

# 数学リメディアル教育における反転授業の実践と評価

高木正則<sup>†1</sup>

**概要:** 近年、多くの大学でリメディアル教育が実施されている。著者は数学のリメディアル教育を対象とし、eラーニング教材を活用した反転授業を実践してきた。本授業では、学生はeラーニング教材を活用して授業前に予習をし、毎回の授業の最初には予習による理解度を確認するための事前テストを行う。その後、予習で出題した演習問題の発展問題を用いたグループ学習や作問演習を行う。授業の最後には再度理解度を確認するための事後テストを行う。平成26年度と平成27年度に1年生を対象として開講された数学のリメディアル科目で本授業を実践した結果、期末試験の平均点が入学前に実施したプレースメントテストの平均点よりも約30点向上した。

**キーワード:** 反転授業、作問学習、リメディアル教育、eラーニング教材

## Practice and Evaluation of Flipped Classroom in Remedial Mathematics Education

MASANORI TAKAGI<sup>†1</sup>

**Abstract:** Many universities provide an opportunity for student to learn remedial education. I have conducted flipped classes by using e-Learning materials in remedial mathematics education. In these classes, students learn by using e-Learning materials at their own pace before class. They take a pre-test to check their comprehension at the beginning of each class. After that, they learn through answering exercises or creating quiz cooperating with group member. Finally, they take a post-test at the end of each class. I adopted the flipped classes in remedial mathematics education for freshman in 2014 and 2015. As the results, I could show that the score of the final exam improved compared with the placement test which students took prior to admission.

**Keywords:** Flipped Classroom, Problem Posing, Remedial Mathematics Education, e-Learning Material

### 1. はじめに

18歳人口の減少に伴う大学全入時代の到来や大学入試の多様化により、多様な学力を持った学生が大学に入学するようになった。それに伴い、大学入学前に習得しているはずの学習内容を入学後に補習するリメディアル教育の需要が高まっている。本学ソフトウェア情報学部においても、平成25年度から数学のリメディアル教育を本格的に実施している。本学部では、毎年約160名の入学者のうちAO入試や推薦入試で約70名の学生が入学する。これらの入試区分で入学した学生は、高校時代の数学の履修状況が多様多様であり、得意分野や不得意分野も異なる。そのため、教員が全学生に対して画一的に講義をする従来型の授業が困難であり、学生の理解状況に応じた個別の学習指導や学習支援が求められる。しかし一方で、教員の人手は限られるため、個別の学習支援にも限界がある。そこで、基本的な知識はeラーニング教材で学習させ、教員やTeaching Assistant（以下、TA）が学生の学習進捗状況を確認して適宜対話的な個別指導を行える授業をデザインすることとした。

一方、近年では説明型の講義をオンライン教材化して宿題にし、従来宿題であった応用課題を教室で対話的に学ぶ

反転授業<sup>(1)~(4)</sup>が注目を集めており、プログラミング教育や情報基礎科目などでの実践結果が報告されている<sup>(5)(6)</sup>。著者はこれまで授業中にeラーニング教材で自学自習し、教員やTAが適宜質問に答える授業や、eラーニング教材による自学自習を予習にし、授業中にグループ学習を行う反転授業を実践してきた。本研究では、数学リメディアル科目における反転授業の効果検証や課題導出を目的とし、平成25年度前期 Semester から平成27年度前期 Semester までの授業実践の結果を分析する。

### 2. 岩手県立大学ソフトウェア情報学部における数学リメディアル教育の概要

#### 2.1 科目の概要

本学部では、大学入学後の数学系科目に必要となる高校数学の単元をソフトウェア情報学の観点から整理し、大学の数学系科目の導入を学ぶ3つの必修科目（情報基礎数学A~C）を設置している。情報基礎数学の概要を表1に示す。各科目の履修対象者は大学入学直前に実施するプレースメントテストの結果で決定する。各科目は全15回の授業で構成され、第15回目の授業時に期末試験を実施する。期末試験の結果、情報基礎数学の単位を取得できなかった学生は夏休みや春休みに実施される集中講義を履修して単位取得を目指す。

<sup>†1</sup> 岩手県立大学  
Iwate Prefectural University

表 1 情報基礎数学の概要

Table 1 Course Overviews of Fundamental Mathematics for Information Science.

科目名	学習範囲	上位科目	開講時期	教員数	TA 数	履修者数		
						H25	H26	H27
情報基礎数学 A	三角関数, 指数・対数関数, 数列, 極限, 微分, 積分	解析学	1 年前期	2 名	8 名	74 名	70 名	64 名
情報基礎数学 B	場合の数, 順列, 組合せ, 確率, 基本的な統計量	統計学	1 年後期	2 名	8 名	78 名	87 名	71 名
情報基礎数学 C	集合と論理, ベクトル, 行列	線形代数	1 年前期	2 名	8 名	75 名	88 名	60 名

表 2 学生 1 人あたりの情報基礎数学履修科目数

Table 2 The Number of Taken Courses per One Student in Remedial Mathematics Education.

履修数	H25	H26	H27
3 科目履修	44 名	45 名	38 名
2 科目履修	30 名	37 名	20 名
1 科目履修	32 名	36 名	41 名
履修なし	61 名	56 名	69 名

## 2.2 プレースメントテストの概要

プレースメントテストは 3 科目に対応する 3 つのテストから構成されている。各テストの制限時間は 40 分で 20 問から 30 問が出題される。プレースメントテストの結果、各科目に対応づけられた大学数学科目(表 1, 上位科目)を履修可能と判定された学生は情報基礎数学の単位が認定され、対応する上位科目を履修できる。情報基礎数学の履修判定は科目ごとに行うため、情報基礎数学を 1 科目も履修しない学生もいれば、3 科目とも履修する学生もいる。表 2 に学生 1 人あたりの情報基礎数学の履修科目数を示す。なお、平成 27 年度入学生から、e ラーニング教材を活用した入学前教育<sup>(7)</sup>を開始したことにより、平成 27 年度の情報基礎数学履修者数は若干減少した。

## 2.3 e ラーニング教材

本学部では、数学リメディアル教育の e ラーニング教材として、千歳科学技術大学によって開発された e ラーニング教材「CIST-Solomon」を活用している<sup>(8)(9)</sup>。本教材は、小学校 4 年生の算数から大学数学の導入までの教材が提供されている。数学以外にも化学、生物、物理、TOEIC 対策などの教材も提供されている。教材は Adobe Flash で開発されており、主に教科書とドリル(ヒント付きの演習問題)で構成されている。図 1, 図 2 に e ラーニング教材の画面例を示す。算数、数学の教科書は 1,500 以上、ドリルは 4,000 以上提供されている。教員はこれらの教材から各回の授業で活用する教材を選択し、e ラーニングシステム上でコースを作成する。また、各回の授業には開始日時と終了日時を登録できる。学生は開始日時と終了日時の間、登録されている教材にアクセスできる。学生には e ラーニング教材で学習した内容や演習問題の計算過程・答えを記入する計算ノートを用意させる。

その他、Web テスト機能も提供されており、情報基礎数

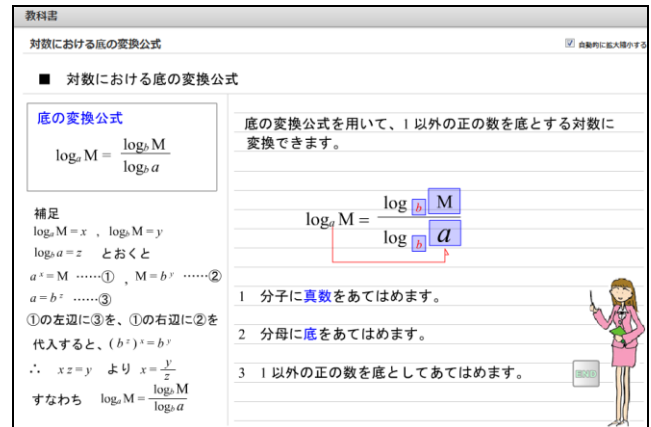


図 1 e ラーニング教材(教科書)の画面例  
 Figure 1 An Example of E-Learning Materials

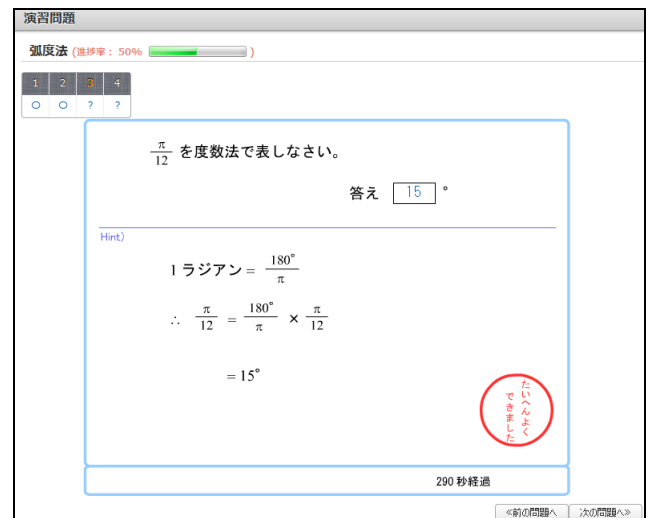


図 2 e ラーニング教材(ドリル)の画面例  
 Figure 2 An Example of an E-Learning Materials

学のプレースメントテストや期末試験はこの e ラーニングシステム上で実施している。図 3 にテスト受験時の画面例(学生用)を、図 4 にテスト結果閲覧時の画面例(教員用)を示す。学生は e ラーニングにログインし、配布された計算用紙を使って問題に解答し、答えのみを e ラーニングに入力する。解答を送信すると自動採点されるため、約 160 人分の採点には人的負担が一切かからない。教員は各学生の得点や各問題の正答率を把握でき、これらを CSV 形式でダウンロードすることもできる。

残り00時間49分

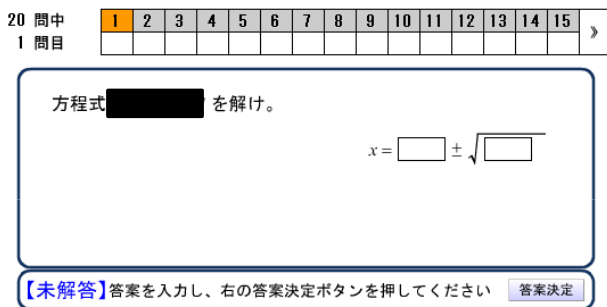


図3 テスト受験時の画面例 (学生用)

Figure 3 An Example of a WEB Test Tool for a Student.



図4 テスト結果の画面例 (教員用)

Figure 4 An Example of a Test Result Page for a Teacher.

## 2.4 指導体制とTAの役割

情報基礎数学の各科目は学部教員1名と非常勤講師1名が担当している。また、各科目では学生をグループに分類し、各グループにはTAを1名ずつ割り当てる。TAは自分の担当するグループの学生の学習状況を把握し、教員があらかじめExcelで作成した記録簿に記載する。具体的には、eラーニング教材の進捗率・学習時間・ヒント閲覧回数(システムにアクセスして確認)、授業時間内に実施する事前・事後テストの結果、個別に対応した学習指導内容などを記載する。この記録簿は毎回の授業終了後、教員に提出する。教員はTAから提出された記録簿を閲覧し、学生の学習状況を把握するとともに、必要に応じて授業内外に個別に指導する。

## 2.5 授業外の学習支援体制

本学部では、平成25年度後期セメスターから課外の学習を支援するために、学習支援コーナー<sup>(10)</sup>を設置した。学習支援コーナーのスタッフは学習相談員(教職員)とチューター(学生)から構成される。学生は授業等に出てきた学習上の問題を学習支援コーナーのスタッフに相談することができる。情報基礎数学では、授業で理解が追いつかない学生をこの学習支援コーナーで個別に指導できるようにした。平成25年度、26年度は学生の自主性を尊重し、個

表3 eラーニング教材で自学自習する授業の流れ

Table 3 Flow of a Class by Self-learning Using E-Learning.

No	概要	時間(分)
1	事後テスト(第1回は未実施)	10
2	事前テスト	10
3	事前・事後テストの採点・解説	10
4	前回授業課題, 前回授業アンケートへのフィードバック(第1回は未実施)	5
5	eラーニング教材で自学自習	50
6	授業アンケート	5
授業後	eラーニング教材で自学自習(課題)	

表4 反転授業の流れ

Table 4 Flow of a Flipped Classroom.

No	概要	時間(分)
授業前	eラーニング教材で自学自習(予習)	
1	事前テスト	10
2	事前テストの採点・解説	5
3	前回授業課題, 前回授業アンケートへのフィードバック(第1回は未実施)	5
4	グループ学習	50
5	事後テスト	10
6	事後テストの採点・解説	5
7	授業アンケート	5
授業後	事後学習	

表5 作問演習を取り入れた授業の流れ

Table 5 Flow of a Class by Problem Posing.

No	概要	時間(分)
授業前	作問	
1	前回授業アンケートへのフィードバック	5
2	・グループ内で問題の相互評価 ・良問の選出(各グループ2問)	TAとの個人面談 75
3	授業アンケート	10
授業後	各グループが選出した良問の解答(課題)	

別指導を希望する学生のみを対象としていたが、希望者が少なかったため、平成26年度後期から希望者に加え、毎回の授業時に実施する事後テストの得点が10点満点中4点未満であった学生は授業後に学習支援コーナーで再試験を受けるようにした。

## 3. 授業の方法

eラーニング教材を活用した情報基礎数学の授業方法として、以下の4つの授業方法を考案した。

### 3.1 授業中にeラーニング教材で自学自習する方法

授業中にeラーニング教材で自学自習する授業の流れを表3に示す。この授業方法では、授業の始めにその日の授業で学習する内容に関する事前テストを紙ベースで実施する(表3, No.2)。その後、その日の学習範囲をeラーニン

グ教材で自学自習する(表3, No.5). 学生は次回の授業開始時刻までに, 各回の授業で指定されたeラーニング教材の進捗率を100%にすることが課題となる. 授業中は友だちとの教え合いを促し, 友だち同士で相談しながら問題を解かせる. また, eラーニング教材の内容で不明な点などは教員やTAに適宜質問できるようにする. 次回の講義開始時には, 前回の学習内容に関する事後テストを紙ベースで実施する(表3, No1).

### 3.2 授業前にeラーニング教材で予習する方法(反転授業)

eラーニング教材の自学自習を予習にした場合の授業の流れを表4に示す. この授業方法では, 授業開始前までに次回授業の学習範囲の進捗率(eラーニング)を100%にすることが課題とする(表4, 授業前). 授業の始めには予習してきた内容の理解を確認する事前テストを紙ベースで行う(表4, No.1). その後, 5問程度の発展問題を使ったグループ学習を実施する(表4, No.4). 最後に, 事後テストを紙ベースで実施する. グループ学習では以下のような指示を与えて実施する.

- ・ 出題された発展問題をグループ全員で協力して解答する.
- ・ グループ内で相談しあったり, 答えを確認しあったりしてもよい.
- ・ 全問題を解き終えたらグループ全員で各グループ担当のTAのところへ行き, 1問ずつ解き方や計算過程を示しながら導きだした答えを説明する.
- ・ 各問題を説明できるのは1名のみとし, グループ全員が最低1問担当するようにする.
- ・ 発展問題の解答手順やTAへの説明担当者は各グループで決める.
- ・ 制限時間内にTAに説明し, 1回目の説明で全問正解できたら成績評価に加点する.
- ・ 制限時間を超過したら答えを配布するが, TAへの説明が全問終了するまで続ける.

### 3.3 作問演習と個人面談を取り入れた方法

作問演習を取り入れた授業の流れを表5に示す. 学生は授業前に教員から指示された学習単元(カテゴリ)に関する解説付きの四択問題を2問程度作成し, 作問学習支援システム「CollabTest」<sup>(1)</sup>に問題を登録する(表5, 授業前). CollabTestの問題登録用の画面例を図5に示す. 登録した問題はグループ内で共有でき, グループ内の学生同士で相互に問題を解答・評価できる. 問題解答後には各問題に対してコメントや評価を投稿できる. 授業内では, 授業前に作成・登録した問題をグループ内で相互に解答・評価しあい, 教員から提示された評価項目に従って各グループで良問を2問選ぶ(表5, No.2). 表6に問題の評価項目を示す. 選出された問題は授業後に教員が評価し, 評価項目の条件を満たした問題のみをクラス全体に公開する. 学生は公開された問題は授業時間外に解答する(表5, 授業後).



図5 CollabTestの問題登録用の画面例

Figure 5 Quiz Input Page in CollabTest

表6 問題の評価項目

Table 6 Review Item for Quiz.

No	評価項目
1	解説に答えを導く計算過程が書かれており, 不正解した学習者が見てわかりやすい解説になっているか?
2	著作権を侵害していないか?(参考文献などが記載されているか?)
3	問題文や解説に誤字脱字がないか?
4	問題文や選択肢, 解説に曖昧な表現やわかりにくい表現はないか?
5	問題の内容, 答え, 解説は正しいか?
6	誤答選択肢には妥当な選択肢が設定されているか?(明らかに誤答とわかる選択肢はないか?)

また, 問題の相互評価や良問選出作業と並行して, TAとの個人面談を行う. 学生は計算ノートとこれまでの事前・事後テストの用紙を持って, 各グループ1人ずつTAのところへ行く. TAは記録簿に記録している各学生の事前・事後テストの結果やeラーニングの学習ログ(進捗率, 学習時間, ヒント閲覧回数)を確認したうえで, 各学生に対して授業内容の理解状況や理解不足箇所の確認や学生への励ましを中心に行う. また, 適切なeラーニングの活用方法についての助言や学習の方法, 計算ノートの作り方の指導などを行う.

### 3.4 成績評価の方法と学生へのインセンティブ付与方法

情報基礎数学では, 全授業の15回中10回以上の出席と, eラーニング教材の課題を全て終了(進捗率100%)していることを必須としている. 表7に単位認定の基準を示す.

表 7 単位認定基準

Table 7 Criteria for Credit Earning.

年度	基準
H25 前期・後期	期末試験の得点+授業内ポイント $\geq 60$ 点
H26 前期	期末試験の得点 $\geq 60$ 点 または 期末試験の得点+授業内ポイント $\geq 70$ 点
H26 後期・ H27 前期	期末試験の得点 $\geq 60$ 点 または 期末試験の得点+授業内ポイント $\geq 65$ 点

表 8 授業内ポイント

Table 8 A Point Given in Class.

No	加減点対象	ポイント	H25 前・後	H26 前	H26 後・ H27 前
1	課題完了かつ 事後テスト6点 以上	1点	○		
2	事前テスト6点 以上	1点		○	
3	事後テスト $\geq$ 事前テスト	1点		○	
4	事前・事後テス ト6点~9点	1点			○
5	事前・事後テス ト満点	2点			○
6	グループ学習 で合格	1点		○	○
7	作問した問題 が良問に選出	1点		○	○
8	グループ選出 問題がクラス に公開	1点		○	○
9	課題未実施	-1点		○	
10	課題未実施	-2点			○
11	欠席(公欠は除 く)	-2点	○	○	○
12	遅刻・早退	-1点	○	○	○

単位認定基準は各セメスターの状況を踏まえて、少しずつ修正したが、基本的には期末試験の得点と授業中に取得できる授業内ポイントによって判定した。表8に授業内ポイントの概要を示す。この授業ポイントを普通の授業から意識させることで積極的な授業参加を促した。

表 9 授業実践の概要

Table 9 Course Outline.

科目	年度	授業方法				再試験
		eラーニ ング	反転	作問/ 面談	その他	
数 学 A	H25	14回	0回	0回	0回	×
	H26	1回	11回	1回	1回	×
	H27	1回	11回	1回	1回	○
数 学 B	H25	0回	9回	4回	1回	×
	H26	0回	9回	4回	1回	○
数 学 C	H25	10回	0回	3回	1回	×
	H26	1回	8回	3回	2回	×
	H27	1回	8回	3回	2回	○

表 10 試験結果

Table 10 Test Result.

科目	年度	試験	最高点	最低点	平均点	標準偏差
数 学 A	H25	プレ	67	0	51.0	17.2
		期末	100	25	81.7	17.4
	H26	プレ	67	0	53.6	15.8
		期末	100	40	79.1	15.9
	H27	プレ	67	23	57.3	10.7
		期末	100	30	79.8	15.7
数 学 B	H25	プレ	60	0	38.4	16.6
		期末	100	35	73.6	14.6
	H26	プレ	60	0	39.0	16.1
		期末	100	35	73.2	13.6
数 学 C	H25	プレ	65	10	46.1	15.3
		期末	100	35	81.5	14.5
	H26	プレ	65	5	45.4	16.3
		期末	100	55	82.6	10.5
	H27	プレ	65	10	45.5	16.4
		期末	100	30	75.0	16.2

## 4. 実践と結果

### 4.1 実践の概要

表9に平成25年度前期から平成27年度前期までの授業実践の概要を示す。表9授業方法の「eラーニング」は3.1節で述べた方法であり、「反転」は3.2節、「作問/面談」は3.3説で述べた方法である。「その他」の授業方法にはガイダンスや期末試験前の自学自習などが含まれる。平成25年度前期は「eラーニング」の授業方法を中心に授業を実



表 11 成績評価の結果

Table 11 Examination Pass Rate.

科目	年度	履修者	合格	不合格 (試験未受験)	合格率
数学 A	H25	74名	66名	8名(2名)	89.2%
	H26	70名	63名	7名(0名)	90.0%
	H27	64名	60名	4名(1名)	93.8%
数学 B	H25	78名	64名	14名(6名)	82.1%
	H26	87名	81名	6名(0名)	93.1%
数学 C	H25	75名	70名	5名(1名)	93.3%
	H26	88名	87名	1名(0名)	98.9%
	H27	60名	54名	6名(1名)	90.0%

施し、平成 25 年度後期以降は「反転」の授業方法を中心に授業を実施した。「再試験」は各授業の最後に実施する事後テストの得点が 4 点未満の学生に対して、授業後に学習支援コーナーで再試験を実施したか否かを表す。

#### 4.2 期末試験の結果

期末試験は各科目 20 問出題され、試験時間は 60 分間であった。平成 25 年度前期から平成 27 年度前期までに実施した情報基礎数学のプレースメントテストと期末試験の結果を表 10 に示す。いずれの科目もプレースメントテストの平均点よりも期末試験の平均点のほうが約 30 点向上した。情報基礎数学 A では、e ラーニングで自学自習した平成 25 年度よりも反転授業を実践した平成 26 年度、27 年度のほうが、最低点が高くなり、標準偏差が小さくなった。情報基礎数学 B では、平成 25 年度、26 年度ともにほぼ同様に授業を実施したため、プレースメントテストと期末試験の結果に大きな違いは見られなかった。情報基礎数学 C では、e ラーニングで自学自習した平成 25 年度に比べ反転授業を実践した平成 26 年度のほうが期末試験の平均点が高く、標準偏差が小さくなった。しかし、平成 26 年度と同様に反転授業を実践した平成 27 年度の期末試験の結果は平成 25 年度の結果よりも平均点が下がり、標準偏差が大きくなった。

#### 4.3 成績評価の結果

各科目の単位認定された履修者の割合を表 11 に示す。表 11 の合格は単位認定された学生数であり、不合格者数は全体の数と不合格者のうち期末試験を受験しなかった人数も示した。表 7 に示した通り、同じ科目でも年度ごとに単位認定の基準が異なるが、情報基礎数学 A と情報基礎数学 B の合格率は向上した。また、情報基礎数学 B は期末試験を受けなかった学生数も減少傾向にある。情報基礎数学 B では、平成 25 年度と平成 26 年度のともに反転授業を導入し、授業内ポイントの与え方のみが異なることから、平成 26 年度の授業内ポイントの与え方が影響したと考えられる。

表 12 e ラーニングの合計学習時間

Table 12 Student's Study Time on E-Learning.

科目	年度	最大	最小	平均	標準偏差
数学 A	H25	46:41:04	6:00:58	19:20:22	8:51:34
	H26	51:44:22	2:00:19	19:53:44	10:50:00
	H27	48:27:45	7:15:59	20:02:54	8:43:14
数学 B	H25	26:43:49	0:12:13	13:36:18	6:00:44
	H26	39:51:57	1:47:10	14:54:47	7:44:10
数学 C	H25	34:38:43	5:38:14	14:36:50	5:50:15
	H26	37:16:44	3:50:02	14:23:23	7:02:08
	H27	30:11:19	6:11:21	15:30:30	5:55:49

#### 4.4 e ラーニング教材を活用した合計学習時間

表 12 に e ラーニング教材を使って学生が学習した合計学習時間の結果を示す。

### 5. おわりに

本研究では、平成 25 年度から平成 27 年度前期 Semester までの授業実践の結果を分析した。分析の結果、授業中に e ラーニング教材を自学自習する授業と反転授業ともに期末試験の平均点がプレースメントテストの平均点に比べ約 30 点向上したことが示された。今後は e ラーニングの学習ログを分析し、e ラーニング教材の学習時間の推移や授業アンケートの結果から e ラーニングを活用した自学自習の授業と反転授業を比較する。

#### 参考文献

- 1) The Flipped Classroom: Turning the Traditional Classroom on its Head, <http://www.knewton.com/flipped-classroom/> (2013.3)
- 2) ジョナサン・バーグマン, アーロン・サムズ著, 山内祐平, 大浦弘樹監修, 上原裕美子翻訳: 反転授業, オデッセイコミュニケーションズ, 2014
- 3) 重田勝介: 反転授業 ICT による教育改革の進展, 情報管理, Vol.56, No.10, pp.677-684, 2014
- 4) 渡辺博芳, 高井久美子: ブレンド型学習と反転授業の分類に関する検討, 情報処理学会研究報告, Vol.2015-CE-130, No.4, pp.1-7, 2015
- 5) 林康弘, 深町賢一, 小松川浩: e ラーニング利用による反転授業を取り入れたプログラミング教育の実践, 論文誌 ICT 活用教育方法研究, Vol.16, NO.1, pp.19-23, 2013
- 6) 渡辺博芳, 高井久美子: 「情報基礎」における反転授業の実践, 情報処理学会研究報告, Vol.2015-CLE-15, No.5, pp.1-7, 2015
- 7) 市川尚, 高木正則: e ラーニングによる入学前教育の実践, 日本メディア学会 2015 年度第 1 回研究会, 2015
- 8) 小松川浩: 理工系の知識共有に向けた e-Learning の実証研究, メディア教育研究, Vol.1, No.2, pp.11-22 (2005)
- 9) 共通基盤教育システム (大学 e ラーニング協議会・大学間連携共同教育推進事業), <http://solomon.ucla.org/CIST-Shiva/Index>
- 10) 岩手県立大学ソフトウェア情報学部学習支援コーナー, <http://ichi.si.soft.iwate-pu.ac.jp/~lsc/>
- 11) 高木正則, 田中充, 勅使河原可海: 学生による問題作成およびその相互評価を可能とする協調学習型 WBT システム, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.3, pp.1532-1545, 2007