぼ明らかであろう．20 年度に多くの学生が補習者になったことから，eL が合わない，eL ではモチベーションがわからない学生が多い場合もあることを考えると，このようなドロップアウト兆候者を早期抽出し，補習者には eL よりも対面授業を行うことは必須であることが分かる．すべての補習講義終了後，対面で意見を聞いたところ，すべての学生が「プログラミングに対する苦手意識があったが，対面で授業を受けてからその意識が減って，基本的なプログラミングの知識が身に付いたと感じる」と答えた．eL 講義については，「対面授業の方が良いし，対面ならば質問もできる，特に TA の存在が大きい」と答えた．

2 年間の補習講義に対する客観的および主観的評価の結果，ドロップアウト兆候者には早期に対面授業によるフォローアップを行うことが有効であるといえよう．

#### 4. ドロップアウト兆候者早期発見チェックシート

前章では我々の 5 年の学習状況と成績の関連の分析のうち，特に 2 年間の運用を取り上

げ，そこで少人数制対面型補習講義の有用性を示した．本章では，前章で浮上した問題点を指摘し，その問題点を解決するために新たに「ドロップアウト兆候者」早期発見のためのチェックシートの導入を提案する．チェックシート作成に先立ち行った解析について，eL を用いた Java プログラミング講義において，学習履歴が良くない学生は成績も良くないという関係が導かれたこと，その解析結果が他の eL を用いた講義にもいえるかどうかについて述べる．その結果を基に作成した「ドロップアウト兆候者」早期発見のためのチェックシートを紹介し，評価を行う．

##### 4.1 ドロップアウト兆候者抽出の問題点

2 年間の補習者は，中間試験の結果から手作業で抽出したため，ドロップアウト兆候者を抽出するタイミングが中間試験の結果によっていた．しかし，これでは授業が半分以上進んだ後の対策となり抽出に遅れが生じる．本論文の冒頭で述べたように，可能な限り早い段階で学生のドロップアウト兆候を見出すことは教育現場において必須である．そこで，講義が始まってから比較的早い時点でドロップアウト兆候者を見出すためのチェックシートを作成し，早いタイミングで教員による学生への適切な指導を行うことを考えた．

##### 4.2 チェックシート作成のためのデータ解析（19，20 年度の SWD のデータ）

本研究で扱ったチェックシート作成のもととなるデータは，19，20 年度の SWD における学生の成績と各学習データとの関係解析結果である．16 年度から講義形態が変化してきた中で，対象学年や講義形態の変更がなかったこの 2 年間のデータを使用することにした．本節では，これらのデータの解析結果を紹介し，それらのデータの中で，具体的にどのような項目をチェックすればドロップアウト兆候者を抽出できるかについて述べる．

###### 4.2.1 解析を行った学習データ

本研究では 3.1 節で述べた学習データの各項目について解析を行った．本論文ではこのうち，成績と相関関係が見られた，教科書閲覧回数，教科書閲覧率，ドリル達成率，課題レポート提出率について述べる．教科書閲覧率とは，各カテゴリに登録してある教科書の何%を閲覧しているか示したものである．たとえばあるカテゴリに 4 ページの教科書がある場合，すべてを見ていれば 100%，1 ページしか見ていない場合は 25%となる．各カテゴリの閲覧率は，カテゴリ内で閲覧した教科書の数/カテゴリに登録されている教科書の数で与えられる．課題レポート提出率は，全 13 回行われた課題レポートにおいて各学生の提出の割合である．

###### 4.2.2 学習データの各項目と成績の相関

前項で述べた学習データの各項目について，それぞれ 19，20 年度の学生の試験の成績との相関を調べた結果について述べる．表 6，図 4 に各学習データと 19，20 年度の成績との

表 6 学習データと成績との相関 (SWD) ( $p < 0.01$ )

Table 6 Correlations between some factors of content access and students' grades (SWD).

	19年度			20年度		
	中間O	中間	期末	中間O	中間	期末
教科書閲覧回数	0.20	0.24	0.23	0.41	0.34	0.44
教科書閲覧率	0.32	0.41	0.32	<b>0.55</b>	<b>0.51</b>	<b>0.61</b>
ドリル正解数	0.30	0.41	0.37	0.38	0.39	<b>0.47</b>
ドリル達成率	<b>0.49</b>	<b>0.60</b>	0.43	<b>0.49</b>	<b>0.46</b>	<b>0.57</b>
レポート提出率	<b>0.52</b>	<b>0.60</b>	<b>0.59</b>	0.48	0.42	<b>0.54</b>

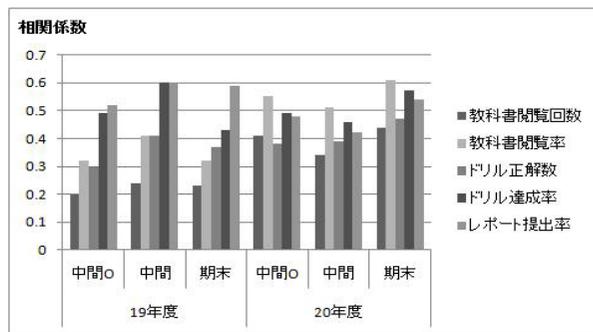


図 4 学習データと成績との相関 (SWD)

Fig. 4 Correlations between some factors of content access and students' grades (SWD).

相関係数をまとめたものを示す。中間，期末それぞれのペーパー，オンライン，総計ごとに解析を行ったが，本論文では補習対象を決定する中間のオンライン試験と，中間，期末の総合点のみの関係を示す。「中間 O」は中間試験のオンライン試験，「中間」は中間試験のペーパー試験とオンライン試験の総合点，「期末」は，期末試験のペーパー試験とオンライン試験の総合点との相関を示す。

全体的に少なくとも弱い相関はどの項目にも現れており，0.4 以上の中程度相関が多い。19 年度は中間試験はオンライン，全体でドリル達成率，レポート提出率，期末のレポート提出率に比較的高い相関が見られ，全体的に見ると期末試験は中間試験に比べ相関係数はやや低い。対して，20 年度は，中間試験はオンライン，全体ですべての項目に相関関係が見られ，期末試験では中間試験に比べ全体的にやや強い相関が見られた。19 年度は相関関係が弱かった閲覧回数に関して 20 年度では相関関係が見られた。特に強い相関を示したの

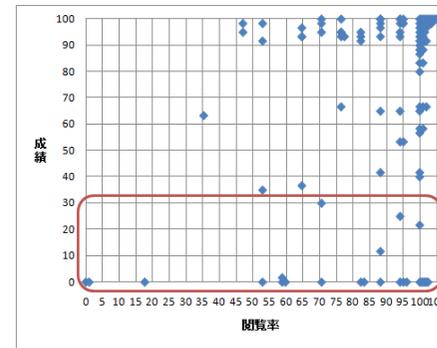


図 5 19 年度教科書閲覧率と成績

Fig. 5 Rate of access to text and performance scores of students in 2007.

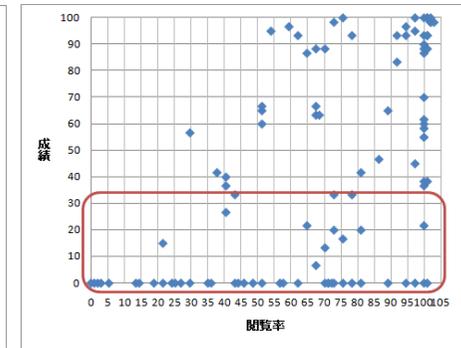


図 6 20 年度教科書閲覧率と成績

Fig. 6 Rate of access to text and performance scores of students in 2008.

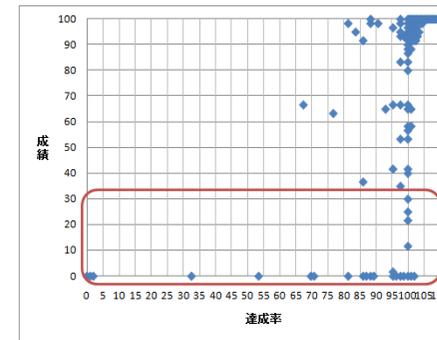


図 7 19 年度ドリル達成率と成績

Fig. 7 The drill achievement rate and performance scores of students in 2007.

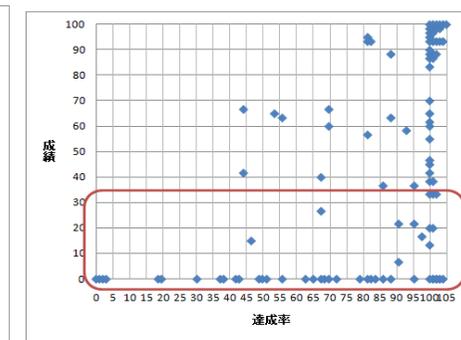


図 8 20 年度ドリル達成率と成績

Fig. 8 The drill achievement rate and performance scores of students in 2008.

は教科書閲覧率とドリル達成率，レポート提出率であることが分かる。

#### 4.2.3 相関係数が高かった項目に関する詳細な解析

前項で，相関係数が高くでた教科書閲覧率，ドリル達成率，レポート提出率について，詳細な解析を行った。図 5，図 6 は 19，20 年度中間試験までの教科書閲覧率に対する中間オンライン試験の成績を，図 7，図 8 は 19，20 年度の中間試験までのドリル達成率に対する中間オンライン試験の成績を，図 9，図 10 は 19，20 年度の中間試験までのレポート提出

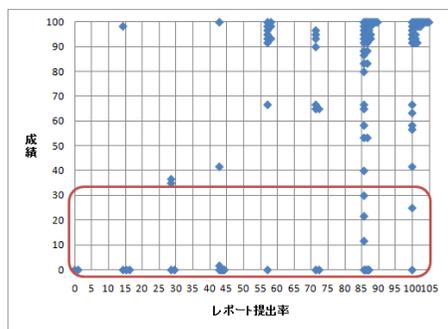


図 9 19 年度レポート提出率と成績

Fig. 9 The submission rate of assignment and performance scores of students in 2007.

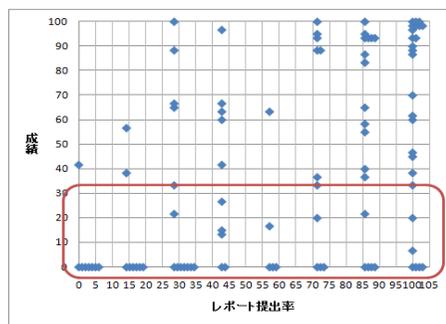


図 10 20 年度レポート提出率と成績

Fig. 10 The submission rate of assignment and performance scores of students in 2008.

率に対する中間オンライン試験の成績を示したものである。オンライン試験は 60 点満点であるが、次節で他の eL 科目との比較を行うため、成績は 100 点満点に換算してある。図中の太線枠は補習者に該当する 60 点満点中 20 点未満 (すなわち 100 点満点中 33.3 点) の注意すべき学生を示している。

ここで、各図の左上の領域を見てみる。「教科書閲覧率が悪い、ドリル達成率が悪い、レポート提出率が悪いにもかかわらず成績が良い学生」が存在しない。多くの高等学校などで Java をはじめとする実用的な言語によるプログラミングの授業が行われてきていない以上、グラフの左上の領域に学生が入ることはきわめて稀な現象であることは明らかである。このことを考えれば、4.2.2 項で紹介した表 6、図 4 において、各種学習データと成績との間に弱い相関が現れたことも当然といえよう。

教科書閲覧率と成績では、2 年間を通じて、成績の良い学生は閲覧率が 90% 以上、成績が 80 点以上に固まっていることが分かる。50% ほどの閲覧率でほぼ満点をとれている学生もいる。19 年度に比べ 20 年度の太線枠内の補習対象学生数は閲覧率に関係なく全体的に増えている。

ドリル達成率と成績では 19 年度は達成率が 70% 以上であれば成績もおおむね悪くないが 20 年度においてはもう少しばらついている。教科書閲覧率と同様、太線枠内の数は達成率に関係なく全体的に増えている。明らかに学習状況の悪い学生は成績が悪い。

レポート提出率と成績では 19 年度においては全体的に提出率が 80% 以上、成績が 80 点以上の周辺に固まっているが、全体的に成績に関係なく分散している。提出率が高くて成績の悪い学生も多いが、提出率が悪いと成績も悪くなる傾向にあることが分かる。また 20

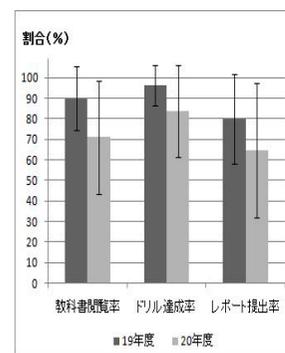


図 11 19 年度と 20 年度の学習状況の比較 (%)

Fig. 11 Students' Learning activities in 2007 and 2008.

表 7 19 年度と 20 年度の学習状況の比較 (%)  
Table 7 Students' Learning activities in 2007 and 2008.

	19 年(N=117)		20 年(N=92)	
	平均	SD	平均	SD
教科書閲覧率	89.84	15.42	70.98	27.42
ドリル達成率	96.08	9.72	83.80	22.37
レポート提出率	79.73	21.73	64.44	32.71

年度では全体的に 19 年度に比べ分散していることが分かる。

この結果をふまえて、3.4 節で述べた、19 年度に比べ 20 年度の補習対象者の割合が増加してしまったことについて考察する。図 5~ 図 10 から分かるように、19 年度に比べ 20 年度の教科書閲覧率、ドリル達成率、レポート提出率が悪い学生の数も割合も増えている。

詳しく分析するために、19、20 年度中間試験までの教科書閲覧率、ドリル達成率、レポート提出率の比較データを図 11、表 7 に示す。t 検定を行ったところ、3 つとも有意差が見られた (閲覧率、達成率、レポート提出率それぞれ両側検定:  $t(207) = 5.91, 4.92, 3.86$ ,  $p < 0.01$ )。つまり、19 年度に比べ、20 年度は eL コンテンツの学習率が全体的に下がっていることが分かる。さらに 20 年度の学習状況を詳しく分析したところ、20 年度は、教科書はだんだん週が進んでくると見なくなってしまう、ドリルに関しては複数のカテゴリのうち、クラス、メソッドやフィールドなどの教科書を見ればすぐ分かるような言葉の問題が多いカテゴリは比較的達成率が良いようであるが、プログラムの穴埋めなどの回の達成率が非常に悪くなっていることが分かった。

入学前に受けた高校までの学習内容と関連があるのではないかと思います。19 年度、20 年度履修者が入学した際にとった「高校の情報で学んだ知識」に関するアンケートを分析し、 $\chi^2$  検定を行った。その結果、表計算や文書作成ソフトウェアなどの経験全体に関しては統計的有意差は見られなかったが、個々のアプリケーションで何ができていないかを細かく質問した内容に関して  $\chi^2$  検定を行ったところ、人数の偏りが有意であった項目は、

文書作成ソフトウェアにおける, 表を使える ( $\chi^2(2) = 7.46, p < .05$ ), ページ設定を使える ( $\chi^2(2) = 7.08, p < .05$ ), プレゼンテーションソフトウェアを使って資料が作れる ( $\chi^2(2) = 6.71, p < .05$ ), アニメーションが使える ( $\chi^2(2) = 7.42, p < .05$ ), 表計算ソフトウェアにおいてコメントを入れられる ( $\chi^2(2) = 10.63, p < .005$ ), グラフを描ける ( $\chi^2(2) = 14.11, p < .005$ ), HTML を用いて Web ページ作成できる ( $\chi^2(2) = 9.57, p < .01$ ), スタイルシートが使える ( $\chi^2(2) = 11.57, p < .005$ ) の 8 項目である. そこでこれらの項目についてそれぞれ残差分析を行った結果, 19 年度生に比べ 20 年度生は, 表, ページ設定, プレゼンテーション, グラフ, HTML, スタイルシートについて「高校で学習していない」割合が高く, アニメーションとコメントに関しては「高校で学習はしたが十分理解していないと感じている」割合が高いという結果が得られた. 年度が進めば学習の割合は高くなると考えられるが, この 2 年間で授業を行った学生に関しては, 逆の結果となったことは興味深いことである.

この現象が, 19 年度に比べて 20 年度の補習対象者の割合が上がり, eL の学習活動が下がったことに直接関係あるかどうかについては検証できないが, 大学入学時に受ける初等・中等教育のレベルは学生によっても年度によっても一定ではなく, このような細かい項目の差をはじめ, 様々な環境が, 日常の勉学におけるモチベーションの維持に影響を与えると考えられる. したがって, 本論文で提案するようなチェックシートを活用して可能な限り早い段階で学生のドロップアウト兆候を見出し, 教員が適切な対応を図る必要がある.

まとめると, 19 年度に比べ 20 年度は各学習データと成績との関係が分散傾向にあったが, 総じて, 教科書閲覧率, ドリル達成率, レポート提出率が高いと成績も高い結果を残している傾向が見られた. 20 年度の方が分散傾向にあったということは, 学習しなくても良い点をとれた, または学習したにもかかわらず点に結び付かなかった学生が多かったということである. 確かに, 各図の太線枠の右側に位置する, 閲覧率や達成率が高いが成績が悪い学生も多く見られる. そこで, この学生のうち, 成績が 0 に近い学生は教科書やドリルの学習方法に原因があるのではないかと考えられ, さらに詳しく学習データを解析したところ, 成績 20 点以下の場合, 課題期間の取組み日が残りに 3 日に集中しているというようなデータが得られた<sup>15)</sup>. したがって, 教科書閲覧率, ドリル達成率, レポート提出率がおおむね 70% 以上であれば比較的成績が良い傾向があること, 20 年度はばらつきが多かったが 19 年度の結果を見るとやはり閲覧率や達成率が悪いと成績も非常に悪いこと, 課題期間の取組み日が残りに 3 日に集中しているという要素を「ドロップアウトの兆候早期発見のキー」と考え, 「ドロップアウト兆候者早期発見のためのチェックシート」に適用することをふまえて議論を進める.

### 4.3 SWD 以外の eL 型講義の学習データとの比較

前節までは SWD のみの解析結果であったが, この科目同様に eL 型講義を行っている他の 3 つの科目について, 前節と同じ手法で行った解析について述べる.

#### 4.3.1 解析対象の科目詳細

情報キャリアデザイン (以下 ICD): 基本情報技術者試験対策を意識したキャリア教育選択科目. Java プログラミングの講義と同様, 一部の対面講義のほかは, 原則 eL による自学自習を行う. 毎週 eL を通じて出題された課題を提出した学生は出席と見なされ, 期末試験との総合評価で成績がつく. eL 教材は, 教科書として 2 分前後の音声教材が 137 個, ドリルは 205 個用意されている. 期末試験の問題は, eL コンテンツ (特にドリル) を学習していればほぼ解答できるような問題である. 対象学生の詳細は, 20 年度から学科再編のため名称変更となったグローバルシステムデザイン学科 (以下 ICD-GSD) の学部 2 年 67 名, および旧学科である光応用システム学科 (以下 ICD-APST) 学部 3 年 104 名である.

プログラミングスキル: 20 年度 2 年生春学期の必修科目. 1 年生ですでに習得している C 言語講義の応用編. 配列, 関数, ポインタ, 構造体を学ぶ. 対面講義を中心として, 教科書, 演習に eL を使用する形のブレンド型講義. 成績評価は定期試験と課題取組の総合評価だが, SWD や ICD のように, eL を利用しているといっても毎回課題が出るわけではなく成績に反映されない.

#### 4.3.2 学習データの各項目と成績の相関

表 8, 図 12 に, eL 型講義における学習データと成績との相関関係をまとめたものを示す. 特に相関係数の高かったものを太字で示す. なお相関係数の信頼度を示す  $p$  値は  $p < 0.01$  である. 表より, ICD は全般的に中間試験と学習データとの間に中程度の相関関係があり,

表 8 eL 型講義における学習データと成績との相関関係

Table 8 Correlations between some factors of content access and students' grades of other e-Learning course.

		教科書閲覧回数	教科書閲覧率	ドリル正解率	ドリル達成率
ICD-APST	中間	0.46	0.44	0.41	0.37
	期末	0.30	0.35	0.36	0.38
ICD-GSD	中間	0.45	0.50	0.61	0.64
	期末	0.48	0.52	0.58	0.58
プログラミングスキル	中間	0.15	0.26	0.24	0.27
	期末	0.26	0.43	0.17	0.11

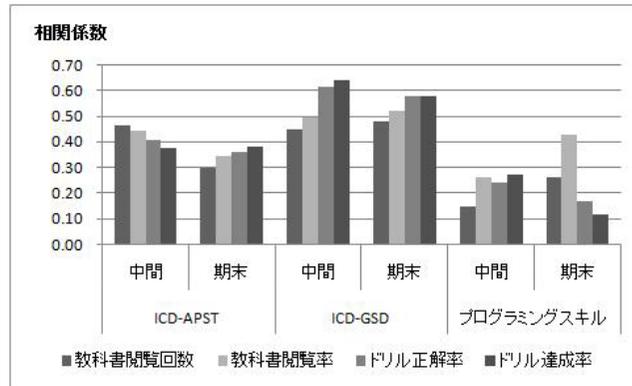


図 12 eL 型講義における学習データと成績との相関関係

Fig. 12 Correlations between some factors of content access and students' grades of other e-Learning course.

特に GSD に関しては中間試験だけでなく期末試験と学習データとの相関が見られる。

SWD と比較して，ICD-GSD ではドリルの正解率，達成率との相関がかなり高い．この科目の定期試験は eL ドリルを学習すればほぼ解答できる問題であることを考えれば説明がつく．つまり，eL を主軸として行っている講義では，4.2.3 項でも述べたように成績と相関の高い学習データを「ドロップアウトの兆候早期発見のキー」と考え，「ドロップアウト兆候者早期発見のためのチェックシート」に適用することが可能である．

#### 4.3.3 学習データと成績の分布

前項の結果から，全体的に相関関係の見られた ICD-APST，ICD-GSD の学習データと成績の分布について述べる．図 13，図 14 および図 15，図 16 は ICD-APST，ICD-GSD の教科書閲覧率，ドリル達成率（横軸）に対する中間試験の成績（縦軸）を示したものである．なお，期末試験については中間試験と同様の分布のためここでは中間試験のみ載せる．また，図中の囲った部分は前節と違い，成績が平均から標準偏差/2 以上低い方に離れている学生を示している．ICD-APST では，教科書閲覧率やドリル達成率が高くて成績が悪い学生がかなり見られる．このような学生はチェックシートで抽出できない可能性があることに留意しなければならない．逆に ICD-GSD では，教科書閲覧率が低い学生は成績が低い．ドリル達成率が 6 割以下ではやはり成績も悪い．ICD-GSD の特徴として，教科書閲覧率が悪くても良い成績をとる割合が多いことが分かる．このような学生はチェックシートで

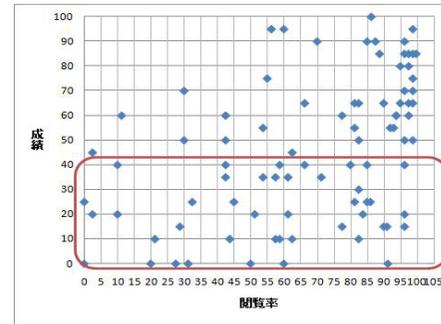


図 13 教科書閲覧率と成績 (ICD-APST)

Fig. 13 Rate of access to text and performance scores of students (ICD-APST).

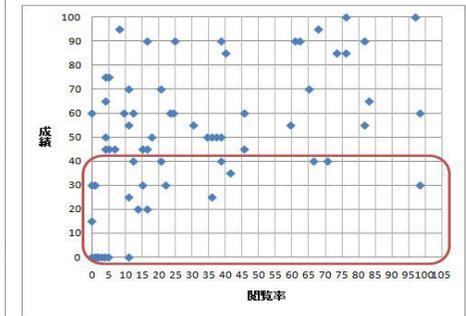


図 14 教科書閲覧率と成績 (ICD-GSD)

Fig. 14 Rate of access to text and performance scores of students (ICD-GSD).

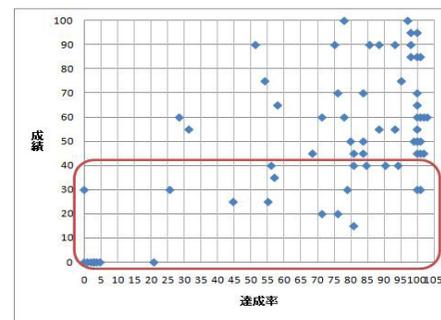


図 15 ドリル達成率と成績 (ICD-APST)

Fig. 15 The drill achievement rate and performance scores of students (ICD-APST).

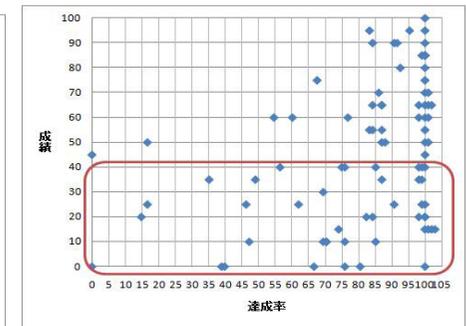


図 16 ドリル達成率と成績 (ICD-GSD)

Fig. 16 The drill achievement rate and performance scores of students (ICD-GSD).

ドロップアウト兆候者として抽出されてしまう可能性が高いと考えられるが，ドリル達成率が良ければほぼ成績も良い傾向があるので，運用時に，複数の項目に該当した場合には優先順位をつけるなどすることで抽出すべきでない学生を抽出してしまう可能性は低くなる．

#### 4.4 ドロップアウト兆候者早期発見チェックシートへの適用

本節では 4.2 節，4.3 節で述べた解析結果より，SWD と eL 型講義である ICD の 2 科目の成績に関わるデータの類似点について検証し，それらの結果を基に作成した注意すべき学生を早期発見するために作成したチェックシートについて述べる．

#### 4.4.1 Java プログラミング講義と eL 型講義の学習データとの類似点の検証

4.2 節と 4.3 節で述べた学習データと成績の相関を学習データごとに検証した。中間試験までの教科書閲覧率，教科書閲覧回数，ドリル正解数，ドリル達成率それぞれの学習データと中間試験成績の相関，および，学習期間全体の各学習データと期末試験成績の相関を調べたところ，SWD，ICD においては，19 年度の SWD と ICD-APST の教科書閲覧回数の相関係数が 0.3 以下であったほかは，すべて相関が見られた。特に，教科書閲覧率は比較的高い相関を示し，ICD-GSD では教科書閲覧回数以外はすべての項目で 0.5 以上の相関を示している。プログラミングスキルでは相関関係が全体的に見られていないことが明らかであり，ICD-APST，ICD-GSD はそれぞれの学習データと成績との間に，SWD 同様の相関関係が見られたことから，eL を主軸として行っている講義において，これらのデータを「ドロップアウトの兆候早期発見のキー」とし，「ドロップアウト兆候者早期発見のためのチェックシート」に適用することとする。SWD とそれ以外の科目のデータの比較を行った結果注意すべき点を以下に記しておく。

##### 教科書閲覧率

教科書閲覧率に関しては，SWD において閲覧率 90%以上あれば 7 割以上の成績はとれていた。ICD-APST ではその傾向がある程度見られる。ICD-GSD では閲覧率が低い傾向にあるが，閲覧率が低いから成績が悪いという考え方は必ずしも正しいとはいえないため，抽出しなくてもよい学生を抽出してしまうことに留意する必要がある。

##### ドリル達成率

ドリル達成率に関しては，SWD において達成率 70%以上あれば危険部分には達していないという傾向は，ICD (APST，GSD) でもある程度見られる。達成率が高くても成績が悪い学生をどう抽出するかに留意しなければならない。SWD で見られた「課題期間の取組み日が残り 3 日に集中している」かどうかについては他の科目では解析していないが，チェックシートに盛り込むことで効果がある程度あるかもしれない。

#### 4.4.2 ドロップアウト兆候者早期発見チェックシートの提案

前項までの結果，SWD において，教科書閲覧率，ドリル達成率，レポート提出率が悪い場合は成績が悪いという相関関係がある程度成り立ち，70%以上の閲覧，達成，提出を行っていれば成績もある程度良いことをふまえ，閲覧率，達成率，提出率を「ドロップアウト兆候者抽出のキー」とすること，また，これらの率が高くても成績が悪い学生に対しては「課題期間の取組み日が残り 3 日に集中している」ことをキーに追加することにする。抽出キーのしきい値として，19，20 年度 SWD の中間試験でオンライン試験 20 点未満の学生の学

表 9 チェックシート

Table 9 The check items of our check-sheet.

項目番号	カテゴリ	チェック項目
1	教科書	課題として出された教科書全体の閲覧率が 60%以下
2	ドリル	課題期間中に 1 度も取組がない
3		課題達成率 70%以下
4		学習状況が課題期間の残り 3 日に集中している
5	レポート	レポートの提出率 50%以下

習データの総平均値を使用した。作成したチェックシートを表 9 に示す。

#### 4.5 eL 型講義におけるチェックシートの有効性評価

作成したチェックシートのしきい値は，19，20 年度の SWD の受講学生の成績と学習データを基に設定した。したがって，まずこの 2 年間分のデータに適合するかどうかを検証する。また他の科目においても有効であるかを検証するために，学習データの成績との間に相関が見られた ICD-APST，ICD-GSD の 2 講義に対しチェックシートを適応した結果について述べる。チェックシートは「ケアを必要とする学生」，「モチベーションの低下している学生」の早期発見を目的としていることをふまえ，データは中間試験の成績，中間試験までの学習データを使用する。検証するにあたり，SWD ではオンライン試験が 20 点未満の学生，ICD は 40 点以下の学生を発見するように設定した。

表 9 の項目に沿ってチェックシートを適応した結果の適合率（チェックシートによって抽出した人数の中で，実際に抽出すべき人数：20 点未満であった人数の割合）を表 10，図 17 に示す。それぞれの項目番号ごとに左列に適合率（%）を，右列に「実際に抽出すべき人数/チェックシートで抽出された人数」を示す。

SWD では 1 つの項目だけでも 19 年度の教科書閲覧率を除き，67%以上の割合で成績の悪い学生を見つけ出すことができているが，項目番号 4 においては 19 年度 SWD では 10% (4/39)，つまり実際の対象者は 4 名だったのに 39 名を抽出してしまったことになる。20 年度も他の項目に比べ低い。しかし項目番号 1 と両方を満たす学生を抽出することになると 50% (1/2) となった。複数項目該当者を抽出することで，適合率を上げることはできるが，その分何名かのドロップアウト兆候のある学生を見逃してしまう可能性もある。また，最下段および図 18 に 1~5 のいずれかを満たす場合の再現率（抽出すべき人数に対して，実際に抽出できた割合）を示した。最悪でも 6 割以上は抽出できていることが分かる。次に，このチェックシートでは抽出することはできない，閲覧率や達成率が高いにもかかわらず

表 10 チェックシートの適合率(%) (最下段のみ再現率)

Table 10 The precision of the check-sheet (The bottom row shows the recall).

項目番号(条件)	Java プログラミング講義 (SWD)				情報キャリアデザイン(ICD)			
	19 年度(24)		20 年度(45)		ICD-APST(43)		ICD-GSD(24)	
1(教科書<60%)	54%	7/13	71%	24/34	70%	23/33	40%	21/52
2(ドリル 0)	100%	3/3	100%	4/4	50%	1/2	100%	5/5
3(ドリル<70%)	88%	7/8	76%	22/39	75%	15/20	70%	14/20
4(残り 3 日)	10%	4/39	46%	19/41	44%	22/50	32%	10/31
5(report<50%)	71%	12/17	67%	26/39				
1 & 3	100%	5/5	83%	19/23	73%	11/15	70%	14/20
1 & 4	50%	1/2	63%	10/16	69%	11/16	33%	9/27
再現率 (1~5 の いずれかを満たす)	63%	15/34	76%	34/45	100%	43/43	100%	24/24

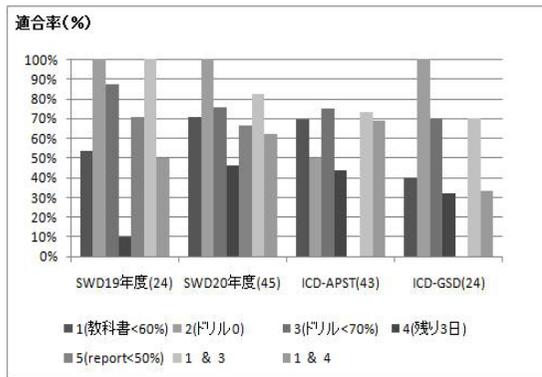


図 17 チェックシートの適合率

Fig. 17 The precision of the check-sheet.

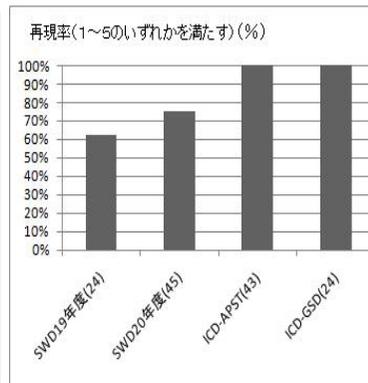


図 18 チェックシートの再現率

Fig. 18 The recall of the check-sheet.

表 11 チェックシートの単独項目のみで抽出できなかった割合と人数

Table 11 The number of students of non-detection and the non-detection ratio by individual attribute of check-sheet.

項目番号(条件)	Java プログラミング講義(SWD)				情報キャリアデザイン(ICD)			
	19 年度(24)		20 年度(45)		ICD-APST(43)		ICD-GSD(24)	
1(教科書)	71%	17	47%	21	47%	20	13%	3
2(ドリル 0)	79%	19	91%	41	74%	32	79%	19
3(ドリル<70%)	71%	17	51%	12	65%	28	42%	10
4(残り 3 日)	83%	20	58%	26	49%	21	58%	14
5(report<50%)	50%	12	42%	19				
すべて	38%	9	24%	11	0%	0	0%	0

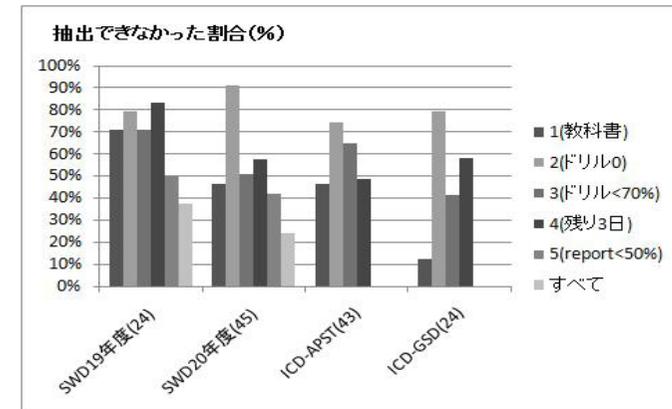


図 19 チェックシートの単独項目のみで抽出できなかった割合

Fig. 19 Non-detection ratio by individual attribute of check-sheet.

らず結果的に成績が悪い学生について調査を行った。

表 11, 図 19 に, チェックシートの単独項目のみでは抽出できなかった割合(左列)と人数(右列)を項目ごとに示す。特に, 表の最下行に, 抽出すべきであったのにすべての項目に1つもあてはまらない(つまり学習をよく行っている)ために抽出できなかった割合と人数を示した。これを見ると, SWD では 19, 20 年度それぞれ 9 名, 11 名抽出できなかったが, ICD では 0 となった。表 10 の再現率に合わせて考えると, この 5 つ (ICD では 4 つ)

の項目のどれかを満たしていればドロップアウト兆候者をほぼ抽出できることが分かる。特に, ICD のように, eL コンテンツの学習状況が成績にかなり反映されることに加え, eL を学習していれば知識のほとんどをカバーできるような講義には適しているといえる。一方, eL を中心としつつも, プログラミングの講義のように eL のみの学習だけではカバーできないような講義についてはこのチェックシートだけでは抽出できない割合が 4 割弱にのぼることが分かった。

今回は, 中間試験までの学習状況について分析を行ったが, 本来は, できれば 4 週目の終わった対面授業のあたりでチェックシートを利用してドロップアウト兆候者の早期発見ができることが理想であるので, 19 年, 20 年におけるドリル達成率について, 2 週目終了後, 4 週目終了後 (対面授業前) および中間試験後の学習状況について, 改めて分析を行った. その結果, 抽出すべき人の中で実際に抽出できている割合つまり再現率は 2 週目終了後, 4 週目終了後でも中間試験後でもあまり差がなかった. つまり, これらの学生はかなり早い段階で抽出できそうなことが分かった. 文献 6) において, スタートから最初の数週間でドロップアウトの兆候がある学習者を見つけることがカギであると述べられていることが再確認できる.

一方, 学習を行っているにもかかわらず成績に結び付かない学生つまり抽出すべき対象者の中でも, 学習状況が良いために抽出できない割合は抽出時期を変えてもほとんど変わらない. もともとこのような学生については中間試験後でも 4 割は抽出できないことが分かっているので, それより早い段階での抽出ができないことは予想された結果でもある. しかし, このような学生は学習へのモチベーションが低いわけではないので, 中間試験の結果が悪かった段階で補習対象とすることで学習意欲を維持させることができると考えられる. ただ, 抽出しなくてもよい学生を抽出してしまう割合に関しては, 2 週目終了後が最も高く, 週が進むにつれて下がってくる. つまり, あまりにも早い段階でチェックシートを利用すると, 補習対象でない学生を抽出してしまう割合が高くなるという問題が残る.

理想的には, 中間試験前の数回しか授業がされていない段階でドロップアウト兆候者を的確に選別できることが望まれるが, このように, 抽出すべき学生のうち早い段階で抽出できるタイプの学生も存在する一方で, 学習しているのにそれが成果に結び付かないタイプの学生を早い段階で抽出することは実際には難しい. しかしながら, 総じて, このチェックシートでは, eL による学習へのモチベーションがわからずにドロップアウトしそうである本論文で定義する「ドロップアウト兆候者」をほぼ抽出することが可能であることが導かれたといってもよいだろう.

## 5. 結論と展望

本論文では, eL を主とした Java プログラミング講義の実践において浮上した問題点を解決するための手法について述べてきた. ドロップアウト兆候者を対象とした少人数制対面型補習講義を行った結果, プログラミングに対する学生の苦手意識を緩和させることに成功したこと, しかし, ドロップアウト兆候者の抽出は手作業で行っており抽出に遅れが生じる

という問題点が残ったことをふまえ, eL を取り入れている講義において, 講義が始まってから比較的早い時点でドロップアウト兆候者を早期発見し, 早いタイミングで教員による学生への適切な指導を行うためのメカニズムを構築することを考えた. そのため, 我々が 5 年間にわたる eL を取り入れた Java プログラミング講義における学生の学習状況, 成績などを解析してきた結果を基に「ドロップアウト兆候者」早期発見のためのチェックシート作成を行った. さらに作成したチェックシートを 4 つの eL を主体とした講義に適用し, 提案した 5 つの項目のどれかを満たしていればドロップアウト兆候者を 6~7 割の確率で抽出できるという結果を得た. チェックシートのしきい値は 19, 20 年度の Java プログラミング講義での学習データを基にしたが, eL を導入している他の講義にも効果があることを導き出した. 自動抽出された学生にはなるべく早いタイミングで補習講義を行うなどの対策をとることが可能となる. すべての項目に 1 つもあてはまらない, つまり学習をよく行っているために抽出できない学生は, 現時点では中間試験の結果が悪かった時点で対策をとることになる. こういった学生の早期抽出のためのチェック項目に関する解析を行うなどの課題が残された.

このことをふまえ, 最後に今後の教育の可能性を考えたい. 今回の研究結果より, eL の学習履歴を基に早期にドロップアウト兆候者を自動抽出することがある程度できることが示されたといえる. これを基にした 2 つの展開をあげる.

### 1. eL を主とする授業への展開例

#### (ア) プログラミングのようなコンピュータを利用する専門的な科目

本論文で述べた, プログラミングのような専門的な科目において, eL 学習履歴に関するチェックシートを用いることでドロップアウト兆候者を早めに抽出して対応するという基本的な展開例である. 実習形式を含むプログラミングの授業を多様なレベルの多人数の学生を対象に行う場合には, たとえそれが eL を用いていなくても教員がドロップアウト兆候者を把握するのは難しく, 把握できたとしても少人数制の対面授業を実施できる環境は整わないのが事実である. eL を効果的に利用することにより, その問題が解決できるという副作用も期待できる. この例では,モチベーションの高い学生がある程度自学自習できるようなレベルまでは eL を使った自学自習を適用し, その分, 教員が, プログラミングの苦手な学生に対して少人数制による対面学習を行うことでプログラミングへの苦手意識を持つ学生を減らすことが可能になると考えられる.

#### (イ) 英語や数学などの一般授業

さらに, プログラミングだけではなく, すでに eL を主とした授業を行っているほかの科

目にもすぐに展開することが可能である。コンピュータ実習室を利用しなくても、今後は携帯端末を用いた eL の展開も考えられるので、そのような授業においてはすぐに展開可能である。しかしその場合は eL コンテンツやシステムの充実や十分な TA の確保が必要となることはいうまでもない。

eL を用いた講義形態に関する研究はまだ中途段階ともいえる。20 年度 SWD でほぼ半数が補習対象になってしまったことに関しては eL のみでプログラミングの講義を行う限界を示しているかもしれない。今後の運用形態を考える必要がある。本論文で提案したような補習講義とのブレンド形態が良いかもしれない。逆に、eL コンテンツの学習状況が成績にかなり反映されることに加え、eL を学習していれば知識のほとんどをカバーできるような講義には、本論文で提案しているようなチェックシートを効果的に用いることで eL のみの講義運用が十分行えようと考えられる。

## 2. eL を用いない場合への展開例

本論文では、出席率やレポート提出率が悪い学生はドロップアウト兆候者である傾向が強いことが示された。本論文で提案したようなチェックシートにあたるものを、通常講義においても作成することは可能であると思われる。授業運用によってチェックシートの項目は異なるであろうが、各々の授業においてドロップアウト兆候者を早期抽出することのできる項目を見つけることが可能であると思われる。

千歳科学技術大学では、デバイスや通信などに関する普通授業において、eL の演習課題を宿題に出しており、ドリルやレポートの取り組みが悪い学生は意欲が低下していると見なし、中間段階で呼び出して注意を促すことでドロップアウトが回避される割合が向上している例が多い。このような現象は、修学だけでなく大学生活全般にわたって同様の傾向にあると考えられ、クラスアドバイザー制度を導入して従来のクラス担任よりはるかに少ない人数の学生を多くの教員で分担して面倒を見ることでドロップアウトを防ぐ取り組みを行っている。その大きな柱が、定期的な講義出席率の管理であることは本論文で論じたチェックシートによるドロップアウト兆候者早期発見と同様な考え方によるものである。これらの取り組みは教員が手作業で行っているが、eL に限らずモチベーションの低下という現象は大学での勉学全体に対するドロップアウトの兆候につながるものと考えられるため、本論文で提案したようなチェックシートにあたるものを作成・活用することで、教員が適切な対応をとることが可能となるものと考えられる。

謝辞 本研究において、成績データや解析でご助言などをいただいた千歳科学技術大学の

山中明生教授、小松川浩教授、深町賢一講師、小田久哉助教にこの場を借りて感謝申し上げます。また、本論文作成にあたり、統計的手法に関するアドバイスをいただきました大阪市立大学の橋本文彦教授に感謝申し上げます。

## 参 考 文 献

- 1) Macdonald, J.: *Blended Learning and Online Tutoring*, pp.2-3, Gower Publishing (2008).
- 2) 高岡詠子, 大澤佑至, 吉田淳一: e-Learning 型講義における成績と学習データから考えられるドロップアウト兆候者早期発見手法の提案と検証, 情報教育シンポジウム (SSS2010), Vol.2010, No.6, pp.119-126, 情報処理学会 (2010).
- 3) 高岡詠子, 石井和佳奈: Java プログラミング単位認定型完全 e-Learning 授業の実践および評価, 教育システム情報学会誌, Vol.25, No.2, pp.214-225 (2008).
- 4) Martinez, M.: High Attrition Rates in e-Learning: Challenges, Predictors, and Solutions (2003), available from <http://www.elearningguild.com/pdf/2/071403MGT-L.pdf> (accessed 2011-02-02).
- 5) Salmon, G.: *E-moderating: The Key To Teaching And Learning Online*, 2nd Edition, Falmer Pr. (2004).
- 6) Tyler-Smith, K.: Early Attrition among First Time eLearners: A Review of Factors that Contribute to Drop-out, Withdrawal and Non-completion Rates of Adult Learners Undertaking eLearning Programmes, *MERLOT Journal of Online Learning and Teaching*, Vol.2, No.2, June (2006), available from [http://jolt.merlot.org/Vol2\\_No2\\_TylerSmith.htm](http://jolt.merlot.org/Vol2_No2_TylerSmith.htm) (accessed 2011-02-02).
- 7) Morgan, C.K. and Tam, M.: Unravelling the Complexities of Distance Education and Student Attrition, *Distance Education*, Vol.20, No.1, pp.96-108 (1999).
- 8) Frankola, K.: Why Online Learners Drop Out, Business Services Industry, (Oct. 2001), available from [http://findarticles.com/p/articles/mi\\_m0FXS/is\\_10\\_80/ai\\_79352432/](http://findarticles.com/p/articles/mi_m0FXS/is_10_80/ai_79352432/) (accessed 2011-02-02).
- 9) 向後千春, 野嶋栄一郎: e ラーニングにおけるドロップアウトとその兆候, 日本教育工学会大会講演論文集, Vol.20, pp.997-998 (2004).
- 10) Widmar, G.: Supplemental instruction: From Small Beginnings to National Program, *New Directions for Teaching and Learning*, Vol.60, pp.3-10 (1994).
- 11) Burmeister, S., Kenney, P. and Nice, D.: Analysis of Effectiveness of SI Sessions for College Algebra, Calculus, and Statistics, *Research in Collegiate Mathematics Education II*, Providence, RI, pp.145-154, American Mathematical Society (1996).
- 12) Etter, E.R., Burmeister, S.L. and Elder, R.J.: Improving Student Performance and Retention via Supplemental Instruction, *Journal of Accounting and Education*, Vol.18, Issue 4, pp.355-368 (2001).

- 13) Longden, B.: An Institutional Response to Changing Student Expectations and Their Impact on Retention Rates, *Journal of Higher Education Policy and Management*, Vol.28, Issue 2, pp.173-187 (2006).
- 14) Takaoka, E.: Java Programming for Remedial Students - Supplementing E-learning with Small-Group Instruction, *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2008*, Vienna, Austria, pp.4435-4440 (2008).
- 15) 大澤佑至, 高岡詠子, 吉田淳一: e-Learning 型講義における学習データの解析およびドロップアウト早期発見チェックシートの提案, 情報教育シンポジウム (SSS2009), Vol.2009, No.6, pp.191-198, 情報処理学会 (2009).

(平成 23 年 3 月 24 日受付)

(平成 23 年 9 月 12 日採録)



高岡 詠子 (正会員)

上智大学理工学部情報理工学科・慶應義塾大学理工学部数理科学科卒業，同大学大学院理工学研究科計算機科学専攻博士課程修了，博士（工学）．千歳科学技術大学総合光科学部准教授等を経て，現在，上智大学理工学部情報理工学科准教授，ほかに，非常勤として国際基督教大学，明治学院大学で情報科教育法等を担当．プログラミング教育，情報教育，教材作成，教育支援システムに関する研究のほか，教育・福祉・環境を支えるアプリケーション構築，データ解析に関する研究を行う．日本データベース学会，教育システム情報学会，電子情報通信学会，AACE，ACM，日本ソフトウェア科学会各会員．平成 18 年度山下記念研究賞受賞．



大澤 佑至

千歳科学技術大学光科学部光応用システム学科卒業．千歳科学技術大学大学院光科学研究科光科学専攻博士前期課程修了．



吉田 淳一

千歳科学技術大学総合光科学部・慶應義塾大学工学部電気工学科卒業，同大学大学院理工学研究科学位（博士）取得．日本電信電話（株）研究開発本部担当部長（総括部門），NTT 光エレクトロニクス研究所集積光エレクトロニクス研究部長等を経て，現在，千歳科学技術大学総合光科学部グローバルシステムデザイン学科教授・学科長．光デバイスや光エレクトロニクスの環境，エネルギー，通信，農業等への応用技術に関する研究を行っている．IEEE シニアメンバ，電子情報通信学会フェロー，SPIE，応用物理学会，日本生物環境工学会各会員．平成 13 年発明協会会長賞，平成 14 年 IEC-APC 議長賞，平成 18 年 IEC-1906 賞，平成 22 年光産業技術振興協会創立 30 周年功労者表彰．