

数学補習用 eLearning システム構築の試み（４）

石川県立大学 教養教育センター 稲葉宏和・桶 敏

1. はじめに

石川県立大学は農学系の大学である。理工学系とは異なり数学に苦手意識を持っている学生が多い。しかし、理系専門科目を学習する際、専門書の中の数式を理解する数学の力が必要となる。そのため、基礎的な数学の習得が不可欠である。

2006 年より教養教育センターで新入生を対象に行っているプレースメントテスト（注 1）の結果より、年度により増減はあるが 3 割程度の新入生が文系の高 3 レベルに達していないことが示される。また、入学試験科目としての数学はセンター試験のみ（2006 年までは選択、2007 年から必須）であり、個別学力試験では課してはいない。

教養科目「数学」の受講者に行ったアンケートでは、年度により増減があるが高校での数Ⅲ・C の履修者は半数程度であり、受験科目として他大学の個別学力試験で数学を受験したものは 3 割程度である。数Ⅰ・A 以降の科目を受験科目として勉強していない。そのため、高校数学の理解が十分でない学生が多い。これが数学に対し苦手意識を持つ学生の多さにつながっている。

数学が不得意な学生が講義の内容を理解するには補習が有効であると考えられる。補習は少人数対面で行うのが理想である。しかし、実際には、学生と教員の時間を合わせる事が難しい。そこで、時間と場所を選ばないという利点を持つ eLearning で補習を行うことを計画した。eLearning では、いつでも・どこでも・何度でも学習することが可能となる。

2010 年度に、「教育改善プロジェクト『数学補習用 eLearning システム構築の試み』」として、初めて eLearning による数学の補習を行った。後期開講の教養科目「数学」の進行に合わせて、補

習教材を用意した。計算のスキルを上げ、自分でテキスト・参考書の計算をたどれるようにし、講義やテキスト・専門書の内容の理解の助けになることを目指した。

そのための eLearning システムの構築と教材の開発を試みた（稲葉、桶、2011）。そこでは幾つかの課題が見出された。

2011 年度、2012 年度も引き続き「教育改善プロジェクト『数学補習用 eLearning システム構築の試み（継続）』」を行った。2010 年度のプロジェクトで見出された幾つかの課題に対し、それらの改善に取り組んだ（稲葉、桶、2012；稲葉、桶、2013）。

2013 年度は 4 年目になる。本報告では、過去 3 年間の成果を踏まえた 2013 年度の取り組みについて報告する。

2. eLearning システムについて

eLearning システムとして、石川県立大学に既にある LMS（Learning Management System）の Moodle（井上他、2006）を利用している。

Moodle 上に数学の補習のコースを作成し、補習の eLearning を行うこととした。LMS のサーバーは毎年更新される。そのため、毎年新たにソフトウェアなどのインストール・設定が必要となる。

さらに数学では、数学固有の記号が多いため eLearning で扱うことが難しい。数学記号の入力が直接できないため、様々な方法が試みられている（中村、2010）。

Moodle 上では、TeX を用いた数式表示が可能である。そこで、実際に数式が表示できるよう、TeX の設定・調整を行った。

数式がよりきれいに表示されるよう数式表示用マクロ **emath** (注 2) をインストールし、設定・調整を行った。これにより以前に比べて数式が明瞭になった。さらに数式内にカナ文字を表示することも可能となった。穴埋め問題などで数式内の問題番号を数字ではなくカナ文字で表すことができ、紛らわしさを減らすことができた。

3. 2010～2012 年度の課題と 2013 年度の取り組み

2010～2012 年度に数学補習の eLearning を行ったことにより、参加方法や教材の更新時期などの運用上の課題、数式などの表示、「小テスト」の設問方法などコンテンツの課題が見出された。2013 年は各課題について以下のように取り組んだ。

Moodle 上に数学の補習コースを作成し、「数学」の講義に従って補習の教材を作成した。

コースではまず学習の手引きを示した。画面で見ただけでなく「解説」や「小テスト」の計算をノートや紙に書くよう指示した。その際にどのような式変形をしているかを考えながら書くように指示した。必ずノートや紙に書き手を動かして理解するよう、途中であきらめず継続して理解を重ねるよう指示した。質問については、担当教員のところに気軽に来るように指示した。

教材の基本的な構成・内容は、図 1 (2013 年度実施のもの) に示すように、項目毎に「解説」とそれに対応する「小テスト」の組からなる。図 2 に「解説」の例 (2013 年度実施のもの) を、図 3 に「小テスト」の例 (部分) (2013 年度実施のもの) を示す。このように、「解説」だけでなく、穴埋めの「小テスト」を用意することにより単調さを避けている。

数学が不得意な学生には、解答の入力に TeX のような入力方法の習得は非常に負担が大きい。そこで「小テスト」では、答えの記述が TeX のような特別な入力書式にならないよう、数字の穴埋め、

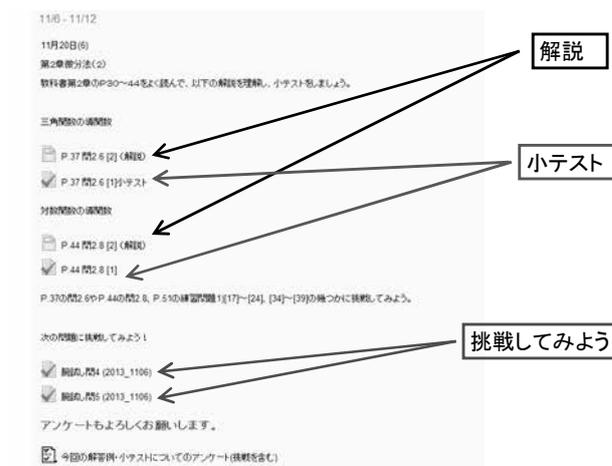


図 1 教材の基本的な構成の例 (2013 年度実施)

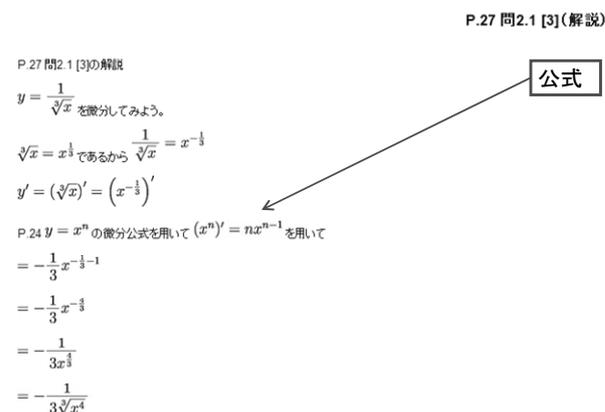


図 2 解説の例 (2013 年度実施)

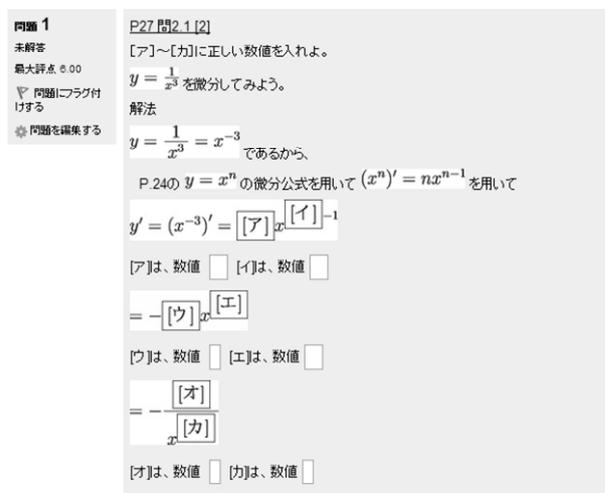


図 3 「小テスト」の例 (2013 年度実施)

もしくは文字式の多肢選択とした。

2010年度は数式内の穴埋めの箇所を「[1]」のように数字で表したため、紛らわしいと考えられる。そこで、2011年度以降は「[ア]」のようにカタカナを用い、数式内の数字と区別のできるように工夫した。

数学では計算の途中経過を理解することが非常に重要であるので、図2にあるように「解説」ではほぼ省略なく計算過程を示した。途中の計算に使う公式を使うたびに青色で示して強調し、どのように計算をするかを記述した。

図3に示された穴埋めの「小テスト」でも、公式がどこでどのように使われるのかがわかるよう使う直前に提示し、計算はほとんど省略しないようにした。解説と同様、公式の提示も毎回使う毎に示した。

数学の不得意な学生は、どこで何の公式が使われているかが明示されていない場合や式変形が省略されることなどにより、どのように計算が行われているかがわからなくなる。テキストなどの紙の教材において、紙面の関係で省略されていることもあえて明示し、わかりやすくなるよう心がけた。

図1に示すように、教材は講義の進度に従い、毎週の構成として解説・小テストの組を2組程度にした。あまり多くなりすぎないよう、むしろ少ないくらいに用意した。それにより、挫折せずに続けられ、学習の習慣をつけられるよう配慮した。

ある程度できるようになった学生からは、詳しくすぎることや問題の量が少ないこと、問題がやさしすぎることへの不満が出ていた。

(1) 参加方法

2010年度は最初の申し込みのみで、途中参加や1回だけの自由参加も認めなかった。アンケートでは途中参加や必要と思える回だけの参加を希望する意見があったため、2011年度以降は自由参加とした。これにより、途中参加や必要な回の

みの参加も可能となった。そのため、学力の低い学生だけでなくある程度の学力を持つ学生も参加した。学力的に多様な学生が参加するようになった。

2010年度の申込者は24名であった。約12名/問の参加があった。それに対し、自由参加とした2011年度の「小テスト」の参加者は62名であり、約23名/問の参加があった。2012年度は、小テストの参加者は51名であり、約13名/問の参加があった。

2013年度は、小テストの参加者は47名であり、約9名/問の参加があった。

(2) 教材の更新日について

2010年度は、準備の関係で、教材の更新が講義の日(水曜日)の2日後(金曜日)になってしまった。復習の意味からも当日に更新すべきであった。

その反省から2011年度は事前に準備をし、講義当日(水曜日)もしくは翌日(木曜日)に更新することができた。2012年度はすべて講義当日(火曜日)に更新した。そのため、翌日には復習ができるようにできた。

2013年度もすべて講義当日(水曜日)に更新することができた。

(3) 教材の表記

2010年度は文字や数式が読みにくいものがあった。そこで、数式表示用マクロ `emath` を使えるように設定した。それにより平成2011年度以降、数式の表記が改良された。

また、「小テスト」などの設問中の穴埋めの問題番号をカタカナとし、見やすくなるよう改良した。

教材の構成は2011年度以降、図1に示したように、項目ごとに解説(図2)・小テスト(図3)の組とした。「解説」と「小テスト」の組を講義の進度に合わせた内容で毎回2組程度用意した。

(4) 小テストの設問方法

2010年度は、問題によって小テスト形式の穴埋めの解答欄が多くなりすぎるなど設問方法に課題が残った。2011年度以降は、数字の穴埋めの割合を少し減らし多肢選択を少し増やすことで、入力のわずらわしさを減らすよう工夫を続けている。

図3に示したように「小テスト」ではテキストの計算過程よりさらに詳しく計算過程を示し、穴埋めで誘導している。テキストではわからないところがわかるように工夫した。

「小テスト」を受験するとすぐに結果がわかる。そのすぐ後に正解を示される。穴埋めの部分を箱にして、その中に色を変えて正解がわかるようにした。

問題 1
未解答
最大評点 7.00
問題にフラグ付けする
問題を編集する

版読し問題4 (2013_1106)
[ア]~[キ]に入る文字式・数値を選択欄から選んで選択欄の数字を入れよ。
 $y = \cos x$
 $y = x$ を x で微分しよう。

解法
 $y' = \frac{([ア])' \times ([イ]) - ([ウ]) \times ([エ])'}{([オ])}$

[ア]に入る文字式を選択欄から選んで数字(1,2,3,4,5)で答えよ。数字
選択欄 (1 → -cos x, 2 → x, 3 → sin x, 4 → cos x, 5 → -sin x)

[イ]に入る文字式を選択欄から選んで数字(1,2,3,4,5)で答えよ。数字
選択欄 (1 → -x, 2 → x², 3 → 1, 4 → -x², 5 → x)

[ウ]に入る文字式を選択欄から選んで数字(1,2,3,4,5)で答えよ。数字
選択欄 (1 → -cos x, 2 → x, 3 → sin x, 4 → cos x, 5 → -sin x)

[エ]に入る文字式を選択欄から選んで数字(1,2,3,4,5)で答えよ。数字
選択欄 (1 → -x, 2 → x², 3 → 1, 4 → -x², 5 → x)

[オ]に入る文字式を選択欄から選んで数字(1,2,3,4,5)で答えよ。数字
選択欄 (1 → x², 2 → x, 3 → cos x, 4 → sin x, 5 → 1)

$= \frac{-[カ] - [キ]}{[オ]}$

[カ]に入る文字式を選択欄から選んで数字(1,2,3,4,5)で答えよ。数字
選択欄 (1 → sin x, 2 → x sin x, 3 → x cos x, 4 → x, 5 → cos x)

[キ]に入る文字式を選択欄から選んで数字(1,2,3,4,5)で答えよ。数字
選択欄 (1 → x, 2 → cos x, 3 → -cos x, 4 → sin x, 5 → -sin x)

$= \frac{[カ] + [キ]}{[オ]}$

図4 「挑戦してみよう」の例 (2013年度実施)

(5) 「小テスト」の難易度

2011年度より全員を参加可能としたため、様々な学力の学生が参加した。アンケートでは、もう少し難易度の高い問題も出題して欲しいという意見が出ていた。

2013年度では、「小テスト」自体は2012年度と同じ問題を用いた。表記や設問方法について(3)、(4)で述べたように改良した。

2012年度は2011年度に要望のあったもう少し難易度の高い問題を「挑戦してみよう」と題して、新たに8題出題した。

2013年度は、2012年度の「挑戦してみよう」を全面的に改訂し、問題も23題に大幅に増やした。

その例の一部を図4に示す。問題は、過去の試験問題を参考にして作成した。「小テスト」より途中の計算を少し省略し、テキストなどにある丁寧な計算過程の穴埋めとした。

数学の学習において、答えだけでなく途中の計算課程が非常に重要である。そのため、簡単な問題以外は計算が長くなる。このように途中経過を

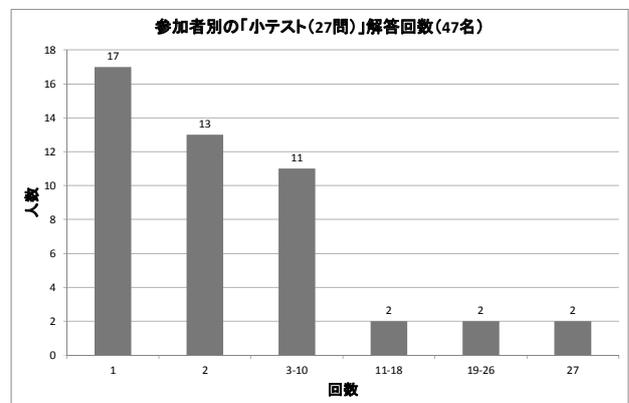


図5 参加者別の「小テスト」解答回数 (2013年度実施)

答えさせる必要があるので、数字の穴埋めを主とする限り必然的に解答欄が多くなるのは仕方ないことである。この点が、数学のeLearningがあまり行われないう一つの理由であると考えられる。

解答の入力方法は、さらなる改善の必要がある。

(6) 2013 年度の結果

2013 年度の参加者別の「小テスト」解答回数のグラフを図 5 に示す。よくわからない部分だけ受ける 1 回や 2 回の学生が非常に多く 6 割を越える。これは 2012 年度に比べて多い。また、すべて参加した学生は 2012 年度では 17% であったが、2013 年度では 4% 強である。

このことから、2013 年度の学生は必要に応じて問題を選択して参加している傾向が昨年より顕著であった。

2012 年度より新たに行った「挑戦してみよう」の 2013 年度の参加者別解答回数のグラフを図 6 に示す。こちらも「小テスト」と同様に、よくわからない部分だけ受ける 1 回や 2-6 回が比較的多い。次に、半分以上の回数を回答した 7-11 回、17-22 回が多くなっている。

5. 参加者のアンケート結果

参加者から補習コースの感想や意見を求めるためアンケートを行った。アンケートは、Moodle のアンケートモジュール (Questionnaire) を利用した。図 1 の最下部にあるように、毎回の教材の終わりにアンケートを行った。アンケートの回答率は 2 割弱であった。さらに、最終回にはコース全体に対するアンケートも行った。

(1) 毎回のアンケート (累計)

アンケートでは、「解説」・「小テスト」の難易度や分量についてたずねた。

図 7 に「解説」の内容の「わかりやすさ」についての結果を示す。「難しい (非常に難しい・いくらか難しい)」が 13%、「わかりやすい (わかりやすい・大変解りやすい)」が 36%、「どちらでもない」が 51% であった。5 段階尺度で 3.4 であり、3 より大きいから「わかりやすい」と感じていたといえる。

図 8 に「解説」の「詳しさ」についての結果を

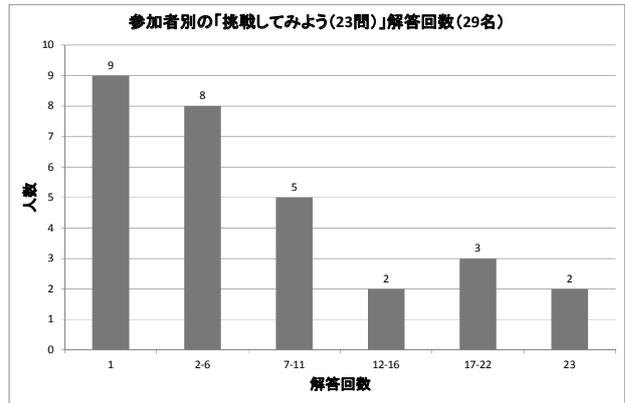


図 6 参加者別の「挑戦してみよう」解答回数 (2013 年度実施)

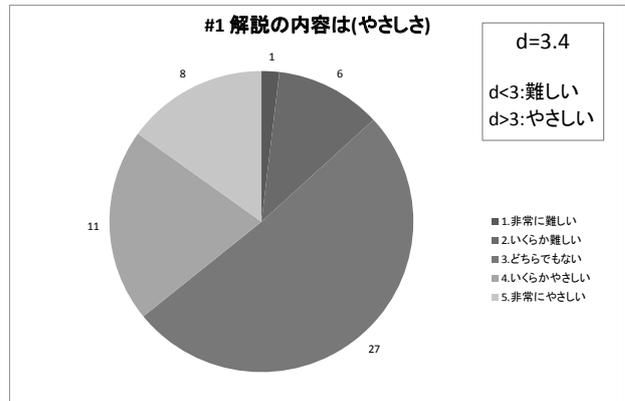


図 7 アンケート結果 1. 解説の内容は (延べ人数) (2013 年度実施)

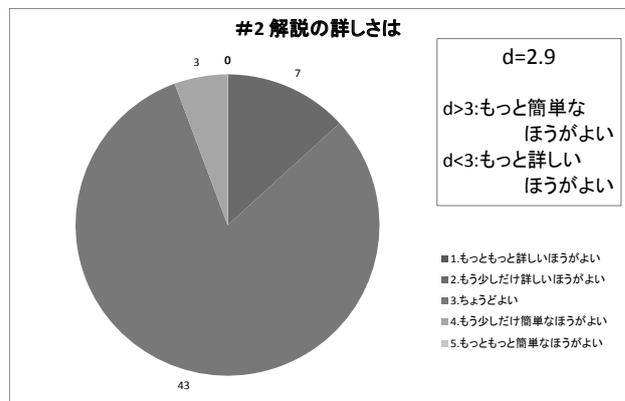


図 8 アンケート結果 2. 解説の詳しさは (延べ人数) (2013 年度実施)

示す。「もっと詳しいほうがよい (もっと詳しい

ほうがよい・もっともっと詳しいほうがよい)」が13%、「もっと簡単なほうがよい（もっと簡単なほうがよい・もっともっと簡単なほうがよい）」が6%、「ちょうどよい」が81%であった。5段階尺度で2.9であり、3より小さいから「詳しい」と感じていたといえる。

図9に「小テスト」の問題の「やさしさ」についての結果を示す。「難しい（非常に難しい・いくらか難しい）」が11%、「やさしい（いくらかやさしい・非常にやさしい）」が42%、「どちらでもない」が47%であった。5段階尺度で3.5であり、3より大きいから「わかりやすい」と感じていたといえる。

図10に「解説」・「小テスト」の分量についての結果を示す。「多い（多すぎる・少し多い）」が15%、「少ない（もう少しあったほうが良い・少なすぎる）」が9.5%、「ちょうどよい」が75.5%であった。5段階尺度で2.9であり、3より小さいから「多い」と感じていたといえる。

図11に、「小テスト」より問題の「やさしさ」についての結果を示す。「難しい（非常に難しい・いくらか難しい）」が22%、「やさしい（いくらかやさしい・非常にやさしい）」が22%、「どちらでもない」が56%であった。5段階尺度で3.0であり、3に等しいのでやさしくも難しくもなく「どちらでもない」と感じていたといえる。

自由記述の感想では、大部分が良いとする意見であったが、問題点の指摘もいくつかあった。

代表的なもの（原文ママ）をいくつか取り上げると、

- 解説がわかりやすかった（9）
- 簡単でした（2）
- 習ったことを思い出してきました。
- 行列は微分積分よりわかりやすいです
- 前期でやった基礎数学と全く同じレベルな

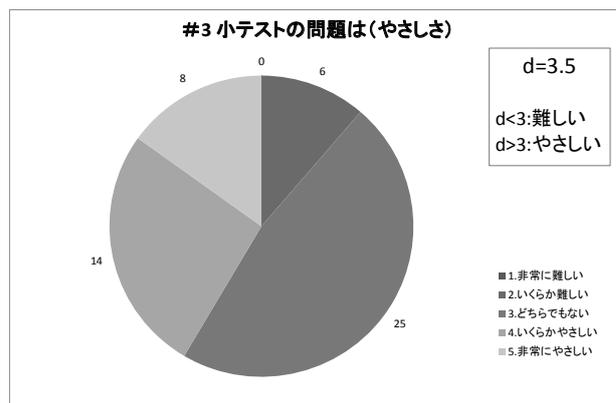


図9 アンケート結果 3. 解説の詳しさは（延べ人数）

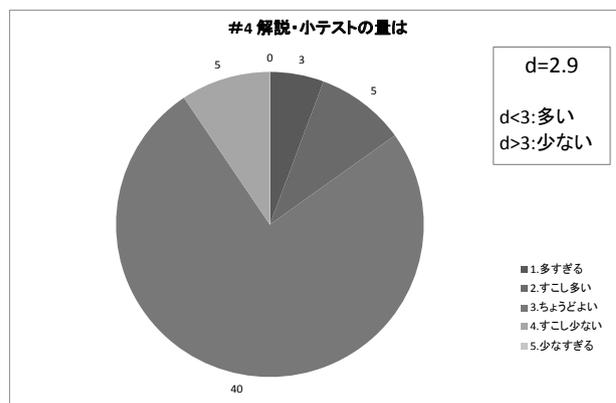


図10 アンケート結果 4. 解説・小テストの量は（延べ人数）

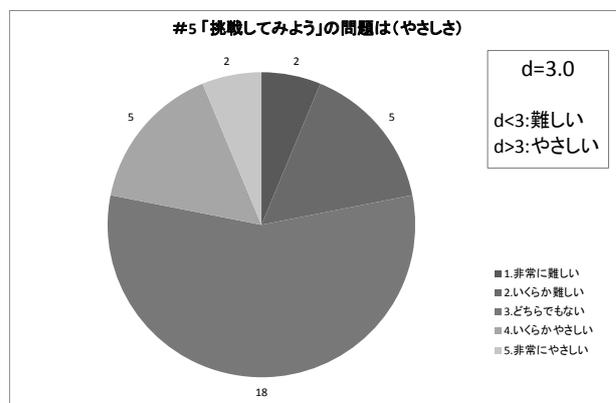


図11 アンケート結果 5. 「挑戦してみよう」の問題は（毎回、延べ人数）

のでもう少し難しい問題に挑戦したい。

- 挑戦してみようの問題は今までよりも解きごたえがあった。

などの良いとする意見と、

- 解説をもう少し詳しくしてほしいです。
- 同じことを繰り返しすぎていると思います (2)
- もう少し問題数を増やしてほしいです。(2)
- 解答がしにくい。(2)
- 選択肢は作ってもらわないほうが解きやすいです。(2)
- 見にくいです。
- 腕試し問 19 の解法の所で答えが「4」となっていたのですが、答えが間違っていると思います。正しい答えは「-4」だと思います。

などの問題点の指摘があった。意見の後の () 内の数字は、同様の意見の数である。

(2) 全体に対するアンケート

全体に対するアンケートは、最終回に取った。自由参加であるためと最終回は後期試験期間の直前であったため参加者は少なく、アンケートの回答者は3名であった。

「小テスト」1問あたりの解答欄の数については、「すこし多い」が1名、「ちょうどよい」が1名であった。

「挑戦してみよう」は23題に増やしたが、問題数としては、「ちょうどよい」が2名、「すこし少ない」が1名であった。

「このコースは役に立ったと思いますか？」という問いでは、「とても役に立った」が1名、「少し役に立った」が1名、「あまり役に立たなかった」が1名であった。

「このコースを受けたことで、前より数学がわかるようになりましたか？」という問いでは、「わ

かるようになった」が2名、「前よりわからなくなった」が1名であった。

「最後に、このコースの目標に掲げた教科書や専門書の数式の計算を追うことができるようになるという点について、できるようになったと思いますか？」という問いでは、「できるようになったと思う」が2名、「あまり変わらない」が1名であった。

いずれも大半の学生が肯定的な答えをした。

自由記述の感想(原文ママ)では

- 授業の復習になったので良かったです。
- より理解が深められました。

という意見があった。大部分が良いとする意見であった。

6. まとめ

2010年度から引き続き数学補習用のeLearningシステムの構築と補習用教材開発を試みている。2013年度は4年目である。

過去3年間の成果と課題を踏まえ、講義の内容に即した補習用教材(コンテンツ)を試作・改良し、補習のeLearningを行った。過去3年間の試行により見出された、参加方法や教材の更新時期などの運用上の課題点、数式などの表示、小テストの設問方法などコンテンツの課題点について改善に取り組んだ。

さらに、2013年度は、2012年度に新たにコースに8題追加した「小テスト」より少し難易度の高い問題を「挑戦してみよう」を大幅に改訂した。問題数も23題と増やし、内容も試験問題を参考にしたものに変更した。

アンケートなどから補習のeLearningは参加学生には概ね好評であった。2013年度に大幅に改訂した少し難易度の高い「挑戦してみよう」も好評であった。

7. 謝辞

本取り組みは平成22年度～25年度石川県立大学教育改善プロジェクトの援助を受けたものである。また、プレースメントテストは石川県立大学生物資源環境学部教養教育センターの援助を受けたものである。

また、アンケートの設問について、石川県立大学生物資源環境学部教養教育センターの矢野喜夫教授に助言をいただいた。

(注)

1 新入生の学習歴から、高校文系（数学の基礎力、数 I、数 A）の内容のプレースメントテストを利用している。このプレースメントテストには、学生の成績に中学・高校の学年レベルのどこに相当するかの参考表記がある。

2 LaTeX 初等数学プリント作成マクロ emath
<http://emath.s40.xtea.com/>

参考文献

稲葉宏和、桶 敏. 2011. 数学補習用 e-Learning システム構築の試み. **平成 22 年度石川県立大学年報**. 28-32.

稲葉宏和、桶 敏. 2012. 数学補習用 eLearning システム構築の試み (2). **平成 23 年度石川県立大学年報**. 36-39.

稲葉宏和、桶 敏. 2013. 数学補習用 eLearning システム構築の試み (3). **平成 24 年度石川県立大学年報**. 41-48.

井上雅樹、奥村晴彦、中田平. 2006. **Moodle 入門**. 海文堂.

中村泰之. 2010. **数学 e ラーニング**. 東京電機大学出版局.