

## 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

高岡詠子<sup>†</sup>, 大澤佑至<sup>††</sup>, 吉田淳一<sup>††</sup>

我々は、Java プログラミングの講義において通常の学生には e-Learning 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を中心とした補習講義において少人数制の対面講義を行うという試みを行い、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。しかし補習コース対象者は中間試験の結果によって講師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ていた。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、早いタイミングで講師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ため、我々が5年間にわたる e-Learning 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もとに「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うことにした。本稿では、チェックシート作成のために19、20年度のJavaプログラミング講義およびe-Learningを導入している20年度の他の講義の履修学生の学習データと成績との関係について解析を行い導きだした傾向を紹介し、e-Learningを導入している講義に共通して適用可能な「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提案し、提案したチェックシートの有効性の検証について報告を行う。

## A study on at-risk students prediction utilizing the result and learning data of e-learning style lectures

Eiko Takaoka<sup>†</sup>, Yuji Osawa<sup>††</sup> and Junichi Yoshida<sup>††</sup>

Web-based e-Learning has a big issue how to find out possible dropouts in an early stage of the course and to guide them to the desirable goal. This paper represents 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 dropouts 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[1]。我々は、プログラミングの講義において通常の学生には 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）を中心とした補習講義において少人数制の対面講義を行うという試みを行った。プログラミングに対して苦手意識を持っていた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師の負担が大きく、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、補習講義に教師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。現在は補習コース対象者を、中間試験の結果によって講師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ていた。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、早いタイミングで講師による学生への適切な指導を行うためのメカニズムが構築できないかと考えた。我々は5年間にわたり、Java プログラミング講義に eL を取り入れ、さまざまな形で講義を展開し、学生の学習状況、成績などを解析してきた。その結果をもとに、本稿では 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見るための手法について提案するとともに、その有効性の検証を行う。

### 2. 関連研究

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。Martinez は、Attrition (eL 学習者の人数が減ること) と Retention (一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 の課題を捉えており、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[2]。本稿での「ドロップアウト兆候者」とは Martinez の定義する stopout を指す。また、Martinez は、Attrition を減らすには、教材の配置を考慮すること、フィードバックをきちんとすることを提案している。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取り、教材の配置を含めて再構成を行い、さらに学生に対するフィードバックを適切に行ってきた。それはアンケート結果からも実証済みである[3]。Salmon[4]は、UK 公開大学の例をあげ、履

<sup>†</sup> 上智大学, Sophia University

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

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、最初の課題がキープ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、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がカギであることを指摘する[5]。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[6]、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[7]。我々の行ってきた eL 型講義履修者は、コンピュータの操作による負荷はほとんどなく、入学と同時に多くの教科で eL システムを使用する、さらに 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っており、認知的負荷の低減には極力努めている。そこで、我々はこれらの先行研究、特に最初の数週間がカギであることを踏まえ、ドロップアウト兆候者を eL 型講義の初期段階で抽出し、適切な指導を教員が与えるための枠組みを構築することにした。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か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[8]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。

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もとに 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手法について提案し、提案した手法の有効性の検証を行った。

### 3. 本稿の構成

本稿では、まず千歳科学技術大学における eL システムの概要、5 年間に渡る eL を用いた Java プログラミングの講義運用を簡単に説明する。次に、チェックシート作成のために 19、20 年度の Java プログラミング講義および eL を導入している 20 年度その他の講義の履修学生の学習データと成績との関係についての解析結果を述べる。この結果をもとに作成したチェックシートを示し、最後に作成したチェックシートの有効性を検証する。

### 4. eL システムの概要

本節では、千歳科学技術大学において導入されている eL システムの概要とその機

能について特に、本稿に関連するものについて詳しく記述する。

学習コンテンツとして、教科書コンテンツとドリルコンテンツが扱える。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、講師が、一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、学生側のインター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講師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、科目によってさまざまである。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、穴埋め式の他に選択式(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、当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○が、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講師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、学生と講師、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、学生と講師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・提出確認等の機能を備えている。

講師は随時、以下の8項目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、ドリル正解数/ドリル解答数\*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、ドリル不正解数/ドリル解答数\*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のヒントを参照した回数の合計を示す
8. カテゴリ別ドリル達成率：カテゴリのドリルの達成状況を示す。全問正解することでそのカテゴリの達成率は100%となる

以上のデータを用いて、講師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。

## 5. eLを用いたJavaプログラミング講義

### 5.1 Javaプログラミング講義のeL運用形態

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)は平成16年度～21年度まで行われた。各年度の講義でのeL運用形態について表1に示す。この講義はJavaプログラミングを学ぶ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。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プログラミングが出来るようになる。
2. 仕様にしたがって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及び実行が出来る。

表1 Javaプログラミングの講義：各年度の講義形態

| 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     | 125 | 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        | 123 | 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        | 98  |                                                 |      |    |

学生はこの講義を通じてクラス概念・オブジェクト概念・メソッド概念・継承概念といった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。また、試験は中間試験・期末試験(6.1参照)の2回行われ、それにより評価が決定する。単位認定型eLとは、講師・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行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、2回のスクーリング、中間・期末試験以外に教室での集合講義は行われない。評価は中間・期末試験の結果とコンテンツの取り組み状況などから判定される。19,20年度は中間試験の結果が20点未満(基本事項が理解できていないとみなされる)であった学生と、eL学習状況が極めて悪い学生＝ドロップアウト兆候者を対象に少人数制の対面講義による補習授業を行った。その結果、プログラミングに対して苦手意識を持っていた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[9]。

### 5.2 Javaプログラミング講義のコンテンツ[3]

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なかで、特にSWDで利用されたコンテンツについて4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取り、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 アニメーションと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うために作成された。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②Java、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。

## 6. eL を用いた Java プログラミング講義学習データの解析

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。

### 6.1 解析を行った学習データ

本研究で解析を行った学習データは、教科書閲覧回数、教科書閲覧率、ドリル回答数、ドリル正解数、ドリル達成率、課題レポート提出率である。ここでいう教科書には映像・アニメーションは含まれていない。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。例えばあるカテゴリに 4 ページの教科書がある場合、全てを見ていれば 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。成績は、中間試験と期末試験の点数である。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。

ペーパー試験：語句の穴埋め問題 32 問（各 1 点）とプログラミング読解問題 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、プログラムを書く上で最低限知っておくべき語句が主である（フィールド、メソッド等）。プログラム読解問題に関しては、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：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。その他詳細は[3,10]を参照していただきたい。

### 6.2 学習データの各項目と成績の相関

6.1 節で述べた学習データの各項目について、それぞれ 19、20 年度の学生の期末試験の成績との相関を調べた結果について述べる。表 2 に教科書閲覧率、教科書閲覧回数、ドリル正解率、ドリル正解数と 19、20 年度の成績との相関係数をまとめたものを示す。「中間」とは、中間試験のペーパー試験とオンライン試験の総合点と、中間試験までの各学習データとの相関を示す。「期末」とは、期末試験のペーパー試験とオンライン試験の総合点と、期末試験までの各学習データとの相関を示す。

表 2 学習データと成績との相関 (SWD) ( $p < 0.01$ )

|           | 19 年度         |               | 20 年度         |               |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|           | 中間            | 期末            | 中間            | 期末            |
| 教科書閲覧回数   | 0.2388        | 0.2322        | 0.4148        | 0.4444        |
| 教科書閲覧率    | 0.4095        | 0.3196        | <b>0.5517</b> | <b>0.6141</b> |
| ドリル正解数    | 0.4092        | 0.3720        | 0.3833        | <b>0.4963</b> |
| ドリル達成率    | <b>0.5967</b> | <b>0.4262</b> | <b>0.4865</b> | <b>0.5728</b> |
| 課題レポート提出率 | <b>0.6128</b> | <b>0.5927</b> | 0.4783        | <b>0.5357</b> |

全体的に少なくとも弱い相関はどの項目にも表れており、0.4 以上の中程度相関が多い。19 年度は中間試験のドリル達成率、レポート提出率、期末試験のレポート提出率に比較的高い相関が見られ、全体的にみ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、中間試験では全体的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も 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は教科書閲覧率とドリル達成率である。

### 6.3 相関係数が高かった項目に関する詳細な解析

前節で、相関係数が高くて教科書閲覧率、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 1,2 は 19、20 年度中間試験までの教科書閲覧率に対する中間試験の成績を、図 3,4 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試験の成績を示したものである。図中の丸印は補習コースに該当する 20 点以下の注意すべき学生を示している。教科書閲覧率と成績では 19 年度は全体的に閲覧率が 90%以上、成績が 70 点以上の周辺に固まっており、20 年度では、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が、丸印内の20点以下の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。

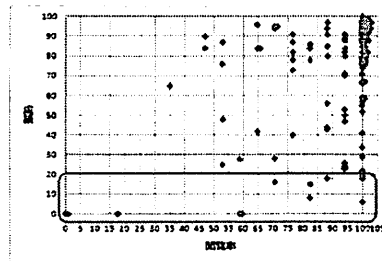


図1：19年度教科書閲覧率と成績

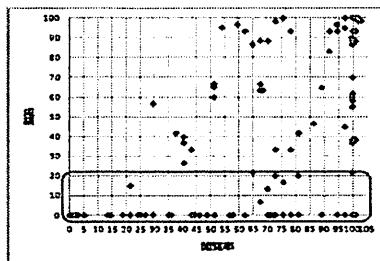


図2：20年度教科書閲覧率と成績

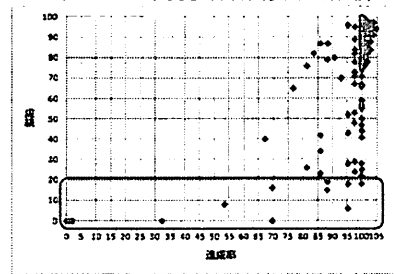


図3：19年度ドリル達成率と成績

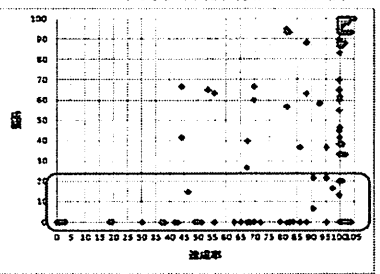


図4：20年度ドリル達成率と成績

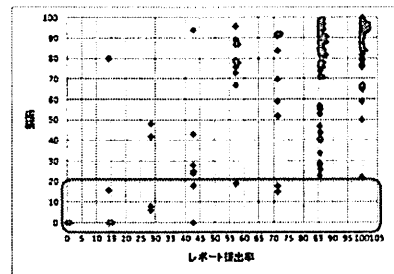


図5：19年度レポート提出率と成績

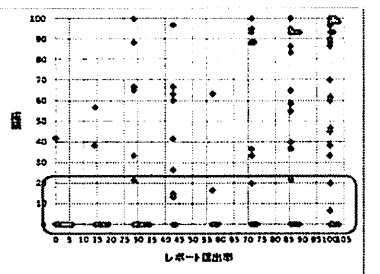


図6：20年度レポート提出率と成績

また教科書閲覧率と同様、20点以下の学生数は達成率に関係なく全体的に増えている。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。また丸印内を見ても提出率が75%以下の学生が成績も悪い傾向がみられる。また20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。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みられた。20年度のほう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取れた、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、各図の丸部分の右側に示すように閲覧率や達成率が高いが成績が悪い学生も多くみられる。そこで、この学生の内、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、課題期間の取組日が残る3日に集中しているというようなデータが得られた[10]。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年度の結果をみ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、課題期間の取組日が残る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」に適用することを踏まえて議論を進める。

## 7. eL型講義の学習データの解析

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4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。解析対象の科目詳細は以下の通りである。

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科目。Javaプログラミングの講義と同様、一部の対面講義の他は、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みなされ、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。

数学Ⅰ：20年度1年生春学期の必修科目。三角関数、指数対数、複素数、微分、積分

を扱う講義である。対面講義を中心として、講義時に eL を使用する形のブレンド型講義。演習は eL を使わず筆記演習となる。成績評価は定期試験と課題取組の総合評価。SWD や情報キャリアデザインに比べ、成績への eL 取組状況の影響は小さい。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。

## 7.1 学習データの各項目と成績の相関

表 3 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( $p < 0.01$ )。表より、ICD は共通して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、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。

表 3 eL 型講義における学習データと成績との相関関係

|            |      | 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   | <b>0.4628</b> | <b>0.4425</b> | <b>0.4063</b> | 0.3736        |
|            | 期末   | 0.2979        | 0.3454        | 0.3579        | 0.3828        |
| ICD-GSD    | 中間   | <b>0.4483</b> | <b>0.4964</b> | <b>0.6136</b> | <b>0.6395</b> |
|            | 期末   | <b>0.4773</b> | <b>0.5211</b> | <b>0.5803</b> | <b>0.5772</b> |
| 数学 I       | 中間 1 | 0.0741        | 0.0110        | 0.2632        | 0.2804        |
|            | 中間 2 | 0.1563        | 0.1135        | 0.0630        | 0.1349        |
|            | 期末   | 0.0859        | 0.0681        | 0.1840        | 0.2142        |
| プログラミングスキル | 中間   | 0.1485        | 0.2630        | 0.2407        | 0.2709        |
|            | 期末   | 0.2620        | <b>0.4287</b> | 0.1664        | 0.1147        |

SWD と比較して、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。また、数学 I にはほとんど相関が見られず、プログラミングスキルに関しては、教科書閲覧率と成績の間に中程度の相関がみられたことを除けば、弱い相関も相関がない。SWD や ICD のように、eL を中心とした講義ではなく、成績への影響も少ない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、6 節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。

## 7.2 学習データと成績の分布

前節の結果から、全体的に相関関係の見られた ICD-APST、ICD-GSD に学習データと成績の分布について述べる。図 7,8 および図 9,10 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も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取る割合が多いことがわかる。このような学生はチェックシートで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よい傾向があるので、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。

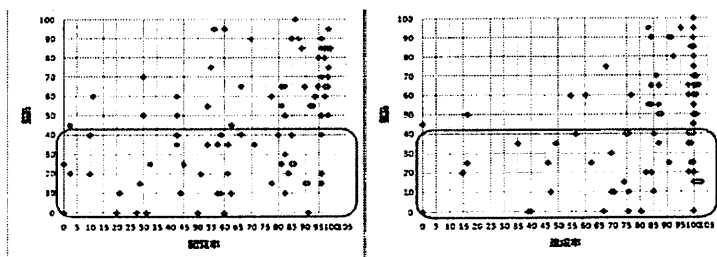


図 7: 教科書閲覧率と成績(ICD-APST)

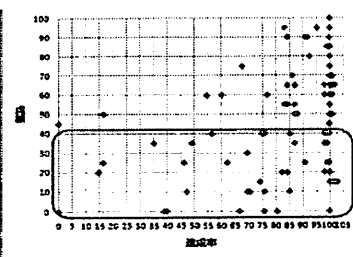


図 8: 教科書閲覧率と成績(ICD-GSD)

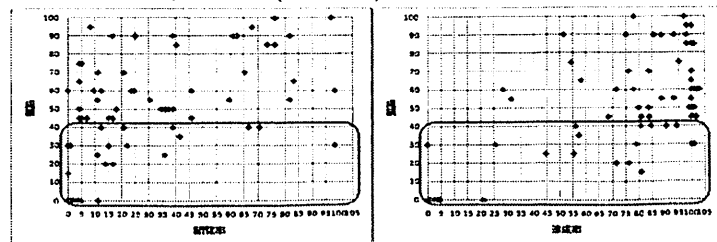


図 9: ドリル達成率と成績(ICD-APST)

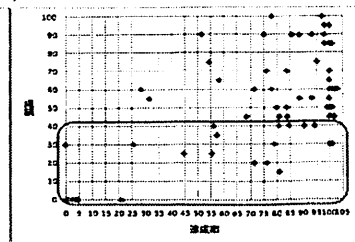


図 10: ドリル達成率と成績(ICD-GSD)

## 8. ドロップアウト兆候者早期発見チェックシート

本節では6節と7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。

### 8.1 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

#### 8.1.1 学習データと成績の相関の検証

6節と7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を下回ったほかは、すべて相関がみられた。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。数学1、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。

#### 8.1.2 各学習データと成績の分布の比較

##### 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割以上の成績は取れていたが、ICD-APSTではその傾向がある程度見られるものの、ICD-GSDでは閲覧率が低い傾向にあるが、閲覧率が低い＝成績が悪いという方程式は必ずしも当てはまらない。

##### 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を留意しなければならない。SWDで見られた「課題期間の取組日残り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。

### 8.2 ドロップアウト兆候者早期発見チェックシート

前節までの結果、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踏まえ、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「課題期間の取組日残り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20点以下の学生の学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4に示す。

表4 チェックシート

| 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日間に集中している   |
| 5    | レポート | レポートの提出率50%以下            |

#### 8.3 eL型講義におけるチェックシートの有効性

作成したチェックシートは、19、20年度のSWDの受講学生の成績と学習データを基に、しきい値を設定した。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踏まえ、使用する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20点以下の学生、ICDは40点以下の学生を発見するように設定した表4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点以下であった人数の割合）を表5に示す。全体的に40%以上の割合で成績の低い学生を見つけ出せることができていたが、項目番号4においては19年度SWDでは5.13%(2/39)、つまり実際の対象者は2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SWDの51%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33%(1/3)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ができるが、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7割以上は抽出できていることがわかる。

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結果的に成績が悪い学生について調査を行った。表6に、チェックシートでは抽出できなかった人数を項目ごとに示す。特に、表の最下行に、抽出すべきであったのに、すべての項目の一つもあてはまらない（つまり学習を良く行っている）ために抽出できなかった人数を示した。これを見ると、SWDでは19、20年度それぞ

れ2名, 11名抽出できなかったが, ICDでは0となった。表5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わかる。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言える。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20%弱であることがわかった。

表5 チェックシートの適合率(%) (最下段のみ再現率)

| 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(12)             | 20年度(48)     | ICD-APST(43)    | ICD-GSD(24)  |
| 1(教科書<60%)        | 38.46(5/13)          | 73.53(25/34) | 69.70(23/33)    | 40.38(21/52) |
| 2(ドリル0)           | 100.0(3/3)           | 100.00(4/4)  | 50.00(1/2)      | 100.00(5/5)  |
| 3(ドリル<70%)        | 87.50(7/8)           | 75.86(22/29) | 75.00(15/20)    | 70.00(14/20) |
| 4(残り3日)           | 5.13(2/39)           | 51.22(21/41) | 44.00(22/50)    | 32.26(10/31) |
| 5(report<50%)     | 52.94(9/17)          | 69.23(27/39) |                 |              |
| 1 & 3             | 100.00(5/5)          | 78.26(18/23) | 73.33(11/15)    | 70.00(14/20) |
| 1 & 4             | 33.33(1/3)           | 75.00(12/16) | 68.75(11/16)    | 33(9/27)     |
| 再現率(1~5のいずれかを満たす) | 83.33                | 77.08        | 100             | 100          |

表6 チェックシートで抽出できなかった人数(人(%))

| 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(12)             | 20年度(48) | ICD-APST(43)    | ICD-GSD(24) |
| 1(教科書)        | 7                    | 23       | 20              | 3           |
| 2(ドリル0)       | 9                    | 44       | 32              | 19          |
| 3(ドリル)        | 5                    | 26       | 28              | 10          |
| 4(残り3日)       | 10                   | 27       | 21              | 14          |
| 5(report<50%) | 3                    | 21       |                 |             |
| すべて           | 2                    | 11       | 0               | 0           |

## 9. 結論と展望

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, 早いタイミングで講師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もとに「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ほぼ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。展望として, すべての項目に一つもあてはまらない, つまり学習を良く行っているために, 抽出できなかった割合が少ないとはいえ, 若干存在していることから, そのような学生に対するアプローチを考えていく必要がある。

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。

## 参考文献

- 1) Macdonald, J., Blended Learning and Online Tutoring, pp. 2-3, Gower Publishing (2008).
- 2) Martinez, Margaret: High Attrition Rates in e-Learning: Challenges, Predictors, and Solutions(2003). <http://www.elcarningguild.com/pdf/2/071403MGT-L.pdf>(アクセス日時 2009/7/2).
- 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) Salmon, G.(2004) E-moderating: The Key To Teaching And Learning Online, Second Edition, Falmer Pr, (2004)
- 5) Keith Tyler-Smith: 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)
- 6) Morgan, C. K., & Tam, M.,: Unraveling the complexities of distance education and student attrition, Distance Education, Vol.20, No.1, pp.96—105(1999).
- 7) Karen Frankola: Why Online Learners Drop Out, Business Services Industry, [http://findarticles.com/p/articles/mi\\_m0FXS/is\\_10\\_80/ai\\_79352432/](http://findarticles.com/p/articles/mi_m0FXS/is_10_80/ai_79352432/) (Oct.2001 アクセス日時 2009/6/27)
- 8) 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 20, pp.997-998 (2004)
- 9) Eiko Takaoka, Java Programming for Remedial Students -supplementing e-learning with small-group instruction-, World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2008, pp.4435-4440, Vienna, Austria, 2008.
- 10) 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), 情報処理学会, Vol.2009, No.6, pp.191-198, 2009