

## Java プログラミング教育

### e-learning コンテンツ閲覧状況と成績との相関関係に関する一考察

石井 和佳奈 高岡 詠子

千歳科学技術大学 光科学部 光応用システム学科

〒066-8655 北海道千歳市美々758-65・0123-27-6097(FAX 兼)

m2050010@photon.chitose.ac.jp, eiko@etlab.spub.chitose.ac.jp

#### 概要

今年度Javaプログラミング言語入門を目的とした授業を単位認定型完全e-learning形式で行うことを視野に入れて、昨年度、試験的にe-learningシステムを導入してブレンド型で授業を行った。今までに学生のアンケート結果やコンテンツ閲覧状況と成績との関係についてラフな分析を行った結果を今年度の授業に反映している。本稿では、コンテンツ閲覧状況と成績との相関関係について、より詳細な分析を行い、その結果成績とコンテンツ閲覧状況との間には強い相関関係があることを報告する。今回得られた結果を反映し、学生のコンテンツ閲覧状況からドロップアウトしそうな学生を早期に予測し、適切な指導を行うことができる。対面授業のない完全e-learning形式の授業における課題の一つである学生のフォローアップに有効な結果であるといえる。

#### 1. はじめに

本大学では、平成16年度に採択された現代的教育ニーズ取組支援プログラム、テーマ6:ITを活用した実践的遠隔教育(e-learning)において全学的にe-learningプロジェクトが進められている。情報講義系科目の一つであり学部3年生を対象とした「ソフトウェアデザイン」では、Javaプログラミング言語入門の授業を今年度、単位認定型完全e-learningで行っている。他の科目はブレンド型e-learningをめざす中、今回のプロジェクトにおいては唯一完全e-learning化を行う科目である[1,2]。コンテンツ作成は筆者の研究室でおこなっている[3]。今年度の授業形態を視野に入れて、昨年度春学期、試験的にe-learningシステムを導入してブレンド型で授業を行った。アンケートの結果からは、本大学でのe-learningの利用価値は学生には十分認められており、学生に対する利用促進によって、自主学習での有効利用性も高まるであろうことが予測された[2]。学生の成績とコンテンツ利用状況との相関関係についての解析

結果からは、本格運用に向けて、①プログラミング能力をつけさせるための仕組み②ドロップアウトを早くに見つけて対処する方法③学生が能動的に取り組む仕組み④スクーリングの良い方法について検討していく必要があることがわかった。この中で、①の解決策として、Javaのインストールのように学習者が手間と感じる箇所の簡略化や、学習者がコーディングを行いながらプログラムを作成する手順、コンパイル時に発生するエラー文の読み方と取り除き方を学ぶことができるJavaプログラミング初等教育の専用統合環境JavaEditorを構築した[4,5]。②の解決策としては、教師側が詳細データを見てそれを学生のフォローアップのために生かすようなインターフェースを開発した。③④についても適切な方法を取り入れ、現在授業を行っている(発表時には授業は終わっているため詳細報告ができる見込みである)。

対面授業のない完全e-learning形式の授業においては、モチベーションの高い学生は個々のペースで学習することで能力を最大限に伸ばすことができる。しかし、能力の低い学生にとっては、メールやTA等、質問できる環境を整えても、学習意欲がなくなってしまうと簡単にドロップアウトしてしまう。このような学生に対する有効なフォローアップ方法を検討していくことが大きな課題

である。

我々は、今までに、昨年度の授業におけるコンテンツ閲覧状況と成績との関係についてラフな分析を行ってきた。今回、この2つの相関関係についてピアソンの積率相関係数を調べることでより詳細な分析を行い、二つの間に強い相関関係があることを導き出した。この結果を使い、今年度の授業におけるドロップアウトしそうな学生を早期に予測し、適切な指導を行うことにしている。

## 2. コンテンツ概要

コンテンツの目次リストを以下に示す。箇条書きの大項目につき、それぞれいくつかの教科書、アニメーション、映像教材、ドリル（演習問題）が用意される[1,2,3]。

- 1) オブジェクト指向と Java
- 2) クラスの概念とインスタンス
- 3) クラス・フィールド・メソッド
- 4) 今までのまとめ
- 5) 継承①
- 6) 継承②
- 7) 配列
- 8) 抽象クラス

### 2.1. 講義テキスト（教科書）

前節で述べた大項目の中にさらに小項目があり、それぞれに講義テキストが用意される。各テキストは HTML ファイルである。テキストだけではイメージを伝えにくい内容について Flash アニメーションを用意した。アニメーションファイルをテキスト内部に組み込むことはせず、テキストでは対応するアニメーションを見るよう記述するにとどまっておき、実際に学生は目次リストから対応するアニメーションをクリックして見ることになる。

### 2.2. アニメーション

テキストで表現しきれない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を伝えるために、アニメーションを作成した。テキストの内容を補助するためのものと、長いプログラムの説明を行うためのものがある。プログラムの説明を行うアニメーションでは、プログラムの各行にマウスを合わせると、その行の説明が表示される。

### 2.3. ドリル

各大項目に、理解度を確認するためのドリルを用意した。ドリルは学習者が能動的に進度に合わせて回答できる「演習モード」と、達成率を 100% にする期限を与える「課題モード」の両方で回答できる。語句やプログラムの穴埋め問題や、プログラムの実行結果を問うような問題がある。回答方式としては、選択式（各小問ごとに複数選択肢から選ぶ）、パズル方式（大問に複数選択肢を用意し、その中から当てはまるものを空欄へマウスで移動する）がある。また、ドリルには学習者のドリルの正答率と不正答率が表示されるようになっている。

### 2.4. 映像

本コンテンツの映像は、実際の授業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・編集を行っている[1,3]。

## 3. 成績とコンテンツ利用状況との関係

評価は中間試験（継承の前まで）・期末試験の2回であり、どちらもペーパー試験およびオンラインでプログラミングを行う試験を行った。試験内容は前年度 e-learning を使わない授業を行ったときとほぼ同レベルなものにした。

### 3.1. 中間試験の順位とコンテンツ利用率の相関

図 1 は中間試験の順位とコンテンツ利用率（教科書閲覧率とドリル正解率）との相関について示したグラフである。

教科書閲覧率は全ての単元の教科書を一回でも閲覧していれば 100% として計算し、回数 は考慮に入れていない。つまり、ある単元をたくさん閲覧していても、閲覧していない単元があれば教科書閲覧率は下がる。

ドリル正解率はドリル正解数 / (ドリル正解数 + ドリル不正解数) で求められるものである。

#### 3.1.1. 中間試験の順位と教科書閲覧率の相関

図 1 の●のグラフは中間試験におけるペーパー試験の順位、オンライン試験の順位、中間試験の順位（ペーパー試験の得点とオンライン試験の得点の合計）それぞれと教科書閲覧率との相関係数についての比較を表したグラフである。

グラフを見てみると、中間試験のペーパー試験

と教科書閲覧率の間の相関係数は $-0.803$ であり、強い相関関係があることがわかる。しかし、オンライン試験の順位と教科書閲覧率の間の相関係数を見てみると $-0.605$ であり、オンライン試験と教科書閲覧率の間にはペーパー試験ほどの相関は無いことが分かる。この理由としては、オンライン試験は実際に仕様に従いコーディングを行う試験であるのに対して、中間試験の純用の教科書ではコーディングを学び始めるために基本となるようなプログラムしか載っていないからであると考えられる。また、中間試験の順位と教科書閲覧率の間の相関係数は $-0.766$ で強い相関が見られる。つまり、教科書の閲覧率の高い学生はペーパー試験で高得点を取り、中間試験の順位も良くなると言える。

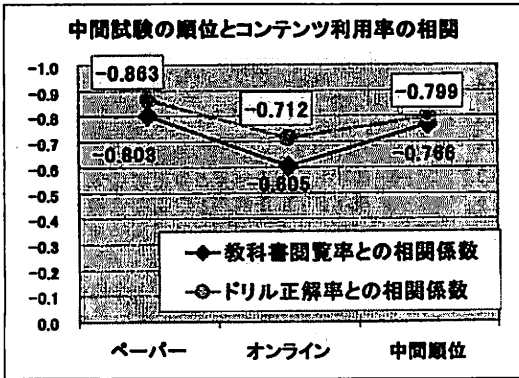


図1 中間試験の順位とコンテンツ利用率の相関

### 3.1.2 中間試験とドリル正解率との関係

図1の◆のグラフは中間試験におけるペーパー試験の順位、オンライン試験の順位、中間試験の順位それぞれとドリル正解率との相関係数について示したものである。

グラフを見ると、ペーパー試験の順位とドリル正解率との相関係数は $-0.863$ であり、強い相関関係を見ることができる。これは、ペーパー試験の問題はドリルの問題に沿って作られているからであると考えられる。次にオンライン試験の順位とドリル正解率との相関を見てみると、相関係数が $-0.712$ であり、かなり相関があることがわかる。また、中間試験の順位とドリル正解率との相関係数も $-0.799$ であり、高い相関が見られる。

3.1.1の教科書閲覧率と中間試験の順位とドリル正解率と中間試験の順位との相関を比べてみると、ドリル正解率の方が、ペーパー、オンライン、合計、共に強い相関が見られる。

### 3.2 中間試験の順位とコンテンツ利用回数の相関

図2は中間試験の順位とコンテンツ利用回数の関係について表したグラフである。

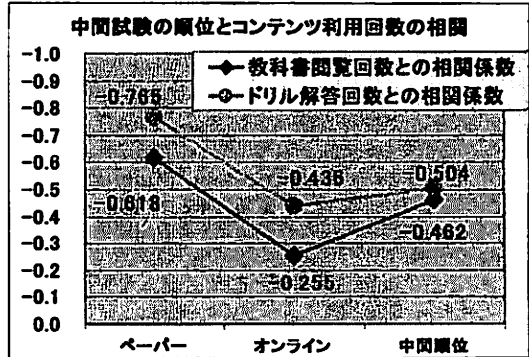


図2 中間試験の順位とコンテンツ利用回数の相関

### 3.2.1 中間試験の順位と教科書閲覧回数との相関

図2の◆のグラフは中間試験におけるペーパー試験の順位、オンライン試験の順位、中間試験の順位それぞれと教科書閲覧回数との相関係数についての比較を示したグラフである。

このグラフを見てみると教科書の閲覧回数はペーパー試験の順位との間には強い相関が見られるが、オンライン試験と中間試験の順位については $-0.255$ 、 $-0.462$ であり、そこまでの相関は見られない。3.1.1の教科書閲覧率との相関はペーパー、オンライン、全体共に強い相関であることから、教科書は回数を多く見ることがよりもまんべんなく見ることが大切であることが読み取れる。

### 3.2.2 中間試験の順位とドリル解答回数の相関

図2の●のグラフは中間試験におけるペーパー試験の順位、オンライン試験の順位、中間試験の順位それぞれとドリル解答回数（正解、不正解に関係なくドリルの解答をおこなった数）との相関係数についての比較を示したグラフである。

このグラフを見るとペーパー試験については $-0.766$ と強い相関が見られるが、オンライン試験、中間試験の順位については、 $-0.436$ 、 $-0.504$ と中程度の相関があるが、3.1.2のドリル正解率と中間試験の順位との相関の方が圧倒的に強いことがわかる。つまり、ドリルをたくさん解いても正解率が高くなければ中間試験にはそれほど効果がないということが読み取れる。

### 3.3 期末試験とコンテンツ利用率の相関

期末試験とコンテンツ利用率(教科書閲覧率とドリル正解率)との相関について以下に示す。

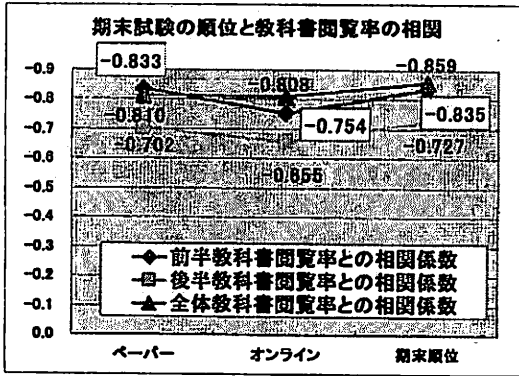


図3 期末試験の順位と教科書閲覧率

### 3.3.1. 期末試験と教科書閲覧率の関係

図3に示すのは期末におけるペーパー試験の順位、オンライン試験、期末試験の順位（ペーパー試験の得点とオンライン試験の得点の合計）それぞれと教科書閲覧率との相関係数についての比較をしたグラフである。

◆のグラフは前半の教科書（中間試験の範囲のもの）の閲覧率との相関係数を示しており、■のグラフは後半の教科書（中間試験の試験範囲を除いたもの）の閲覧率との相関係数、▲のグラフは教科書全体の閲覧率との相関係数をそれぞれ示している。

このグラフを見てみると、教科書全体の閲覧率との相関係数がペーパー試験、オンライン試験、期末試験全体、共にそれぞれ、 $-0.810$ 、 $-0.808$ 、 $-0.859$ と強い相関関係が見られる。興味深いのは前半の教科書閲覧率との相関である。本来ウェイトが高いはずの後半の教科書閲覧率との相関係数がペーパー試験で $-0.7019$ 、オンライン試験で $-0.655$ 、期末試験全体で $-0.727$ であるのに対して、前半の教科書閲覧率との相関係数がペーパー試験で $-0.833$ 、オンライン試験で $-0.754$ 、期末試験全体で $-0.835$ と後半の教科書閲覧率よりも高い相関関係が見てとれる。このことから期末試験であっても、中間試験の範囲であるJavaプログラミングの基本的な部分についての教科書を閲覧することが重要であると考えられる事ができる。

### 3.3.2. 期末試験とドリル正解率の関係

次に、期末試験におけるペーパー試験の順位、オンライン試験の順位、期末試験の順位それぞれとドリル正解率の相関係数について示した図4について見てみる。

◆のグラフは前半のドリル（中間試験の範囲のもの）の正解率との相関係数を示しており、■のグラフは後半のドリル（中間試験の試験範囲を除

いたもの）の正解率との相関係数、▲のグラフはドリル全体の正解率との相関係数をそれぞれ示している。

ここでも注目すべきはJavaの基本的な部分の理解度を確認する為の前半のドリルの正解率との相関係数が、ペーパー、オンライン、期末試験全体の全てにおいて大きいことである。つまり、基本的な部分の理解度の高い学生が期末試験の結果も良いと考えられる。また、ドリル全体の正解率と期末試験との相関は前半のドリル正解率との相関ほど強い相関は見られないが、強い相関が見て取れる。後半部分のドリル正解率と期末試験の間には中程度の相関が見られる。

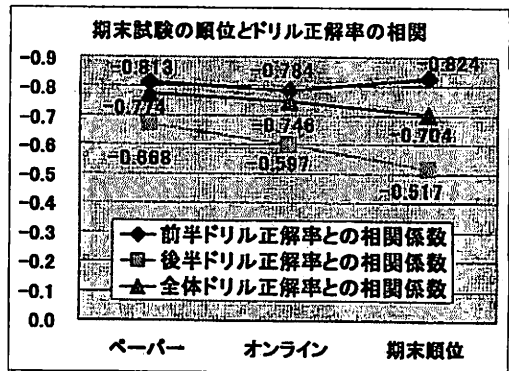


図4 期末試験の順位とドリル正解率の相関

### 3.4. 期末試験の順位とコンテンツ利用回数の相関

期末試験とコンテンツ利用率(教科書閲覧回数とドリル)との相関について以下に示す。

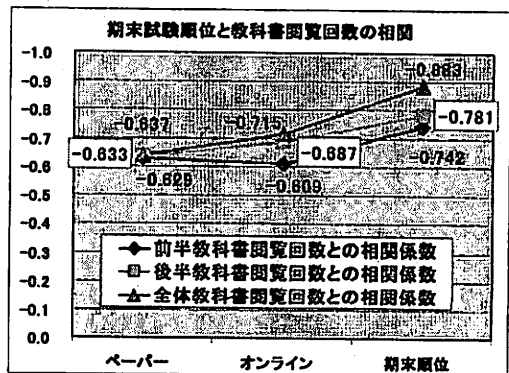


図5 期末試験順位と教科書閲覧回数の相関

#### 3.4.1. 期末試験順位と教科書閲覧回数の相関

図5は期末試験におけるペーパー試験の順位、オンライン試験の順位、期末試験の順位それぞれと教科書閲覧回数との相関係数について示したグラフである。◆のグラフは前半の教科書（中間試

験の範囲のもの)の閲覧回数との相関係数を示しており、■のグラフは後半の教科書(中間試験の試験範囲を除いたもの)の閲覧回数との相関係数、▲のグラフは教科書全体の閲覧回数との相関係数をそれぞれ示している。

このグラフを見てみるとペーパー試験に関してはどれも中程度の相関を見ることができる。オンライン試験については後半部分の教科書の閲覧回数との間に強い相関、全体の閲覧回数にやや強い相関を見ることができる。期末の順位と教科書閲覧回数の間には前半、後半、全体共に強い相関が見られるが、中でも教科書全体の閲覧回数と期末試験の順位の相関はとても強い。

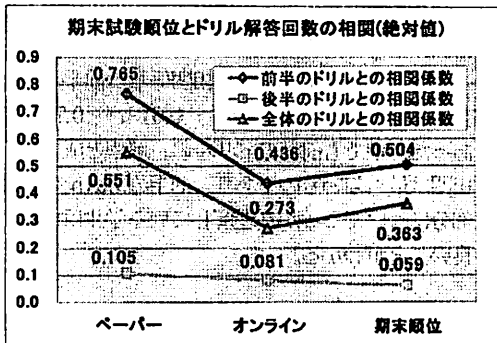


図6 期末試験順位とドリル解答回数の相関(絶対値)

### 3.4.2. 期末試験順位とドリル解答回数の相関

図6は期末試験のペーパー試験の順位とドリル解答回数、オンライン試験の順位とドリル解答回数、期末試験の順位とドリル解答回数の相関係数の絶対値について示したものである。◆のグラフは前半のドリル(中間試験の範囲のもの)の解答回数との相関係数を示しており、■のグラフは後半のドリル(中間試験の試験範囲を除いたもの)の解答回数との相関係数、▲のグラフはドリル全体の解答回数との相関係数の絶対値をそれぞれ示している。

絶対値を示したのは、後半のドリルとオンライン試験、期末順位の間は相関係数が正の値を取ったことによるもので、相関係数を元に相関の強さについてみる場合、正負は関係ないためである。

このグラフからは後半のドリルの解答数と期末試験の間には相関は無い。また、全体のドリルの解答数との間ではペーパー試験に関してはやや相関が見られるが、その他は弱い相関しか見ることができなかった。前半のドリルの解答数との相関ではペーパー試験では強い相関を見ることができるが、それ以外はそれほど高い相関関係は見ることができない。

また、相関は無いとされる後半のドリルとの相関についてオンライン試験と期末試験の順位との間において正の相関が見られたことについて考えられる理由としては、後半部分のドリル問題はプログラムに関する問題が多く、基本的な部分を理解していない学生がドリル課題の達成度を100%にするために、選択肢を順番に選んで正解を導こうとして何度も問題を解いたことが原因であると考えられる。

### 3.5. ソフトウェアデザイン成績とコンテンツ利用率の相関

図7にソフトウェアデザインの成績とコンテンツ利用率(教科書閲覧率とドリル正解率)の相関係数について示す。

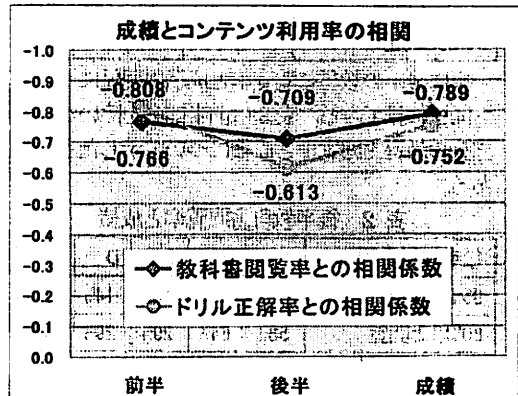


図7 成績とコンテンツ利用率の相関

#### 3.5.1. 成績と教科書閲覧率の相関

図7の◆のグラフはソフトウェアデザインの成績と教科書(中間試験の範囲である前半、中間試験の範囲を除いた後半、全体)閲覧率の相関係数について示したものである。このグラフをみると、前半、後半、全体との相関係数がそれぞれ、-0.766、-0.709、-0.789となっており強い相関があると言える。つまり、教科書の閲覧率の高い学生の方がよい成績であるということである。

「出席率の高い学生程成績が良い」というデータがある[6,7]。ソフトウェアデザインの授業は完全e-learningの形式をとるため、出席をとることはなく、出席率を算出することはできないが、教科書閲覧率を出席率と同等とみることができると考えられる。

表1は前半の教科書閲覧率と成績について示したものである。成績は5段階に分けられておりA

が一番成績が良い。Dが不可で、Eが欠席の学生を示す。表では、前半の教科書全体のうち80%以上閲覧している学生がAの学生のうち61%、Bの学生のうち56%、Cの学生のうち34%、Dの学生のうち29%、Eの学生のうち20%いることを示している。注目すべきは全体のうち75%以上閲覧している学生のデータである。成績の良いA、Bの評価の学生のうち8割近くが前半の教科書の75%以上閲覧しているのに対して、C、D、Eの学生では51%、36%、20%という比率になっている。つまり、成績の良い学生と悪い学生の間には教科書の閲覧率にかなりの開きがあることがわかる。

表1 前半の教科書閲覧率と成績

前半教科書閲覧率	A	B	C	D	E
80%以上閲覧	61%	56%	34%	29%	20%
75%以上閲覧	78%	76%	51%	36%	20%

次に後半の教科書閲覧率と成績の関係についても同様に見てみる。表2は前半部分を除いた後半部分の教科書閲覧率と成績について示したものである。

表2 後半教科書閲覧率と成績

後半教科書閲覧率	A	B	C	D	E
85%以上閲覧	34%	36%	15%	14%	0%
80%以上閲覧	58%	64%	29%	29%	0%

この表からは成績の良いA、Bの学生では後半部分の教科書の閲覧率が80%以上の学生がそれぞれ全体の58%、64%と6割近い学生がいることがわかる。しかし、成績の悪い学生ではCの学生のうち29%、Dの学生のうち29%と3割程度の学生しか後半の教科書の80%以上閲覧した学生がいないのである。

表3 教科書全体の閲覧率と成績

教科書全体閲覧率	A	B	C	D	E
70%以上閲覧	63%	72%	37%	29%	0%
65%以上閲覧	71%	72%	46%	36%	20%

最後に教科書全体の閲覧率と成績についてみてみる。表3は教科書全体の閲覧率と成績について示したものである。

表をみてみると、教科書全体のうち65%以上閲覧している学生がAの学生のうち71%、Bの学生のうち72%であり、約7割の学生が教科書全体のうち65%以上閲覧していることになる。また、成

績が悪かった学生についてみてみるとCの学生のうち46%、Dの学生のうち36%、Eの学生のうち20%しか65%以上教科書を見ている学生がいなかったということがわかった。

これらの結果から、成績がA、Bの学生とC、D、Eの学生の間に教科書閲覧率の違いを見ることができるので、これを用いて学生の閲覧率をチェックすることでドロップアウトしそうな学生をピックアップするのに用いることができるのではないかと考えられる。

### 3.5.2 成績とドリル正解率の相関

図7の●のグラフは成績とドリルの正解率との相関係数について示したものである。

成績とドリル正解率との相関係数は前半、後半、全体でそれぞれ、 $-0.808$ 、 $-0.613$ 、 $-0.752$ であった。中でも前半のドリルの正解率と成績との相関は最も強いものであり、前半のJavaの基礎部分についてしっかり理解している学生は成績が良いことがわかる。

### 3.6 ソフトウェアデザイン成績とコンテンツ利用回数の相関

図8にソフトウェアデザインの成績とコンテンツ利用回数（教科書閲覧回数とドリル解答回数）の相関係数について示す。

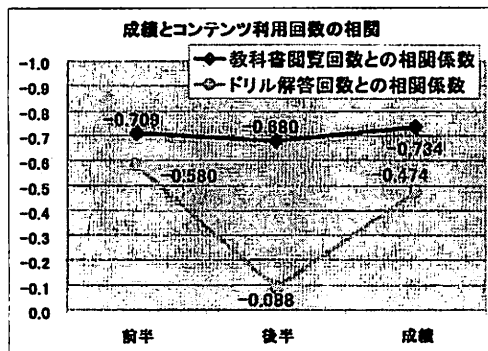


図8 成績とコンテンツ利用回数の相関

#### 3.6.1 成績と教科書閲覧回数の相関

図8の●のグラフは成績と教科書閲覧回数との相関係数について示したものである。前半、後半、全体ともに $-0.709$ 、 $-0.680$ 、 $-0.734$ と強い相関が見られるが、3.5.1の教科書閲覧率の方が成績との相関が強い。つまり、成績と教科書の関係としては閲覧回数が多いことよりも、全体を満遍な

く見る事が重要であると言える。

### 3.6.2 成績とドリル解答数の相関

図8の◆のグラフは成績とドリル解答率との相関係数について示したものである。前半、後半、全体のドリル解答数との相関係数がそれぞれ、 $-0.580$ 、 $-0.088$ 、 $-0.474$  となっている。前半部分と全体にはやや相関が見られるものの、後半部分のドリルの解答数と成績との間には相関はない。3.5.2 のドリルの正解率との相関と見比べてみるとドリルの正解率の方が成績との相関が高いということがわかる。

## 4. おわりに

今回の解析によって教科書の閲覧率、ドリルの正解率と中間試験、期末試験、ソフトウェアデザイン の成績との間に相関をみる事ができた。コンテンツ利用回数と中間試験、期末試験、成績の間には相関があるものもあったが、相関が見られないものもあった。しかし、その中で

- ☆ 教科書は回数よりも閲覧率が成績に関係してくる
- ☆ ドリルに関してもむやみにやるのではなく、正答率が成績に関係してくる
- ☆ 教科書、ドリルに共通して前半部分 (Javaの基本) を抑えていることがかなり重要であるということがわかった。

相関があるという結果が出たものもそうでないものも、現段階では1回分のデータしかないので今年度の授業で運用した後、コンテンツの閲覧状況と成績のデータを解析することでより正確な相関関係をみる必要がある。

今回得られた結果により、ドロップアウトしそうな学生を早期に見つけて対処する他、統計結果を学生に掲示することで、学生のコンテンツ閲覧率を効果的に促進することも可能であると考えられる。

また、現在のところ教科書、ドリルの内容はJavaプログラミングを学ぶ上での必要なことからは網羅されていると考えてよいだろう。しかし、現在行っている完全e-learningでの授業において学生からメールや口頭で寄せられた質問を分析することで、学生がe-learningコンテンツを利用する中で分かりづらかった部分を知り、その部分についてより詳しく説明するような教科書やドリルの問題を作るこ

とでより良いコンテンツになっていくであろう。

### 参考文献

- [1] 高岡詠子、石井和佳奈、"Java プログラミング入門単位認定型完全 e-learning へ向けての試み〜コンテンツ構築および実践バージョン〜", 情報処理学会研究報告, CE-81, pp.73—80(2005).
- [2] 高岡詠子、石井和佳奈、"Java プログラミング入門単位認定型完全 e-learning へ向けての試み〜評価バージョン〜", 情報処理学会研究報告, CE-82, pp. 53—60(2005).
- [3] 高岡詠子、石井和佳奈、"Java プログラミング入門 e-learning コンテンツの紹介", 第47回プログラミングシンポジウム, 情報処理学会, pp. 167—172(2006).
- [4] 高岡詠子、米田毅浩、澤田英敏、山本啓介、"Java プログラミング教育統合環境「JavaEditor」", 情報処理学会研究報告, CE-83, pp. 149—156(2006).
- [5] 米田毅浩、山本啓介、澤田英敏、高岡詠子、"Java プログラミング初等教育統合環境における専用エディタの構築", 情報処理学会第68回全国大会論文集第4分冊, pp. 555—556(2006).
- [6][http://www.big.or.jp/~jas/kiyo\\_kaz1.html](http://www.big.or.jp/~jas/kiyo_kaz1.html)
- [7]<http://www.kyoto-su.ac.jp/~yamadaka/data/essay-1.htm>