

も く じ

■開催日時：5月12日（土） 10:00 - 16:25

於：東京工芸大学 中野キャンパス（東京都中野区）

■テーマ：「学習環境デザインと実践のモデル／Learning Analytics／医療・看護・福祉における
先進的 ICT 利用／一般」

- 1) ロボットによる教授行動に用いた色情報が人の印象に与える影響-----1
○辻優也(東京工芸大学), 古池謙人(東京工芸大学大学院), 東本崇仁(東京工芸大学)
- 2) 医学・看護学教育におけるテクノロジーに触れ・学ぶ機会とコミュニケーションロボット活用-----9
○坂田信裕(獨協医科大学)
- 3) cmi5 対応学習管理システムの設計と開発 -----11
○森本容介(放送大学), 仲林清(千葉工業大学), 星野忠明(エスエイティーター),
前田宏(ジンジャーアップ)
- 4) システム要求分析における分析の観点を意識させる学習手法の評価-----19
○石井俊也(千葉工業大学大学院), 仲林清(千葉工業大学)
- 5) 課題への取り組みの改善に向けた各種試行と効果 ～相互評価～-----27
○坪倉篤志(日本文理大学), 松原伸人(SRA), 林敏浩(香川大学),
足立元(日本文理大学), 西野和典(九州工業大学)
- 6) 知識定着を狙う情報学演習の授業デザイン -保育者養成校における演習実践- -----35
○神谷勇毅(鈴鹿大学短期大学部)
- 7) オブジェクト指向プログラミングの利便性に着目した学習手法の改善と評価-----39
○竹川夏実(千葉工業大学大学院), 仲林清(千葉工業大学)
- 8) データベース正規化における思考過程を意識させる学習手法-----47
○加藤涼(千葉工業大学大学院), 仲林清(千葉工業大学)

ロボットによる教授行動に用いた色情報が 人の印象に与える影響

辻 優也^{*1}, 古池 謙人^{*2}, 東本 崇仁^{*1}

^{*1} 東京工芸大学工学部

^{*2} 東京工芸大学大学院工学研究科

Effects of The Color Information Used for Teaching Behavior by The Robot for Human Impression

Yuya TSUJI ^{*1}, Kento KOIKE^{*2}, Takahito TOMOTO^{*1}

^{*1} Faculty of Engineering, Tokyo Polytechnic University

^{*2} Graduate School of Engineering, Tokyo Polytechnic University

Research on teaching by robots has been actively conducted and it has been reported that learning effect and impression that people feel changes by teaching behavior. In this research, we focused on teaching behaviors that can only be given by robots, and we anticipated that we can influence the impression that people feel by teaching method using color information. Therefore, in this paper, we investigated how the impression that people feel changes by changing the color of Pepper's eyes at the time of teaching using pepper.

キーワード: 感情推定, ロボティクス, 色彩感情, 学習活動の評価, 教授行動

1. はじめに

本学では, 新しい形の教育モデルの提案を目指し, ペッパー3 体を用いた教育モデルの構築を検討している. 3 体以上のロボットを導入することでロボット社会を構築でき, その中でロボット同士の質疑応答の観察を通じた学習や, ロボットへの教えることによる学習の実現を考えている. 本稿では, その教育モデルの一部として, 色を用いた教授行動による心身への影響を調査する. 具体的には, 教育の文脈において, 色情報を活用することで, 色彩感情による学習に対する心理的影響を調査するための実験を行った.

2. IMS (Intelligent Mentoring System)

松居ら⁽¹⁾は学習者の知識・理解状態に加えて心的状態を考慮した支援を行う知的メンタリングシステム (Intelligent Mentoring System: IMS)を提唱している (図1). このシステムの特徴は学習者の心理状態を考

慮する点にある. 従来の知的学習支援システム (Intelligent Tutoring System: ITS) では学習者の理解状態・知識状態を元に, その修正を目指していたが, 本システムでは学習者の心理状態を生体情報から取得し, この改善についても指導 (メンタリング) する.

学習者の心理状態を推定する指標としては, 瞳孔面積などの生理的指標が有用であるが, 特殊な装置を必要とするため容易に環境を整えることはできない. それ故に学習者の行動的特徴である Low-Level Interaction リソースに注目している. マウスの移動速度の変化や, キーボードの打鍵時間間隔, 姿勢の変化など, できるかぎり細かい粒度でサンプリングした行動的特徴を Low-Level Interaction (LLI) リソースと定義している. これに対して生成された文字列や, その作業に要した時間などのリソースはサンプリング粒度の粗い High-Level Interaction (HLI) リソースと定義している. HLI リソースによるインタラクションが明確な意識を伴う高次のインタラクションであるの

よって生体情報を LLI リソースとして取得し、サーバに保存する。このサーバ上にある LLI・HLI リソースを学生ペッパーが受け取ることで学習者を模倣する。TA ペッパーは LLI・HLI リソースに基づいたインタラクションを学生ペッパーと行う。インタラクションの中で TA ペッパーは学生ペッパーの回答を診断する。学習者はそのインタラクションを客観的にモニタリングすることで、自身を模倣した学生ペッパーの誤りに気付くことが期待できる。また、自己で間違っていた考えに気付いた後は、学生ペッパーとインタラクションし、学生ペッパーの理解状態を修正することが要求される。その後、再び生徒ペッパーと TA ペッパーがインタラクションをし、その対話を学習者がモニタリングするという活動を繰り返す。

3.3 色を用いた教授行動によるメンタリング

IMS では学習者の心的状態が重要である。そこで、教授時に学習者の心的状態を制御するために、ロボットは教授行動として適切なふるまいを行う必要がある。教授行動には「ジェスチャー」、「発話」、「視線」など多くの要素が関係⁽⁴⁾しているが、本研究ではロボット独自の教授行動として発色機能を用いた教授行動に着目した。色が心的状態に影響を与えることが報告されており⁽⁵⁾⁽⁶⁾、ロボットが教授行動に色を用いた際に学習者に与える影響を調査することにより、学習者の心的状態の効果的な制御方法が検討可能となると考える。よって、本稿では色を用いた先生ロボットによる教授行動が学習者の印象に与える影響、あるいは 2 種類のコンパニオンの色を用いたコミュニケーションが学習者の印象に与える影響についての実験を行う。

4. 評価実験

4.1 実験概要

本実験は、(1) ロボットの教授行動時に色情報を提示することで学習者の印象に影響を与えられるかを調査すること、また、(2) あらかじめ色情報と感情の対応関係を提示した場合の学習者の印象の変化を調査すること、を目的とする。よって、本学で想定するペッパー3体を用いた教育モデル(図2)に基づいて、ペッパーの発色機能によって学習者の学習活動に対する印象に与える影響を、工学部生 10 名を対象に調査した。

(1) のために、ペッパーの教授行動として役割に基づいた発言を計 4 種類用意し、色を 3 種類用意した。役割は、教授者(先生・TA コンパニオン)と学習者(学生コンパニオン)であり、それぞれに対して発言を 2 種類ずつ用意した。また、被験者にはこの発色を伴うペッパーの発言に対して、2 種類の状況を想定して印象を評価してもらった。(2) のために、(1) で行う印象評価を、各色がペッパーのどのような感情の表現であるかを伝えない場合と、伝えた場合でそれぞれ被験者に評価してもらった。

以下で、実験手順や実験設定についてそれぞれ説明する。

4.2 実験手順

実験では、最初に Godspeed 法⁽⁷⁾を用いた質問紙によるペッパーの印象の評価を行う。次に、実験の前半部分として、無色、赤色、緑色の順にペッパーの発話 4 種類(3 色×4 発話)について AEQ⁽⁸⁾を用いて印象を評価してもらおう。次に Godspeed 法の質問紙によって前半部終了時点のペッパーの印象評価をもらおう。その後、ペッパーの色と感情の対応表を学習者に提示する。次に、後半部として前半部同様の色の順で同じ発言を聞いてもらい、再度 AEQ を用いて評価をもらおう。最後に Godspeed 法の質問紙による最終時点のペッパーの印象評価を行う。

4.3 実験設定

4.3.1 質問紙

印象評価には、質問紙を下記の 2 種類用いた。また、評価尺度としていずれも 7 件法を設けた。

4.3.1.1 Achievement Emotions Questionnaire(AEQ)

この質問紙は、学習者の心的状態を測ることを目的としている。

心理学の分野において、学習、授業や学業達成に直接的に結びつく感情が Academic Emotions と呼ばれている⁽⁸⁾。これを測定するための Achievement Emotions Questionnaire (AEQ) と呼ばれる質問紙が Pekrun らによって作成されている⁽⁹⁾。評価にはこの AEQ を用いて、それぞれ発言を 1 つ聞いた後のタイミングで評価してもらった。

4.3.1.2 Godspeed 法

Godspeed 法⁷⁾と呼ばれる、機械に対して人工的か生物的かを問うための質問紙がある。つまり、この質問紙を用いることで生物的か否か、また、どのような側面でそう感じるかといったことを印象として評価することができる。これらを実験することで、元来人間によって行われてきた教授行動において、ペッパーを用いることでどのような印象を持つかが調査できる。

この質問紙は、発話を聞く前の事前、対応関係を提示する前の発言を聞いた前半終了時、対応関係を提示した後の発言を聞いた後半終了時のタイミングで評価してもらった。

4.3.2 ペッパーの発話と想定する状況

4.3.2.1 ペッパーの発話内容

本実験では以下に示すように、4種類の発話をペッパーが行う中で、教授者側と学習者側の2つの役割を演じる。

先生/TA ペッパー（教授者側）

発言 1:「今から説明するポイントは重要なポイントです。」

発言 2:（私語をしている学生に対して）「授業に関係ない話はやめてください」

学生ペッパー（学習者側）

発言 3:「困った、わからない」

発言 4:「なるほど、そうか」

また、このうちの発言 2 は、先生もしくは TA ペッパーが学習者に注意をするというコミュニケーション、発言 3 は学生ペッパーが学習者に対してわからないと主張しコミュニケーションをするものである。

4.3.2.2 想定する状況

学習者はペッパーの教授行動の印象を評価する際に、以下の2つの状況を想定してそれぞれ回答してもらった。

A:「このペッパーは授業に対してどのように感じていると思うか？」

B:「あなたはこのペッパーと一緒に授業を受けるとしたらどう思うか？」

4.3.3 ペッパーによる色の表現

本研究での色表現はペッパーの目の LED だけを変化させ、その他の色や姿勢はデフォルトのままにする。また、色の表現だけを用いるので、ジェスチャーなど

は行わない。表現する色は3種類で、無色、赤色、緑色を表現する。（図 3）。



ペッパーの目の色だけを変化

その他の発色は無点灯

姿勢はデフォルト、ジェスチャーなし
色表現（3種類）：無色、赤色、緑色

図 3 ペッパーによる色表現

4.3.4 色と感情の対応関係

実験の前半部と後半部の間に色と感情の対応関係を提示する（表 1）。赤色に対応している感情は怒りや感情の強い気持ちという条件を提示した。また、緑色に対応している感情は喜びや弱い気持ちという条件を提示した。そして、無色に対応している感情は無感情という条件を提示した。このように色と感情の対応関係を実験の前半部終了時点で提示する。

表 1 ペッパーの色と感情の対応表

色	感情
赤色	怒り、強い気持ち
緑色	喜び、弱い気持ち
無色	無感情

5. 実験結果

5.1 前半部分（AEQ 評価）

AEQ を用いた印象評価の結果について、ポジティブ、ネガティブな印象を多くの学習者が抱いている項目を調査するために、標準偏差 1.5 以内、平均 5 以上、平均 3 以下という条件で集計したものを表 2、表 3 に示す。表 2、表 3 では色と感情の対応関係を提示しない状態での印象評価（前半部）、表 4、表 5 では色と感情の対応関係を提示した状態での印象評価（後半部）をまとめている。

最初に、感情と色の対応を提示しなかった場合について、状況 A「このペッパーは授業に対してどのよう

表 2 状況 A におけるペッパーの印象評価（前半）

	無点灯（前半）			赤点灯（前半）			緑点灯（前半）		
	項目	平均	標準偏差	項目	平均	標準偏差	項目	平均	標準偏差
発言1	楽しくなさそう	2.5	1.4	自信がある	6.3	0.9	退屈でない	2.8	1.5
				楽しくなさそう	2.7	1.4	自信がある	5.8	1.4
				大切である	6.6	0.7	怒りを覚えない	1.6	0.8
発言2	楽しくなさそう	1.6	0.5	大切である	6.6	0.7	大切である	5.2	1.3
				自信がある	5.9	1.1	困っていない	2.3	1.3
				怒りを覚える	6.1	1.0	怒りを覚えない	1.7	1.1
発言3	自信がない 楽しくなさそう 満足しない	2.2 2.4 2.8	0.9 1.2 1.0	自信がない	1.8	0.8	困っていない	2.5	1.2
				楽しくなさそう	2.6	1.3	自信がない	2.7	1.3
				満足しない	2.5	1.1	怒りを覚えない	2.1	1.4
発言4	—	—	—	困っている	6.6	0.7	退屈でない	2.7	1.3
				—	—	—	怒りを覚えない	2.0	1.2
				—	—	—	不安がない	2.2	1.4
							困っていない	2.1	1.0

表 3 状況 B におけるペッパーの印象評価（前半）

	無点灯（前半）			赤点灯（前半）			緑点灯（前半）		
	項目	平均	標準偏差	項目	平均	標準偏差	項目	平均	標準偏差
発言1	満足しない	2.7	1.5	—	—	—	怒りを覚えない	1.7	1.1
発言2	退屈である	5.8	0.9	楽しくなさそう	2.9	1.4	—	—	—
	楽しくなさそう	2.3	1.4						
発言3	不安がある	5.6	1.3	自信がない	2.6	1.3	—	—	—
				困っている	5.2	1.1			
発言4	—	—	—	楽しくなさそう	2.8	1.4	困っていない	2.6	1.3

に感じていると思うか？」の印象評価を報告する。

発言 1（教師からの重要ポイントの説明）については、無点灯では楽しくなさそうという項目のみ抽出された。一方、赤点灯では自信がある、楽しくなさそう、大切であるという項目が抽出され、緑点灯では退屈でない、自信がある、怒りを覚えない、大切である、困っていないなどが抽出された。また、大切であるという項目においては赤点灯の方がより顕著な結果となった。以上より、無点灯は肯定的な印象を与えないため、重要なポイントの説明としては有効に活用できない。赤点灯では、自信や大切さを伝えるためには効果的であるが、楽しくなさそうという印象を与えかねないことが分かる。一方で、緑点灯は自信と大切さに加え、退屈でない、困っていない、怒りを覚えないなどの印象を与えることができる。したがって、楽しくないが大切さなどを伝える厳格な教授を目指す場合は赤点灯、退屈さなどをなくしながら大切さを伝えるときには緑点灯が効果的ではないかと考える。

発言 2（教師や TA から注意する発言）については、無点灯は発言 1 と同じ結果になった。赤点灯は自信と

怒りを伝えることに効果的であることが分かった。一方、緑点灯は怒りを伝えることができないことが分かった。厳しい注意を与えるときには赤点灯、軽く注意するときには緑点灯が効果的ではないかと考える。

発言 3（学生からの困り発言）については、無点灯では自信や楽しさ、満足がないという印象を伝えることができ、赤点灯ではそれに加え困っているという印象を伝えることができ、緑点灯は怒りを覚えないという印象を伝えることができる。以上より、困った様子を伝えるためには無色、より適しているのは赤点灯であると考え。

発言 4（学生からの納得発言）については、緑点灯のみ印象を与えており、退屈でない、怒りを覚えない、不安がない、困っていないなどの印象を与えることができる。以上より納得している感覚を与えるためには、緑点灯が適切であると考え。

したがって、色と感情の対応関係を学習者に伝えない場合、つまり色から学習者が感じる印象としては、赤色はペッパーが厳格に発言したいときに効果的であり、緑はペッパーが明るい気持ちを表現するときに効

表 4 状況 A におけるペッパーの印象評価（後半）

	無点灯（後半）			赤点灯（後半）			緑点灯（後半）		
	項目	平均	標準偏差	項目	平均	標準偏差	項目	平均	標準偏差
発言1	楽しくなさそう 満足しない 困っていない	1.5 2.8 2.7	1.0 1.2 1.2	自信がない 楽しくなさそう	2.8 2.0	1.2 1.4	不安がある	5.4	1.4
発言2	退屈である 楽しくなさそう	5.6 1.7	1.3 1.1	—	—	—	困っていない	2.8	1.5
発言3	自信がない 怒りを覚えない 楽しくなさそう 大切でない	2.6 2.6 1.9 3.0	1.3 1.3 1.0 1.2	怒りを覚える 楽しくなさそう	5.0 2.1	1.2 1.3	—	—	—
発言4	怒りを覚えない 楽しくなさそう 大切でない	2.5 1.9 2.9	1.4 1.1 1.4	不安がある	5.3	1.5	自信がある 怒りを覚えない 不安がない 困っていない 怒りを覚えない	6.1 2.1 1.5 2.0 2.0	1.4 1.4 0.8 1.2 1.5

表 5 状況 B におけるペッパーの印象評価（後半）

	無点灯（後半）			赤点灯（後半）			緑点灯（後半）		
	項目	平均	標準偏差	項目	平均	標準偏差	項目	平均	標準偏差
発言1	退屈である 楽しくなさそう 満足しない	5.8 1.8 2.2	1.2 1.0 1.4	自信がある 怒りを覚える 大切である	6.1 5.8 6.1	1.0 1.3 1.4	退屈でない 怒りを覚えない	2.5 1.6	1.1 1.1
発言2	退屈である 自信がない 楽しくなさそう	5.5 2.9 2.2	1.3 1.1 1.0	自信がある 怒りを覚える 楽しくなさそう	5.7 6.7 1.6	0.9 0.7 1.1	—	—	—
発言3	自信がない 楽しくなさそう 大切でない 満足しない	2.2 1.7 2.7 1.8	0.9 0.8 1.4 1.0	怒りを覚える 不安がある 楽しくなさそう 満足しない	5.8 6.7 1.9 2.7	1.1 0.5 0.7 1.5	—	—	—
発言4	自信がない 楽しくなさそう	2.8 2.0	1.2 1.4	自信がある 怒りを覚える	5.2 5.4	1.5 1.1	自信がある 怒りを覚えない 不安がない 困っていない	6.1 2.1 1.5 2.0	1.4 1.4 0.8 1.2

果的であると考え、そのため教師が厳しく教えたときや注意したいとき、学生が困っている様子を表現したいときは赤点灯、軽い注意や不安がなさそうな様子を表現したいときは緑点灯が適切であると考え、

次に状況 B「このペッパーと一緒に授業を受けるとしたらどうか」について報告する。

発言 1(重要ポイント)については、無点灯では満足しない印象を与え、緑点灯だと怒りや困りを覚えないことが分かる。以上より、緑点灯では気軽に発言を聞きやすい結果であると考え、したがって、これは状況 A における結果を支持する結果になったといえる。

発言 2 (注意) は、無点灯は退屈、楽しくないという気持ちを与え、赤点灯は楽しくなさそうという気持ちを与える。赤点灯について、状況 A を加味して考えると、被験者はペッパーの怒りなどの感情を受け取り、楽しくないと感じていることが分かる。これは怒られている感覚を感じ取っている可能性がある。

発言 3 (困った発言) は、無点灯は不安、赤点灯は自信がない、困っているという印象を与えている。したがって、赤点灯で学生ペッパーが困ることで、自分も自信がなくなり、困る感覚を共有できると考える。

発言 4(なるほど発言)は、赤では楽しくなさそう、緑では困ってなさそうな印象を与えることができる。状況 A も加味すると、ペッパーが困っておらず、このようなペッパーと共同することで自分も困らなさそうという印象を与えていると考える。

以上より、状況 B に関する学習者の印象は、状況 A でペッパーが感じていそうなことを補完する気持ちを学習者自身が感じていることがわかった。したがって、学習者の学習に対する気持ちを制御する際にペッパーの色表現が有効である可能性が示唆された。

5.2 後半部分 (AEQ 評価)

次に、感情と色の対応関係 (表 1) を提示した上で、被験者がどう感じるかについて (後半部) の結果を報

告する。集計は前半部と同様の平均値と標準偏差に基づいて行った。

状況 A「このペッパーは授業に対してどのように感じていると思うか？」の発言 1(重要ポイント)については、対応関係を伝えてない場合(前半部)と比較して、無点灯はより楽しくなさそうという印象となり、満足しない、困ってないなどの印象が新たに付与された。さらに、怒りなどの感情であると伝えることで前半では、大切である、自信があるという印象が、自信がないという印象へと評価した。緑点灯についても自信や大切といった印象は薄れ、不安があるという印象が新たに表出した。以上より、表 1 のような対応関係を表示することで発言 1 において自信や大切さが消えてしまう可能性がある。発言 2(注意)についても、前半部では存在した赤点灯の自信は消失した。発言 3(困った発言)については、赤点灯で怒りを覚えている印象を与え、発言 4(なるほど発言)では、赤点灯で不安が新たに出現した。一方、緑点灯については自信があるという印象が追加された。以上より、感情と色の対応関係を伝えることで、前半部と比べ、ペッパーが感じている印象に変化を与えることができる。と考える。

状況 B「このペッパーと一緒に授業を受けるとしたらどうか」については、発言 1(重要ポイント)については、赤点灯では自信がある、怒りを覚える、大切であるなどの印象が追加された。発言 2(注意)については赤点灯で自信、怒り、大切であり、満足しないといった印象が新たに出現した。発言 3(困った発言)についても、赤点灯で怒りや楽しくなさそう、満足しない、不安などの印象が追加された。発言 4(なるほど発言)については、赤点灯で自信がある、怒りを覚えるという印象が追加され、緑点灯では自信がある、怒りを覚えない、不安がない、困っていないなどの印象が追加された。以上より、色と感情の対応関係を伝えることで、学習者は前半部と比べより多くの印象を受けることが分かった。特に、赤点灯は怒りを強く覚え、緑点灯では自信がある、退屈でないなどの印象を強く与えられることが分かる。

ここまでの結果より、色と感情の対応関係を伝えることで、被験者は提示した「赤は怒り」、「緑は喜び」などの印象に合わせてペッパーの感じている印象や、ペッパーと共同するとき被験者が感じる印象につい

て変化が現れることが分かった。ただし、今回は色と感情の対応関係は 1 パターンのみであるため、今後は別の対応関係を与えたときにどのような印象となるかを評価する必要がある。

5.3 Godspeed 法によるペッパーの印象評価

Godspeed 法を用いた印象評価の結果について、ポジティブまたはネガティブな印象を多くの学習者が抱いている項目を調査するために、標準偏差 1.5 以内、平均 4.5 以上、平均 3.5 以下という条件で集計したものを表 4 に示す。

事前評価より、本実験の事前の状態では、生き生きとした、無責任なという印象をペッパーに感じており、ペッパーに対して明るい印象を感じているがあまり意味のあるような行動をする印象がないように感じていると考える。色を伴う発言を観察してきた前半終了時の印象においては、事前感じていた両印象は消失した。機械的などという項目は、ペッパーが発言時に動かなかったことや、色と感情の対応関係をうまく読み取れなかったことが原因ではないかと考える。対話的な、親切的な、良いという項目から、色を用いて発言するペッパーに対し、話しやすさを感じているのではないかと考える。有能な、物知りな、知的などという項目からもペッパーが教える側であるという印象を受け取っていると考える。最後に、色と感情の対応関係を提示しながらペッパーが発言した後に行った印象評価について報告する。前半に比べ、後半では多くの感情を被験者が感じていることが分かる。また、「物知りな」「知的な」「落ち着いた」などの数値が向上しており、「生きている」「生き生きとした」「親切的な」という印象が

表 6 Godspeed 法による印象評価

事前評価			前半終了時			後半終了時		
項目	平均	標準偏差	項目	平均	標準偏差	項目	平均	標準偏差
無責任な 生き生きとした	3.5 4.5	1.4 1.4	機械的な	2.8	1.2	ぎこちない動き	3.5	1.0
			対話的な	4.7	1.3	生きている	4.9	1.1
			親切的な	4.5	0.8	生き生きとした	4.8	1.1
			良い	4.8	1.0	好き	4.7	0.9
			有能な	4.9	1.1	親しみやすい	4.7	1.3
			物知りな	4.8	0.9	親切的な	4.9	0.9
			知的な	4.7	0.5	愉快的な	4.8	0.8
			賢明な	4.7	1.1	良い	5.1	1.0
			落ち着いた	4.5	1.3	有能な	5.2	1.3
			冷静な	2.6	0.8	物知りな	5.0	0.9
						知的な	5.2	1.1
						賢明な	4.6	1.3
						落ち着いた	5.3	0.9
						冷静な	2.9	1.1

参 考 文 献

追加されている。これは AEQ 評価の結果においてもみられたようにペッパーに対して、多くの印象を抱いている結果であると考えられる。さらに、ペッパーの感情を色で表現したことが被験者に伝わっているため、感情を表現しているのだと理解し、生き生きしたという評価が加わったのではないかと考える。さらに「好き」「親しみやすい」という項目が追加されたことから、被験者は色と感情の対応関係が分かることでペッパーに対する好意が上昇すると考える。

6. おわりに

本稿ではロボットによる教授行動に用いた色情報が人の印象にどのような影響を与えるか調査した。色に対応した感情の条件を提示することで人の感情への影響を確認することができた。学習者が理解している様子を表現するには緑色が効果的であることが分かった。また、困っている様子や、怒りを表現するには赤色が効果的であることが分かった。これらから、ロボットが注意する場合は赤色で怒ることで学習者に対して、やらなければいけないなどの効果を促すことができると考えられる。また、緑色で発話をしていると話しかけやすくなり、結果的に教えてもらいやすくなり、理解に繋がるのではないかと考えられる。色に対して何らかの条件を対応させた場合、人は条件を見る前と後では感情の変化が見られることが分かり、人はよりロボットに対して多くの感情を抱くことが分かった。また、「好き」や「親しみやすい」などの項目も向上する結果となった。色と感情の対応関係を見せる場合と見せない場合では、ペッパーそのものについての評価は向上したと言えるが、授業の局面においては向上した部分と評価が悪くなった部分が混在する。今回は、1 パターンのみの色と感情の対応関係を提示したため、今後の追跡調査とし、適切なパターンを検討するといったことが挙げられる。

さらに、今後は発話だけでなく動作などにも色情報を用いる事で人の感情がどのように変化するか検討したい。発話だけではぎこちなさが残るため、ロボットで学習空間を構築するために別の要素にも注目したい。

- (1) 松居辰則: “感性情報学としての学習支援システム研究, <特集>学習科学と学習工学のフロンティア-私の"学習"研究-(後編)”, 人工知能学会論文誌, vol. 30, no. 4, pp. 481-485, (2015)
- (2) C J. R. Segedy, J. S. Kinnebrew, G. Biswas: “Modeling Learner’s Cognitive and Metacognitive Strategies in an Open-Ended Learning Environment.”, in AAAI Fall Symposium: Advances in Cognitive Systems, (2011)
(邦訳: 林雄介: “自由学習環境における認知及びメタ認知方略のモデル化”, 人工知能学会誌, vol. 28, no. 2, pp. 352-354, (2013))
- (3) 東本崇仁, 平嶋宗: “講義に対する理解促進のためのノートリビルディング法の提案と支援システムの開発・評価”, 教育システム情報学会誌, Vol31, No.4, pp.264-269, (2014)
- (4) 米谷雄介, 東本崇仁, 殿村貴司, 古田壮宏, 赤倉貴子, “受講者による逐次評価と総括評価を教員の講義改善支援に利用する講義映像フィードバックシステム”, 日本教育工学会論文誌, Vol. 37, No. 4, pp.479-490, (2014)
- (5) 村松慶一, 戸川達男, 小島一晃, 松居辰則: “色彩感情に係る心理的属性のオントロジー”, 人工知能学会論文誌, Vol.30, No.1, pp.47-60, (2015)
- (6) 村松慶一, 小島一晃, 松居辰則: “学習者の心的状態に関する知識記述と管理に向けた Academic Emotion の概念整理”, 第 27 回日本人工知能学会全国大会, 4J1-OS-23-1, (2013)
- (7) C. Bartneck, D. Kulić, E. Croft, S. Zoghbi: “Measurement instruments for the anthropomorphism, animacy, likeability, perceived intelligence, and perceived safety of robots”, Int. J. Soc. Robot., vol. 1, no. 1, pp. 71-81, (2009)
- (8) Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W. and Perry, R. P.: “Academic emotions in students’ self-regulated learning and achievement: A program of qualitative and quantitative research, educational psychologist”, Vol. 37, No. 2, pp. 91. 105 (2002)
- (9) Pekrun, R., Goetz, Frenzel, A. C., Barchfeld, P. and Perry, R. P.: “Measuring emotions in students’ learning and performance: The Achievement Emotions Questionnaire (AEQ)”, Contemporary Educational Psychology, Vol. 36, No. 1, pp. 36-48 (2011)

医学・看護学教育におけるテクノロジーに触れ・学ぶ機会と コミュニケーションロボット活用

A Learning Design of Newer Technologies with Communicative Robots in Medical and Nursing Education

坂田 信裕^{*1}

Nobuhiro SAKATA^{*1}

^{*1} 獨協医科大学情報教育部門

^{*1} Department of Information Literacy Education, Dokkyo Medical University

Email: nobus@dokkyomed.ac.jp

あらまし：人工知能、ロボット、IoT等の新たなテクノロジーの展開とともに、医療領域においても活用検討が進んでいる。しかし、現場における幅広い展開の為に、医療者に対する新たなテクノロジーに関するリテラシー教育も必要と考える。その一環として、2014年度からコミュニケーションロボットを医学部・看護学部授業で実際に触れる機会として活用し、テクノロジーを学ぶきっかけとしてきた。今回、その後の3年間の取り組みについて、得られた知見を報告する。

キーワード：テクノロジー教育、コミュニケーションロボット、アクティブラーニング、授業デザイン

1. はじめに

近年、AI（人工知能）、ロボット、IoT（Internet of Things）、VR（仮想現実）・AR（拡張現実）などのテクノロジー開発が急速に進んでいる。それらは、様々な領域で展開しており、教育⁽¹⁾や、医療・看護・福祉領域⁽²⁾における検討や活用が始まっている。

しかし、今後の幅広い展開を考えた場合、医療などの現場で活躍する人材の新たなテクノロジーに関する認識や理解度向上などが必要と考える。そのため、医学部や看護学部の教育においても、従来から行われている情報リテラシーに関する教育に、新たなテクノロジーに対する知識や、活用するための技能についてのリテラシー教育も必要と考える。

今回、2014年度から行ってきた医学部1年生および看護学部1年生を対象とした情報リテラシー系科目における、新たなテクノロジーに触れ、学ぶ機会の概要について報告する。とくに、その中で、コミュニケーションロボットをどのような使い方をしてきたかについて、授業デザインを含めて説明する。

2. コミュニケーションロボット

2.1 ヒト型コミュニケーションロボット

今回の取り組みは、2014年度にコミュニケーションロボット1台を入手してから開始した。図1に示す高さが約120cmのヒト型コミュニケーションロボット（Pepper：ソフトバンクロボティクス社）である。機能的には、言語および、身振り・手振り（20自由度の身体可動領域）などの非言語コミュニケーションが可能となっている。また、アプリ開発用ソフトウェアが公開されており、授業向けに作成したアプリで、このロボットによるデモや説明などをさせることが可能である。

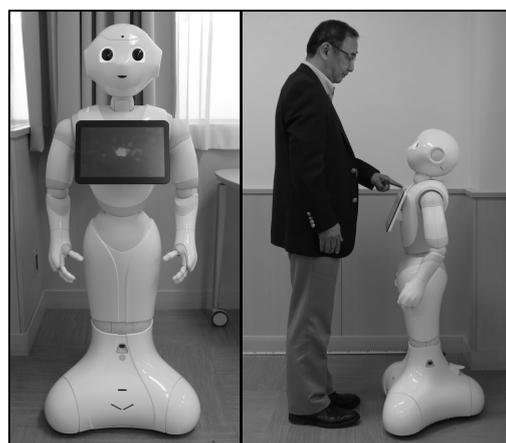


図1 ヒト型コミュニケーションロボット (Pepper)



図2 小型コミュニケーションロボット
(左：Sota, 右：RoBoHoN)

2.2 他のコミュニケーションロボット

2015年度からは、図2に示す小型のコミュニケーションロボットも追加し、授業での活用を行った。

2015年には、高さ28cmで8自由度のヒト型コミュニケーションロボット（Sota：ヴイストン社）、2016年には、高さ19.5cmで13自由度のヒト型コミュニケーションロボット（RoBoHoN：シャープ社）も入手し、それぞれの機能を用いた提示やデモを行った。

これらの複数のコミュニケーションロボットは、その大きさの違いだけではなく、想定している利用目的による機能的な違いもある。これらの違いも授業では体験する内容とした。

3. 新たなテクノロジーに触れ・学ぶ授業

3.1 授業デザイン

新たなテクノロジーについて学ぶ機会は、まず医学部と看護学部の50~60名程度の授業で開始した。その後、医学部では、選択科目の一つのコースとして、少人数（10名以下）向けの授業デザインを考案した。

3.2 中規模クラス向けの授業デザイン

中規模クラス（50~60名程度）の授業は、情報リテラシー系科目（全15コマ）のうち、当初は1コマだけをロボットを中心とした新たなテクノロジーに関する授業として実施した。

具体的には、コミュニケーションロボットのデモを行い、その後のテクノロジー活用の資料の提示を行うなど、まずは触れ、知ることを優先した授業デザインとした。アンケート結果等から、医療や介護領域におけるロボット活用に関する興味などを持つ機会とはなっていたことが把握できた。しかし、1コマだけの授業では、範囲が限定されてしまうため、他のテクノロジーや、医療領域での活用など、幅広く知り・考える機会とすることが望ましいと考え、授業デザインを変更した。

デザインを変更した授業では、情報リテラシー科目で既に実施していたプレゼンテーションの授業部分（3~4コマ）と組み合わせた構成とした。これは、プレゼンテーションの授業で作成する内容自体を新たなテクノロジーとし、さらに発表するテーマは、学生自身が決める形とした。これにより、初回の授業で、コミュニケーションロボットに触れ、テクノロジーの活用の現状等を学んだ後、自らが興味を持ったテーマについて調べ、まとめ、プレゼンテーションとして発表するという機会を追加できた。また、この授業は、4~5名のグループで、議論や、学生自身が作ったテーマでの発表をお互いに行うことから、幅広い領域での新たなテクノロジーの理解や考えを深める機会となっていると考える。実際、授業後のアンケート結果から、ロボットなどのテクノロジーに関する興味の創出や、現状の把握や課題点などを認識していると考えられた。

また、その後も入手できた他のロボットを追加して用いることや、ロボット以外にも、スマートスピーカーや、360度カメラおよびVR機器も実際のデモとして用いるなど、テクノロジーに触れる機会の

幅を広げる試みも行っている。これは、学生が自らの発表テーマを考える上で、どのようなテクノロジーか把握・理解しやすくなることを想定している。

3.3 小人数クラス向けの授業デザイン

上記のように、中規模クラスの授業では、新たなテクノロジーについて知り、学ぶ機会としては一定の段階に達してきているものと考えている。その一方で、より詳しくロボットなどのテクノロジーに触れてみたいと考える学生もいることが分かった。しかし、中規模クラスでは、人数的にも多いため、新たなテクノロジーに短時間触れることは可能であっても、実際に自分で活用する段階までは、時間的にも、環境的にも難しいと考えられた。

そのため、ロボットなどのテクノロジーに、より深く触れてみたいと考える学生向けの授業として、医学部の選択科目の一つを利用して、少人数（10名以下）の授業コース（8コマ程度）を設けた。この授業では、医療や介護領域における課題解決に、ヒト型コミュニケーションロボットを活用する形の授業デザインとした。具体的には、学生が医療や介護領域における課題を見出すとともに、その課題に対するロボットアプリを学生自身が設計し、作成し、試行を実施する授業デザインである。

このコースを受講した学生らは、実際のコミュニケーションロボットを動かすことへの面白さや、課題解決にテクノロジーを使うことを考える機会となっており、中規模クラスよりも内容的に深い授業になっていると考える。

今後は、ロボット単体だけではなく、IoTやVRなどと連携させたアプローチでの課題解決策作りも可能と考えている。

4. まとめ

2014年度からコミュニケーションロボットに触れ、考え、新たなテクノロジーを学ぶきっかけとする授業を実施してきた。中規模クラス向けおよび少人数クラス向けの授業デザインを考案し、毎年の実施結果を元に改善を行ってきた。中規模クラスでは、プレゼンテーションの授業と組み合わせることで、新たなテクノロジーに対する興味や関心を持つ機会になっていると考えられた。少人数クラスでは、課題解決とコミュニケーションロボットのアプリ作成を組み合わせることで、より深い形での新たなテクノロジーへの興味を持つ機会になっていると考えられた。

参考文献

- (1) 坂田信裕：医療教育、テクノロジー・ロードマップ2016-2025 <医療健康・食農編>。日経BP未来研究所、pp110-113（2015）
- (2) 坂田信裕：コミュニケーションロボットと医療・介護の関わり、ロボット No.236、pp36-41（2017）

cmi5 対応学習管理システムの設計と開発

森本 容介^{*1}, 仲林 清^{*2}, 星野 忠明^{*3}, 前田 宏^{*4}

^{*1} 放送大学教養学部, ^{*2} 千葉工業大学情報科学部,

^{*3} エスエイティーティー株式会社, ^{*4} 株式会社ジンジャーアップ

Design and Implementation of the cmi5 Specification on a Learning Management System

Yosuke Morimoto^{*1}, Kiyoshi Nakabayashi^{*2}, Tadaaki Hoshino^{*3}, Hiroshi Maeda^{*4}

^{*1} Faculty of Liberal Arts, The Open University of Japan,

^{*2} Faculty of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology,

^{*3} SATT, Inc., ^{*4} GINGER APP Company

eラーニングコンテンツの新しい規格である cmi5 が注目されている。cmi5 のコース (コンテンツ) は、学習者に配信される教材やサービスの単位である Assignable Unit (AU) を階層に配置した構造を持つ。AU は、各種のデータを Experience API (xAPI) を用いて Learning Record Store (LRS) に記録する。REST アーキテクチャスタイルに基づく xAPI を採用したことにより、Web ページのフレーム内での動作を前提としない多様な教材が実現できる。これらの特徴を持つ cmi5 の実装に当たっては、学習管理システム (LMS) と LRS の連携や、AU 間遷移の方法を定める必要がある。本研究では、cmi5 対応 LMS の開発に当たり設計が必要な箇所を明らかにし、その設計を行った。LRS は、仮想的に LMS の背後に設置することにより、LRS の独立性を保ったまま cmi5 対応が行える。また、LMS にコンテンツの「目次」機能を設けることにより、学習者の指定による、または自動的な AU 間遷移が実現できる。これらの設計に基づき、Moodle の cmi5 対応プラグインを開発した。

キーワード: cmi5, Experience API (xAPI), 学習管理システム, Learning Record Store (LRS), eラーニング技術標準化

1. はじめに

eラーニングコンテンツの新しい規格である cmi5 が注目されている。以前から使われてきた規格である SCORM は、以下のような制約、問題がある。

- コンテンツが Web ページのフレーム内で動作し、かつ学習管理システム (以下, “LMS”) と常時通信できることを前提としている。
- 独習型のコンテンツしか実現できない。
- コンテンツの動作や、扱う学習履歴データの種類などが規格で定められており、拡張性が欠如している。様々な要求に対応すべく、規格が肥大化している。

- 学習履歴が LMS 内に閉じている。学習者が取り出すことや、他の種類の学習履歴と組み合わせて分析を行うためには工夫が必要である。

cmi5 は、これらを解決することを目的として策定された規格である。cmi5 では、学習者に配信され、トラッキング (学習履歴記録) の単位となる教材やサービスを、Assignable Unit (以下, “AU”) と呼ぶ。通信に、REST アーキテクチャスタイルに基づく Experience API (以下, “xAPI”) を採用したことにより、シミュレーションソフトウェアや携帯端末のソフトウェア (アプリ) など、Web ベースではない AU にも対応した。cmi5 では、AU の起動や終了時の動作を定めているが、AU 内における学習方法や、用いるデ

ータは規定しておらず、独習型以外の AU も容易に実現できると想定される。学習履歴は、xAPI を用いて、LMS とは独立した Learning Record Store (以下、“LRS”) に記録される。xAPI では学習履歴を取り出す方法も標準化されており、学習者による管理や、他の種類の学習履歴と組み合わせた分析などが可能である。

cmi5 は平易な規格であるが、実装に当たっては、LMS と LRS との連携方法や、AU 間遷移の方法を設計しなければならない。本研究では、LMS を cmi5 に対応させるための課題を明らかにし、システム設計、および開発を行うことを目的とする。

以下、2 章で、cmi5 の位置づけと、cmi5 対応 LMS の開発に当たって設計が必要な箇所を述べる。3 章で、cmi5 の規格を本稿に必要な範囲で述べる。4 章で設計を実施し、5 章で設計に基づき開発したシステムについて述べる。6 章で本研究の成果を考察し、7 章で本研究をまとめる。

2. cmi5 の位置づけと実装上の課題

2.1 xAPI と cmi5

e ラーニングシステム・コンテンツの標準規格として、2000 年代初頭から SCORM⁽¹⁾⁽²⁾が広く使われてきた。その後の情報技術の進展や、学習形態の多様化に対応する必要性が、2010 年前後に認識されはじめた。SCORM を主導した Advanced Distributed Learning (以下、“ADL”) は、Experience API (以下、“xAPI”) の策定を進め、2013 年にバージョン 1.0.0 をリリースした⁽³⁾。本稿執筆時点の最新バージョンは、2016 年にリリースされた 1.0.3 である。xAPI は、学習経験 (learning experience) の記録と交換を目的とした標準規格である。xAPI は、JSON で記述されたステートメント (statement) と呼ばれる構造で学習履歴を表現する。ステートメントが xAPI における学習履歴の記録単位であり、LRS に格納される。ステートメントのほか、学習活動 (教材) に関するデータを表現するステート (state)、学習者に関するデータを表現するエージェントプロフィール (agent profile) などが定められている。これらはいずれも JSON で記述され、LRS との間で送受信される。LRS との通信には、REST

アーキテクチャスタイルに基づく API が用いられる。そのため、学習活動の形態は Web ベースの教材に限らず、スマートフォンのアプリなど、各種のソフトウェアにも対応できる。

xAPI は、JSON で表現する各種データが従うべき規則を定めているが、その内容、つまり学習履歴の粒度や使用語彙は規定していない。それらの設計は利用者 (community of practice) に任されており、設計した内容はプロフィール (profile) と呼ばれる⁽⁴⁾。相互運用性の向上や実践の効率化を考えると、利用者独自の語彙やプロフィールを作成するのではなく、広く受け入れられたものを用いることが望ましい。そのようなプロフィールの作成には、実践の共有やそれに基づく改良が欠かせない。これまでに語彙やプロフィールを共有するレジストリが構築されている⁽⁵⁾⁽⁶⁾ほか、各種プロフィールの策定や、実践を通じた考察が行われている⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾。

2.2 cmi5 の特徴と実装上の課題

xAPI は、学習履歴をはじめとする各種データの送受信に特化しており、学習活動に関しては、ほとんど制約を設けていない。SCORM を対象とした xAPI のプロフィールも ADL によって策定されている⁽¹⁰⁾ように、xAPI は SCORM を置き換えるものではない。一方、LMS から配信されるコンテンツに関する規格として、cmi5 の策定が進められ、2016 年に正式版 (Quartz - 1st Edition) がリリースされた⁽¹¹⁾。cmi5 は SCORM に代わる規格として注目を集めている。

cmi5 は、xAPI のプロフィールの 1 つと位置づけられており、LMS から配信されるコンテンツの構造と、xAPI の使用規則を定めた規格である。前述の通り、学習者に配信され、トラッキングの単位となる教材やサービスを AU と呼ぶ。AU を階層構造に配置したものが cmi5 のコンテンツの単位であり、コースと呼ぶ。AU は、トラッキングデータをはじめとする各種のデータを、xAPI を用いて LRS に記録、または LRS から取得する。cmi5 が規定する範囲は SCORM と比較して少なく、簡易化されている。xAPI を採用したこととも相まって、cmi5 は多様な形態の AU や、学習環境に対応できる。

cmi5 コースの動作には LRS が必要であるが、現状

では多くの LMS は LRS の機能を持っていない。そのため既存の LMS を cmi5 に対応させる場合、LRS 機能を用意しなければならない。既存の LRS を用いる場合には、LMS と LRS の連携方法を定める必要がある。また、配信する AU を学習者が選択、または LMS が決定する方法も規定されていないため、多様な形態をとりうる AU の情報を集約した「目次」に相当する機能を持つインタフェースが必要である。

なお、cmi5 では、LRS を LMS の一部と位置づけ、両者をまとめて LMS と定義しているが、本稿では、両者を区別して、LMS に LRS は含めない。仕様書上の LMS は、“広義の LMS” と表記する。

3. cmi5 の規格

本章では、cmi5 の規格を本稿に必要な範囲で述べる。

3.1 コースの構造と学習状態

LMS は、コンテンツの構造と学習状態を管理する必要がある。cmi5 のコースは階層構造を持ち、根ノードがコース、根ノード以外の内部ノードがブロック、葉ノードが AU である。AU は、メタデータの moveOn の値に従って、学習者が基準を満たした (sufficiently completed) かどうかを判定する。moveOn の値は、「ステートメント“Passed”が発行されたとき」、「“Passed”と“Completed”のいずれかが発行されたとき」、など 5 通りが定義されている。ブロック配下のすべての AU、またはコース内のすべての AU が基準を満たしたとき、そのブロック、またはコースを目的語 (xAPI における“Actor, Verb, Object”の“Object”) として、ステートメント“Satisfied”を発行する。このことから、cmi5 コースの各ノードは、基準を満たしたか否かの 2 値の学習状態を持つと見なすことができる。

3.2 AU の起動から終了まで

LMS と LRS、および AU と LRS のインタフェースを検討するため、AU の起動から終了までの動作を述べる。

AU を起動する手順は次の通りである (図 1)。

- ① 学習者が AU を選択する。
- ② LMS が LRS に起動データを記録する。
- ③ LMS が LRS にステートメント“Launched”を

発行する。

- ④ LMS が学習端末を起動 URL に遷移させる。
- ⑤ AU が、LRS への接続に必要な認可トークンを取得する。
- ⑥ AU が LRS から起動データと学習者の設定 (cmi5LearnerPreferences) を取得する。
- ⑦ AU が LRS にステートメント“Initialized”を発行する。

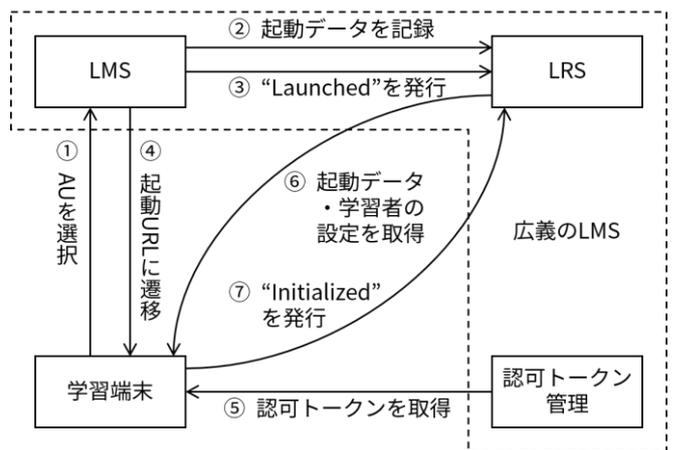


図 1 AU の起動手順

起動データ (launch data) とは、起動モード (launchMode)、合格点 (masteryScore)、AU 終了時の戻り先である returnUrl など、AU の動作を制御するデータである。起動 URL (launching URL、または launch URL) とは、AU の起動に用いられる URL である。起動 URL は、クエリ文字列として、学習者の識別子、LRS のエンドポイント、認可トークンの取得先などのデータを含む。認可トークンとは、AU が LRS に接続するために必要な、AU の起動から終了まで (AU セッション) の間だけ有効なトークンである。AU はすべての xAPI 通信に認可トークンを含め、LRS は渡されたトークンをもとに通信の可否を判断する。AU は起動 URL のクエリ文字列として渡されたデータをもとに認可トークンを取得 (⑤) し、LRS と通信 (⑥、⑦) する。なお、⑥と⑦の順は cmi5 の仕様書には明記されていないが、AU が完全に初期化されたことを示すために“Initialized”を発行すると定められているため、この順で差し支えないと考える。

AU セッションの間、AU は LRS に規格で定められたステートメントを発行するほか、規格に違反しない任意の xAPI 通信を行うことができる。

AU の終了時、AU は LRS にステートメント “Terminated” を発行する。起動データに returnURL が含まれていれば、AU は学習端末を returnURL にアクセスさせる。

3.3 学習者による AU の選択と AU 間の遷移

SCORM 2004 では、学習者がアクティビティ（階層構造を持ったコンテンツのノード）を選択できるインタフェースを、LMS が提供することが定められている。次のアクティビティに進む、コンテンツを終了する、といった動作を行うインタフェースも、LMS が提供する。また、学習者の要求に応じて、次に配信するアクティビティを決定する規則も規格で定められている。一方、cmi5 では、学習者に AU を選択させる方法や、「次」の AU を決定する規則などは定められていない。仕様書では、AU の順序は、コースの構造によって暗黙的に示されるとされており、先頭から順に学習することを想定していると考えられる。

4. cmi5 対応の設計

4.1 LRS の配置

本研究においては、既存の LMS に cmi5 を実装することを前提とする。cmi5 対応の LMS は、xAPI に完全準拠した LRS 機能を持たなければならないが、一般的に使われている LMS は LRS 機能を備えていない。そのため、cmi5 に対応させるためには、LRS 機能を追加実装するか、既存の LRS 製品を使用する必要がある。xAPI に対応した LRS 製品はすでに複数種類が開発、提供されているため、本研究では、既存の LRS を使った設計を行う。つまり、既存の LMS と LRS を別々に設置し、それらを連携させて cmi5 対応を行う。

4.2 LMS と LRS の連携方式

3.2 節においては、“Launched” は LMS が LRS に発行すると解釈しているが、仕様書では、広義の LMS が発行すると定めている。同様のステートメントに、“Abandoned”、“Waived”、“Satisfied”がある。これらのステートメントを、LMS と LRS のどちらが発行するかを定める必要がある。

また、3.2 節で述べた通り、AU は LRS と xAPI 通信を行う。ここで、AU と LRS が直接通信する構成と

する場合、以下の課題を解決しなければならない。

認可トークンの生成と共有

上記のステートメントを LMS が発行するなら、LMS が LRS に接続するための認可トークンが必要である。図 1 の“認可トークン管理”は、実際は LMS と LRS のどちらかが担当する必要がある。LMS が認可トークンを管理する場合、LRS との共有方法を定める必要がある。LRS が認可トークンを管理する場合、LMS との共有方法に加えて、LMS が持つ学習者や AU の情報を LRS が取得する方法の設計も必要である。なお、後述の通り、LMS と LRS の接続に用いる認可トークンは固定でも問題ないと考えられるが、AU 用の認可トークンを固定することはできない。LMS と LRS のどちらが管理するとしても、両者の情報共有が必要である。

LRS から LMS への通知

“Abandoned”は、起動中の AU が “Terminated” を発行する前に、同じコースの異なる AU からの xAPI 通信が行われた際に発行すべきステートメントである。“Abandoned”を発行すべき条件を満たしたかを判断できるのは、LRS である。“Abandoned”を LMS が発行するなら、規定の条件を満たしたことを LRS が LMS に通知しなければならず、その方法を定める必要がある。“Abandoned”を LRS が発行するとしても、異常終了が起こったことを LMS に通知する必要があるかを検討する必要がある。

以上のように、AU と LRS が直接通信する構成とする場合、LMS と LRS が密結合になる欠点がある。また、LRS は xAPI に準拠するだけでなく、cmi5 への対応も行わなければならない。

これらの問題を解決するため、図 2 のように、AU が LMS を通して LRS に接続する構成とする。AU には、LRS のエンドポイントとして、LMS 側に設置する通信中継サービスの URL を通知する。AU と LMS との間では、AU セッション内でのみ有効な認可トークンを用いる。この認可トークンは、LMS が管理する。LRS は LMS を信頼することを前提に、両者の xAPI 通信に用いる認可トークンを固定し、あらかじめ共有

しておく。LRS は単なるデータベースとして用い、
 “Abandoned” を発行する条件の判定など、cmi5 特有の機能は LMS に実装する。“Launched”, “Abandoned”, “Waived”, “Satisfied” の 4 種類のステートメントは、いずれも LMS が発行する。以上の方式を採用することにより、LRS は xAPI に対応しているだけでよく、cmi5 特有の機能を追加実装する必要がない利点を得られる。また、使用する LRS の種別変更も容易である。

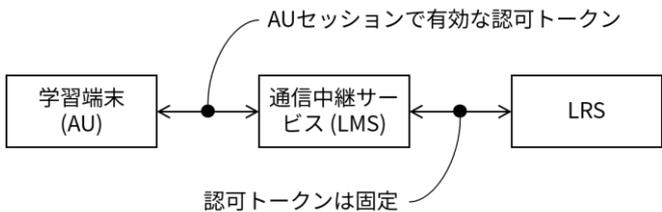


図 2 LMS と LRS の連携方式

ただし、認可トークンは HTTP リクエストメッセージの Authorization ヘッダを用いて送受信される。本設計を採用すると、LMS 自体に HTTP 認証⁽¹²⁾ (Basic 認証や Digest 認証) を設ける場合、Web サーバソフトウェア (httpd) の設定などに工夫が必要となる。

4.3 コースの目次とページ遷移

3.3 節で述べた通り、cmi5 では、学習者に AU を選択させる方法や、次に配信する AU を決定する規則は定めていない。SCORM をはじめとする一般的なコンテンツ同様、LMS が cmi5 コースの目次を表示し、学習者に選択させることが妥当と考えられる。一方、1 つの AU から構成されるコースや、順番に学習することを想定しているコースなど、目次が不要なコースも考えられる。そこで、目次の有無をコースごとに選択できることとし、次のようなインタフェース、およびページ遷移を設計した。

目次を設ける場合 (図 3)

起動する cmi5 コースを選択する画面をコースリストと呼ぶ。学習者がコースリスト上のコースを選択すると、コースの階層構造に従った目次を表示する (図 3 ①)。学習者が目次に表示された AU を選択すると、AU を起動する (図 3 ②)。このとき、returnURL として目次ページを指定する。学習者が AU を終了する

と、AU は returnURL の指定に従い、学習端末を目次ページに遷移させる (図 3 ③)。目次ページには、コースを終了するためのインタフェースを設ける。学習者がコースの終了を選択すると、コースリストに遷移させる (図 3 ④)。なお、目次ページでは、各ノードに、3.1 節で述べた学習状態を表示する。

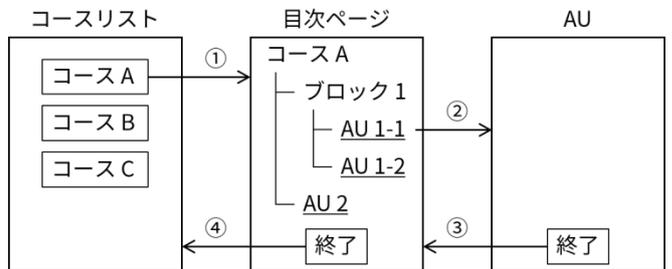


図 3 目次を設ける場合

目次を設けない場合 (図 4)

図 3 における目次ページに相当するページが、学習端末を AU、またはコースリストに自動遷移 (リダイレクト) させることにより、目次のないコースが実現できる。学習者がコースリスト上のコースを選択すると (図 4 ①)、リダイレクト用ページは最初の AU を起動する (図 4 ②)。学習者が AU を終了すると、リダイレクト用ページに戻る (図 4 ③)。終了した AU が最後の AU でない場合は、次の AU を起動する (図 4 ④→②)。最後の AU である場合は、コースを終了し、コースリストに遷移させる (図 4 ④')。

なお、AU の順は、マニフェストファイル (cmi5 のコース定義ファイル) に登場する順とする。目次を設けない場合、学習者が AU を終了したとき、AU だけを終了したいのか、コースも終了したいのかを区別できない。本設計では AU だけの終了と解釈するため、コース内で最後ではない AU の終了と同時に、コースも終了させることはできない。

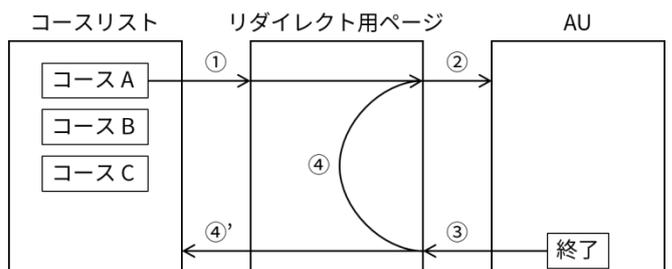


図 4 目次を設けない場合

5. Moodle と ELECOA を用いた実装

前章での設計に基づき、Moodle の cmi5 対応を行った。本章では、開発したシステムについて述べる。

5.1 ELECOA の概要と cmi5 への適用

著者らは、拡張性を有する学習支援システムのアーキテクチャである ELECOA の提案を行っている⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾。ELECOA は、教材オブジェクトと呼ぶプログラム部品により、eラーニングシステムの機能拡張を行える。ELECOA の枠組みの上で新規機能を持った教材を動作させたいときは、その機能を教材オブジェクトとして実装すればよい。ELECOA は、SCORM のような階層型のコンテンツを対象としており、各ノードに教材オブジェクトを対応づける。cmi5 のコースも階層構造を持つことから、ELECOA との親和性が高い。cmi5 に対応した教材オブジェクト群を開発すれば、ELECOA の枠組みの上で cmi5 コースを動作させられる。

5.2 システム構成

本実装では、LMS として Moodle を用いる。これまでに、ELECOA に対応した Moodle のプラグインである mod_elecoa を開発した⁽¹⁵⁾。mod_elecoa は教材オブジェクトが動作するプラットフォームの役割を持ち、ELECOA の規格に従ったコンテンツを動作させられる。本実装では、Moodle の cmi5 対応に、mod_elecoa を用いる。つまり、cmi5 対応の教材オブジェクト群を開発することにより、mod_elecoa を通して、Moodle 上で cmi5 コースを動作させる。

mod_elecoa は、Moodle のプラグインの一種である活動モジュールである。掲示板 (mod_forum) や SCORM パッケージ (mod_scorm) 同様、cmi5 コースを Moodle コース上に活動として設置できる。図 3、および図 4 のコースリストは、Moodle のコースページとなる。図 3 の目次ページ、および図 4 のリダイレクト用ページは、mod_elecoa が提供する。図 2 に示した xAPI の通信中継サービスも、mod_elecoa が提供する。図 5 に、本システムの構成を示す。

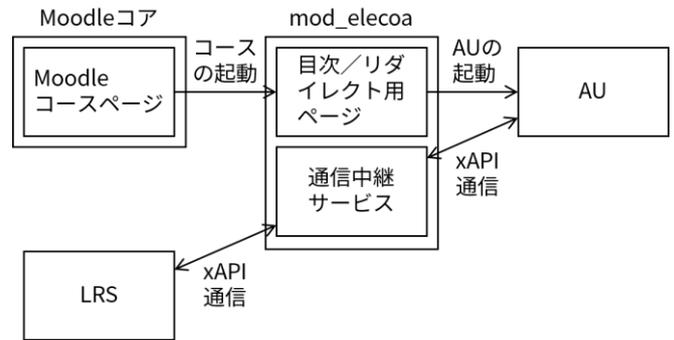


図 5 開発したシステムの構成

5.3 動作画面と環境

図 6 に、開発したプラグインが表示する目次画面を示す。これは、テスト用に開発した、7 つの AU からなるコースの目次であり、うち 2 つの AU に基準を満たしたことを示すチェックマークが表示されている。



図 6 cmi5 コースの目次

コースの起動から終了までの一連の流れが想定通り動作すること、LMS と LRS が連携動作し LRS に学習履歴が正しく記録されることなどをはじめ、本システムが正常に動作することを確認した。また、スマートフォンのアプリとして実装した AU を持つコースを制作し、目次画面からその AU を選択するとアプリが起動し、学習履歴も正しく記録されることを確認した。

なお、本実装では、LMS として Moodle 3.5 (本稿執筆時点においてリリース前の開発版)、LRS として Learning Locker を用いて動作検証を行った。LRS は、xAPI に準拠していれば、任意の製品に置き換えられることが期待される。

6. 考察

本研究で実施した **cmi5** の規格調査, および設計, 開発において得られた考察を述べる.

6.1 **cmi5** で実現できる教材について

cmi5 は, **SCORM** と比較して規格が簡易化されており, コースや **AU** に課せられる制約も少ない. **SCORM** の **SCO** (**cmi5** の **AU** に相当) は **Web** ページのフレーム内に配信されることを前提に, 制御用のスクリプトを **LMS** が提供する. 一方, **cmi5** の **AU** は, **LMS** の制御を受けることなく動作する. そのため, **AU** は **Web** ブラウザ上で動作する必要はない. たとえば, **AU** にソフトウェアを起動する役割を持たせたり, 起動 **URL** から直接スマートフォンのアプリを起動したりして, それらのソフトウェアを用いて学習させることができると考えられる. 本研究においても, 起動 **URL** にカスタム **URL** スキームを用いることにより, アプリ版 **AU** が起動し, 動作することを確認した. ただし, 以下に示す理由により, 今回開発したアプリ版 **AU** では, 終了後に目次ページに自動的に戻る動作を実装しておらず, 目次なしの設定では正しく動作しない. **cmi5** では, 同一コース内で, 複数の **AU** を同時に起動することは想定していない (同時起動を検知した場合, 異常終了を表すステートメント “**Abandoned**” を発行する). アプリの **AU** を使う場合や, **Web** ブラウザの新しいウィンドウで **AU** を起動する場合は, その **AU** を終了するまで, 目次ページで別の **AU** を選択できないようにしておくことが望ましい. また, **AU** の終了時に目次ページに戻る際, 元の目次ページを表示していたウィンドウを使う必要があり, かつ **AU** の状態を更新するための処理 (目次ページのリロードなど) も必要と考えられる. アプリの **AU** から目次ページに正しく戻ることが技術的に可能であるかは, 未検討である. このような新しいタイプの教材の動作検証を進める必要がある.

6.2 相互運用性の検証について

cmi5 は **SCORM** に代わる規格として注目を集めているが, 現時点では, 対応 **LMS**, オーサリングツールが十分提供されておらず, コンテンツもほとんど流通していない. そのため, **LMS** やコンテンツの動作に共

通理解が得られておらず, 相互運用性の検証が十分行われているとは言いがたい. 前章で述べた開発の際には, 動作検証に使用できる **cmi5** コースを出力するオーサリングツールが見つからず, テスト用コースの作成から行う必要があった. 規格の普及のためには, 各種ツールが提供され, 相互運用性が実証される必要があると考える. 本研究により, 最も広く使われている **LMS** である Moodle⁽¹⁶⁾ で **cmi5** コースを動作させることができるようになった. 本プラグインはオープンソースソフトウェアとして公開予定であり, 相互運用性の検証や, 規格の普及に役立てられることが期待される.

6.3 **LRS** の位置づけについて

cmi5 の規格では, **LMS** 自体が **LRS** の機能を有することが想定されている. しかし, 通常の **LMS** は独自のデータ永続化機能を有しており, **cmi5** に対応するために **xAPI** に準拠した **LRS** に切り替えることは現実的ではない. そもそも **xAPI** は, 多様なシステムの学習履歴を統合することを意図している. **LMS** 内に閉じた **LRS** より, 本研究における設計のように独立して設置した **LRS** を使う方が, 本来の目的に合致していると考えられる.

ただし, **LMS** 独自のデータと, **LRS** に記録されるデータが混在することになる. たとえば, Moodle の活動モジュールは, 起動, 終了などのイベントや, 学習成績などの学習履歴をデータベースに記録する. また, 「活動完了」という概念を持ち, 活動が完了の基準を満たしたかどうかをトラッキングできる. 一方, **cmi5** コースはこれらのデータを **LRS** に記録する. **LMS** と **LRS** に記録されるデータ間の関係を整理することは今後の課題である.

7. まとめ

本研究では, 既存の **LMS** と **LRS** を用いて **cmi5** コースを動作させるための課題を明らかにし, 設計を行った. **LMS** と **LRS** は別々に設置することができる. その際, 実装方法によっては, **LMS** が持つ情報を **LRS** で使用し, **LRS** で発生するイベントを **LMS** に通知する必要があるなど, 両者が密結合になる. **LMS** を通して **LRS** を使用することで, 複雑な実装を避け, **LRS**

の独立性を確保することができる。また、AU の情報を集約し、学習者に提示する「目次」の機能が必要であることから、本研究では、目次機能と AU 間の遷移の動作を定めた。

次に、本研究で実施した設計に基づいて、Moodle の cmi5 対応を行った。具体的には、Moodle の活動モジュールである mod_elecoa に、cmi5 対応機能を追加実装した。本プラグインは、相互運用性の検証や、規格の普及に役立てられることが期待される。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 17H00774, 17K18665 の助成を受けた。また、特定非営利活動法人日本イーラーニングコンソシアム技術委員会 xAPI 分科会技術検証 WG と連携して実施した。

参考文献

- (1) Advanced Distributed Learning: “SCORM 1.2 Specification”, http://www.adlnet.gov/wp-content/uploads/2011/07/SCORM_1_2_pdf.zip (2018 年 1 月 8 日確認)
- (2) Advanced Distributed Learning: “SCORM 2004 4th Edition Specification”, https://adlnet.gov/public/uploads/SCORM_2004_4ED_v1_1_Doc_Suite.zip (2018 年 1 月 8 日確認)
- (3) Advanced Distributed Learning: “Experience API 1.0.0”, <https://github.com/adlnet/xAPI-Spec/blob/1.0.0/xAPI.md> (2018 年 1 月 22 日確認)
- (4) Advanced Distributed Learning: “xAPI Profiles”, <https://github.com/adlnet/xapi-profiles> (2018 年 1 月 22 日確認)
- (5) The Registry, <https://registry.tincanapi.com/> (2018 年 1 月 22 日確認)
- (6) xAPI Vocabulary & Profile Index, <http://xapi.vocab.pub/> (2018 年 1 月 22 日確認)
- (7) 森本容介, 古川雅子, 山地一禎: “Moodle を対象とした xAPI のプロファイルの策定”, 情報処理学会研究報告, Vol.2017-CLE-21, No.20, pp.1-8 (2017)
- (8) Bakharia, A., Kitto, K., Pardo, A. et al.: “Recipe for Success - Lessons Learnt from Using xAPI within the Connected Learning Analytics Toolkit”, Proc. Sixth International Conference on Learning Analytics & Knowledge, pp.378-382 (2016)
- (9) Berg, A., Scheffel, M., Drachsler, H. et al.: “The Dutch xAPI Experience”, Proc. Sixth International Conference on Learning Analytics & Knowledge, pp.544-545 (2016)
- (10) Advanced Distributed Learning: “Experience API SCORM Profile”, <https://github.com/adlnet/xAPI-SCORM-Profile> (2018 年 1 月 23 日確認)
- (11) Advanced Distributed Learning: “cmi5 Specification Profile for xAPI”, https://github.com/AICC/CMi-5_Spec_Current/blob/quarterly/cmi5_spec.md (2018 年 1 月 8 日確認)
- (12) Fielding, R. T. and Reschke, J. F.: “Request for Comments 7235: Hypertext Transfer Protocol (HTTP/1.1): Authentication”, <https://tools.ietf.org/html/rfc7235> (2018 年 1 月 8 日確認)
- (13) 仲林清, 森本容介: “拡張性を有する適応型自己学習支援システムのためのオブジェクト指向アーキテクチャの設計と実装”, 教育システム情報学会誌, Vol.29, No.2, pp.97-109 (2012)
- (14) 仲林清, 森本容介: “拡張性を有する学習支援システムにおける再利用性向上のための教材オブジェクトデザインパターンの設計と実装”, 教育システム情報学会誌, Vol.35, No.3 (2018) (採録決定済み)
- (15) 森本容介, 仲林清, 芝崎順司: “ELECOA における教材オブジェクト・プラットフォーム間インタフェースの設計と実装”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J98-D, No.6, pp.1033-1046 (2015)
- (16) 高等教育機関における ICT の利活用に関する調査研究結果報告書 第 3 版, <https://axies.jp/ja/ict/2015report.pdf> (2018 年 1 月 24 日確認)

システム要求分析における 分析の観点を意識させる学習手法の評価

石井 俊也^{*1}, 仲林 清^{*2}

^{*1} 千葉工業大学大学院, ^{*2} 千葉工業大学

Evaluation of Learning Method Which Makes Learners Be Conscious of The Analysis Viewpoints in System Requirements Analysis

Shunya Ishii^{*1}, Kiyoshi Nakabayashi^{*2}

^{*1} Graduate School of Chiba Institute of Technology, ^{*2} Chiba Institute of Technology

システム開発における要求分析の初学者を対象に、開発課題を分析するための観点を意識させることで、開発前後における問題予測能力の向上を狙う学習手法の開発と評価を行った。観点として機能欠陥・操作性・業務規則の3つを提示し、学習者自身が予測した問題と観点を結びつけさせることで、観点の理解と意識を促した。実験の結果、学習者は観点を概ね意識し、予測数の増加傾向があったものの、有意差は見られなかった。観点を意識させた学習者には、開発発注者側の業務内容とシステムを結びつけた問題予測をする傾向が見られた。

キーワード: 要求分析, 開発前後の問題予測, 分析の観点, 課題の再分析

1. はじめに

システム要件定義における問題として、要求の抜け漏れ・要求の曖昧性・開発開始後の要求変化などが指摘されており⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾, 設計以降の工程から要件定義へ手戻りする原因として認識されている。これらの問題を解決するため要件定義に対する様々な支援研究が行われており⁽⁵⁾⁻⁽⁷⁾, その多くは要求工学プロセス⁽⁸⁾における要求獲得や要求分析に着目している。また、W字型開発モデル⁽⁹⁾のような要件定義段階でのテストが重要視されており、要求仕様テストの支援研究もある⁽¹⁰⁾。

要求分析を支援する主な研究には、仕様内容からのプロトタイプ自動生成により自己検証を促すことで具体的な機能定義能力を向上させる試み⁽⁶⁾や、限定したUML(Unified Modeling Language)の詳細化過程において過去の類似事例を提示することで見落としを減らす試み⁽⁷⁾が挙げられる。これらは「仕様に含まれる問題点への気づき」や「より有用な仕様設計の発見」を期待できる一方で、仕様記述の能力に対する支援や実際の開発現場への効果を狙った研究でもある。

これらに対して本研究では、システム開発課題を分析するための観点を学習者に意識させることで、学習者自身にシステム開発前後の問題予測を促す学習手法の開発と評価を行った。発注者の背景情報と要求事項で構成された課題を与え、分析の観点として「機能欠陥」、「操作性」、「業務規則」を意識させた。これらを課題分析の切り口とさせながら、要求や機能の曖昧性を原因とする開発前後の問題を予測させた。また、観点の理解と意識を促すために、学習者自身が分析した開発課題を再分析させた。再分析では、学習者が予測した問題と観点を結びつけさせることで「観点を意識した要求分析」の思考を理解しやすくなり、問題予測の増加や具体化が期待できる。

なお、本稿は先に発表した学習手法の評価⁽¹¹⁾に対して、学習者に意識させる観点や学習内容を拡張したものであり、その目的は学習者が観点を意識することによる要求分析能力への効果を調べることである。観点をういた先行研究として、ソフトウェアの品質特性⁽¹²⁾からテスト観点ツリーを作成させることで、設計レビューでの欠陥予防を狙った支援が挙げられるが⁽¹⁰⁾, 先

行研究で用いられた観点が「いつ、何を、対象範囲は」のように詳細な項目まで扱うことに対して、本研究で学習者に意識させた観点は観点名・要素・概要の3種類にとどめた。例えば観点名「機能欠陥」に対して要素「機能の不足」があり、その概要を「問題を解決するために足りない機能はあるか」と解説した。

本研究では学習者に要件定義の基礎知識を解説したのちシステム開発課題を与え、対象システムの機能要件を定義させる。また、定義内容を学習者自身に分析させ、開発前後の問題を予測させる。さらに、分析の観点を意識させ、定義内容の再分析を行わせる。以下、第2章で本研究における要求分析能力について述べ、第3章で分析の観点について解説する。第4章では学習手法について示し、第5章で実験結果と考察を述べる。第6章でまとめを行う。

2. 要求分析能力

学習者が開発課題を達成するために必要な要求分析能力を、次の2つに定めた。

- (1). 課題文の情報から、対象システムの機能要件を詳細に定義できる。
- (2). 自身が定義したシステムの開発前後を想定し、定義の不足や曖昧性による将来的な問題を予測できる。

上記のうち(1)は一般的に定義された能力⁽¹³⁾から機能要件に関する部分を抽出し、(2)は向上を狙う能力として本研究で独自に定義した。能力(2)を向上させるためには、定義したシステムの動作を理解し、課題文の情報や学習者の知識・経験と結びつける必要がある。

要求や機能の中に不足や曖昧性がある場合、能力(2)により、システム開発前後に発生する問題として予測できる。例えば給与計算を行うシステムにおいて、給与計算方法が時間帯によって異なる場合、それぞれの計算方法が定義されていない場合、「具体的な給与計算ができないため開発を進められない」という問題を予測できる。

3. 分析の観点

課題を分析するための観点を学習者に意識させることで、自身が定義したシステムの問題予測を促した。図1のように、学習者が観点を意識することで、「課題に関連する学習者の記憶や経験」、「発注者の背景情報と要求事項」、「学習者が定義した機能要件」の3つから結びつける情報を絞り込ませ、システム開発前後の問題を予測しやすくなることが期待できる。

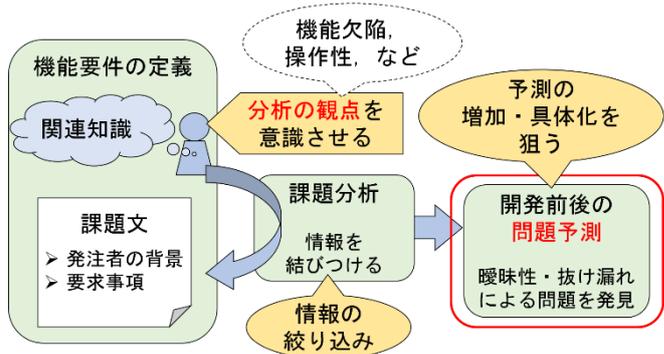


図1 観点の効果

分析の観点は、ソフトウェア製品品質モデル⁽¹⁴⁾を参考に、本研究で扱った2つの課題から合計5つを抽出した。それぞれの観点について、要素と概要を表1に示す。観点のうち「権限超過」は課題1のみで抽出し、「購買促進」は課題2のみで抽出した。2つの課題で共通する観点は「機能欠陥」、「操作性」、「業務規則」の3つである。本研究ではこれら3つについて、課題2の実施前に「観点名」、「要素」、「概要」の階層構造として提示し、意識させた。

観点を学習者に解説した際は「観点を意識することで予測できる問題の例」も提示した。例えば課題1(題材はコンビニエンスストア従業員の月給計算)の対象システムは4つの画面間を遷移するが、観点「機能欠陥」を意識して分析することで、図2のように「利用途中で画面遷移ができずシステムが正常に動かなくなる」問題を予測できる。

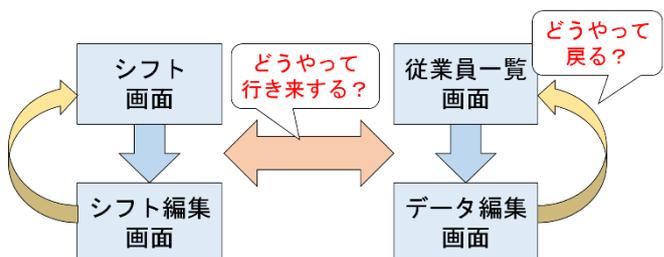


図2 観点からの問題予測例(課題1)

表 1 分析の観点（学習者に意識させた観点は A, B, C）

観点	要素	概要
A.機能欠陥	機能の不足	問題を解決するために足りない機能はあるか
	システム不成立	システムが途中で正常動作しなくなるような部分はあるか
	業務の不成立	システムでは、従来の業務が正常に行えなくなるような部分はあるか
B.操作性	操作の把握困難	画面が見にくい、システムの操作方法が伝わらないことはあるか
	非効率な操作	複雑な操作や面倒な操作はあるか
C.業務規則	利用者の規則誤解	発注者側の規則のうち、システムで利用者に伝わらないものはあるか
	反映されない規則	システムの機能は、規則に沿わない動作をすることがあるか
D.権限超過 ※課題 1 のみ	開示範囲の拡大	従来よりも多くの人物が閲覧できる情報はありますか
	編集者の増加	従来よりも多くの人物が編集できる情報はありますか
E.購買促進 ※課題 2 のみ	関心の誘導	顧客の関心をひく従来の試みのうち、システムで再現されないものはあるか
	サービスの付加価値	商品以外で顧客の付加価値となっている従来業務のうち、システムで再現されないものはあるか

4. 学習手法

4.1 学習の流れ

図 3 のように学習者を実験群と統制群に分け、システム開発の課題を 2 度与えた。2 群分けでは課題 1 の結果と開発経験アンケートの結果を用いて、学習者の成績と開発経験の分布が等しくなるように考慮した。課題では「機能要件の定義」と「定義したシステムの開発前後における問題予測」を行わせた。また、実験後に課題内容や観点の意識に関わるアンケートを実施した。

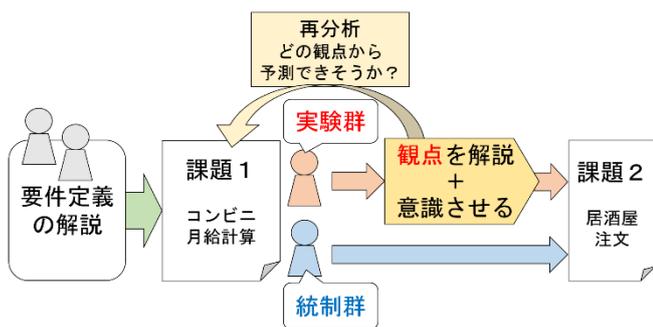


図 3 実験設計

学習者のうち実験群には課題 1 を行わせた後に観点を解説を行い、自身の解答内容に対して観点を意識しながら再分析させた。その後、観点を意識させた状態で課題 2 を行わせた。統制群には観点を意識させず、2 つの課題を続けて行わせた。

4.2 課題構成

課題 1 では「コンビニエンスストア従業員の月給計算システム」を題材とし、課題 2 では「居酒屋の商品注文システム」を題材とした。課題文は「発注者企業の背景情報」、「発注者からの要求事項」の 2 種類で構成した。また、課題文の理解を促すため、発注者企業の業務内容や流れを図示した。

課題文の抜粋を表 2 に示す。また、学習者が行った課題分析例を図 4 に示す。学習者は課題分析の中で、システムがどのような動きをするか想像しながら問題予測を行う。学習者が問題予測を行うためには、課題文に埋めこまれた情報を結びつける必要がある。例えば表 2 における発注者の背景情報には、業務に関する情報として「ランチメニュー」や「ラストオーダー」などが埋めこまれている。

4.3 課題の再分析

実験群の学習者には課題 1 を行わせた後に分析の観点を解説して意識させ、図 5 のように課題 1 を再分析させることで、問題予測の増加と具体化を促した。再分析では、学習者自身が予測した問題に対して「どの観点から予測できそうか」を結びつけさせることで、観点の理解と意識を促した。また、新たな問題予測があれば追記させた。

学習者が課題を再分析することで、「観点を意識した課題分析」を行いやすくなると考えられる。学習者

表 2 課題文の抜粋：課題 2（居酒屋の商品注文システム）

項目	内容
発注者の背景情報	<p>居酒屋の B 店は 11:00 から 23:00 まで営業しており，11:00 から 13:30 まではランチメニューも提供している．B 店には 150 品目もの豊富なメニュー数があり，その内 5 品目の看板商品と 4 品目の季節限定商品は人気商品群である．</p> <p>しかし繁忙時には注文の受付が遅くなり，聞き取りミスをする問題があった．また，ラストオーダー時間の直前で注文が集中すると，時間までに注文を聞き切れないこともしばしばある．</p> <p>B 店は注文時間ロスと聞き取りミスを改善するために，顧客の注文受付システム導入を決めた．各テーブルにはベルの代わりにタッチ式端末（A4 サイズ程の大きさ）を取り付け，キッチンにも従業員用として同様の端末を設置する．</p>
要求事項	<p>① システムは「選択画面」「注文画面」「履歴画面」「会計画面」「従業員用画面」の 5 つで構成したい．そのうち従業員画面は従業員用の端末のみで，これ以外の画面は顧客用の端末のみで用いる．</p> <p>② 選択画面では，全ての商品名一覧を見せたい．複数ページ構成にして，1 ページ毎に 6 品目の商品名を商品画像とセットで見せたい．また，顧客が任意の商品を 1 つ選んでタッチすることで，注文画面へ遷移させたい．</p>

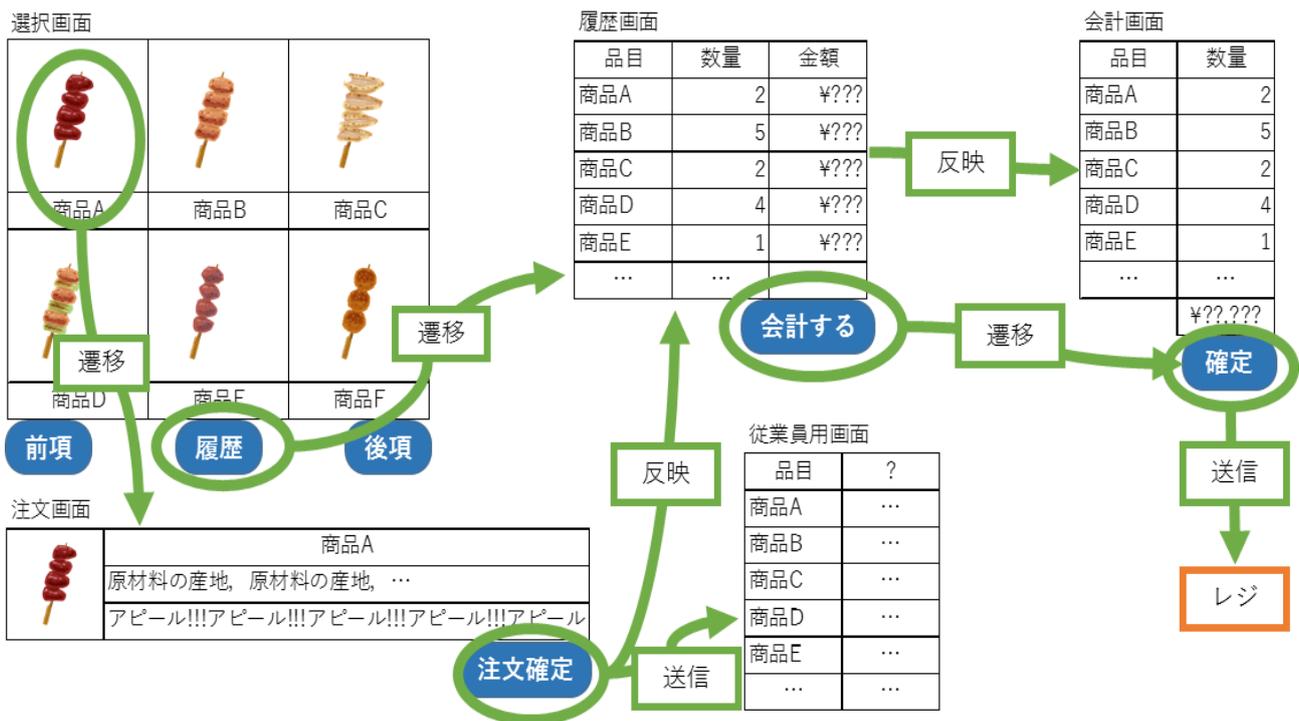


図 4 学習者による課題分析例（課題 2）

自身が予測した問題は「観点から予測できる問題の具体例」となるため，観点と問題予測のつながりを納得しやすい．また，観点からの分析を意識的に行う体験によって，観点に対する意識の促進も期待できる．

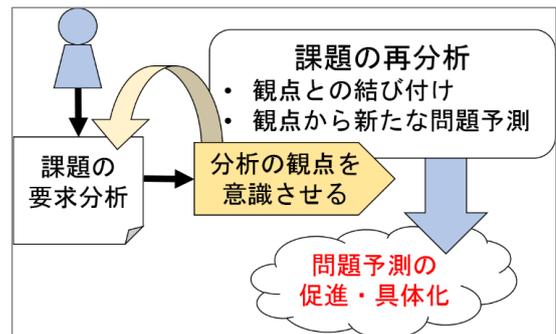


図 5 観点を意識させた課題の再分析

5. 結果と考察

5.1 実験結果

情報系学科の大学生 22 名を対象に実験を行った。結果を表 3 に示す。問題予測の総数は、課題 1 で 93 個、課題 2 で 105 個だった。学習者の 2 群分けでは課題 1 の問題予測数について、t 検定で有意差が見られないように考慮して 11 名ずつ振り分けた。ただし、課題 2 を行った実験群の学習者のみ 10 名だった。

実験の結果、実験群の学習者は課題 2 の予測数に増加傾向が見られた。しかし t 検定による有意差は見られなかった。2 つの課題における問題予測数の分布を図 6 に示す。課題 1 における学習者全体の予測数は平均 7.9 個だったため、課題 1 の予測数が 9 個以上の学習者を上位群、8 個以下の学習者を下位群とした。

表 3 実験結果

課題 実験群:統制群		問題予測数[個]		t 検定 p 値
		実験群	統制群	
課題 1 11 名:11 名	平均値	7.3	8.3	0.58
	標準偏差	3.6	4.7	-
課題 2 10 名:11 名	平均値	12.4	8.9	0.32
	標準偏差	10.0	5.4	-

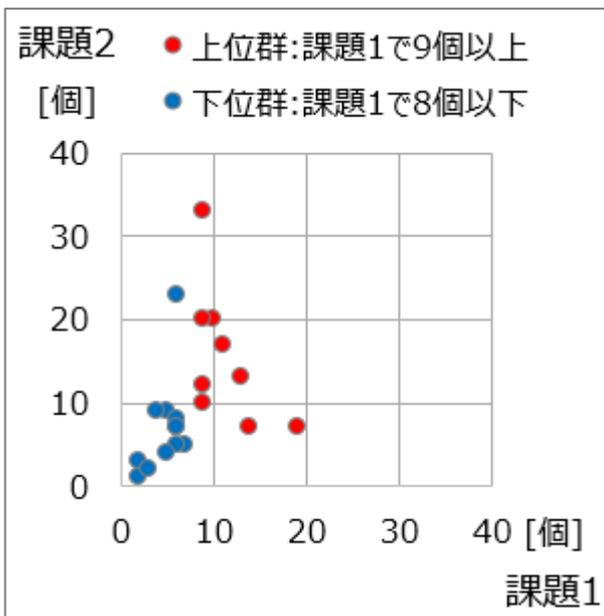


図 6 成績群ごとに見た問題予測数の変化

上位群の学習者は、下位群と比べて予測数のばらつきが大きい傾向が見られた。上位群には、課題 2 の予測数が課題 1 と比べて 3 倍以上に増加する学習者や、

課題 1 の半数以下に減少する学習者が見られた。上位群における予測数の減少は、学習者への負担が原因と考えられる。例えば課題 1 で最も多かった予測数は 19 であり、その学習者が予測数を増加させるためには、課題 2 で 20 個以上の問題予測が必要となる。

一方で、下位群の学習者は予測数のばらつきが小さかった。観点を意識させた実験群においても変化が小さかった原因として、下位群に対しては課題の再分析による効果が小さかったことが考えられる。例えば課題 1 の予測数が 2 個の学習者は、再分析する問題も 2 個である。

5.2 問題予測の具体性への効果

課題 2 における学習者の問題予測を、表 4 のように具体的な予測と抽象的な予測に分けて評価した。例えば定義内容が曖昧で開発できない問題「商品メニューのページ遷移はどのように行うか」の場合は、ボタンのタッチやスライド操作など、定義を実現するための手段を 2 種類以上記述した解答を具体的な予測とした。また、開発後の問題「ラストオーダーに関わる処理がない」の場合は、「顧客がまだ注文できると誤解する」、「システムでは注文を受けつけてしまう」など、処理がないことによる問題の焦点を記述した解答を具体的な予測とした。

表 4 問題予測の具体性

予測の質	学習者の解答例
具体的	商品メニューのページ遷移はスライドで切り替わるようにするべきか、ボタンをタップして切り替える方式の方がよいのかが分からない。
	ラストオーダーについての機能がないため、客がラストオーダーの時間が把握できない。またラストオーダー後も注文できてしまう可能性がある。
抽象的	注文画面でラストオーダー後の処理が不明

上述の問題予測を、表 5 のように「観点を意識していない状態の成績」、「予測の具体性」、「実験の群分け」の 3 要因に分けて分析した。3 要因に対する分散分析の結果を表 6 に示す。全体的に上位群は下位群より予測数が多いことや、具体的な予測より抽象的な予測の

ほうが多いことが言えた。しかし、観点の意識による予測の具体化については有意差が見られなかった。

表 5 学習者の要因ごとの問題予測数

課題 1 成績 実験群：統制群	予測 の質	課題 2 予測数平均[個]	
		実験群	統制群
上位群 4名：5名	具体的	5.5	3.8
	抽象的	13.5	8.4
下位群 6名：6名	具体的	2.2	3.0
	抽象的	6.8	2.8

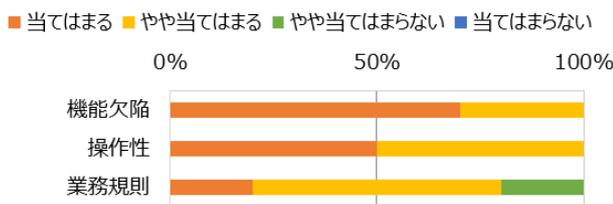
表 6 問題予測に対する学習者要因の分散分析

課題 2 予測数への影響要因		p 値
主効果	群分け	0.15
	課題 1 成績	p<0.05
	予測の質	p<0.01
群分け+課題 1 成績		0.45
群分け+予測の質		0.19
課題 1 成績+予測の質		0.13
群分け+課題 1 成績+予測の質		0.89

5.3 学習者における観点の意識

実験群の学習者 10 名に行ったアンケートの結果、図 7 のように、学習者は観点と要素を概ね意識していたと考えられる。しかし、業務規則の観点や要素は、他の観点と比べて意識しにくい傾向が見られた。

設問：分析の観点を意識していたと思う



設問：観点の要素を意識していたと思う

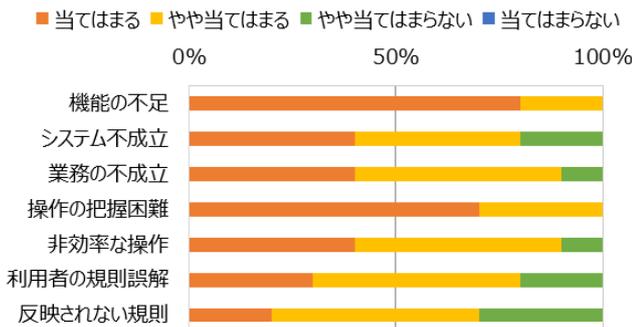


図 7 観点と要素に対する学習者の意識

業務規則の観点を意識しにくかった原因として、観点と課題の結びつけが難しかったことが考えられる。観点の解説では、課題 1 の問題予測例として発注者側の従業員に関わる「シフト表の誤解」を提示したが、課題 2 で想定した問題は顧客に関わる「ラストオーダーの誤解」などであり、課題 1 と課題 2 ではシステムの利用者が異なっていた。

5.4 業務とシステムを結びつけた問題予測

観点を意識した実験群の学習者には、課題文に埋めこまれた「発注者側の業務内容」と対象システムを結びつけた問題予測を行う傾向が見られた。実験群と統制群それぞれに多かった予測を表 8 に示す。統制群は「画面遷移できなくなる」、「表示する内容の定義が曖昧」などシステムの実現や動きに注目した予測が多かった。一方で実験群は「ラストオーダー時間を顧客が把握できない」、「商品が売り切れてもシステムでは注文できる」など発注者側の業務とシステムの結びつきに注目した予測が多かった。

上述の「業務と結びついた問題予測」と「業務規則に関わる観点の意識 (図 7)」との関係を表 7 のように調べた。その結果、主観的な観点意識が弱い学習者に予測傾向が見られた。業務規則の観点や要素の意識について「やや当てはまらない」の回答がある学習者は、実験群に多かった「業務と結びついた問題」を 3 個以上予測していた。一方で「当てはまる」、「やや当てはまる」のみを回答した学習者は、同様の問題のうち予測数が 0 個または 1 個だった。これは、観点の意識によって問題予測を促す本研究の仮説とは逆の結果であるため、学習者の主観的な観点意識と予測の関係を調査する必要がある。

6. まとめと今後の課題

システム開発課題の要求分析について、分析の観点を学習者に意識させることで、開発前後の問題予測を促す学習手法の開発と評価を行った。観点の意識による要求分析への効果を確認するため学習者を実験群と統制群に分け、2 群における問題予測数の差を調べた。実験の結果、実験群の学習者には予測数の増加傾向があったが、有意差は見られなかった。また、観点の意識による予測の具体化も見られなかった。

表 7 業務規則の観点意識と「業務を結びつけた問題予測」の関係

学習者	観点の意識：4件法			問題予測：◎具体的 ○抽象的				
	業務規則	要素(1)	要素(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(2)
		利用者の規則誤解	反映されない規則	問 44	問 45	問 54	問 55	問 60
A	2	2	2	○		○	○	
B	3	2	3	○	○	○	○	○
C	2	4	2	○	○	○	○	○
D	3	3	2		○	○	○	○
E	3	3	3	○				
F	3	3	3		◎			
G	3	3	3					
H	3	3	3					
I	4	4	4			○		
J	4	4	4					○

表 8 実験群または統制群に多かった問題予測（課題 2）

予測の特徴	番号	学習者の解答例	予測数[個]	
			実験群	統制群
システムの動きに注目	5	注文画面からの遷移先の機能がないため、選択画面で間違えて商品を選択した場合、強制的に注文するしかなくなる。	5	9
	16	従業員用の画面に詳細情報を表示させるようにするが、どんな情報を載せればよいか不明。	4	7
業務とシステムの関わりに注目	44	ラストオーダーがいつか、利用者側が分からない。	4	1
	45	ラストオーダー時間を過ぎた際の注文制限機能が実装されていない。制限をしておかなければ、時間外の注文が入ってきてしまい、業務に支障をきたす。	4	2
	54	顧客用の端末には売れ切れの表示する機能が必要。	5	1
	55	売れ切れた場合、従業員用の端末には注文できないようにする。	4	0
	60	ランチメニューを時間外に注文できないように変更する機能。	4	1

考察の結果、課題 1 の予測数が多い上位群は課題 2 で予測数のばらつきが大きいことと、観点を意識することで発注者側の業務とシステムを結びつけた問題予測の傾向があることの 2 つが得られた。特に業務とシステムを結びつけた問題については、業務規則の観点に対して主観的な意識の弱い学習者に予測傾向が見られた。今後の課題として、観点の意識が予測の具体化につながらなかったことが挙げられる。また、観点の意識と「業務とシステムを結びつけた問題予測の傾向」の関係も分析する。

参 考 文 献

- (1) 山本 修一郎：“要求を可視化するための要求定義・要求仕様書の作り方”，ソフト・リサーチ・センター，東京（2006）
- (2) 佐川 博樹：“よくわかる最新システム開発者のための要求定義の基本と仕組み”，秀和システム，東京（2010）
- (3) 大森 久美子，岡崎 義勝：“ずっと受けたかった要求分析の基礎研修”，翔泳社，東京（2011）
- (4) 飯村 結香子，山田 節夫，小林 伸幸：“企画・要件定義プロセスの改善”，NTT 技術ジャーナル，Vol.25, No.10, pp.15-18（2013）

- (5) 海谷 治彦, 北澤 直幸, 長田 晃, 海尻 賢二: "類似既存システムの情報を利用した要求獲得支援システムの開発と評価", 電子情報通信学会論文誌, Vol.J93-D, No.10, pp.1836-1850 (2010)
- (6) 小形 真平, 松浦 佐江子: "プロトタイプ生成可能なモデル駆動要求分析手法の要求工学教育への適用", 電子情報通信学会技術研究報告. KBSE, 知能ソフトウェア工学, Vol.110, No.468, pp.37-42 (2011)
- (7) 工藤 隆司, 中須賀 真一, 堀 浩一: "ソフトウェア開発の上流工程を支援する SpecRefiner", 電子情報通信学会論文誌, Vol.J84-D-I, No.6, pp.702-712 (2001)
- (8) 情報サービス産業協会 REBOK 企画 WG: "要求工学知識体系", 株式会社近代科学社, 東京 (2011)
- (9) Spillner, A.: "The W-MODEL —Strengthening the Bond Between Development and Test", STAREAST, Software Testing Conference (2002)
- (10) 羽田 裕, 青木 教之: "テスト視点による上流工程での予防活動と検知活動の成熟度向上", 組込みシステムシンポジウム 2013 論文集, pp.66-74 (2013)
- (11) 石井 俊也, 仲林 清: "システム要件定義における要求分析能力向上のための学習手法", 教育システム情報学会研究報告, Vol.32, No.1, pp.13-20 (2017)
- (12) 日本工業規格: "JIS X 0129-1 (ISO/IEC 9126-1)" (2003)
- (13) 情報処理推進機構(IPA): "共通キャリア・スキルフレームワーク", <http://www.ipa.go.jp/jinzai/itss/ccsf/download.html>, (2014)
- (14) 日本工業規格: "JIS X 25010 (ISO/IEC 25010)" (2011)

課題への取り組みの改善に向けた、各種試行と効果

～相互評価～

坪倉篤志*1, 松原伸人*2, 林敏浩*3, 足立元*1, 西野和典*4

*1 日本文理大学, *2 株式会社 SRA, *3 香川大学, *4 九州工業大学

The various trial and effect for the exercise, Peer Assessment

Atsushi TSUBOKURA*1, Nobuto MATSUBARA*2, Toshihiro HAYASHI*3, Hajimu ADACHI*1
and Kazunori NISHINO*4

*1 Nippon Bunri University, *2 SRA, Inc., *3 Kagawa University,
*4 Kyushu Institute of Technology

With the universal one learner, the education of each learner properties has been demanded. In the past few years, we have tried various approaches to the same class, such as Peer Assessment, Reflective Learning, Active Approach, and Video recording and publishing of classes. In this time, another evaluation was attempted in the years 2011 to 2013 and compares the exercise of ordinary type that was performed in 2016. From these, we analyse the effect to the learners exercise.

キーワード: 相互評価, 振り返り学習, 積極的アプローチ, アウトリーチ型支援, ビデオ映像

1. はじめに

学習者のユニバーサル化に伴い、各学習者特性に合わせた教育や学習者対応が求められている。しかし、事前に学習者特性が、明らかであることは少ない。そのため、授業で対応しながら、学習者の特性に柔軟に合わせ、学習者対応する場面が増えている。ラーニングアナリティクスの分野にて、学習者の学習履歴を用いた学習分析や、Adaptive Learning(適応学習)で柔軟な学習者対応についての様々な研究がなされている。学力の多様化に対する代表的な手法として、事前テストなどで学力別にクラス分けなどをする場合もある。教員数や担当授業コマ数などに余裕がある場合は、この手法が効果的である。しかし、余裕のない場合、対応面や授業進行において困難がでてくる。そのため、授業運営方法として授業時間内外における、教育リソースの有効活用が重要である。他に、学習者特性は、学力以外の精神面や身体能力、学習能力、認知面等、様々な特性を内在している場合があり、このような学習者に対し、適切な対応も求められている^{1~7)}。質問をしない・できない学習者も多く、これら学習者に対

する支援も求められている⁸⁾。エビデンスベースでの、様々な専門家が連携した支援として、アウトリーチ型支援による成果報告もある^{9,10)}。我々も、クラス内にアウトリーチ型学習者支援を適用し、クラス内アウトリーチ型学習者支援(OSSE: Outreach Style Support Env. in campus & classroom)として積極的アプローチ(AS: Active Support)を試行している²¹⁾。これら学習者対応は、早期かつ適切で柔軟な対応が重要である。これらには、エビデンスとして学習履歴と対応記録等をベースに、学習者支援方法の検討から実施と対応結果、さらにこれら情報を、担当者内で共有することが重要である。さらに、大学のクラスやキャンパス内での学習者対応の場合、医学や心理学的知識を持たない、一般的な教職員や SA/TA で実践できる、授業運営方法である必要もある。その中で、授業における教育目標に抵触しない対応方法である必要もある。さらに医学や心理学の専門家との連携が必要になってきた場合に、これら専門家と情報共有できる必要がある。

これまで、我々は学習者の学習への取り組みの改善に向け、様々な手法の試行に取り組んできた^{11,19-22)}。

授業実践は、大学生向けのコンピュータを用いた演習型の講義である。この講義に、相互評価や、振り返り学習などの様々な手法を導入・試行し、効果検証に取り組んできた。いずれの手法も学習者全体を評価すると、全体的に改善傾向が見られた。しかし、いずれの手法にも効果のあらわれかたに特徴がある。また、改善につながらない学習者も少なからずいた。そのため、考えられる様々な手法を試行してきた。これまでの取り組みの評価や分析は、それぞれの手法に対する分析であった。そのため、それぞれの手法による効果や、特性を比較することが難しかった。そこで、共通した分析方法で再度分析し、各手法の持つ特性や改善傾向について比較を行いたい。その上で、学習者の課題に対する取り組み傾向の改善に対し、効果的な手法について検討したい。

本稿では、一連の取り組みの第一段階として、これまでの取り組みをまとめ、分析手法について検討する。次に、分析の第一段階として、相互評価の実践結果に対し、分析手法を適用する。さらに分析結果から、効果についてまとめる。

2. これまでの取り組み

2.1 全体概要

これまでコンピュータを用いた演習にて授業実践を行ってきた。授業内での授業実践は、授業時間の最初に解説を行い、その後、練習や演習にて、学習者が制作技法や操作スキルの演習、さらに課題への取り組みを通じた実践力や応用力の育成に取り組んできた。

授業では LMS/CMS(moodle²³)を用い、資料配布、課題の回収や採点・返却、小テスト、出席管理などを行っている。授業資料は、microsoft PowerPoint で作成し、iSpring²⁴で flash 形式に変換した資料を、moodle に掲載している。学習者はこれら資料を、いつでも閲覧できるようにしている。さらに授業時は、授業資料を印刷し、学習者に配布している。課題の締め切りは、翌授業日の前日とし、課題の評価は授業日の朝から授業時間までに評価している。全体的な評価結果の解説とコメントは、授業開始時に全体向けに解説している。課題は、一部の課題を除き、再提出や、締め切り後の提出を推奨している。締め切り後の提出物

や再提出物は、全て予定された評価時に、評価している。試験などを実施する場合は、moodle に練習問題を用意し、試験までの期間、自由に取り組みるようにしている。



図 1. 授業で利用している moodle の画面

学習者への個別対応は、全て学習者からの質問対応を基本とし、授業への取り組みが、目立って芳しくない学習者に声かけをしている。これまで実践してきた授業は、Web制作(HTML, CSS, JavaScript)を学ぶ授業である。

2.2 試行した手法

実践授業では、これまで数年間、同一方法で授業を行ってきた。しかし、学習者の提出物の評価結果から、誤りに対する改善がみられず、同じ誤りを繰り返す学習者が後を絶たなかった。そこで、授業内外での学習者の授業や課題への取り組みの改善にむけ、様々な手法を試行してきた(表 1)。具体的な実施方法は下記の通りである。

表 1. 年度別適応手法

年度	追加手法
2011	通常
2012	相互評価
2013	相互評価+
2014	振り返り学習
2015	積極的アプローチ
2016	通常
2017	通常(収録)+ビデオ公開

※:通常は追加手法なし。

- 2012, 2013 年度 相互評価(2種類)
- 2014 年度 振り返り学習
- 2015 年度 積極的アプローチ(アウトリーチ型学習者支援。課題提出状況や改善傾向、学習者対応記録から学習者対応)

- 2017年度 ビデオ収録と公開(通常の演習画面をビデオ収録. 解説後に LMS で公開. 他にタイピング練習の時間を授業開始時に 5 分間用意し, 第 10 回講義時に小テストを実施)
- 2011, 2016年度 通常の演習

いずれも, 学習者の自助努力で改善につながることを目指し実施した. また効果検証のため, 授業での配布資料や課題, 評価基準, 成績判定, 出席判定などを共通にし, 授業期内の授業方法や支援方法について様々な方法を実践してきた.

授業期における各手法の実践時期は, 表 2 の通りである. 対応手法に応じて, 授業期を第 1 回講義から第 10 回講義の期間で, 手法の適用による効果検証を行ってきた. 第 3 回講義までは, 全ての年度において通常スタイルでの演習で実施. 第 4 回または第 5 回講義以降で, 対応手法を変えた. また適用手法による効果の比較検証と年度別比較のため, 各手法を適用しない授業を 2011 年度と 2016 年度に実施した.

表 2, 各手法実施時期

年度	追加手法	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2011	なし	n									n	
2012	相互評価		n			c		※			c	
2013	相互評価+		n								cp	
2014	振り返り学習							n+r			※	
2015	積極的アプローチ							n+as				
2016	なし							n				
2017	ビデオ公開										n+v	
略称	n:通常, v:ビデオ公開, c:相互評価, cp:相互評価+, r:振り返り学習, as:積極的アプローチ											

※:演習+テスト+制作. 第 10 回以降は略

なお, 授業運営の都合から, 2013 年度までと, 2014 年度以降でテストを含めた演習の実施時期が変更になった. また 2017 年度のみ, 第 1 回講義から適用した.

2.3 課題評価における評価者依存特性

映像や音に代表されるコンテンツの評価は, 一般的に評価者が主観で評価する. そのため, 評価項目によっては, 評価者依存特性がでてしまう. 例えば, 美しさ, 格好よさなどは評価者の主観によって変わる場合がある. しかし, 例えばフレームで左右に分割, 写真を掲載などであれば, 技術的な知識を持っている評価者であれば, 同様の評価を行える. そこで, 本取り組みでは, 評価項目に対し評価者依存特性を定義し, 学習者の提出物の評価と, 評価結果の返却を行なっている¹⁹⁾. 評価項目は, 課題で課した項目に対する評価を

中心としている. 例えばリンク (<a>タグ) のように, 演習で取り組んだ事項に対し, 課題で取り組む事項を指示し, この指示にある仕様に対する取り組み成果として提出物で評価する. これら評価項目は, 評価者依存特性のない評価項目(図 3 df の欄で「=」と表記)である. さらに, 追加点(評価者依存特性あり. + α と表記, 図 3 df の欄で「<>」と表記)と, 減点(著作権違反, 不切後提出)とした.

このような評価により, 評価結果から, 改善が必要な事項を, 学習者が気づけるようにした. これら課題と評価は, moodle とリソース機能で連携できる evPoints¹⁹⁾を用いた(図 2). これら評価結果と評価項目は, 課題提出不切後に開示される.

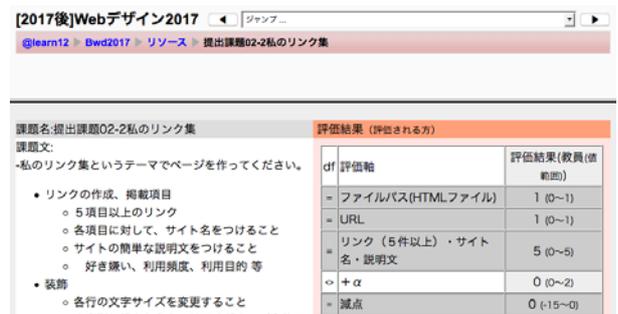


図 2, moodle+evPoints

df	評価軸	評価結果(教員(値範囲))
=	ファイルパス(HTMLファイル)	1 (0~1)
=	URL	1 (0~1)
=	リンク (5件以上) ・ サイト名・説明文	5 (0~5)
<>	+ α	0 (0~2)
=	減点	0 (-15~0)

図 3, 評価項目と評点

3. 分析方法

本分析では, 様々な手法の適用による比較検証が目的である. しかし実施年度によって, 履修学生数と履修学習者の特性は, 様々である. そこで, 全ての実施年度において, 各手法を適用しない時期(1 期)と, 各手法を共通して適用した期間(2 期)を設けた. 1 期の年度別分析結果の比較から, 年度別の学習者特性を捉える. さらに, 1 期と 2 期の比較から, 各手法が学習者に与えた影響について分析を行う.

次に、課題における提出物の評価についてである。今回の分析対象期間の課題の提出は、全て翌授業日の前日を提出〆切としている。課題の評価は、授業日当日の朝に行なっている。さらに、再取り組みと再提出を勧めており、再提出があった提出物は、再評価している。また未提出に対しても、〆切後の提出を勧めている。課題への取り組みや、評価結果の閲覧、授業資料などの再閲覧から、再度学びへの取り組みが期待される。また授業当日に欠席していても、課題への取り組みを行う学習者もいる。そのため、課題評点は、授業期間中に変動する。そこで提出物の評価結果の分析は、最初の評価(課題提出締切直後の評価結果:Fst)と、授業期間終了後の最終的な評価結果(Lst)の評点を用い比較する。これにより、各手法が学習者の課題に対する取り組みに与える影響について、効果のあらわれるタイミングを含めた、効果検証を行えると考えた。また分析に用いる評価項目は、評価者依存特性のない評価項目に限定した。課題評点の分析については、課題への取り組みがあった提出物に対する評価と、授業期間における全体的な課題に対する取り組みを評価する2種類の分析が必要である。そこで提出物の評価において、提出があった提出物に対する評価(以降 OP(Only Post の頭文字)と略す)と、未提出に対しては評点0での評価(以降 Inc(Include の略称)と略す)の2種類を用い分析する。分析対象となる学習者は、授業期間内に、一度以上課題提出のある学習者とした。

他に、提出物の評点分布、提出率、欠席者数の推移から、できるだけ多くの学習者に対し、改善に繋がった手法について、分析と比較を行う。なお、2011年度の課題評点はシステムの都合で Lst のみである。

4. 相互評価

4.1 実践

様々な教育に、相互評価を導入し、効果的な学習効果が得られたとの報告は多数ある^{11~19,22)}。相互評価は、多くの場合、学習者の取り組んだ成果を用い、学習者間での相互閲覧や相互評価に取り組む。相互評価における学習者の取り組みは、大きく分類して3種類である。1、他学習者提出物の閲覧。2、他学習者提出物の評価。3、被評価結果の閲覧(自身が提出した提出

物に対し、他学習者が評価した結果)²²⁾。これら取り組みから、学習者は個人での取り組みでは気づかなかったことに対する気づきや、評価経験から評価者視点(評価者の視点)を学習する。

実施形態も、様々な形態で実施されている。授業期間内に1度実施する場合¹¹⁾や、様々なワークの中に、段階的に相互評価に取り組む場合、特定のワークと相互評価を密接に組み合わせる場合(組み込み型)²²⁾、日常的な演習や課題に、相互評価を導入し繰り返し取り組む場合(継続・繰り返し型)¹⁹⁾などである。これら取り組みから、相互評価による効果は、第三者視点の学習や、自分では気づかなかったことに対する気づきの報告がある。

我々は、2011年度から2013年度の間、相互評価が学習者に与える影響について調査してきた¹⁹⁾。具体的には、2011年度に通常スタイルの演習、2012年度に相互評価(提出課題の提出物を用いた学習者間の相互評価)、2013年度に相互評価+(他学習者提出物を評価入力後、自身が評価した結果と、教員による評価結果を閲覧。この比較から、評価者視点(評価する視点)を学習)を行なった。

いずれも、第4回授業から第10回授業の間、継続・繰り返し型(図4)で相互評価を実施した。相互評価には、前回授業で課した課題の提出物を用いた。実施は、次回授業開始時の、約20分程度で取り組んだ。このように日常的な授業に、相互評価への取り組みを、繰り返し継続して実施した。ただし、相互評価に参加できる学習者は、課題提出者に限定した。未提出者は、当該時間の間、未提出課題に取り組むよう指示した。



図4. 相互評価の実施方法(継続・繰り返し型)

4.2 分析結果

まず、全体的な提出率の変化についてである(表 3). 課題提出率は、授業期に一度でも課題を提出した学習者を分析対象とし、期別に提出率を算出した。計算結果から、全体的に1期は80%近傍、2期は76%近傍に分布している。1期と2期を比較すると、2期が低くなる傾向が見られる。FstとLstを比較すると、多少Lstの方が改善する場合もある。しかし、大きな改善は見られない。1期(Fst)で特に提出率が低いのは、2016年度であり、他の年度からしても目立って低い。全体的には、年度が進むにつれ、1期(Fst)の提出率に、下降傾向がみられる。

表 3, 実施年度別, 課題提出率

	1期		2期	
	Fst	Lst	Fst	Lst
n(11)		80.9%		75.9%
n+c(12)	84.1%	84.1%	78.0%	78.0%
n+cp(13)	84.4%	87.1%	75.5%	75.5%
n+r(14)	84.9%	88.1%	81.0%	82.5%
n+as(15)	79.5%	82.1%	75.6%	75.6%
n(16)	66.7%	69.9%	67.5%	72.4%
n+v(17)	76.5%	77.8%	75.3%	75.3%
average	79.3%	81.4%	75.5%	76.5%

略称	n:通常 c:相互評価、cp:相互評価+ r:振り返り学習 as:積極的アプローチ v:ビデオ公開
----	---------------------------------------------------------------

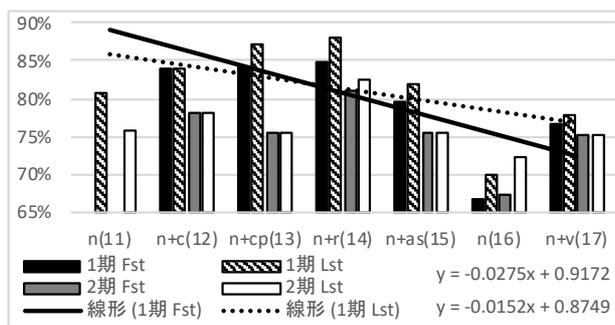


図 5, 実施年度別, 課題提出率

次に通常(2011年度と2016年度:以降 n(11),n(16)と略す)と相互評価の比較である。まず課題に対する評点の平均値を計算した(表 4, 5)。1期・2期ともに Fst より Lst が評点は高くなる傾向にある。いずれの年度も改善傾向が見られる。そのため、いずれの手法でも、課題の提出後切後に再取り組みと再提出や、未取り組みであった課題に対する取り組みがあったことがわかる。平均値に対する T 検定の計算結果から、OP は、n(16)の1期(Fst-Lst)と、相互評価+(以降 n+cp(13)と

略す)の Fst(1期-2期)と Lst(1期-2期)で5%水準の有意差があった。Incでは、n(16)1期(Fst-Lst)で5%水準の有意差があった。

表 4, 課題評点(平均値:OP)

	1期		2期	
	Fst	Lst	Fst	Lst
n(11)		94.3%		93.6%
n+c(12)	86.7%	87.3%	88.2%	89.7%
n+cp(13)	82.3%	86.4%	94.8%	95.1%
n(16)	69.9%	84.4%	78.3%	85.4%

表 5, 課題評点(平均値:Inc)

	1期		2期	
	Fst	Lst	Fst	Lst
n(11)		76.4%		73.0%
n+c(12)	72.9%	73.4%	68.8%	70.0%
n+cp(13)	69.4%	75.2%	71.6%	71.8%
n(16)	46.6%	59.0%	52.8%	61.8%

次に評点の分布である。OP に対し、評点を0~60, 60~80, 80~100の区間で度数分布を分析した。

まず始めに n(16)である(図 6, 表 6)。1期, 2期共に Fst から Lst に移るに従って、評点の分布に改善傾向が見られる。また、Fst は1期より2期に改善傾向が見られる。Lst は、1期より2期で80~100は増えている。そのため、評点の高い学習者が増える傾向が見られた。しかし、0~60は、1期より2期の方が増えている。そのため0~60に分布する、評点の低い学習者が増える傾向も見られた。

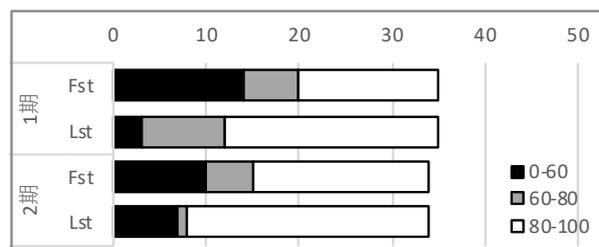


図 6, n(16) 評点分布(OP, 人)

表 6, n(16) 評点分布(OP, 人)

	1期		2期	
	Fst	Lst	Fst	Lst
0-60	14	3	10	7
60-80	6	9	5	1
80-100	15	23	19	26

次に相互評価(以降 n+c(12)と略す)である(図 7, 表 7)。1期・2期共に、0~60と60~80の人数に変化はなかった。唯一変化があったのは、2期の Fst から Lst における、0~60の減少である。これは、相互評

価への取り組みによる影響だと考える。

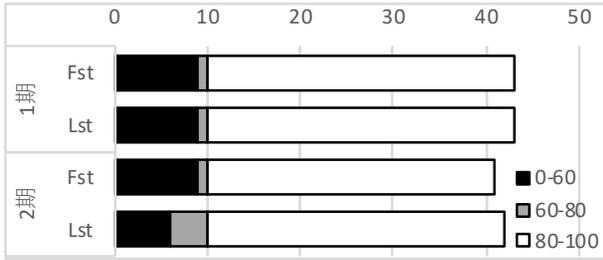


図 7, n+c(12) 評点分布 (OP, 人)

表 7, n+c(12) 評点分布 (OP, 人)

	1期		2期	
	Fst	Lst	Fst	Lst
0-60	9	9	9	6
60-80	1	1	1	4
80-100	33	33	31	32

最後に n+cp(13)である(図 8,表 8)。1期の Fst から Lst に対し変化があった。2期は、変化が見られなかった。1期から2期に対しては、Fst も Lst も大きな改善が見られる。

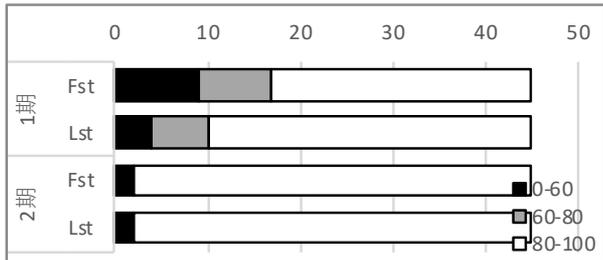


図 8, n+cp(13) 評点分布 (OP, 人)

表 8, n+cp(13) 評点分布 (OP, 人)

	1期		2期	
	Fst	Lst	Fst	Lst
0-60	9	4	2	2
60-80	8	6	0	0
80-100	28	35	43	43

n(16), n+c(12), n+cp(13)を比較すると、改善傾向が強いのは、n+cp(13)であり下位層が一番少なくなる。この3種類の中で、n+cp(13)のみが、Fst と Lst の平均値で比較すると、5%水準の有意差があった。n(16)も改善は見られるが、評点は他2手法と比較しても低かった。n+c(12)も改善傾向が見られるが、有意差を確認できなかった(図 9,10)。

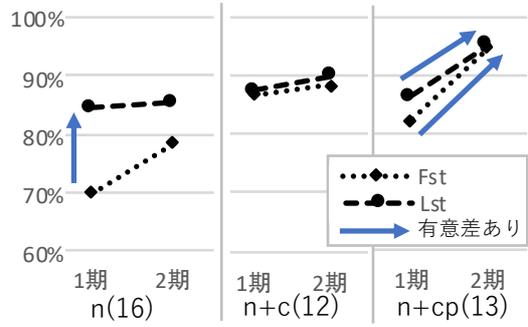


図 9, 評点の変化 (OP, 含む有意差)

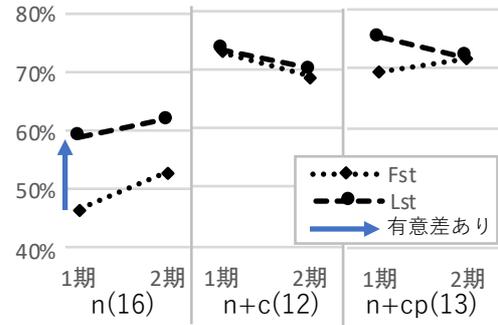


図 10, 評点の変化 (Inc, 含む有意差)

5. 考察

今回の分析結果より、n+c(12)や n+cp(13)は、提出分に対し改善に向けた影響を与えることがわかった。特に n+cp(13)は、評点の平均値の変化と、評点の分布の変化から、効果的であることがわかった。

提出率について、n(11), n+c(12), n+cp(13)は1期から2期に対し低下傾向がある。課題提出率は他年度の比較からも、1期から2期に移るにつれ、提出率が低下する傾向にある。これは欠席者数の推移からも、授業期後半になるにつれ増加することによる影響だと考える。しかし、n(16)のみ改善傾向が見られる。n(16)の1期(Fst)は、他の年度と比較して、突出して提出率が低い。そのため、n(16)は手法が影響して改善した訳ではないと考える。

n+cp(13)の提出率は、1期から2期に移るにつれ、他年度と比較しても、提出率の低下が特に大きかった(図 5)。欠席者数は第9回講義で全体の最大値となっている(図 11)。これが影響している可能性も考えられる。

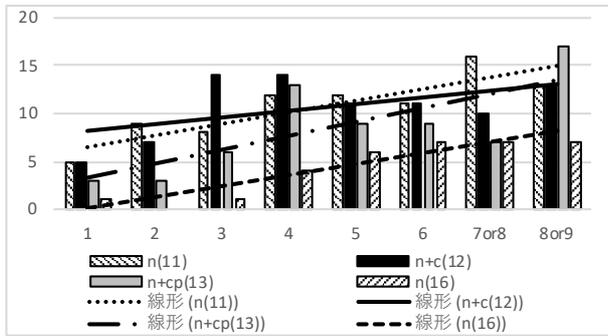


図 11、各授業回の欠席者数(人)

相互評価は、授業時間内に、相互評価への取り組みを行う時間を設けている。そのため、限られた授業時間の中で、解説や演習に取り組む時間が少なくなってしまう。これらが学習者の課題への取り組みに対し影響を与えていることも考えられる。また、相互評価は、課題提出者内で、相互評価を行っている。そのため、課題を未提出の学習者に対しては、未提出である課題に対する取り組みを指示している。そのため、相互評価を通じた学びを、全ての出席者に対し提供できていない場合がある。このような状況においても、課題評点の平均と評点の分布において、改善傾向を確認できた。そのため、相互評価+は、学習者の課題への取り組みに対し有効的な手法であることが明らかになった。

各授業内での欠席者数の推移も、提出率や課題評点に与える影響として考えられる。欠席者数はできるだけ下げ、課題提出率の改善や、課題評点の改善に繋がる試行が重要だと考える。しかし、明らかにされていない各個人の様々な特性や、インフルエンザなどの流行病や気候など、予測の難しい事項が起因している場合も考えられる。そのため、比較分析が難しいと考えている。

6. まとめ

今回、これまで我々が取り組んできた、学習者の課題への取り組みの改善に向けた、様々な取り組みについてまとめた。また各手法による効果の比較を目標とした、分析方法についても検討した。分析では、課題評点を2種類の方法で分析し、他に評点の分布と提出率で分析した。

さらに検討した分析方法を、一連の取り組みの初期に実施した、相互評価、相互評価+に適用し、分析に

取り組んだ。これら結果から、通常講義、相互評価、相互評価+の中では、相互評価+を適用した授業において、学習者の課題取り組み状況の改善が強く出た。しかし、提出率の落ち込みが、もっとも大きいこともわかった。これは一時的な欠席者数の増加が、少なからず影響していると考えている。

デメリットとして、授業時間内に相互評価に取り組む時間(約20分)を設ける必要性や、問題点として、課題未提出者に対する対応も他手法との比較の上で重要な課題だと考えられる。

今回、分析方法において、提出率、課題の評点に関し、全体的な分析方法の提案と分析しか行えていない。また年度別比較に対する分析方法について、検討できていない。今後はこれらに対する分析方法についても検討が必要だと考えている。

今後、他手法に対し、同様の分析を行う。最終的には、全ての手法の分析結果について、比較から分析を行う。これら分析結果から、様々な学習者に対応できる授業運営方法について検討したい。

参考文献

- (1) 木村周, キャリアコンサルティング理論と実際, 雇用問題研究会,(2016,5)
- (2) 雇用問題研究会, "GATB を活用したキャリア形成支援", 職業研究 2012 夏号
- (3) 独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発総合大学 能力開発研究センター, "特別な配慮が必要な学生等への支援・対応ガイド", pp15,(2012)
- (4) 仲 律子, "大学における発達障害学生への支援についての一考察", 鈴鹿国際大学紀要 Campana 16, 71-87, (2010-03-20)
- (5) 独立行政法人 国立特殊教育総合研究所, "発達障害のある学生支援ケースブック -支援の実際とポイント-", pp43-47,(平成 19 年 3 月)
- (6) 松高由佳, 大学生の不登校に関する要因の検討, 広島文教女子大学心理臨床研究, 7-1-8(2017,03)
- (7) 荒井佐和子 他, 不登校大学生に対する大学教員の視点と支援, 広島大学心理学研究, 11, pp339-347(2012/03)
- (8) 藤井利江, 山口裕幸, 大学生の授業中の質問行動に関する研究: 学生はなぜ授業中に質問しないのか?, 九州大学心理学研究 4, 135-148, 2003-03-31
- (9) 谷口仁史(NPO スチューデント・サポート・フェイス), 寄り添うのは、傷だらけの希望, NHK プロフェッショナル仕事の流儀 第 275 回 (2015/8/31 放送)
- (10) NPO スチューデント・サポート・フェイス, <http://student-support.jp>(2018/04/11 アクセス)
- (11) 坪倉篤志, 松原伸人, マルチメディアに対応した発表会・展示会を行う Web システムの構築: システム構築とアンケート評価, 電子情報通信学会技術研究報告. ET, 教育工学 107(391), 31-36,
- (12) 遠西学, 西尾典洋, 映像表現演習における相互評価

を用いた授業の実践 電子情報通信学会技術研究報告. ET,教育工学 111(332),31-34

(13) 小林明弘,遠西学,中村直人,Web サイト作品におけるピアレビュー支援システムの開発と実践 電子情報通信学会技術研究報告. ET,教育工学 110(85),31-36

(14) 宮地功,情報リテラシー教育における自己紹介文の相互評価の試み 電子情報通信学会技術研究報告. ET,教育工学 104(342),1-4

(15) 渡部洋,平由実子,井上俊哉,小論文評価データの解析 東京大学教育学部紀要 28,143-164(1989)

(16) 椿本弥生,赤堀侃司,主観的レポート評価の系列効果を軽減するツールの開発と評価 "日本教育工学会論文誌 30(4),275-282,2007-03-20

(17) 中山晃,高木正則,勅使河原可海,全員参加型の協調学習のための性格を考慮したグループ編成方法の研究 情報処理学会研究報告. CSEC,2011-CSEC-52(33),1-6,

(18) 藤原康宏,大西仁,加藤浩,学習者間の相互評価に関する研究の動向と課題,メディア教育研究 4(1), 77-85, 2007

(19) 坪倉篤志,松原伸人,林敏浩,足立元,西野和典,制作課題における評価者視点の学習のための相互評価システムの研究, JSiSE research report 29(7), 21-28, 2015-03

(20) 坪倉篤志,金娜玲,振り返り学習が課題取り組みに与える影響と学習者支援方法の検討,日本文理大学紀要 43(2), 95-105, 2015-10

(21) 坪倉篤志,高橋淳一郎,福島学,鈴木秀男,積極的アプローチによる,多様な学習者に対応した学習者支援環境の研究: 試行報告, 電子情報通信学会技術研究報告 信学技報 116(266), 33-38, 2016-10-22

(22) 坪倉篤志,竹内章,相互評価における課題提出者と評価・閲覧者の組み合わせが与える影響,教育システム情報学会研究報告 30(1), 57-64, 2015-05

(23) moodle, <https://moodle.org/>(2018/4/11 アクセス)

(24) iSpring, <https://www.ispringsolutions.com/>(2018/4/11 アクセス)

知識定着を狙う情報学演習の授業デザイン

— 保育者養成校における演習実践 —

神谷 勇毅^{*1}

^{*1} 鈴鹿大学短期大学部

Class Design of Computer Studies Aiming at Knowledge Consider Revising.

-The Exercise at Nursery Teacher Training School-

Yuki Kamiya^{*1}

^{*1} Suzuka Junior College

現在の高等教育機関において開講される情報学は、卒業必修科目であると同時に教員免許状取得にも求められる重要な分野であると認識する。保育者養成校においても情報学は、先述の通り幼稚園教諭免許状取得必修科目であると同時に卒業必修科目とされる。学生が在籍する学部、専攻、興味関心の有無に依るところ無く必修とされる情報学の性質を考えると共に、必修であるからこそ着実な知識、技能獲得へと繋げる授業展開を情報学担当者として留意しなくてはならないという考えの下、筆者はこれまでに担当してきた情報学演習授業において様々な試みを行ってきた。本稿は、保育者養成校において取り組みを重ねた授業実践と、将来を見据えた情報学の演習授業デザインについて報告する。

キーワード: 情報学, 必修科目, 保育者養成校, 授業デザイン

1. はじめに

保育者養成校は、多くの場合、保育士証、幼稚園教諭免許状の双方を出す教育機関であり、そこに在籍する学生らの大多数は卒業後、保育者として社会に貢献する。現在、幼稚園教諭免許状をはじめとする教員免許状の取得には、情報学が必修の1つとされる。同時に、教員免許状必修のみならず、卒業必修要件に数えられる重要科目の1つと認識する。必修であるがため、情報学に苦手意識を持つ学生にとっては、情報学の時間は苦痛そのものであり、「単位さえ落とさなければ良い」とする姿勢で臨む者も少なくない。

筆者は、情報学の科目特性を理解すると共に、履修生に対しては、単位取得だけを目的としない、履修する以上は着実な情報学の知識を得て、将来、教師として社会貢献していくための知識教育としての情報学演習授業の在り方をこれまでも模索してきた^{1,2)}。本稿は、

これまで筆者が取り組んだ情報学演習授業の実践と将来を見据えた授業デザインについて報告する。

2. 保育者養成課程の情報学

2.1 保育者養成校における情報学の目的

筆者が所属する保育者養成校においても、情報学は幼稚園教諭免許状必修科目および卒業必修科目とされている。情報学は、主に演習科目として、1年次の前期、後期共に開講され、学生らは前後期それぞれ開講される科目の双方を修める必要がある。筆者は、保育者養成課程における情報学の位置付けとして、前期開講科目では「保育用務、園務に必要となる情報処理技能（おたより制作技能、名簿作成技能など）の獲得」を、後期開講科目においては「ICT教材作成とICT教材活用を行う事が出来る教育方法技能の獲得」として、ICT教材、電子紙しばい制作と、制作教材を使った読

み聞かせ技能理解を授業の中心課題に置き、1年を通して保育用務、保育園無に必要になると予測される情報処理知識、技能および教育面でのICT活用理解とそれらを使った教育方法に関わる知識、技能を獲得出来る様、授業を遂行している。

幼児教育の現場においては、今日の情報社会の中でも未だアナログの要素が色濃く残る面もあるが、現場の声としてデジタルに置き換えることによる保育者の負担軽減と、ICTを使いこなせる保育人材が望まれている事が筆者のこれまでの調査で明らかになっている。教育面においては、これまでの教育における情報の導入経緯を見返すと、2003年より高等学校において科目「情報」が設置されたことに始まり、2012年からの新学習指導要領に基づき中学校の技術家庭科において「プログラムによる計測・制御」が必修化された流れと、間もなく導入が始まる小学校でのプログラミング必修化を見ると、次の教育におけるICTの波及先は幼児教育とも感じられる。導入まで届かなくとも、ICTに慣れ親しむなど、幼児教育においてICTを活用する努力が求められるようになるのではないかと予測する。筆者の定める情報学演習授業の到達目標は、この予測に基づくものである。

2.2 担当授業の現状

本章第1節で述べたように、2003年に高等学校において科目「情報」が設置されてから15年余りが経つ。現在迎える入学者の殆どが、すでにこれまでの学習過程において「情報」と接する機会があった者たちである。一方で、筆者が所属する教育機関においては、リカレント教育にも力を入れており、少なからずシニア学生、社会人経験者と接する機会もある。その者たちの多くは高等学校において情報科目を履修した経験が無い世代であり、特に高齢の学生は情報学に不安を持つ者が少なくない。また、高等学校で情報科目を履修し入学してくる学生においても、未だに技能格差は認められる。情報学担当者としては、4月の段階で技能調査を行い、技能に応じたクラス分けをして、それぞれの技能に合わせた授業内容で実施することが理想と考えるが、現実的にそれは、入学者数や担当する授業数の関係からクラス編成自体が難しく、平成30年度は1クラスでの授業開講となっている。

表1 新入生に対するパソコン習熟度調査

1.入学直近1年間のパソコンの利用頻度				
1) 週に1回以上		2) 1ヶ月に1回以上		
3) 3ヶ月に1回以上		4) ほとんど使っていない		
2.タッチタイピングの習熟度				
1) ほとんどできる		2) 習ってほしい		
3) 習ったができない		4) 習っていない、できない		
3.各ソフトウェアの習熟度				
- Word				
文章の作成	ほぼできる	少しなら	ほとんど	できない
表や罫線の利用	ほぼできる	少しなら	ほとんど	できない
図やグラフの貼り付け	ほぼできる	少しなら	ほとんど	できない
- Excel				
表の作成	ほぼできる	少しなら	ほとんど	できない
グラフの作成	ほぼできる	少しなら	ほとんど	できない
関数の利用	ほぼできる	少しなら	ほとんど	できない
- PowerPoint				
スライドの作成	ほぼできる	少しなら	ほとんど	できない
スライドを利用した発表	ほぼできる	少しなら	ほとんど	できない

筆者は、平成27年度から毎年4月の授業初回時において、表1に示すような情報学に関するアンケート調査と、学生のタイピング技能の確認を行っている³⁾。タイピング技能の確認は、日本情報処理検定協会が実施している日本語ワープロ検定試験のうち、正確な入力と速度を判定する「速度」1級の過去問題を用いている。入力時間は、日本情報処理検定協会の定める試験時間に合わせ10分としている。なお、タッチタイピング速度把握と入力ミスを確認するために、入力後のファイルは提出を受けている。表2は、学生のタッチタイピングの結果を示したものである。毎年タッチタイピングの習熟度には、非常に大きな格差があることが分かる。また、表1で示したアンケート調査の設問2. タッチタイピングの習熟度と、タッチタイピングの結果という点で見ると、「1) ほとんどできる」、

表2 学生のタッチタイピング習熟度

年度	履修者数	最高	最低	平均
平成 27	93 名	826 文字	67 文字	332 文字
※2 学科 3 クラス担当 (示す数字は全クラスまとめたもの)				
平成 28	101 名	1,025 文字	38 文字	375 文字
※2 学科 3 クラス担当 (示す数字は全クラスまとめたもの)				
平成 29	36 名	914 文字	82 文字	328 文字
※1 学科 1 クラス担当				
平成 30	46 名	863 文字	91 文字	307 文字
※1 学科 1 クラス担当				

「2) 習ってほしい」という、タッチタイピングが「できる」と自己評価を下す者が、タイピング速度と相関があるかについて調べたところ、平均タイピング文字数以上入力できる学生が必ずしも「タッチタイピングができる」という自覚をしているわけでは無いようである。一方で、平均タイピング文字数未満の者であっても「タッチタイピングができる」とする者も見られた。筆者の行う授業においては、タッチタイピングの速度のみを追及する事はしていない。しかし、タッチタイピング技能は、パソコン操作に不可欠なものであり、オフィス系ソフトウェアを使用する上では特に備えておくべき技能である。合わせて、保育者として保育用務、園務に必要となる ICT 技能だけでは無く、教育における ICT 活用理解も促す必要がある。前期では主に保育用務、園務に必要となる技能を取り扱い、後期に教育面での ICT 活用技能獲得を目指す。

2.3 技能格差を埋める授業展開

卒業、教員免許状必修とされる以上、学生の殆どが情報学を履修せねばならない。クラス編成自体が困難であり、技能格差が見られるクラス内における演習授業は、技能格差を埋める工夫を施し、どの技能レベルの学生であっても着実な知識、技能定着を図ることが重要である。情報学に対し苦手意識を持つ学生の多くが、演習時の作業量に原因があることがこれまでの調査で明らかになっている。作業の多さに忙殺され、入力し切る事に注意が向き、習得すべき技能が定着しないまま授業が進行してしまうという悪循環の中に置かれ、それが苦手意識に繋がるようである。しかしながら、実際の作業を経ることで初めて技能、知識定着の効果が出る為、演習作業そのものを無くすことは

出来ない。着実な知識、技能定着を促すことで技能格差を埋めることにも繋がる。そのためには、授業で取り扱う内容を精査し、演習課題量を調整し、演習に至るまでの解説時の理解を十分に確保することが知識定着を促すスムーズな授業進行には欠かせない。

3. 情報学の授業デザイン

3.1 ステアケース式授業デザイン

筆者が担当する情報学演習授業においては、授業各回にその到達目標点を定めている。その到達目標点に至るまでの授業進行は、筆者が考案した、目標点達成まで必要となる知識、技能を階段状に分けて、解説と演習を1セットとした「ステアケース式授業デザイン」で実施している⁴⁾。授業をいくつかのステージに分けて進行することで、解説、演習のメリハリが生まれると共に、理解が十分でない学生は、どこで躓いているかがより気付き易くなっている。演習量もステージ時間内で終了出来る量としているため、操作に不安がある学生にも対応出来ている。現在のところ、1ステージを10分目安とし、そのうち5分程度を解説、残り5分を演習とするスタイルで行い、1回あたり90分の授業でおおよそ7ステージを組んで授業を進行している。

3.2 理解度計測と授業進行

前節で述べた、「ステアケース式授業デザイン」の解説から演習へ進んで良いか、次のステージへ進んで良いかの判断について、次に進む手前で、学生らに対して理解度を直接問う仕組みを取り入れている。ステアケースとして知識、技能の昇華には、着実な理解をした上で進むことが最重要となる。理解度計測には、Google フォームを用い、「ここまでの解説は分かりましたか」の問いに対し「はい」、「いいえ」の二択での回答及び、分かっていない部分を記載させる自由記述欄を設けてある(図1参照)。自由記述欄に、各自の分からない部分、理解が不十分な部分を入力させる事で、その者の中で再度、どこが分かっていないかを認識させ、記載する行為を通して自己内で整理させる。教員側は、解説の中で理解が十分に得られなかった部分を認識し、授業改善へと繋げると共に、理解が十分でない部分を重点的に再解説する事が出来、結果的に効率的な授業運営が可能となっている。一方で、現在の運

図 1 理解度計測画面

用において、再解説を行うかの判断においては、クラス全体の1割を超えて「いいえ」と回答した者が出た場合のみ再解説を行うようにしている。平成30年度の場合、担当クラスの履修生は46名であるため、5名以上の「いいえ」の回答があった場合に再解説を行っているが、この線引きが果たして妥当かどうかの判断については将来的な課題である。一方で、本手法を適用する演習授業形態も4年目を迎えており、この4年間でどの単元において理解が不十分となることが多いかというデータ、自由記述欄でこれまでに学生が記載した理解が不十分とする単元内容、部分の蓄積を基に解説手法を常に見直してきており、結果として年により開きは見られるが、「いいえ」とされる数が減少傾向にある。その意味では、本試行は情報学の演習授業において一定の教育効果を上げていると自負している。数ある開講科目の中でとりわけ情報学は、毎年同一の授業内容を取り扱うだけでは世の中の変化に即した教育は出来ない。取り扱う内容については、毎年必ず見直し、時代に合った教育内容で授業を遂行することが不可欠である。

4. おわりに

本稿は、筆者が保育者養成校において実践する、知識定着を確保する情報学演習授業の実践について報告した。現在の高等教育機関における情報学は、ありとあらゆる分野で修める必要のある非常に柔軟性に富んだ学問領域である。情報学演習授業においては、履修

者である学生が所属する学部、学科の特性、目指す人材像に合わせた内容を取り扱う授業運営が必須であると考えられる。また、集団で受講をする情報学演習においては、学生1人1人の技能差にも配慮しながら授業運営を行う必要があると同時に、それぞれの技能を高める工夫が重要である。2章1節にも示したように、教育面におけるICTとの融合は将来的にますます進むであろう。幼児教育の次の教育段階である小学校にまでその波が押し寄せて来ている現在、将来的に幼児教育においても教育にICTを活用する、活用努力という形で求められるようになるのではないかと予測する。その予測に基づき、その時を迎えてから養成校として舵を切るのでは無く、今より次代保育者である学生の養成において本稿で報告した情報学演習の授業進行デザインによる理解度の確保がますます必要となるであろう。これまで実施した演習授業の手法に加え、現在の課題である技能レベルに応じた課題提示という点において、LMSを活用し、学生各自の授業思考を管理すると共に、クラス内での技能レベルを3～5段階程度に分け、それぞれの技能レベルに合わせて演習課題を提示する「セミ・アダプティブラーニング」の演習導入を現在推し進めている。

参考文献

- (1) 神谷勇毅: “情報学演習授業における協働学習導入の授業実践”, 日本教育工学会第33回全国大会論文集, JSET33, pp545-546 (2017)
- (2) 神谷勇毅: “保育者養成校における情報学の授業展開—電子紙しばい制作を通じた保育ICT活用理解—”, 鈴鹿大学短期大学部紀要, 第37号, pp175-181 (2017)
- (3) 岡本尚志: “看護師養成における情報教育の授業実践”, 日本教育工学会研究報告集, JSET16-1, pp507-510 (2016)
- (4) 神谷勇毅: “学生の理解度に注目したステアケース式授業デザインによる情報教育の試行”, 電子情報通信学会教育工学研究会 IEICE Technical Report ET2015-39, pp39-42 (2015)

オブジェクト指向プログラミングの利便性に着目した 学習手法の改善と評価

竹川 夏実*, 仲林 清**

*千葉工業大学大学院, **千葉工業大学

Improvement and Evaluation of a Learning Method for Object-oriented Programming Focusing on its Advantages

Natsumi Takekawa*, Kiyoshi Nakabayashi**

*Graduate School of Chiba Institute of Technology **Chiba Institute of Technology

オブジェクト指向プログラミング (以下 OOP) はプログラムの機能拡張に優れる手法だが, 苦手意識を持つ学習者が多いとされている. OOP を正しく利用するには, まず OOP の利便性を理解した上で, 基礎概念と利便性の結びつきを意識することが有効ではないかと考えられる. そこで, 前回の報告では, OOP と非 OOP との比較学習を提案し, OOP の利便性を認識させることを狙った. 今回の報告では, さらに学習者の理解度を深めるため, OOP と非 OOP の比較学習を支援するような改善策を提案した. 具体的には, 流れ図課題や改善した事後問題を用意し, これらを比較学習と併用した際の効果を検証した.

キーワード: オブジェクト指向プログラミング, 手続き型との比較学習, 利便性の理解, 流れ図

1. はじめに

オブジェクト指向プログラミング(以下 OOP)は, 機能拡張を前提とするプログラムを開発することに優れた手法である⁽¹⁾. OOP を正しく利用するには, 「クラス」, 「継承」, 「多態性」などの OOP の基礎概念を理解する必要がある. しかし, この基礎概念が抽象的で理解が困難であるため, OOP そのものに苦手意識を持つ学習者が多数存在する.

この問題を解決するための指導方法には, OOP の基礎概念を現実社会の物体に投影させる手法⁽²⁾, プログラムの動きを可視化する手法⁽³⁻⁵⁾, などがあがる. これらの手法では, OOP の基礎概念の振る舞いを理解させることはできるが, 基礎概念の必要性やそれによって生じる利点を理解させることは困難である.

そこで本研究では, OOP の利便性である「拡張性」, 「保守性」を実感させ, これらが OOP の基礎概念によって生じていることを理解させる, というアプローチをとる. 学習者の OOP の基礎概念に関する理解度を人に説明ができるレベルまで引き上げることを目的とする. また, OOP の利便性を実感させるため, OOP と手続き型で同じ課題を解かせ, プログラミングの手間や複雑さを比較させる. 今回の報告では, 前回の報告⁽⁶⁾を踏まえ, 学習者の OOP に関する理解度をさらに

向上させるためのアプローチを提案する. そして, そのアプローチを, OOP と手続き型との比較学習に併用した際の効果について調査する. 以下, 第 2 章では本研究の目的について述べ, 第 3 章では, 学習目標について述べる. 第 4 章では学習目標を達成するための学習手法について説明する, 第 5 章で実験結果を, 第 6 章で考察を行い, 第 7 章で今後の課題を述べる.

2. 前回の課題と今回の目的

2.1 前回までの学習目標

本研究では学習者の OOP の理解度向上を狙う. それに伴い, OOP の「拡張性」, 「保守性」といった利便性を実感させ, その利便性がクラスや継承, 多態性などの OOP の基礎概念によって生じることを理解させることを目的とする. これを達成するため, 前回の報告⁽⁶⁾では, OOP と非 OOP (手続き型プログラミング) による比較学習を提案し, その効果を調査した. 具体的には, OOP と非 OOP のサンプルプログラムを用意し, 学習者に両手法で拡張のしやすさの違いを考えさせる. この時, 学習者には非 OOP にはない OOP の利便性を実感させ, この利便性が生じる理由として, クラスや継承, 多態性といった OOP の基礎概念がプログラム内で作用していることを理解させる.

2.2 前回の実験結果と考察

前回の実験では、比較学習により、ほとんどの学習者が高い自己評価を出していた。特に拡張性、保守性といった OOP の利便性を実感する手助けになっていることがわかった。このことから、比較学習は OOP の理解度向上に役立つといえる。一方で、利便性は実感できても、利便性が生じる理由を押さえるまでの理解ができた学習者は少なかった。原因は、OOP の利便性が OOP の基礎概念と結びついているということを十分に意識させることができなかったことにある。具体的には、課題中で学習者に OOP の利便性と基礎概念を意識させるタイミングを明確にしていなかったことが挙げられる。OOP の利便性と基礎概念を意識させるための学習手法であるのにも関わらず、課題で意識させていたのはクラスや多態性などの個々の基礎概念を理解することであった。そのため、「OOP の基礎概念の作用によって利便性が発生することを、学習者が理解できたか」という点に関して、学習者を明確に評価することができなかった。

2.3 今回の目的

2.2 節の考察を踏まえ、本研究では、学習者に「OOP の利便性が生じる理由が、OOP の基礎概念にある」ということを課題の中で意識させ、最終的に人に説明ができるレベルまでの理解度にさせることを狙う。これを達成するため、学習目標の改善として、評価基準の見直しを行う。また、学習手法の改善として、比較学習に加え流れ図課題を追加する。さらに、新しい評価基準を達成するために事後問題の構成の見直しを行う。それぞれの具体的な内容については、評価基準は 3 章、流れ図課題と事後問題については 4 章で説明する。

3. 学習目標

前回の報告では、OOP の利便性と概念について、それぞれ独立した学習目標を設定していた。これに対し今回は、両者を関連付けて理解する学習目標に修正した。前回は、OOP の基礎概念に関して「クラス」、「継承」、「多態性」の 3 つ、利便性に関して「拡張性」、「保守性」の 2 つをそれぞれ学習目標とした。しかし、この学習目標を評価の基準にすると、それぞれの項目同士を結びつけた評価ができなくなる。そのため、学習

者の OOP の基礎概念と利便性の結びつきの理解度を正しく判断できていなかった可能性がある。

そこで今回は、OOP の利便性が生じる理由と関連する基礎概念を結びつけた説明ができることを学習目標とし、評価基準を修正した。この評価基準を表 1 に示す。レベル 0 は、機能拡張の課題を全て完了したが、拡張性・保守性といった利便性を体感できない程度の理解度を示す。さらに、レベル 1 から 3 は、OOP の利便性を実感し（レベル 1）、それが基礎概念と関連していることを具体例で（レベル 2）、あるいは一般的に（レベル 3）説明ができるレベルである。レベル 4 は、OOP の利便性の特徴とそれが基礎概念のどのような作用から生じるかについて、基礎概念を列挙しながら説明できるレベルである。

表 1 評価基準

レベル	内容	備考
0	OOP の利便性が体感できない	課題を通して OOP に利便性を感じられない
1	OOP の利便性が体感的にわかる	課題を通して、OOP に利便性があることが体感的に理解できる
2	具体例を用いて OOP の利便性と基礎概念を説明できる	プログラミング課題の拡張処理を例に挙げながら、利便性と基礎概念の関係性が説明できる
3	OOP の利便性について、具体例なしで一般的に説明できる	拡張性・保守性について、一般的に説明できる
4	OOP には 2 つの利便性があり、その利便性は基礎概念と結びついているということが説明できる。	利便性と基礎概念の関係性について、今まで学習してきたことをベースに自分の言葉で説明できる。

4. 学習手法

4.1 基本的な方針

本研究では、OOP の理解度向上のため、OOP と手続き型による比較学習を行う。プログラムの比較学習に加え、今回は、流れ図課題や内容・配置を改善した事後問題を用意し、比較学習と併用した際の効果について検証した。以下の節でそれぞれについて説明する。

4.2 比較学習

本研究では、学習者に手続き型と OOP でプログラムを比較させるという手法をとる。OOP の基礎概念を

利用しない非 OOP (手続き型) を比較対象にすることで、OOP の利便性を実感させやすくする。

課題のプログラムは OOP と手続き型の両手法で同一のデータ構造を取っているが、処理方法が異なっている。手続き型では、主に if 文の分岐処理でデータを分別し、計算や出力等の処理を行っていく。つまり、新しい種類のデータを追加していくほど分岐が増加し、ソースコードが複雑化していく。一方 OOP では、クラスを利用してデータの分別をし、計算・出力等の処理もそのクラス内で行うためソースコードが複雑化しない。これは、クラスをはじめとした継承・多態性などの OOP の基礎概念がプログラム中で利用されているからであり、その結果として「修正箇所が限定的になる」ことや、「バグが発生しても発見しやすくなる」という OOP の利便性が実現される。

4.3 学習課題

今回の実験で用意した学習課題は、プログラミング課題、流れ図課題、OOP の基礎概念と利便性の関係性に関する自由記述問題 (事後問題) である。前回から変更した点は、流れ図課題の追加と事後問題の配置・内容の改善の 2 点である。それぞれの具体的な内容に関しては、次節から詳しく説明する。

4.3.1 プログラミング課題

作成したサンプルプログラムは、ショッピングカートの実装をテーマとしたものである。このプログラムは、顧客 1 人 1 人が買い物かごを取り、好きな商品を入れ、レジで精算するという一連の処理を行うものである。本研究で取り上げた「ショッピング」とは、amazon のようなショッピングサイトを想定し、さまざまな品種の商品が購入できるものと定義している。

このプログラミング課題では、商品種別を順次追加することで拡張を行っていく。プログラムの機能要件は、「商品種別ごとの割引率を変えること」であり、OOP の実装条件は「割引計算を商品種別ごとのクラスのメソッドのオーバーライドで実現させること」である。実験群では、OOP と手続き型でどのような差異がでるかを意識してもらう。

4.3.2 流れ図課題

今回の実験では、各プログラミング課題を実施したあとに流れ図に関する課題を実施している。プログラ

ミング課題で拡張した箇所を、拡張前のサンプルプログラムに関する流れ図に追加してもらう課題である。流れ図課題を用意した意図は、拡張したプログラムの処理を描き込むことで、拡張の前後でどのような変化があったかを振り返らせることにある。手続き型プログラムに対応した流れ図も用意した。

4.3.3 流れ図課題実施後の自由記述問題

流れ図課題実施後に、プログラムと流れ図の、拡張前後の変化に関する自由記述課題を行う。自由記述課題は 2 問ある。表 2 にその具体的な内容を示す。

実験群では、OOP の利便性を非 OOP との比較によって実感させるという目的がある。そのため、問 1 では、OOP と手続き型のデータ構造の差を確認させ、問 2 では、その差が両手法のプログラミングの手に及ぼした影響について考えさせる。この 2 つの間の狙いは、データ構造自体は両手法とも同一であるが、OOP では OOP の基礎概念が作用している分、分岐処理の追加等の拡張のしやすさが変わること気づかせることにある。統制群では、問 1 で OOP のみの拡張の前後でのデータ構造の変化の有無を指摘させる。問 2 ではプログラミングやフローチャートの拡張作業を行って実感したことについて聞き、実験群と比べて回答にどのような差がでるかを調査する。

表 2 流れ図課題実施後に行う自由記述問題

	実験群	統制群
問 1	OOP と手続き型で、フローチャートにどのような差が出ましたか？	プログラム拡張や、フローチャート拡張を行って見て、プログラム内ではそのデータ構造にどのような変化が起きましたか？具体的に述べてください。
問 2	また、その差によって OOP と手続き型でプログラミングのしやすさに影響は出ましたか。出たとすれば、どのような影響ですか。	OOP のプログラム拡張や、フローチャート拡張を行って見て感じたことを教えてください。

4.3.4 事後問題

今回は、全てのプログラミング課題と流れ図課題が終了したあとに OOP の基礎概念や利便性に関する自由記述課題 (事後問題) を実施した。この事後問題は、ID の第一原理⁷⁾に則り、利便性と基礎概念の関係性を課題の例示を使って振り返らせたあと、その知識を一般化 (統合) させて説明させるという手順を踏んでい

る。具体的な内容を一部、表 3 に示す。問 1,2 では、継承とオーバーライドがもたらす作用と利便性について、具体的なプログラミング課題の内容を例に取りながら、OOP の基礎概念と利便性の結びつきに関して回答してもらおう。問 6~8 では、問 1~5 を受けて、OOP の基礎概念と利便性の結びつきに関して一般論を述べてもらおう。実験群では比較学習を行っているため、比較学習に関する問いを追加してある。

表 3 事後問題

問題番号	問題内容
1	OOP の各課題で作成した各サブクラス内で、一部の変数が宣言せずに利用できたのはなぜでしょうか？その理由を説明してください。
2	(1)OOP の各課題で様々なクラスを追加していく際に、小計メソッド <code>shoukei</code> や情報表示メソッド <code>hyouji</code> を再定義せずそのまま使いまわせたのはなぜでしょうか。プログラム内で作用した概念などの名前を挙げて具体的に説明してください。 (2)また、そのようなことが実現することで得られるメリットは何でしょうか？
6	オブジェクト指向の利便性の 1 つである拡張性（要素の追加のしやすさ）は、プログラムの規模が大きくなる程得られます。それは、手続き型と比べてどのような部分が違うからでしょうか。
7	オブジェクト指向のもう一つの利便性である保守性は、オブジェクト指向の概念によるバグの入りにくさやデバッグのしやすさによって得られます。それは、デバッグのしやすさが、手続き型とオブジェクト指向でどのように違うからでしょうか
8	このような利便性は、OOP のどのような概念によって実現されますか。概念の名称をすべて列挙してください。

4.4 学習の組み立て

前回は、クラスや継承、多態性といった基礎概念を課題ごとに個別に意識させるような学習設計であったが、基礎概念と利便性を結びつけて考えさせることが困難であった。そこで今回の実験では、OOP の基礎概念を 1 つずつ理解させるのではなく、3 段階の課題の中で、OOP の基礎概念と利便性の結びつきを体感させていくことを意図した。

図 3 に今回の実験の流れを示す。1~2-2 では、プロ

グラムの拡張内容はそれぞれ異なるが、実施の流れや目的はすべて同じである。プログラミング拡張を実施した後、流れ図拡張（描き込み+自由記述）を実施する。流れ図拡張では、拡張箇所を描きこむことでプログラムのデータ構造を確認させる。その後は、プログラミング拡張と流れ図の変化についての問を設け、自由記述で回答させる。図 2 は、課題 1, 2-1, 2-2 を終え、拡張が完了した OOP のプログラムのクラス図である。

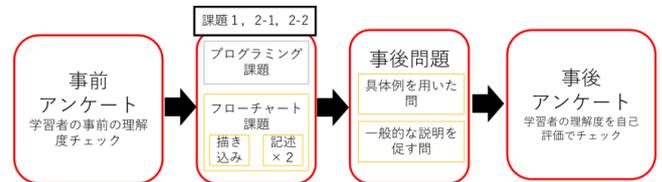


図 3 今回の実験の流れ

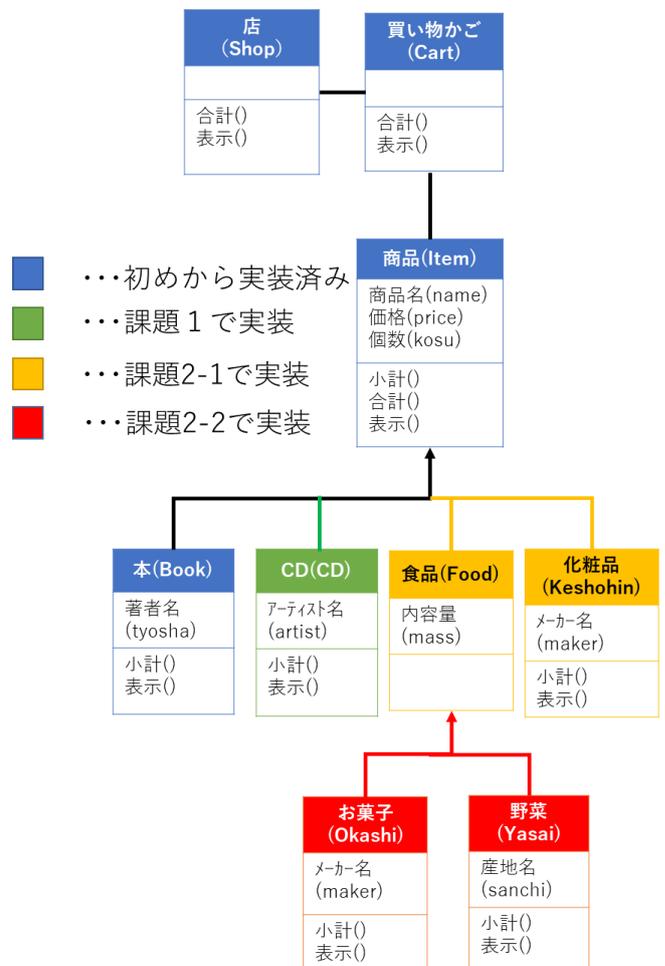


図 3 機能拡張した OOP のクラス図

5. 実験結果

5.1 実験概要

対象とした学生は、情報系学科 3 年生 7 名、4 年生

3名の計10名である。学習者の条件は、手続型プログラミングの経験があり OOP の経験があるが概念を詳しく理解していない学生とした。この10名を実験群・統制群各5名に分けた。2年次のjavaの演習講義の成績を基準に、両群でプログラミング能力が均等になるようにした。実験群では、OOPと手続き型の比較学習を行わせる。統制群では、OOPに関する課題のみを与える。比較学習の有無が、どれだけ学習者のOOPへの理解度向上に繋がるかを確かめる。実験期間は1週間とし、その中で他人と相談せずに各自で課題に取り組んでもらった。使用言語はJavaで、開発環境はeclipseである。

5.2 プログラミング課題の評価

表4に、プログラムソースと流れ図拡張の問題に対する各群の正答者数を示す。課題1、2-1に関しては、実験群、統制群ともに全体的に正答率が高く、プログラム拡張後の実行結果やデータ構造に大きな乱れは見られなかった。一方で課題2-2の「ソースの差異」の学習項目に関して、実験群の学習者C、Dが継承に関する、共通の誤りを起こしていた。ソースの差異の項目では、学習者が拡張したOOP、手続き型のプログラムのデータ構造にズレが生じていないかどうかを確認する。課題2-2のOOPの拡張では、Foodクラスを継承したOkashiクラス、Yasaiクラスを新たに作成する。学習者C、Dはこの2つのサブクラスをFoodクラスを継承せず、直接Itemクラスに継承させていたため、図3で示したようなデータ構造になっていない。また、手続き型の拡張に関してもOOPの誤答箇所と対応する箇所に誤りが見られた。手続き型では、お菓子・野菜の処理は食品の小計計算のメソッドshoukei_foodメソッドの内容として呼び出すことが理想である。しかし、学習者C、Dの手続き型の回答では、お菓子・野菜に関する処理を、元々定義していたshoukei_foodメソッドを呼び出さず、新規にメソッドを作成していた。そのため、OOPのプログラムと同様にデータ構造の誤りを起こしてしまったと考えられる。この継承の適用箇所に関する誤りは、前回の実験に参加した一部の学習者にも見られている。

表4 プログラムソースと流れ図拡張の問題に対する

各群の正答者数（各群5名中）

評価項目	学習課題		課題1		課題2-1		課題2-2	
	実	統	実	統	実	統	実	統
プログラムの実行結果 (OOP)								
プログラムの実行結果 (手続き型)	4	5	5	4	4	5		
ソースの差異 (OOP)	4	-	5	-	5	-		
ソースの差異 (手続き型)	4	5	3	4	3	5		

5.3 流れ図課題の評価

表5に流れ図描き込み課題に対する各群の正答者数を、表6に、実験群の学習者Aの流れ図課題の記述部分の回答例を示す。

まず、流れ図描き込み課題の評価について説明する。課題1、2-1については両群ともに正答率が高い。しかし、課題2-2は若干正答率が低い。プログラミング課題と同様、継承による処理に関する誤りが見られた。プログラミング課題でOkashiクラス、YasaiクラスがFoodクラスを継承せず、Itemクラスで継承する図を作成した学習者が数名見られた。

次に流れ図課題の記述部分に関する評価について説明する。学習者Aは、OOPと非OOPの違いがデータの分岐処理にあることに気づき、その違いによってプログラミングの手間が減るという点を指摘した。実験群の学習者は、プログラミング課題だけでなく、流れ図課題でも非OOPとの比較学習が行えるため、OOPと非OOPとのデータ構造や処理の差が視覚的に確認できる。そのため、実験群の学習者は、「OOPではif分岐の代わりにクラスを利用し、メソッドを再定義せずに利用できることが両手法間での違いである」ことに気づく傾向にあった。このことが、「多態性が拡張性や保守性といったOOPの利便性と関係性がある」と気づききっかけになったのではないかと考えている。

表5 流れ図描き込み課題の正答者数（各群5名中）

評価項目	学習課題		課題1		課題2-1		課題2-2	
	実	統	実	統	実	統	実	統
流れ図描き込み (OOP)	5	-	4	-	3	-		
流れ図描き込み (手続き型)	5	4	5	4	3	2		

表6 流れ図課題（自由記述）の回答例

学習者	1) OOPと手続き型で、フローチャートにどのような差が出ましたか？
実験群/A	小計メソッドの呼び出しや製造元の名前を出力する際の品種の識別が、手続き型の場合だとif文によって行われているが、OOPの

	場合だとクラスによって行われていることが違う。
	2)また、その差によって OOP と手続き型でプログラミングのしやすさに影響は出ましたか。出たとすれば、どのような影響ですか。
A	手続き型は処理ごとに品種による場合分けをしなくてはならないが、OOP では品種のクラスごとに処理内容を決めることができるため、OOP のほうがプログラムがしやすいと感じた。

5.4 事後問題の評価

事後問題の回答内容を、表 1 で示した基準で評価した結果を表 7 に示す。レベル 2 の「OOP と利便性と基礎概念の関係性を、具体例を使いながら説明ができる」程度の理解度に達した学習者が多い。

次に、表 8 に事後問題の回答例を示す。まずはじめに、具体例を用いた OOP の利便性に関する回答例として、実験群の学習者 A と統制群の学習者 F の問 2 の回答例をそれぞれ抜粋して説明する。問 2 は、継承とオーバーライドを組み合わせて起こる作用と、それによる利便性について、課題を例に説明する問題である。各商品クラスに各メソッドが同一の名称でかつ再定義なしで利用できた理由と、それが引き起こすメリットに関して正しく述べられていれば正解とする。学習者 A, F は両者とも、問 2 の(1)でオーバーライドによってメソッドの再定義を防ぐことを指摘し、(2)でそれによって修正の手間が省けるといった趣旨の回答が見られたため、正解とした。他の両群の学習者の回答も、同様の意味合いで読み取れる内容が多かったため、全体的な正答率が高い傾向にあった。

次に、OOP の利便性に関して一般的な説明を促す問の回答例として、学習者 A, F の事後問題の問 6 の回答例について説明する。問 6 は OOP の利便性の 1 つである拡張性が生じる理由を問う問題である。表 6 に示した統制群の学習者 F の回答は、拡張性が実現した理由に継承とオーバーライド (=多態性) が関与しており、これらの概念がどのように作用したかということに関してある程度正確に述べることができている。一方で実験群の学習者 A は、拡張性が得られる事例を述べているが、それが得られる理由を基礎概念と結びつけて説明しておらず、説明が抽象的である。このため、OOP の利便性と基礎概念の結びつきに関して、本質的に理解できているかどうかの判断ができなかった。全体的

な傾向としては、学習者 A のような回答をしている学習者が多かった。

表 7 学習者のレベル到達度

レベル	実験群	統制群
0	-	-
1	-	I
2	A,B,C,D	G,H
3	E	F,J
4	-	-

表 8 事後問題の回答例 (問 2, 6)

問 2(1) OOP の各課題で様々なクラスを追加していく際に、小計メソッド shoukei や情報表示メソッド hyouji を再定義せずそのまま使いまわせたのはなぜでしょうか。プログラム内で作用した概念などの名前を挙げて具体的に説明してください。
(学習者 A) <u>スーパークラス (Item クラス) のメソッドをサブクラス (Book クラスや CD クラス等) がオーバーライドしているため</u>
(学習者 F) <u>サブクラスはスーパークラスで定義されているメソッドを受け継ぎ、そのメソッドをオーバーライド (上書き) して宣言することができるため、再定義する必要がないから。</u>
(2) また、そのようなことが実現することで得られるメリットは何でしょうか？
(学習者 A) サブクラスごとに小計の求め方を変更したいといったような細かい仕様変更の際、 <u>オーバーライドを利用することによって、修正する箇所を少なくすることができること。</u>
(学習者 F) メソッドを新しく定義する必要がなくなることで、 <u>バグの発生する範囲を狭めることが可能となる。</u>
問 6: オブジェクト指向の利便性の 1 つである拡張性は、プログラムの規模が大きくなる程得られます。それはなぜでしょうか。
(学習者 A) 手続き型は処理ごとに品種による場合分けをしなくてはならないが、OOP では品種のクラスごとに処理内容を決めることができるという部分が違うため
(学習者 F) <u>クラスを継承してサブクラスを創り出すことでオーバーライドを可能にし、違う操作であるが似たような処理を同一のメソッド名で操作できるようにしているから。</u>

5.5 事前・事後アンケート結果

表 9 は、実験前後にアンケートを実施し、OOP の各基礎概念や基礎概念と利便性の関係性について、学習者の理解度を自己評価させたものである。若干統制群の方が実験群よりも自己評価の伸びが高い。実験群では、オーバーライドの項目に関して、実験後も 3 未満の評価をした学習者が数名いた。基礎概念と利便性の結びつきについては、両群とも 4~5 という高評価を付ける学習者がほとんどであった。

表 9 事前・事後アンケート結果

学習者 アンケート項目	実験群平均		統制群平均	
	事前	事後	事前	事後
クラス	3	3.2	4	4
インスタンス	3	3	3	4
メソッド	3	3.2	3	4
継承	2.8	3	3	4
スーパークラス・サブクラス	2.8	3	3	4
オーバーライド	2.6	2.8	3	4
多態性	2.4	3	2	3
基礎概念と利便性の関係性	-	4	-	4

表 10 事後問題の回答例（問 8）

学習者	問 8) OOP の利便性は、OOP のどのような概念によって実現されますか。概念の名称をすべて列挙してください
実験群/A	オブジェクト・クラス・インスタンス・カプセル化・多態性
B	クラス・インスタンス・コンストラクタ・継承・多態性・カプセル化
C	クラス・インスタンス・継承・カプセル化
D	クラス・インスタンス・オブジェクト・カプセル化
E	クラス・継承・カプセル化・ポリモフィズム
統制群/F	クラス・継承・オーバーライド・多態性
G	継承・オーバーライド
H	概念モデリング・ユースケース・ホットスポット
I	extends（継承の宣言）
J	クラス・メソッド

6. 考察と今後の課題

本研究では、OOP と非 OOP の比較学習を支援する改善策を提案し、学習者の OOP の利便性と基礎概念の結びつきに関する理解度の向上を狙った。この章では、実験結果を踏まえた考察を行う。

6.1 実験群と統制群の理解度の共通点と相違点

実験群と統制群の OOP の理解度に関する共通点について説明する。事後問題の回答内容から、主に利便性の特徴については、「拡張の際の手間が省ける」、「修正が楽になる」といった形で両群ともに多くの学習者が理解できていた。しかし、利便性がなぜ生じるかという点について、OOP の基礎概念の作用と結びつけて説明できていた学習者は両群ともに少なかった。

相違点としては、実験群の方が統制群よりも OOP の利便性と基礎概念の結びつきについて意識している傾向があったことが分かった。表 10 に、両群の学習者全

員の事後問題問 8 の回答例を示す。問 8 は 2 つの利便性を実現する OOP の基礎概念の名称を答えさせる問である。その中で、OOP の利便性を実現することに直結する「多態性」の概念を含んでいた学習者が、実験群に 3 人、統制群に 1 人いた。このような結果になった要因として、実験群がプログラミング課題に加え流れ図課題を併用し、そこで非 OOP との比較を行なったことで、このような傾向が見られたのではないかと考える。

6.2 OOP の利便性と基礎概念の結びつきの理解度

OOP の利便性と基礎概念の結びつきの理解度に関しては、4 章で述べた総合評価から、実験群・統制群ともに「プログラム内の処理などの具体例を使いながらであれば、利便性と基礎概念の関係性について簡単に説明ができる」レベルに達した学習者が多かった。しかし、「一般的な説明として、OOP の利便性の特徴とそれが生じる理由を説明できる」レベルまで理解度を引き上げることは困難であった。今回の改善策に関する考察を以下に示す。

6.2.1 評価基準の改良に関する効果

本研究では、学習者の OOP に対する理解度向上の基準を、「OOP の利便性と基礎概念の結びつきに関して正しく説明できる」ことに合わせている。学習者の理解度のレベルを上記のような基準をもって細分化することで、ある程度の正確さをもって学習者の理解度を判断するようにした。一部の学習者の回答には、設定したレベルの条件を一部しか満たしていないものなど、レベルに当てはめることが困難な事例がいくつかあった。今後は、学習者の回答に対する分析をより正確に行うため、今回設定した評価基準をベースにさらにレベルを細分化するなどの対策を行う

6.2.2 流れ図課題に関する効果

実験群では、非 OOP と OOP の比較を行いながら流れ図課題に取り組んでもらうことで、OOP のプログラム内で行われている処理を捉えやすくさせた。これによって、OOP の利便性に気づかせ、それがどの基礎概念によって生じているのかという点を統制群より意識させやすくすることを狙った。

実験の結果、全体的に実験群と統制群で回答内容に大きな差はなく、両群の学習者とも記述問題では、プ

プログラムのデータ構造や拡張した際の手間などに関して正しく指摘していた学習者が多かった。実験群の一部の学習者については、OOPと非OOPでデータ分岐の処理に違いがあるという点を、課題の処理の例に基づいて気づかせることができた。統制群の学習者は、非OOPとの比較なしで拡張前後のプログラムの変化について気づきを得る傾向にあった。両群でこのような結果が出た理由に、プログラミング課題実施直後に流れ図拡張と利便性に関する記述問題に取り組むことで、プログラム拡張の前後の変化を掴みやすくなったことが考えられる。実験群・統制群の総合評価でレベル2の学習者が全体的に多かったのは、プログラミングに加え流れ図課題を併用することで具体例を使って利便性と基礎概念を意識させたことが要因であると考えられる。しかし、一方で「利便性がどのように生じるか」という点については問を設けておらず、あくまで「プログラムにどのような変化があったか」、「それによってプログラムにどんな影響が生じたか」という点でしか考察をさせていなかった。この点が、事後問題の回答内容にも影響を及ぼした可能性がある。したがって、現時点では、プログラム内で利便性が生じる理由を問う問題を入れるなどの対策が考えられる。

6.2.3 事後問題の内容・配置の変更に関する効果

事後問題については、前回から内容と配置の改善を行うことで学習者のOOPに対する理解度定着を狙った。問1~5はプログラミング課題の拡張の例を示しながらOOPの利便性と基礎概念の関係性について考えさせることを目的としている。これらの正答率は実験群・統制群ともに高かった。問6~8では、問1~5を踏まえて具体例を使わずにOOPの利便性に関する一般的な説明を促すことを目的としている。この3問については正答率にばらつきがあり、ほとんどの学習者は利便性の一般的な特徴を述べるのみで、それがどの基礎概念によってどのように実現されるかについて説明できた者は少なかった。この原因として、今まで具体例を使って考えていたものに対し、急に一般的な問に切り替えて取り組ませてしまったことが挙げられる。そのため、学習者のOOPの利便性と基礎概念に関する知識が不完全なままアウトプットさせてしまっていたと考えられる。

6.3 今後の方向性

今後の課題として、今回提案したアプローチのブラッシュアップと転移課題の追加が考えられる。前者については、例えば評価基準のレベルの細分化や流れ図や事後問題の問いかけの仕方を改善することが挙げられる。後者に関しては、既に作成したサンプルプログラム以外のプログラミング課題を事後問題実施前に取り組ませることが挙げられる。学習者のOOPに関する知識を転移課題で応用することによって、OOPの利便性と基礎概念の結びつきに関する説明が一般的にできるレベルに近づかせることが可能なのではないかと考える。

参考文献

- (1) 立山秀利, : “Java のオブジェクト指向がゼッタイにわかる本”, 秀和システム (2016)
- (2) 中鉢直宏, 伊藤一成 : “オブジェクト指向プログラミング教育における LEGO を用いた体験型課題の試み, 情報処理学会研究報告, Vol.2014-CE-124, No.8, pp.1-6 (2014)
- (3) 大城正典, 永井保夫 : “プログラミング初学者を対象としたオブジェクト指向プログラミング教育システムの提案 —オブジェクト指向の基本概念の理解に基づいたプログラムの作成・実行支援機能を中心として—”, 情報教育シンポジウム 2016 論文集, pp.114-121 (2016)
- (4) 三浦元喜, 杉原太郎 : “オブジェクト指向言語におけるクラス定義の意味とオブジェクトの振舞いを理解するためのワークベンチ”, 情報教育シンポジウム, pp.43-49 (2011)
- (5) 石川裕季子, 松澤芳昭, 酒井三四郎 : “オブジェクト指向言語におけるポリモーフィズムの概念を理解するためのワークベンチ”, 教育システム情報学会誌, Vol.31, No.2, pp.208-213 (2014)
- (6) 竹川夏実, 仲林清 : “オブジェクト指向プログラミングの利便性に着目した学習手法”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.32, No.2, pp21-28 (2017)
- (7) C. M. ライゲールスマン, A. A. カー=シェルマン : “インストラクショナルデザインの理論とモデル 共通知識基盤の構築に向けて”, 北大路書房, pp.58-59 (2016)

データベース正規化における思考過程を意識させる学習手法

加藤 涼^{*1}, 仲林 清^{*2}

^{*1} 千葉工業大学大学院, ^{*2} 千葉工業大学

A Learning Method to Enhance Awareness on Thinking Process of Data base Normalization

Ryo Kato^{*1}, Kiyoshi Nakabayashi^{*2}

^{*1} Chiba Institute of Technology graduate school, ^{*2} Chiba Institute of Technology

学習者が思考過程を意識してデータベース正規化の問題を考えることによって、学習が促進するための学習手法を行った。学習者に論理的に考える必要のある問題を解答させ、それが学習手法により改善されるかをみた。学習者には基礎知識を与えた上で、正規化に関する記述式問題に解答させた。実験は実験群と統制群に分けて行った。実験群の学習者には解答する上での思考過程を意識させた。実験の結果、両群間で解答に大きな差はみられなかったが、実験群の学習がより促進される傾向だった。

キーワード: 思考過程, 意識, 記述式問題, データベース正規化

1. はじめに

正規化はデータベース設計を行う上で重要な概念の1つである⁽¹⁾⁽²⁾。正規化とは、データの矛盾や無駄をなくしてデータベースを設計することやその手順のことである。正規化をすることでデータの管理が容易になったり、データの容量の削減になったりするのでデータベースのパフォーマンスが向上する。逆に、正規化を行わずにデータベース設計を行うとデータの不整合や矛盾を生むことにつながり、不具合を起こす可能性が出てくる。これは、データベース設計を考えるために必要な考えである。

しかし、正規化の知識があり、理解しているだけでは正しくデータベースを設計することは困難である。具体的には、現実の問題では問題の性質に応じて、正規化の必要性を適切に判断する必要があるためである。大学などの講義を受けることで得る能力だけではこのような必要性を論理的に判断して正規化を行う力を身に着けることは難しい。これは、問題を考えるときに思考過程を意識することでより考えやすくなるのではと考える。よって本研究では、正規化の必要性を適切に判断できるように思考過程を意識させて、学習を促

進するような学習手法を研究する。また本研究では、以前行った研究⁽³⁾をふまえて2点の違いがある。1つめに、学習支援による違いをより表れやすくするために実験形式を実験群と統制群に分けて行う。2つめに学習者の学習の促進の度合いを測るために使用する問題に対して評価基準を設定して結果を評価する。

2. 学習目標と学習課題

本研究では、学習者が思考過程を意識してデータベース正規化の記述式問題を考えることによって、学習が促進され改善されるかどうかを確認することを目的とする。

2.1 学習目標

本研究では、データベース正規化の学習内容とブルームのタキソノミー⁽⁴⁾のレベルを対応させて学習目標を設定している。表1はブルームのタキソノミーの各レベルとデータベース正規化の学習内容の対応関係を示している。知識レベル・理解レベルは大学などの講義で学ぶ用語などの定義や意味を記憶し理解するレベルである。統合レベル・評価レベルは実際にデータベース設計を行い、結果を評価するレベルである。本研

究においては、正規化の必要性を論理的に判断して判断して考えるレベルである分析レベルを学習目標とする。また、表を正しく正規化することができるレベルの応用レベルは分析レベルを実行する上で必要不可欠なものである。よって本研究では応用レベルを分析レベルに含めたものとして学習目標を設定する。

表 1 ブルームのタキソノミーとデータベースの学習内容の対応

レベル	学習内容
(6)評価	自分または他者からの視点から作成したデータベースを見直すことができる
(5)統合	定義や概念、分析の結果から実際にデータベースを自分で作成することができる
(4)分析	現実の問題の性質に応じて、正規化の必要性を適切に判断することができる
(3)応用	与えられた表を正しく正規化することができる
(2)理解	正規化や関数従属の意味を説明することができる
(1)知識	正規化や関数従属の定義を言うことができる

2.2 学習課題

ここでは、ブルームのタキソノミーの各レベルに対応する具体的な正規化に関する課題を示していく。なお、本研究では応用・分析レベルに該当する問題を取り上げるため分析レベルまでの課題を示す。

(1)知識レベルの学習課題

(例 1)正規化とは何か、答えよ。

(例 2)第 2 正規化とは何か、答えよ。

これらのような課題は、正規化に関する言葉の意味や定義のみを問う問題形式であり、(1)知識レベルの学習課題であるといえる。

(2)理解レベルの学習課題

(例)次の文章の空欄にあてはまる字句を答えよ。

ツアーテーブルの非キー属性の中には、候補キーに完全関数従属していない属性が存在するので、ツアーテーブルは第二正規形ではない。すなわち、非キー属性である(a)と(b)が、候補キーの一部である(c)だけに関数従属している。

このような課題は、関数従属の関係性を説明する文章の空欄を埋める問題形式である。関数従属の意味を説明する必要があることから、(2)理解レベルの問題であるといえる。

(3)応用レベルの学習課題

(例)顧客テーブルを第三正規形に分解せよ。新規に追加するテーブルには適切なテーブル名を付け、本文にならって列名を記述し、主キーを示す下線を引くこと。

このような課題は、実際にテーブルの正規化を行う問題形式である。与えられた表を正しく正規化する必要があることから、(3)応用レベルの問題であるといえる。

(4)分析レベルの学習課題

(例)顧客テーブルが第三正規形でないために発生する問題を、本文中の記述に照らし合わせて 60 字以内で述べよ。

このような課題は、正規化されていないときに発生する問題点に関して説明する問題形式である。正規化がされていない状況でどのようなことが起きるのかを考える必要があることから、(4)分析レベルの問題であるといえる。

3. 学習手法

3.1 学習手法の概要

本研究では、学習者に思考過程を意識させて正規化の記述式問題に解答させて、それが学習手法により促進され改善されるかをみる。そのために、学習者には実験に合わせて作成した問題を解いてもらい、その後解けなかった問題に対して思考過程を意識させる支援を行う。そして再度解けなかった問題に解答してもらい、その結果から学習が促進されたか、改善されたかどうかをみる。その後、アンケートを行い、学習者が意識する前と後で解答時に意識していたことや考えていたことについて確認する。

3.2 学習に使用した問題

本研究では、実験に合わせた問題を使用した。応用情報技術者試験の平成 21 年度秋期試験の問題の問 6 を修正して使用した。表は学習に使用した問題の問題形式・考えるべきことについて表したものである。修正した点について、問題の基本構成は変えずに、問題で扱われている題材のみを変更した問題に修正した。具体的には、旅客業務用データベースからホテル予約業務のデータベースに変更した。

3.3 評価基準

本研究では、学習者の解答からどの程度改善があったのか、また、どの程度学習が促進されているのか把握し判断するために記述式問題に関しての評価基準を設定している。表 2 は学習に使用した記述式問題に関する評価基準を表している。

表 2 記述式問題の評価基準

レベル 1	解答に記述なし。
レベル 2	正規化に関する抽象的な記述や説明ができる。(関数従属している, 重複しているなど)
レベル 3	正規化に関する具体的な記述や説明できる。(A と B が関数従属しているなど)
レベル 4	正規化されていないことによる問題について理解し, それを説明することができる。設問の具体的状況で説明できていない。
レベル 5	正規化されていないことによる問題について理解し, それを説明することができる。設問の具体的状況で説明できている。

本研究では、この評価基準をもとに学習者の解答を評価する。解答が正答ではなくても、学習支援によりどの程度解答に改善があったのかどうかをみる。

3.4 想定する思考過程

本研究では、学習に用いる設問それぞれに対して思考過程を 1 つ想定している。実際の学習時の支援ではこの想定した思考過程を意識させる支援を行う。

3.4.1 設問(1)の思考過程

設問(1)は「テーブルが第 2 正規形でない場合、一般的には様々な問題が発生する可能性がある。しかし、宿泊テーブルの場合にはそのような問題は発生しないと考えられる。その理由を本文の場合に照らし合わせて述べよ。」というものである。表 3 は設問(1)の思考過程を表したものである。

表 3 設問(1)の思考過程

段階 1	一般的な問題とは何かという疑問
段階 2	一般的な問題を自分なりに考え, 整理する。
段階 3	その問題が発生しない状況を, 仮定して考えて整理する。
段階 4	段階 2, 段階 3 で整理した考えをもとに比較して考える。

まず、設問から第 2 正規形でないときに発生する一般的な問題とは何かという疑問をもつ。次に、その一

般的な問題について自分なりに考え, それを書き出して整理する。次に、その問題が発生しない状況とはどのようなものか考える。ここで考えたことも書き出して整理する。最後に、一般的な場合と設問の場合を比較して考える。このプロセスをへることにより解答を導き出すことができると考える。

3.4.2 設問(2)の思考過程

設問(2)は「顧客テーブルが第 3 正規形でないために発生する問題を本文の場合に照らし合わせて述べよ。」というものである。表 4 は設問(2)の思考過程を表している。

表 4 設問(2)の思考過程

段階 1	発生する問題とは何かという疑問
段階 2	発生する問題を自分なりに考え, 整理する。
段階 3	その問題が発生する状況を, 設問の状況から考えて整理する。
段階 4	段階 2, 段階 3 で整理した考えをもとに比較して考える。

まず、設問から第 3 正規形でないときに発生する問題とは何かという疑問をもつ。次に、発生する問題を自分なりに考え, それを書き出して整理する。次に、その問題が発生する状況とはどのようなものかを考える。ここで考えたことも書き出して整理する。最後に、設問の状況に考えたことがあてはまっているかを比較して考える。このプロセスをへることにより解答を導き出すことができると考える。

ここまで各設問に対する思考過程を示してきた。それぞれの思考過程は、具体化から抽象化⁽⁵⁾⁽⁶⁾のプロセスとは異なり、抽象化から具体化を行っている。これにより、学習者自身に抽象的な知識から具体的な例への応用させる能力を促すことを狙っている。これが、本研究の目的とする学習の改善につながるのである。本研究においては、それぞれの思考過程をもとに学習者に支援を行う。具体的には、それぞれの思考過程の段階 1 を問いかけて、段階 2 を学習者に実際に書き出して考えてもらう。

3.5 学習の流れ

この節では本研究における学習内容、および学習の流れについて説明する。表 5 は学習の流れを表している。

表 5 学習の流れ

ステップ 1	講義形式での基礎知識の学習
ステップ 2	問題解答 1 回目
ステップ 3	採点及び模範解答の提示
ステップ 4	支援を行う, 考えの整理
ステップ 5	問題解答 2 回目
ステップ 6	アンケート

ステップ 1 では、指導側が用意した予習資料を配布し、それを参考にしながら基礎知識について講義形式の指導を行う。これは、学習者に対する知識の条件を最低限揃えることを目的としている。ステップ 2 では、学習者に記述式問題に解答してもらう。ステップ 3 では、1 回目の回答の採点を行い、回答の正誤を学習者に伝える。この段階で正答できている設問に関しては、この後の 2 回目の回答を行わない。ステップ 4 では、1 回目で正答できなかった記述式問題に対して、指導側からそれぞれの思考過程の段階 1 を投げかける。また、学習者には考えを整理してもらうためにそのための用紙を配布する。用紙には、「指摘 1:表が正規化されていないときに発生する可能性のある問題についてできるだけ具体的に書いてみてください」と「指摘 2:あなたが、今回の設問の状況で発生すると考え、思う問題をできるだけ具体的に書いてください」の 2 点を書かせている。ステップ 5 では、整理した考えをもとにしながら、正答できなかった記述式問題に解答してもらう。ステップ 6 では、学習者自身の思う基礎知識の理解度と設問回答時の意識や考えなどについてのアンケートに回答してもらう。

また、本研究では学習者を実験群と統制群の 2 群に分けて実施する。これは、学習手法によってどれだけ学習者の考えや解答に影響が出るのかを確認するためである。実験群では、表の学習の流れで行い、統制群ではステップ 4 を省略した流れで行う。それ以外の実験の状況はほぼ同一にしている。

学習者に支援を行う場面では、こちらから学習者に必要以上に干渉しすぎることによって学習者自身が考える余地がなくなってしまう恐れがある。そこで、指摘としては一言だけ伝え、考えを整理させる用紙にはステップ 4 で説明したようにあらかじめ書いてほしいことを記載し、考えてほしいことを記載し、それ以上のことは学習者自身に考えさせるようにしている。必要以上

の支援は避けて、このような学習手法により学習者がどこまで自身で考えることができるのかをみる。

4. 結果

4.1 実験全体の結果

実験は実験群と統制群の 2 群で行った。実験群と統制群はそれぞれ 4 名ずつで実施した。所要時間 90 分で行った。

全体の結果として、設問(1)は正規化されていなくても表が問題ない理由を説明する問題であったが、正答できた学習者は 1 名のみであった。また、解答の改善がみられる学習者は実験群、統制群ともにあまりみられなかった。設問(2)は正規化されていないときに発生する問題を説明する問題であったが、正答できた学習者はいなかった。ただし、正答に近い解答をしている学習者が実験群にみられた。また、実験群にはデータベースの作成経験のある学習者 A がいたが、正答に近い解答止まりという結果であった。表 6 は学習者の記述式問題の解答例を示している。

表 6 記述式問題の解答例

学習者 A (実験群)	設問(1) 1 回目	主キーが二つあるため。
	設問(1) 2 回目	予約コードがユニークであるため。
	設問(2) 1 回目	新しく人を登録するときは 5 つのフィールドのみ入れるのでおかしくなる。
	設問(2) 2 回目	メールサービスの時に困る。 担当ホテル変えのときに困る。
学習者 B (統制群)	設問(1) 1 回目	宿泊テーブルの場合、泊数が異なれば宿泊コードが異なり、宿泊プランは宿泊日によって価格が異なることがあるため。
	設問(1) 2 回目	宿泊日が分かれば泊数、価格が分かる。さらに泊数が異なれば宿泊コードが異なり宿泊プランは宿泊日によって価格が異なるため行の無駄や矛盾の可能性が無いこと。
	設問(2) 1 回目	顧客番号からホテルコードがわからないこと。
	設問(2) 2 回目	郵便番号からホテルコードは分かる(関数従属)。同じ郵便番号なら同じホテル名となるため、顧客テーブルの行の無駄や矛盾につながる可能性となる。

問題解答後に行ったアンケートの結果について、実験群、統制群ともにデータベース正規化の基礎知識の

理解が不十分であると自己認識している学習者が多数みられた。意識や考え方については、支援を行った実験群だけでなく、何も支援を行っていない統制群でも変化があった。設問(1)と設問(2)では、設問(2)のほうがより改善がある解答が、実験群と統制群両方でみられた。以下、実験結果を実験群と統制群それぞれに分けて説明する。また、アンケートの結果についても説明する。

4.2 実験群の結果

実験群では、1回目の設問解答後に指導側から学習者に対して思考過程を意識させる支援を行った。その後、2回目の設問解答を行ってもらった。その結果、設問を考える上での意識に変化があったことが学習者の解答の変化やアンケートからわかった。また、解答内容も改善がある程度みられる結果であった。ただし、設問(2)の解答では大きな変化がみられる傾向であったが、設問(1)の解答とアンケートの結果は変化の少ない傾向であった。表7は実験群の学習者が支援を受けて考えを整理させたときの記述内容の例を示している。

表7 考えの整理をした時の記述例

	支援1 表が正規化されていないときに発生する問題	支援2 あなたが、設問の状況で発生すると考える問題
学習者A	記述なし	メールサービス。ほかのホテル利用したら、そのホテルに変更しないといけない。
学習者B	第三正規形→推移関数従属の排除←主キーからは顧客名不明。しかし、顧客コードがわかればわかる	記述なし
学習者D	顧客の住所が変わった時。郵便番号が同じ人。四半期内で2回予約。	記述なし

学習者には自由に記述させているため、メモ書きのような記述が多かった。よって、どこまで考えられているのかが記述内容からは読み取りにくい結果となった。しかし内容をみると、各自学習者ごとにどのような状況なら問題が発生するのか、どのような問題が発生しそうかなど考えられている記述がみられた。また、

解答につながる単語なども記述されている傾向であった。

4.3 統制群の結果

統制群では、1回目の設問解答と2回目の設問解答の間で正答しているかのみを伝えて解答してもらった。その結果、設問の解答に多少の改善がみられる学習者がいた。意識についてのアンケートでも、こちらが想定していた思考過程や考え方についてある程度意識して設問を考えていた学習者がいた。ただし、実験群のような大きな変化や改善はみられない傾向であった。

5. 考察

本実験の結果から学習者自身の意識と解答の関係についてと、本研究での学習手法による学習支援の効果についてのそれぞれに対して考察していく。

5.1 学習者自身の意識と解答の関係についての考察

本実験では、実験群の学習者に記述式問題の思考過程を意識させ、自分の考えを整理させる学習支援を行った。それにより学習者の意識に変化がみられ、解答にも改善の傾向がみられた。1回目では空白の解答であった学習者も考えが整理されたことによりかなり正答に近づいた解答に変化したことが解答結果からわかった。このことから学習者が思考過程を意識して問題を考え、そして、自分の考えを整理することによって学習が促進され解答に改善があったといえる。

一方、統制群の学習者には記述式問題の思考過程を意識させず、考えの整理も指導側からは行わずに問題に解答させた。それにもかかわらず、解答に改善がみられる学習者がいた。学習支援を行わず、ある程度自分で思考過程について意識できていたこともアンケート結果からわかった。このことから、自力でも思考過程を意識することで学習が促進され解答が改善されるといえる。ただし、実験群ほどの回答の改善はみられなかったことから、意識するだけでなく考えを整理することでより解答が改善されるのではと推測する。

5.2 学習手法による学習支援の効果

本実験では、学習者に思考過程を意識させてデータベース正規化の記述式問題を考えることによって、学

習が促進され改善されるかどうかを確認しようとした。本実験の結果から、思考過程を意識して解答し直しても正答するまでの改善はみられなかった。これはアンケートの記述欄に「考えてはみたがイメージしにくかった」、「設問の状況で起きる問題が想像しにくかった」という回答から、思考過程を意識させ、考えを整理するだけでは解答を導くことは難しいことが考えられる。その可能性として

- (1)基礎知識が不足している可能性
- (2)意識させようとした思考過程が困難な可能性
- (3)知識と考え方以外に必要なものがある可能性

の3点が考えられる。

(1)について、実験の最初に基礎知識を補うための学習を講義形式で行った。その後、記述式問題に解答してもらった。しかし、学習者がどの程度基礎知識が身につけているのかどうかを正確には確認していなかった。一応講義形式の学習の中でわからない部分について質疑応答を行うなどの確認は行ったが、十分ではなかったといえる。このことから、基礎知識が学習者に不足していた可能性が考えられる。

(2)について、学習者の学習を促進させる学習手法として指導側が想定する思考過程を意識させる支援を行った。しかし、アンケートの記述内容から、学習者が想像しにくい、イメージしにくいことを意識させても考えを促すことは難しいことがいえる。このことから、意識させようとした思考過程が学習者にとって難しいものであった、あるいは意識するような支援ではなかった可能性が考えられる。

(3)について、学習者の中にはデータベースの作成経験がある学習者がいた。その学習者は、自分の知識の理解は十分であるとアンケート結果からわかった。また、意識も今回想定した思考過程をある程度意識して考えてられていたとアンケート結果からわかった。しかし、解答に改善がみられたとはいえ、正答はできなかった。このことから、知識と考え方以外に問題に解答する上で必要な要素がある可能性が考えられる。

6. まとめ

本研究では、学習者が思考過程を意識してデータベース正規化の記述式問題を考えることによって、学習

が促進され改善されるかどうかを確認することを目的に学習手法を実施した。

実験の結果、学習者は思考過程を意識して問題を考え、そして、自分の考えを整理することによって学習が促進され改善がみられることがわかった。また、思考過程を意識することだけでも学習が促進される傾向だが、自分の考えを整理する作業も行うことでより効果を得られることがわかった。しかし、本実験による学習手法では問題の解答までには至らなかった。

今回問題に正答するまでの改善がみられなかった可能性として、基礎知識が不足していたこと、意識させようとした思考過程が困難であること、知識と考え方以外に必要なものの3点が考えられる。これらを考慮することが改善の1つとして考えられる。

参 考 文 献

- (1) 増永良文: “リレーショナルデータベース入門[新訂版]~データモデル・SQL・管理システム~”, サイエンス社 (2003)
- (2) 植村俊亮: “データベースシステムの基礎”, オーム社 (1979)
- (3) 加藤涼, 仲林清: “データベース正規化の分析課題に関する学習手法”, 教育システム情報学会研究報告 vol.32,no.1(2017-5)
- (4) 稲垣忠, 鈴木克明(編): “授業設計マニュアル 教師のためのインストラクショナルデザイン”, 北大路書房 (2011)
- (5) 河村一樹: “理論と実際を関連づけたコンピュータサイエンス教授法 -データベース教育を事例にして-”, 情報処理学会研究報告 コンピュータと教育 (CE) 1995.75(1995-CE-037) (1995)
- (6) 河村一樹: “文科系学科におけるコンピュータサイエンス教授法 -データベース教育を事例にして-”, 情報処理学会論文誌 37.12(1996)