

も く じ

■開催日時：2017年5月13日（土） 10:30～17:35

於：国立情報学研究所（東京都千代田区）

■テーマ：「学習環境デザインと Learning Analytics ・学習サービス／
医療・看護・福祉における先進的 ICT 利用／一般」

- 1) プログラミング演習における補助者の机間巡視と個別指導のためのタブレット PC 上の
支援ツール -小コンテスト形式の初級 C 演習での実践におけるアンケートの分析----- 1
○富永浩之，太田翔也（香川大学）
- 2) データベース正規化の分析課題に関する学習手法----- 7
○加藤涼（千葉工業大学大学院），仲林清（千葉工業大学）
- 3) 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----- 13
○石井俊也（千葉工業大学大学院），仲林清（千葉工業大学）
- 4) 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----- 21
○竹川夏実（千葉工業大学大学院），仲林清（千葉工業大学）
- 5) プログラムのトレーシング課題の時系列データを用いた分析方法の提案と評価----- 29
○山本樹（創価大学，はこだて未来大学大学院），華山宣胤（尚美学園大学），國宗永佳（千葉工業大学）
- 6) ネットワーク外部性を主題とするビデオとオンラインレポートを活用した授業の設計と試行評価----- 39
○仲林清（千葉工業大学，熊本大学）
- 7) 即応型擬人化エージェントの外見と動作がユーザ印象に与える影響----- 47
萩原愛（早稲田大学大学院），田和辻可昌，○松居辰則（早稲田大学）
- 8) 社会人学生の PBL での活動と意識に関する調査----- 55
○大崎理乃（産業技術大学院大学）
- 9) e-learning による院内研修における評価の妥当性の調査----- 59
○讃岐勝（筑波大学，筑波大学附属病院）
- 10) バーチャル体験による子育て学習 -乳児前期の e-learning 教育システムの開発と学習評価----- 65
○太田浩子（東京工科大学），井上智史（駿河台大学），松永信介（東京工科大学大学院），
澁谷恵子（東京工科大学），稲葉竹俊（東京工科大学大学院）

- 11) ペルソナ・シナリオ法を用いた学生による事例作成学習ツールの提案 -----73
○平野加代子 (宝塚大学), 真嶋由貴恵 (大阪府立大学)
- 12) 読文過程の行動特徴量による習熟度の予測 -----77
○児玉翠, 秦崇洋 (NTT 未来ねっと研究所), 渡邊淳司, 丸谷和史 (NTT コミュニケーション科学基礎研究所),
社家一平 (NTT 未来ねっと研究所)
- 13) 3 軸加速度センサを用いた板書行動分析システムの開発 -----83
○岡澤大志, 江木啓訓 (電気通信大学大学院)
- 14) LTI 規格に対応する教材配信プロトコル変換方式の検討 -----91
○田中頼人, 川原洋 (サイバー大学)

プログラミング演習における補助者の 机間巡視と個別指導のためのタブレット PC 上の支援ツール

- 小コンテスト形式の初級 C 演習での実践におけるアンケートの分析 -

富永 浩之 太田 翔也
香川大学工学部

A Support Tool of Instruction Assistants with Tablet PC in Classroom Round for Programming Exercises - Educational Practices and Results of Questionnaires in Introductory C Exercises Based on Small Contest Style -

Hiroyuki TOMINAGA Shoya OTA
Faculty of Engineering, Kagawa University

あらまし：実行テスト系列を取り入れた小コンテスト形式の初級 C 演習を実践している。その一環として、コンテストの進捗状況と連動する巡回指導の支援ツールを開発した。演習の補助者は、タブレット端末を携帯して教室を巡回する。座席表の着席位置を選んで、コンテストの進捗状況として得点順位や提出履歴を閲覧する。座席表からの受講者の呼出に応じて出向いたり、ツール上のチャットを通して、質問に答える。補助者同士の分担や相談もチャットで行える。前期に試作版を用いて運用実験を実施し、その結果からツールの改良を行った。改良版を用いて、大学情報系学科の後期の演習で、改めて運用実験を実施した。80名程度の受講者に対し、15名以上の補助者が利用した。補助者に対し、客観式および自由記述のアンケートを実施し、その回答を分析して、本ツールの有効性を議論する。

キーワード：初級 C 演習，補助者支援，机間巡視，個別指導，タブレット端末

1. はじめに

大学情報系では、C 言語による基礎的なプログラミング教育を重視している。しかし、理解度が異なる学生が受講しており、進捗状況や演習態度に大きな差が生じやすい。授業中に、担当教員だけで、様々な受講者に対応するのは困難である。そのため、大学院生のティーチング・アシスタント(TA)を補助者として採用している。補助者は、質問のある受講者の挙手に対して、その場に行き行って回答を行う。特に質問がなくても、机の間を行き来して、各学生の進捗状況を巡視することもある。しかし、受講者の数に対し、十分な補助者を確保することは、費用や人員の面で制約がある。

プログラミング演習においては、補助者は、回答を行う際に、学生の作成したソースコードを見て、理解する必要がある。また、単に正解を教えるのではなく、エラーへの対処方法やコーディングのマナーなど、解答へのノウハウも教える必要があり、個別対応に多くの時間を要する。近年では、こうした補助者への支援を試みる研究もみられる[1][2][3]。

2. 机間巡視と個別指導の支援ツール

2.1 vRoundEd の概要

本研究では、プログラミング演習における補助者の机間巡視と個別指導を支援するツール vRoundEd を提案している[4]。本ツールは、持運びが容易で、指導の邪魔になりにくいタブレット PC の携帯を想定している。また、大会運営サーバ tProgrEss による

小コンテスト形式の演習[5][6]では、データ連携を行って、進捗状況をリアルタイムに把握できる。利用場面は、図1のようになる。机間巡視だけでなく、チャットによる質疑や、補助者同士の連絡も機能に含めている。タブレット PC での表示や操作に適した UI を提供する。これらにより、円滑で効果的な演習支援を目指す。

vRoundEd のモジュール構成は、図2の通りである。受講側と補助側に4つの機能を提供する。1つ目は、受講者の出席状況の座席表による確認である。2つ目は、受講者の挙手呼出と補助者の挙手応対を管理する。3つ目は、受講者と補助者間での指導チャットとしての対話機能である。これは、補助者同士や教員との連絡や相談にも用いる。以上の3つの機能は、tProgrEss との連動は必須ではない。そのため、他の授業での利用も可能である。4つ目は、tProgrEss とデータ連携し、提出の履歴や得点状況などを監視する進捗閲覧機能である。これは、座席表への追加の情報として表示される。

本研究では、受講者と補助者の質疑を対話セッションと捉え、関連する状態とイベントを、図3のモデルで表す。本ツールでは、このモデルに基づき、受講者と補助者への支援を行う。ツール上では、受講者の状態を座席表上のアイコンで、イベントを各種のボタンで提供する。

2.2 vRoundEd の受講側と補助側の GUI

ノート PC で閲覧する受講側のページは、座席表、個人進捗、個人チャットの3つのタブから構成される。座席表タブでは、授業の教室の座席表が表示さ

れる(図4)。受講者は、演習前に、着席位置を登録しておく。個人進捗タブでは、tProgrEssの提出履歴を表示する。個人チャットタブは、補助者との対話に用い、挙手呼出やチャットの送信を行う。挙手呼出の際に、どの問題に関する質問か選択する(図5)。これにより、補助者が事前に質問への対応を考え始めることができる。チャットでは、補助者が向う前に、具体的な質問もできる(図6)。入力のための、典型的なメッセージの候補を用意し、それを選択するだけで投稿できる(図7)。

タブレット PC で閲覧する補助側のページは、座席表、全体進捗、全体チャットの3つのタブから構成される。座席表タブでは、受講者の着席位置を表示する。小コンテストの得点状況も表示する(図4)。また、受講者の状態に応じたアイコンを表示する(図8)。受講者一覧タブでは、受講者の出席状況、コンテストの進捗状況を表示する(図9)。全体チャットタブでは、補助者全体または担当教員との連絡に用いるスレッドを提供する。

また、座席表タブの各位置をクリックすると、受講者ごとのモーダルウィンドウが開く(図10)。このウィンドウは、ユーザ情報、個人進捗、個人チャットの3つのタブから構成される。ユーザ情報タブは、受講者の詳細なプロフィールを表示する。現時点では、未実装であるが、過去のコンテストの結果など通時的な情報も表示する予定である。個人進捗タブは、受講側の個人進捗タブと同様に、提出履歴を表示する。現在、提出された解答コードも閲覧できる機能を実装中である。個人チャットは、受講側の個人チャットタブと同様に、その受講者に絞ったスレッドを表示する。

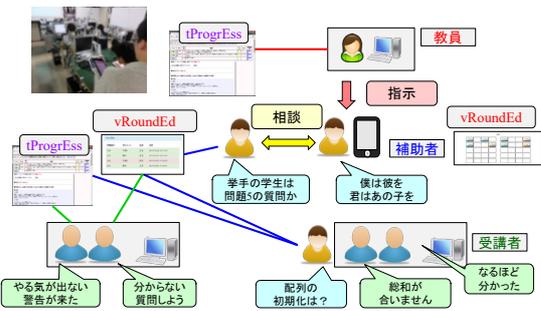


図1 タブレット PC を携帯しての机間巡視と個別指導

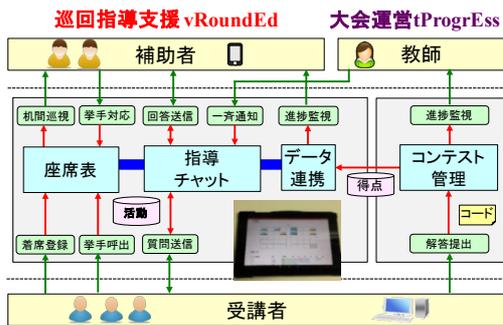


図2 支援ツール vRoundEd のモジュール構成

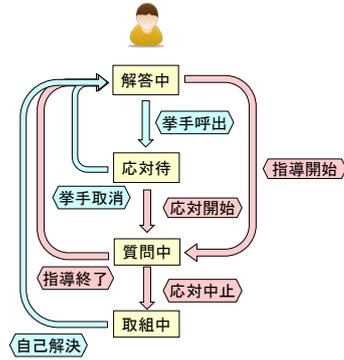


図3 受講者と補助者の対話セッションのモデル

教卓					
s06t254	s13t210	s13t203	s15t233	s15t226	
0	130' Q08	0	130' Q08	0	
s14g486		s15g485		s15t272	
600 Q04		0		130' Q08	

図4 出席管理の座席表とコンテスト連携の情報



図5 受講側での挙手呼出時の問題選択



図6 受講側と補助側のチャット機能

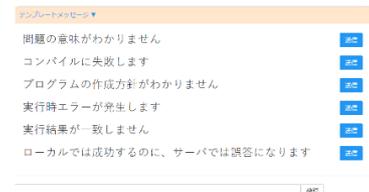


図7 受講側でのチャット機能の入力補助の GUI



図8 座席表上の挙手アイコンと応対アイコン

学号番号	氏名	出席状況	質問回数	Q01	Q02	Q03	Q04	Q05	Q06	Q07	Q08
s06t254	中野 誠	出席	0	5/9	5/9	5/9	5/9	4/9	4/9	4/9	4/9
s13t203	山本 悠斗	出席	1								
s13t210	山本 悠斗	出席	30								
s14g486	山本 悠斗	出席	0								
s15g485	山本 悠斗	出席	0								
s15t233	山本 悠斗	出席	0								
s15t272	山本 悠斗	出席	0								
s15t226	山本 悠斗	出席	0								
s15t214	山本 悠斗	出席	0								
s15t270	山本 悠斗	出席	0								

図9 補助側での受講者一覧タブ



図 10 受講者の詳細情報のモーダルウィンドウ

3. 授業実践と運用実験の概要

授業実践として、まず、情報系学科 2 年次前期の「プログラミング 2」で、10 週にわたり、本ツールの試作版を運用した。週 2 回の講義と演習の授業のうち、演習の方で、tProgrEss による小コンテストを授業中に実施した。出題内容は、復習編として、制御構造、配列、関数と、中級編として、ビット演算、列挙体と型定義、配列を引数とする関数、文字列、ポインタである。補助者 15 名に対して、客観式および記述式のアンケートを実施して、改良への意見を得た。また、受講者 60 名の行為ログを収集して、利用の傾向を把握した。

これらを基に、GUI を改良し、各種の機能を追加した。そして、情報系学科 1 年次後期の「プログラミング 1」において、3 回の演習で、改良版を運用した。「プログラミング 1」では、演算と式、制御構造、数学関数、配列、関数の定義と呼出を扱う。受講者は、80 名である。担当教員の他に、補助者として、延べ 18 名が参加した。その中には、技術職員と正規の TA の他に、有志の上級生が含まれる。ただし、全員が 3 回の演習に参加したわけではない。金曜の授業の第 1 回と第 3 回は 15 名、水曜の授業の第 2 回は 11 名である。小コンテストは、第 13~14 週に実施し、出題内容は、表 1 のような総復習である。

表 1 小コンテストの出題事項と要項

1 回	整数計算と制御構造	6 問	900 点	120 分
Q01	3 整数の等差連番の判定	B	150	20
Q02	絶対値の大きな 2 整数の平均	B	150	20
Q03	範囲内での二乗の列挙	B	150	20
Q04	前回値での場合分けによる得点	B	150	20
Q05	重複を除く最小値と二番値	B	150	20
Q06	三角型の二重反復で数字列の出力	B	150	20
2 回	不定反復と入出力書式	4 問	600 点	90 分
Q01	二次方程式の解と書式付出力	B	150	20
Q02	上限での総和の打切	B	150	20
Q03	ロシア乗算法の計算過程	B	150	20
Q04	個数指定での非倍数の列挙	B	150	20
3 回	一次元配列の参照と更新	6 問	900 点	120 分
Q01	配列要素の条件出力と逆順出力	B	150	20
Q02	配列への条件格納と走査結果の出力	B	150	20
Q03	添字指定での配列要素の格納	B	150	20
Q04	配列要素の積の表と列の総和	B	150	20
Q05	配列の転位による局面の更新と表示	B	150	20
Q06	2 つの配列要素の最小差	B	150	20

4. アンケートの結果

4.1 アンケートの概要

補助者へのアンケートは、著者らを除く 16 名に対し、記名式で実施した。システムの機能に関して 6 区分の項目を尋ねた(表 2)。この区分では、その機能を利用していない補助者には例外として「0」を選択してもらった。これは、無回答とみなし、平均からは除外している。次に、受講者と補助者の振舞いについて 5 区分の項目を尋ねた(表 3)。こちらは、全ての項目で 16 名からの回答を得た。3.50 以上の欄は背景色を青に、2.00 以下の欄は背景色を赤にしている。その他、自由記述の意見も収集した(表 4)。

4.2 システムの機能に関するアンケート

項目 1-1 は、座席表タブに関する質問である。全ての質問で 3.0 以上の結果となっている。座席表形式での受講者の表示や座席をタッチしての詳細表示は好評であったことが伺える。1 名だけ利用していない補助者がいるが、これはノート PC から利用していた補助者であるため、タブレットに関する回答では未使用と回答していた。

項目 1-2 は受講者一覧タブに関する質問である。全体的に利用者数が少ない結果となっていた。補助者は、座席表での挙手呼出に注目しており、受講者のリスト表示は利用する機会が少なかったと考えられる。表示される情報に関しては、平均して高い回答結果が得られた。

項目 1-3 は、座席表での受講者からの呼出と補助者からの対応に関する質問である。座席表での挙手呼出に関して、補助者の満足度は高いことが確認できた。しかし、質問の問題表示に関しては比較的低い値となった。問題表示は呼出時にはテキスト形式で表示されているが、対応を登録すると表示が消えるようになっている。あまり目立たず、対応後すぐに消えてしまうため、不満が見られたのではないかと考えられる。

項目 1-4 は、チャット機能に関する質問である。アイコンや履歴表示に関しては、高い回答結果が得られた。しかし、投稿の操作に関しては、利用者数が少なかった。受講者側へのチャットテンプレートの導入により、チャットを見る機会は増えたが、補助者から投稿を行う機会は少なかった。補助者は、チャットで指導をするより、実際に座席に向いて指導を行う方が多かったことが確認できる。

項目 1-6 は、受講者の詳細モーダルに関する質問である。回答結果は 3.0 以上で高い回答になっている。しかし、提出履歴を確認して指導を行っている補助者はあまり多くはなかった。座席表に得点表示があり、呼出時に問題番号が確認できるため、利用する機会が少なかったのではないかと考えられる。

4.3 受講者と補助者の振舞いに関するアンケート

項目 2-1 は、ツール自体の印象に関する質問である。ツールを利用することで、指導できる量は増加したが、質の向上はあまり確認できていないようで

あった。また、他の演習でも利用したいと回答している補助者は多く、補助者の負担の軽減には貢献できているところが伺える。

項目 2-2 は、補助者の受講者への対応中の振舞いに関する質問である。ほぼ全ての補助者が、受講者からの質問に対して、できるだけ早く対応しようとしていた。対応の開始と終了を忘れずにすぐに押したと回答した補助者も多かった。項目 1-3 の質問 2 での対応中の座席の色分け表示機能に対する回答が高いことから、適切な UI だったことが伺える。補助者同士での相談はほとんど見られなかった。今回の演習では、1 年次向けの内容だったこともあり、あまり指導に困る補助者がいなかったと考えられる。

項目 2-3 は、補助者の待機中の振舞いに関する質問である。この結果から、待機中に現在の進捗状況の把握を行い、指導に進んで出向いている補助者はあまりいなかったようである。質問数が多く、そこまでの余裕がなかったともいえる。

項目 2-4 は、補助者が対応中の受講者の振舞いに関する質問である。その結果から、問題自体の把握やプログラムの作成方針に関する質問が多かったことが分かった。今回の演習は、文法事項はそれまでの講義で学習済みであり、応用的な立ち位置であったため、文法事項に関する質問は少なかったと考えられる。また、エラーメッセージの意味や実行結果と正答の違いに関する質問も比較的多いことが確認できた。エラーメッセージや実行結果の差分をより分かりやすく伝えることで、質問数を減らし、補助者の負担が軽減できると考えられる。

4.4 自由記述のアンケート

自由記述のアンケート結果では、座席表に関する指摘が多かった。現在、机と座席の数だけを反映しているため、通路による区分けなどがツール上では確認できない。また、教室が広いと、画面内にうまく収まりきれないことがある。より現実に即した形で座席表を表示できるように改善が必要である。また、補助者による対応の完了忘れによって、受講者が質問できなくなっていることが多いという指摘があった。これは、実践の途中で、補助者自身が対応している座席を強調表示することによって、対応出来ていると考えられる。tProgrEss との連携部分に関しては、得点表示をリアルタイムに変更してほしいという要望もあった。現在、API 経由で tProgrEss から情報を取得しているため、一定時間毎に取得し直したり、得点変更時に tProgrEss から通知するといった改良が必要である。その他、tProgrEss や指導方法に関する意見も幾つか見られた。

5. おわりに

本研究では、プログラミング演習における TA や上級生などの補助者による机間巡視と個人指導に対する支援ツール vRoundEd を開発している。補助者は、タブレット PC を用いて、ツールの座席表を注

視しながら仮想的に机間巡視を行い、受講者の挙手に対して対応を行う。また、実行テスト系列を取り入れた小コンテスト形式の大会運営サーバ tProgrEss と連携を行い、進捗状況として得点や提出履歴を共有する。補助者は、これらの進捗状況を参考にしながら、進捗の思わしくない受講者に対して発見指導を行う。補助者による受講者への質問回答や指導を対話セッションとして定義し、それらを管理するためのデータベースと機能を実装した。

前述の機能を実装した試作版で情報系学科 2 年次前期「プログラミング 2」での演習実践を行った。演習の終了後には、アンケートを実施した[7]。この実践結果を基に機能の追加と修正を行って、改良版とした。改良版を用い、情報系学科 1 年次後期「プログラミング 1」で演習実践を行った。

「プログラミング 2」の実践では毎回 50 件程度、「プログラミング 1」での実践では毎回 150 件程度の対応が確認できた。補助者からの意見では、機能に関しては全体的に評価が高く、プログラミング演習での机間巡視における補助者の負担の軽減に効果があったことが確認できた。また、受講者からの意見でも、挙手に対する負担が減り、挙手がし易い環境になったと言う意見があり、質問の促進に効果があったと思われる。しかし、チャット機能に対する評価は全体的に低い結果となった。

また、ツールの利用ログの分析を行っている[8][9]。改良版で、不具合を修正してから、対話セッションのモデルにおける、挙手 - 対応 - 終了の行為フローに合致しない不適正なログは減少していた。提出と挙手と対応は、どの授業でも似たような増加を行っていた。また、tProgrEss の得点と挙手回数の関連性も調べている。得点の高い受講者には挙手の多い学生から全くしない学生も確認できたが、得点の低い学生には挙手の少ない受講者が多く確認できた。

今後の課題として、より詳細な操作フローの分析を行う。具体的には、個人ごとの時系列順で操作ログを分析し、挙手から対応、対応から解決までの所要時間、受講者と補助者の個人ごとのサイクルなどを抽出し、特徴的な傾向を見つけ出す。

さらに、ツールを改良し、機能の充実化や情報提供の強化を図る。教員側の機能として、未実装となっている一斉通知の機能を実装する。補助者側には、最終提出からの経過時間や得点の傾向、過去のコンテストの進捗状況などの情報を基に、事前の警告機能を取り入れ、早期の発見指導につなげていく。受講者側には、問題と質問の傾向から、挙手前に典型的な質問と回答を提供することで、同じような質問の回数を減らし、質問を行う手間を軽減させる。

参考文献

- 1) 津村裕司, 古賀雅伸, 川端悠一郎, 他, "TA 業務支援システムにおけるスマートウォッチを用いた学生呼出状況通知機能の提案", 教育システム情報学会 研究報告, Vol.29, No.4, pp.35-38 (2014).
- 2) 野口剛史, 井手敬也, 長郷俊輔, 古賀雅伸, 矢野健太郎, "PCを使う多人数講義における TA 業務支援システムの開発と評価", 情処研報, Vol.2013-CE-122, No.31, pp.1-5 (2013).
- 3) 安田光, 井上亮文, 市村哲, "学生とティーチングアシスタント間でトラブル解決過程を共有できるプログラミング演習支援システム", 情報処理学会 論文誌, Vol.53, No.1, pp.81-89 (2012).
- 4) 太田翔也, 中矢誠, 花川直己, 富永浩之, "実行テスト系列を取り入れた小コンテスト形式の初級 C 演習における教師支援 - コンテストの進捗状況と連動する出席管理ツールと補助学生による巡回指導の支援機能 -", 教育システム情報学会 研究会報告, Vol.30, No.5, pp.7-12 (2016).
- 5) 西村智治, 川崎慎一郎, 富永浩之, "小コンテスト形式の初級 C 演習における教師支援 - 解答状況の時系列表示によるモニタリング機能の試用実験 -", 情処研報, Vol.2011-CE-110, pp.1-8 (2011).
- 6) 西村智治, 青木辰徳, 富永浩之, "小コンテスト形式の初級 C 演習における教師支援 - 解答プログラムの提出状況と得点推移によるモニタリング機能 -", 情処研報, Vol.2012-CE-119, No.19, pp.1-8 (2012).
- 7) 太田翔也, 富永浩之, "実行テスト系列を取り入れた小コンテスト形式の初級 C 演習における巡回指導の支援ツール - 補助者によるタブレット PC でのシステム利用とアンケート分析 -", 信学技報, Vol.116, No.126, pp.1-6 (2016).
- 8) 太田翔也, 富永浩之, "プログラミング演習における補助者の巡回指導のためのタブレット PC 上の支援ツール - 小コンテスト形式の初級 C 演習での実践におけるツールの操作ログの分析 -", 情処研報, Vol.2016-CE-137, pp.1-8 (2016).
- 9) 太田翔也, 富永浩之, "プログラミング演習における補助者の机間巡視と個別指導のためのタブレット PC 上の支援ツール - 小コンテスト形式の初級 C 演習での実践における機能改善の効果と操作ログの分析 -", 信学技報, Vol.116, No.517, pp.95-100 (2017).

表 2 システムの機能に関するアンケート結果

1-1	座席表タブの機能と GUI について	4	3	2	1	0	平均	回答
1	座席表の表示は、タブレット PC での閲覧に適切だった	7	4	3	1	1	3.13	15
2	座席表の表示は、全体的な出席状況を把握しやすかった	8	6	2	0	0	3.38	16
3	受講者の座席をタッチして、モーダルウィンドウを開くのは使いやすかった	9	5	1	0	1	3.53	15
4	モーダルウィンドウのタブによる表示の切替えは使いやすかった	6	7	2	0	1	3.27	15
5	ユーザ情報タブの個人情報(学籍番号, 氏名, 座席位置)は十分だった	8	8	0	0	0	3.50	16
6	ユーザ情報タブの進捗情報(得点, 順位, 最終提出)は十分だった	7	8	0	0	1	3.47	15
1-2	受講者一覧タブの機能と GUI について	4	3	2	1	0	平均	回答
1	受講者一覧で表示する個人情報(学籍番号, 氏名, 出席状態)は十分だった	7	4	0	0	5	3.64	11
2	受講者一覧で表示する進捗情報(各問題の正誤, 質問回数)は十分だった	5	5	0	0	6	3.50	10
3	受講者の出席状態(出席/遠隔/欠席)による色分けは分かりやすかった	7	5	1	0	3	3.46	13
4	受講者の質問回数の表示は役に立った	0	1	8	0	7	2.11	9
5	表の上部の出席者数の表示は役に立った	1	3	4	0	8	2.63	8
6	表の上部の各問題の正答者数の表示は役に立った	0	7	0	0	9	3.00	7
1-3	受講者からの呼出と補助者の対応について	4	3	2	1	0	平均	回答
1	座席表で、受講者からの呼出アイコンの形状は意味的に分かりやすかった	12	4	0	0	0	3.75	16
2	受講者からの呼出アイコンの出現にはすぐに気付いた	13	3	0	0	0	3.81	16
3	受講者からの呼出時の問題表示は分かりやすかった	4	8	3	1	0	2.94	16
4	受講者からの呼出時の問題表示は指導の役に立った	4	7	4	0	1	3.00	15
5	座席表で、補助者の対応アイコンの形状は意味的にわかりやすかった	10	4	2	0	0	3.50	16
6	補助者の対応アイコンの出現にはすぐに気付いた	12	2	2	0	0	3.63	16
7	自分が対応中の座席の色分け表示(途中で実装)は役に立った	15	0	0	0	1	4.00	15
1-4	受講者と補助者のチャット機能について	4	3	2	1	0	平均	回答
1	座席表で、受講者からの発言アイコンの形状は意味的に分かりやすかった	10	4	2	0	0	3.50	16
2	受講者からの発言アイコンの出現にはすぐに気付いた	8	5	3	0	0	3.31	16
3	チャットタブでの投稿の操作(改行可, 投稿ボタン)は使いやすかった	0	1	3	0	12	2.25	4
4	チャットタブでの投稿の表示(改行位置, スクロール)は見やすかった	0	3	2	0	11	2.60	5
5	チャットの履歴の時系列での表示は分かりやすかった	3	5	2	0	6	3.10	10
6	受講者からのプレートメッセージによる質問内容の投稿は指導の役に立った	2	7	3	0	4	2.92	12
1-5	座席表による教室全体の進捗状況について	4	3	2	1	0	平均	回答
1	各座席の得点表示は役に立った	9	4	2	0	1	3.47	15
2	各座席の得点表示の色分けによる合否は分かりやすかった	10	3	2	0	1	3.53	15
3	各座席の着手問題の表示は役に立った	8	4	2	0	2	3.43	14
4	各座席の着手問題の表示は情報として十分だったか	6	5	3	0	2	3.21	14
1-6	受講者個人のモーダル表示における進捗状況について	4	3	2	1	0	平均	回答
1	個人進捗タブに表示される提出履歴は役に立った	5	5	1	0	5	3.36	11
2	提出履歴の正誤判定による色分けは分かりやすかった	6	4	1	0	5	3.45	11
3	提出履歴を時系列順に表示することは分かりやすかった	4	6	0	0	6	3.40	10

表3 振舞いに関するアンケート結果

2-1	授業とシステムの全体の印象	4	3	2	1	平均
1	vRoundEdでの挙手機能などにより多くの受講者を指導しやすくなった(量が増えた)	14	2	0	0	3.88
2	vRoundEdで事前に質問を把握することで丁寧に指導できるようになった(質が上がった)	5	4	7	0	2.88
3	他の授業でTAを行う際にも利用したいと感じた	10	5	1	0	3.56
2-2	補助者の受講者への対応中の振舞いについて	4	3	2	1	平均
1	受講者からの質問があったとき、できるだけ早く対応した	11	4	1	0	3.63
2	一度対応した受講者の方が再び対応しやすかったと思った	6	6	3	1	3.06
3	受講者からの挙手が複数あった場合、誰に対応するか補助者同士で相談した	0	4	6	6	1.88
4	問題の内容や対応の仕方について補助者同士で相談したいことがあった	2	7	4	3	2.50
5	対応の開始と完了のボタンを忘れずにすぐ押した	10	6	0	0	3.63
6	挙手した受講者の座席へ行くまでに、質問内容を把握したいと思った	4	7	5	0	2.94
2-3	補助者の待機中(対応の前後)の振舞いについて	4	3	2	1	平均
1	質問が無くても、進捗状況を見て、自分から指導に行った	2	2	6	6	2.00
2	受講者の進捗状況を常に確認していた	2	4	6	4	2.25
3	連続して誤答をしている受講者を指導すべきと感じた	4	3	5	4	2.44
4	長時間提出をしていない受講者を指導すべきと感じた	3	5	6	2	2.56
5	自分の得意な文法事項や題材の問題を選んで指導したいと感じた	3	6	4	3	2.56
6	直接座席に行かずに、チャットで指導をしたいと感じた	1	3	5	7	1.88
7	受講者に挙手と同時に質問事項をチャットで知らせたいと感じた	4	3	6	3	2.50
8	呼出アイコンが多数出たとき、補助者の不足を感じた	4	5	5	2	2.69
2-4	対応中の受講者の振舞いについて	4	3	2	1	平均
1	呼出時に受講者はチャットで質問内容の送信をしていた	0	4	7	5	1.94
2	問題文の意味や入出力サンプルについての質問が多かった	10	4	2	0	3.50
3	文法事項やハンドブックの内容に関する質問が多かった	1	2	8	5	1.94
4	最初から自分のソースコードを見せていた	3	7	4	2	2.69
5	最初から自分のプログラムの実行結果を見せていた	4	6	3	3	2.69
6	例題サンプルをコピーしたためのミスが多かった	2	1	9	4	2.06
7	エラーメッセージの意味が分かっていなかった	10	3	3	0	3.44
8	実行結果と出力サンプルとしての正答の違いが分かっていなかった	7	8	0	1	3.31
9	仕様に沿ったプログラムをどのように作成すればいいか分かっていなかった	9	7	0	0	3.56
10	説明に対して理解したかどうかの反応があった	4	8	4	0	3.00
2-5	以下のような機能があると指導が捗ると思いますか	4	3	2	1	平均
1	学生への対応時に、完了ではないが、保留する機能	4	6	3	3	2.69
2	対応者を自動で振り分ける機能	4	3	6	3	2.50
3	受講生の質問履歴の機能	4	4	8	0	2.75
4	チャットに対する既読・リアクション機能	1	10	3	2	2.63

表4 自由記述の意見

- ・ TAによって対応ボタンを押してから対応か、対応し始めてからボタン押すかが違い困った
- ・ 「問題の意味がわからない」のプレートメッセージはこちらとしてもこちらとしても「質問として意味不明」なので改善してほしい
- ・ TA同士の衝突があるのである程度自動で振り分けてほしい
- ・ 各座席のページの更新を行わないと最新の状態にならないのを改善してほしい
- ・ モーダルのアニメーションが気になる。シンプルなフェードで良いかも
- ・ 補助者が一度の呼出に対して長時間対応しているのを多く見た。受講者には考える時間が必要だと思うので、一度に教え過ぎたり、過保護になるのはあまりよくないと思う。
- ・ 通路を表示してもらえると生徒の場所がわかりやすいと思う
- ・ 5人がけの真ん中に座ってる生徒の指導など、座る場所によって少し大変だったので、座席の指定をして演習をした方が良いと感じた
- ・ 実際の得点と座席表の得点を同じにしてほしい。
- ・ どの問題をどこまで回答しているか分かるように座席表に示してほしい。
- ・ 対応終了を生徒側に置いたらいいと感じた。または見れる人を1人に限定して補教だとエラーを出すような処理があるといいと思う。
- ・ 対応完了ボタンを押し忘れていて学生が質問できないと言っていたので、その部分の改良が必要。
- ・ 座席表がタブレットで確認しづらい。
- ・ 対応のボタンを押した後も、質問した問題の情報を表示したままにしてほしい
- ・ 読み慣れていないことや知らない用語が出現することなどから、問題文の要件、仕様の部分を読んでいない、理解していない人が多いように感じました
- ・ 文字の大きさなどを工夫して、問題文が理解しやすいようにしてほしい
- ・ システムの導入効果について、受講生よりもTAに対する導入効果がよく出ていると思う。
- ・ TAは受講生からの呼出に即座に反応して指導に行っていた。
- ・ 受講生の進捗状況が把握できるのが良かった。

データベース正規化の分析課題に関する学習手法

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 Technique about an Analysis Problem 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、ブルームのタキソノミーで定義される応用・分析レベルの能力を獲得するための学習手法を行った。学習者に応用・分析レベルの能力を必要とする問題を解いてもらい、その能力獲得を目的として行った。大学4年生を対象に、正規化の基礎知識を与えた上で、正規化に関する応用・分析レベルの記述式問題に解答させた。その時、学習者には問題を解く上で必要となる思考過程を意識して解答してもらった。実験の結果、能力を獲得するような学習効果は得られなかったが、意識に変化のある学生とない学生の傾向がみられた。

キーワード: ブルームのタキソノミー, 正規化, 思考過程, 記述式問題

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。将来、そのようなデータベースのビジネスに携わる学生にとっては重要な考え方である。

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。これは現実の問題では、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。大学の講義を受けることで得る能力だけではこのように必要性を判断して正規化を行う力を身につけることは難しい。よって本研究では、正規化の必要性を現実の問題に応じて、適切に判断できるようにする学習手法を研究する。

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問題を考えることによって、ブルームのタキソノミー⁽³⁾で定義される応用・分析レベルの能力を獲得することを目的とする。

2.1 データベース正規化の学習目標

本研究では、データベース正規化の分野とブルームのタキソノミーのレベルを対応させて考えている。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分野の対応の関係を示す。(1)知識レベル・(2)理解レベルは大学の講義で学ぶ用語などの定義や意味の記憶・理解するレベルの内容である。(5)統合レベル・(6)評価レベルは実際にデータベースの設計を行うレベルの内容である。本研究においては(1)知識レベル・(2)理解レベルの学習内容を前提知識として身につけているものとし、(3)応用レベル・(4)分析レベルの学習内容を学習させることとする。

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 データベース正規化の学習課題

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・分析レベルまでを取り上げているので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 正規形とは何か、答えよ。

これらのような問題は、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。

(2)理解レベルの学習課題

(例)次の文章の空欄に当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。

このような問題は、関数従属の関係性を説明する文章の空欄を埋める問題である。関数従属の意味を説明することから、(2)理解レベルの問題である。

(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。

このような問題は、実際にテーブルの正規化を行う問題である。与えられた表を正しく正規化することから、(3)応用レベルの問題である。

(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。

このような問題は、正規化されていないときに発生する問題点を説明する問題である。正規化が必要であるのにしていない状況で、問題点を説明する形式である。現実の問題に応じて、正規化の必要性から問題点を説明することから、(4)分析レベルの問題である。

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問題を解かせることによって、ブルームのタキソノミーの応用・分析レベルを獲得し実行できているのかをみる。そのために、学習者に応用情報技術者試験の記述式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の一部を学習者に与える。そして再度解けなかった問題を解いてもらい、その結果から能力が獲得できているのかをみる。その後、アンケートを行い、学習者が指摘を与える前後で意識したことや考えたことにどのような変化があったのかを確認する。

3.2 学習に使用した問題

本研究では、応用情報技術者試験の平成 21 年度秋期試験の問題の間 6 を使用した。旅行業務用データベースの設計に関する問題である。表 2 は学習に使用した問題の問題形式・必要知識・ブルームのタキソノミーのレベルについて表したものである。ここでは本研究の主となる記述式問題の設問 2(1)(2)について説明する。設問 2(1)(2)はともに、(3)応用レベル・(4)分析レベルの設問である。

表 2 学習に使用する問題の構成

問題形式	必要知識とレベル
設問 1 関数従属に関する文章の記号選択式穴埋め問題	関数従属の定義・種類に関する「理解」
設問 2(1)(2) 正規化の必要性・問題点に関する記述式問題	正規化の定義・問題点に関する「応用」、「分析」

3.3 想定する思考過程

本研究では、学習に用いる設問 2(1)(2)それぞれの思考過程を一例として想定している。実際の学習時の指摘はここで想定した思考過程の一部である。

3.3.1 設問 2(1)の思考過程

設問 2(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、ツアータ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。その理由を述べよ。」というものである。表 3 は設問 2(1)の思考過程を表したものである。

表 3 設問 2(1)の思考過程

段階 1	一般的な問題とは何かという問いかけ(疑問)。
段階 2	一般的な問題を考える、列挙する。
段階 3	その問題が発生しない状況を、仮定して考える。
段階 4	仮定した場合と解く問題の場合を、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問いかけをする。次に、その一般的な問題を考え、同時にどのような問題があるのか列挙する。ここで一般的な問題を自分の中で整理し考えをまとめる。次に、その問題が発生しない状況を仮定して考える。ここで考えた問題が発生するのはどのような場合なのかを想像して考える。最後に、その場合と今回の場合を比較して考える。ここまでに考えたことと実際の設問の状況を比較して考える。このプロセスをへることによって解答を導き出すことができると考える。

3.3.2 設問 2(2)の思考過程

設問 2(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述べよ。」というものである。表 4 は設問 2(2)の思考過程を表している。

表 4 設問 2(2)の思考過程

段階 1	発生する問題とは何かという問いかけ(疑問)。
段階 2	発生する問題を考える、列挙する。
段階 3	その問題が発生する状況を、仮定して考える。
段階 4	仮定した場合と解く問題の場合を、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問いかけをする。次に、その発生す

る問題を考え、同時にどのような問題があるのかを列挙する。ここで発生する問題を自分の中で整理してまとめる。次に、その問題が発生する状況を考える。ここで考えた問題が発生するのはどのような状況なのかを想像して考える。最後に、その場合と今回の場合を比較する。ここまでに考えたことと実際の設問の状況を比較して考える。このプロセスをへることによって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⁽⁴⁾⁽⁵⁾のプロセスとは異なり、抽象化から具体化を行っている。しかし、これは一例でしかなく、これ以外にもほかの思考過程は考えられる。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指摘を与える。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 を学習者自身に考えてもらう。

3.4 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 は学習の流れとおおよその所要時間を表している。事前学習では、(1)知識レベル、(2)理解レベルの学習を行っている。指摘を与える場面では、学習者が設問を考えやすいように指摘を与える。これによって(3)応用レベル、(4)分析レベルの学習の支援を行っている。そして、(3)応用レベル、(4)分析レベルの能力が獲得できたのかを解答した結果から判断する。

表 5 学習の流れ

ステップ 1	事前学習
ステップ 2	問題解答 1 回目(30 分)
ステップ 3	採点および模範解答の提示(5 分)
ステップ 4	指摘を与える、考えのまとめ(20 分)
ステップ 5	問題解答 2 回目(20 分)
ステップ 6	アンケート(10 分)

ステップ 1 では、指導側が用意した予習資料などを参考に正規化の基礎知識の学習をしてきてもらう。ステップ 2 では、学習者に記号選択式穴埋め問題と記述式問題に解答してもらう。ステップ 3 では、1 回目の解答の採点を行い、記号選択式穴埋め問題のみ模範解答を提示する。ステップ 4 では、1 回目できなかつ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 を指摘する。また、学習者はその指摘を受

けて、思考過程の段階2について考えてもらう。ステップ5では、ステップ4での考えをもとに、再度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ステップ2とステップ5での意識の変化に関するアンケートに回答してもらう。

学習者に指摘を与える場面では、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、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。必要以上の指摘は避けて、このような学習を行ったことでどのように思考過程に変化があるのか、あるいは生まれるのかを調査する。

4. 結果

4.1 実験の結果

実験は学習者6名、所要時間90分で行った。

設問1は前提知識を確認する基本的な記号選択式穴埋め問題であったが、6名全員全問正解する学習者はいない結果となった。

設問2(1)、(2)は応用・分析レベルの記述式問題であったが、6名全員どちらの設問も正解できた学習者はいない結果となった。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

Aさん	設問2(1) 1回目	ツアーコードが同じでも、出発日が異なるため、重複しない。
	設問2(1) 2回目	出発日がわかったとしても、日数や価格によってツアーコードが変わるから行の無駄ができない。
	設問2(2) 1回目	重複するコードが出てしまう。
	設問2(2) 2回目	顧客番号から郵便番号はわかるが、顧客番号から支店がわからない。郵便番号から支店が決まるため、支店が重複する。推移関数従属が発生する。
Bさん	設問2(1) 1回目	記述なし
	設問2(1) 2回目	第一正規形の時点で重複が発生しないから、ツアーコードを申し込みテーブルで使うため。
	設問2(2) 1回目	記述なし
	設問2(2) 2回目	郵便番号から支店コードが出せなくなり、どこの支店が担当するのか決められなくなってしまう。

1回目と2回目の間で指摘を与えられて自分なりに考え直してはいる傾向にみられる。しかし、正しく解答できるまでには至らなかった。

問題解答後に行ったアンケートの結果について、6名全員が、データベース正規化について理解が不十分であることが、アンケート結果および記号式穴埋め問題の結果からわかった。Aさん、Cさん、Dさん、Fさんの4名は、指摘前より指摘後の意識に変化があった。また、Bさん、Eさんの2名は、指摘の前後で意識する点に特に変化はみられなかった。以下、実験結果に沿って学習者の傾向に分けて説明する。

4.1.1 全体的な傾向

学習者全員、実験に取り掛かる上で必要なデータベース正規化の知識を十分に理解していないことがわかる。アンケート項目「予備資料（配布資料）はわかりやすかったか？」では「1.そう思う」、「2.どちらかといえばそう思う」と答えた者が多かった。しかし、アンケート項目「正規化の理解は十分だと思うか？」では「3.どちらかといえばそう思わない」、「4.そう思わない」と答えた者が多かった。学習する資料はわかりやすいと感じているが、実際にそれを理解している若ではないようだった。

4.1.2 意識に変化のある学習者

アンケート結果から指摘の前後で意識する点が増加した学習者について説明する。そのような学習者は、指摘を受けて自分で考えをまとめるときに、できるだけ具体的な表現の記述をするような傾向がみられた。表7は意識に変化のある学習者の考えを記述したものを示している。

表7 学習者が指摘から考えたこと（変化あり）

Aさん	指摘1	不要な行が出てくる。
	指摘2	客コードから客名が決定するため、客名が重複する（主キーから直接「客名」が決まらない）
Cさん	指摘1	日数やツアー名称にツアーコードが従属してしまい価格に出发日が従属しているため1つの主キーからその他のものがわからないということ
	指摘2	非キー属性の中に、他の非キー属性を介して候補キーの方に関数従属してしまっている点
Fさん	指摘1	出発日から他の非キー属性がわかるのでツアーコードが不要になる
	指摘2	顧客番号から担当支店コードがわからない

Aさん、Cさん、Fさんの3名は、それぞれの指摘に対してできるだけ具体的に問題点を考えていることが記述内容からわかる。今回の場合でいえばこの3名は、「一般的な問題点」という指摘であったが「設問の状況」という具体的な場面を想定して考えたといえる。ただし、3名全員の記述した内容に問題の内容とずれている記述もみられた。

4.1.3 意識に変化のない学習者

アンケートの結果から指摘の前後で意識する点に変化のなかった学習者について説明する。そのような学習者は、指摘を受けて自分で考えをまとめるときに、抽象的な表現の記述をするような傾向がみられた。表8は意識に変化のない学習者の考えを記述したものを示している。

表 8 学習者が指摘から考えたこと（変化なし）

Bさん	指摘1	重複が発生する。
	指摘2	重複の発生
Eさん	指摘1	矛盾がある可能性がある
	指摘2	データの重複の可能性、矛盾がある可能性がある

Bさん、Fさんの2名は、それぞれの指摘に対して抽象的な言葉で記述していることが記述内容からわかる。他の学習者に比べて与えられた指摘からは深く考えられなかったため、抽象的な説明しかできていないといえる。

5. 考察

本実験から学習者の意識や考え方についてと、応用・分析レベルの能力獲得の学習効果についてのそれぞれに対して考察をしていく。

5.1 学習者の意識や考え方についての考察

本実験では、正答できなかった記述式問題に対してそれぞれヒントとして思考過程の一部を指摘した。それによって一部の学習者には意識に変化が起き、具体的に問題を考えようとしている傾向がみられた。指導側からの指摘に対して、指導側が指摘していない（意識させていない）こと、その先のプロセスまで意識して考えていることがアンケート結果からわかる。また、学習者は指摘されたことをできるだけ具体的に考えようとしていることが学習者の解答からわかる。アンケートの自由記述にも「一般的な問題の部分を少し考え

て問題を解きました。」、「テーブルの具体例を実際に書いて問題を解いた。」というように指摘された点を意識して考えたと読み取れる記述があった。これらのことから意識に変化のあった学習者は指導側から考え方のきっかけを与えたことによって設問の状況や内容を考えやすくなったといえる。つまり、学習者は思考の流れを意識することで物事を深く具体的に考えやすくなると考えられる。

ただし、これは意識に変化のあった学習者に対していえることである。意識に変化のなかった学習者は、指導側から指摘したこと以上のことを考えずに問題に解答していることがアンケート結果からわかる。指摘に対する記述内容も、抽象的なことしか記述できていないことが指摘に対する記述からわかる。これは、指摘に対して深く考えずに問題を考えているためだと考えられる。このことから意識に変化のなかった学習者は、指導側から考え方のきっかけを与えられても深く考えず、抽象的な・表面的な部分までしか考えていないことがいえる。

5.2 応用・分析レベルの能力獲得の学習効果

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問題を解かせることによって、ブルームのタキソノミーの応用・分析レベルの能力を獲得し実行できているのかをみた。本実験の結果から、設問2(1)(2)それぞれの指摘後の2回目であっても学習者全員が正答するまでには至らなかった。したがって、応用・分析レベルの能力を獲得するような学習効果はなかったということである。このような結果になった原因として

(1)指摘する点にわかりにくい部分があった。

(2)学習者に設問を解く上で必要となる前提知識が不十分であった。

の2点が考えられる。

(1)について、今回の実験では独自に考えた思考過程の一部をヒントとして指摘した。その指摘した点を参考に問題を考えてもらった。しかし、想定した思考過程が適切でなく指摘する点が抽象的になってしまった。その結果、学習者にとって考えにくかった部分が発生したということが考えられる。アンケートの自由記述にも「どのような問題が起こるのかが分からないため、

書くことができなかつた。」という記述があつた。これらのことから、想定した思考過程が適切でなく指摘する点をわかりにくくしてしまったことが応用・分析レベルの問題を解く障害になつたのではと考える。

(2)について、学習者には実験を行う前に前提知識の予習資料を配布し予習をしてきてから実験に臨んでもらつた。その確認のための基礎知識を問う記号選択式穴埋め問題は実験の設問に用意した。しかし、その記号選択式穴埋め問題を全問正答できた学習者はいない結果となつた。そのような前提知識が身につけていない状態では基礎知識を問う記号選択式穴埋め問題だけでなく、それより高度な記述式問題もできないと予想できる。これらのことから、知識・理解レベルの学習が十分行える状態でなければ応用・分析レベルの学習を行うことは困難であるといえる。

5.3 今後の課題・改善点

本実験を終えての改善点や今後の課題は2つある。

1つ目は、学習者に指摘する点が適切かどうかしつかり吟味しなかつたことである。その結果、学習者にわかりにくい指摘をしてしまい学習の障害をした可能性がある。したがって、他者の意見や予備実験から指摘する点を吟味する必要があると考える。

2つ目は、学習者の前提知識を実験前に確認しなかつたことである。今回その確認を実験中に行つたことにより、実験後に前提知識の不十分がわかつた。したがって、学習者の予習が終つた段階で確認問題を解かせて前提知識が身につけているのか実験前に確認する必要があると考える。

6. まとめ

本研究では、学習者に思考過程を意識させてデータベース正規化の問題を解くことによってブルームのタキソノミーの応用・分析レベルの能力を獲得できるのかを目的に学習を実施した。

学習者は指摘していない部分まで自ら考えることができることがわかつた。また、学習者は思考過程を意識することによって問題を深く考え、具体的に考えようとするのがわかつた。しかし、本研究の学習手法では目的とする応用・分析レベルの能力獲得には至らなかつた。

今後の課題として、学習者全員に応用・分析レベルの能力を獲得してもらうために、必要となる前提知識を予習でしっかり身につけてもらうこと、そのうえでできるだけわかりやすく適切な指摘で支援を行うことが挙げられた。これらの課題を改善することで、学習者が応用・分析レベルの能力を獲得しやすいような学習手法になると考える。

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) 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)
- (4) 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)
- (5) 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)

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

石井 俊也*, 仲林 清**

千葉工業大学大学院*, 千葉工業大学**

A Learning Method to Improve Requirements Analysis Skills in System Requirements Definition

Shunya Ishii*, Kiyoshi Nakabayashi**

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

システム要求分析において、開発課題を分析するための観点を意識させることで、機能要件の曖昧性除去および将来的な問題予測の2つの能力向上を狙う学習手法の開発と評価を行った。要件定義の初学者である情報系学科の大学4年生を対象に要件定義の課題を与え、機能要件の定義・将来的な問題予測・解決策提示を行わせた。学習者は課題内容から必要な情報を絞り込むための観点として機能欠陥・操作利便不足・規則誤解誘発を概ね意識し、問題予測数に向上が見られた。しかし予測の増加数は総数に対して少なく、曖昧性除去には効果が見られなかった。

キーワード: 要求分析能力, 機能の曖昧性除去, 将来の問題予測, 課題分析観点

1. はじめに

システム開発において要件定義に起因する問題は、開発全体の手戻りコストのうち70%以上の原因となることもあり重要視されている⁽¹⁾。要件定義とはシステム開発の主要な4工程「要件定義」、「設計」、「開発」、「運用・保守」のうち最上流に位置する作業であり、発注者の要求からシステムに必要な機能や性能を明確化することで、開発全体の目標を定める役割を持つ。この作業は要求工学プロセス⁽²⁾における「要求獲得」、「要求分析」、「要求仕様化」の3つにあたる。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⁽³⁾⁽⁶⁾、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。またこれらの問題を解決するために、要求獲得や要求分析を支援する様々な研究が行われている⁽⁷⁾⁽¹¹⁾。

要求分析を支援する主な研究には、仕様書のテストによって要求の曖昧性や欠陥を抽出する⁽⁹⁾、仕様内容からプロトタイプを自動生成することにより自己検証を支援する⁽¹⁰⁾、限定したUMLの詳細化過程について過去の類似事例を提示する⁽¹¹⁾などの試みが挙げられる。いずれも要求分析の記述方式を指定することで、システムによる自動的な支援を行っている。これらの先行研究に共通するのは、要求分析者による分析内容の問題点や他の解答例を直接提示する点である。要求

分析の学習に着目した場合、プロトタイプ of 自動生成は開発すべきシステムと生成されたプロトタイプとの差異から問題点に気づかせる効果があり、UML類似事例の提示は蓄積した成果物から開発すべきシステム設計への転移・応用が期待できる。

これらに対して本研究では、要件定義の初学者を対象に、システム開発課題を分析するための観点(以下、課題分析観点)を意識させることで、要求分析能力の向上を狙った。課題分析観点として「機能欠陥」や「操作利便不足」などの表現を用い、これを切り口として学習者にシステム開発課題の情報や自身の要件定義内容を分析させることで、曖昧性や問題を発見しやすくなると考えた。

課題分析観点を意識して行う曖昧性や問題の検出は、要求工学プロセスの妥当性確認⁽²⁾にあたる。要件定義から運用・保守までの工程を一方向に進めるウォーターフォール型のシステム開発では、曖昧性が設計工程以降で発見され手戻りを起こす問題が指摘されており⁽¹²⁾、開発工程とテスト工程を同時並行させたW字型開発モデル⁽¹³⁾のように要件定義段階から検証する試みが注目されている。本研究では曖昧性や問題の検出を要求分析能力として、これらの能力を向上させる目的で課題分析観点を意識させた。

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の課題を与え、発注者の背景情報

と要求事項から対象システムの機能要件を定義させる。また自身の要件定義内容を分析させ、機能の曖昧性除去や将来的な問題予測を行わせる。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章で課題分析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

本研究において、要求分析能力を以下の(1)~(4)に定めた。(1),(2)はシステム開発課題の要件定義に必要な能力として、一般的に定義されている能力⁽¹⁴⁾から機能要件に関する部分を抽出した。(3),(4)は学習者が自身の要件定義に対して機能の曖昧性除去や将来的な問題予測を行うために必要な能力として、独自に定義し向上を狙った。

- (1) 対象システム機能要件の概要を洗い出せる。
- (2) 洗い出した機能要件を詳細に定義できる。
- (3) 具体的な機能定義のために不足した情報を発見し、補うことで機能の曖昧性を除去できる。
- (4) 要件定義したシステムが発生させる将来的な問題の予測と解決策提示ができる。

要件定義すべき対象範囲は、機能要求と制約要求の2つに大きく分かれる⁽³⁾。機能要求は実際のシステム動作についての要求を指す。制約要求は非機能にあたる要求で、操作の利便性やシステムの安全性などが挙げられる。本研究では要件定義の対象範囲を機能要求に限定し、問題予測の範囲を機能要求および一部の非機能要求とした。非機能にあたる問題として、操作の利便性とシステムの安全性を考慮した。

3. 課題分析観点

本研究では、学習者に課題分析観点を意識させることで、機能の曖昧性および将来的な問題の発見促進を狙った。課題分析観点とは、システム要件定義の課題を分析するための観点である。図1のように学習者が課題を行う際、課題分析観点を意識することで、システム題材に関する学習者の知識(既有知識)・課題文の内容(発注者の背景と要求)・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、機能の曖昧性や将来的な問題を発見しやすくなると考えた。

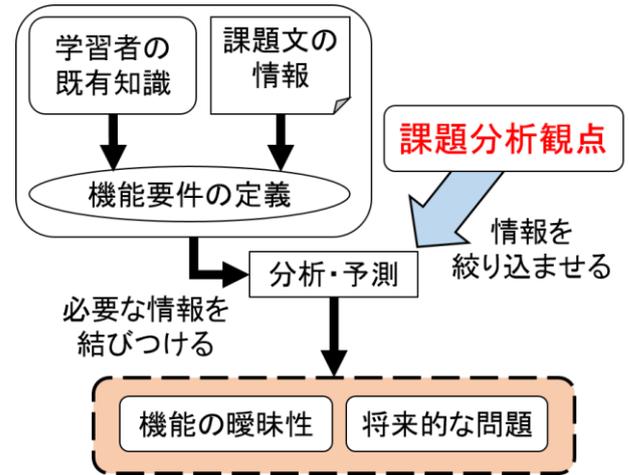


図1 課題分析観点の効果

課題分析観点は、本研究で扱った2つの課題から合計5つを抽出した。以下(a)~(e)に、それぞれの観点名と概要を示す。課題1の題材は小売店従業員の給与計算システム、課題2の題材は飲食店のセルフオーダーシステムとした。

- (a) 機能欠陥：要求の実現手段を定められず要件が漏れる。要求に対して機能が不足している。定義した機能に競合が発生する。
- (b) 操作利便不足：画面が見にくい。画面操作が複雑もしくは煩雑で使いにくい。
- (c) 規則誤解誘発：発注者側で定められた規則がシステム利用者に伝わらず、誤解が生じる。
- (d) 個人情報漏洩：個人情報を本人・管理者以外の人物が閲覧できる。
- (e) 売上貢献損失：顧客の購買意欲を促す既存の試みが再現できず、効果を失う。

上記のうち(d)は課題1のみで抽出し、(e)は課題2のみで抽出した。2つの課題で共通の課題分析観点は(a),(b),(c)の3つである。本研究ではこの3つについて、観点名と概要を学習者に提示し、意識させた。また未知の課題分析観点の存在を示唆し、模索を促した。

課題分析観点によって機能の曖昧性を発見する例を図2に示す。タッチ操作式の端末を用いて画面遷移を行うシステムにおいて、画面Aの機能を「画面Bへ遷移する」と仮定すると、この動作を実現するための手段は「画面内のボタンをタッチする」、「画面をスライド操作する」、「何らかの条件を満たすことで自動的

に遷移する」など複数考えられる。解釈が定まらない場合、実現手段を選択する負担は曖昧性として設計工程へ混入する。課題分析観点「機能欠陥」を意識させると、学習者は定義された機能の具体性まで注目することで、曖昧性を問題として抽出できる。

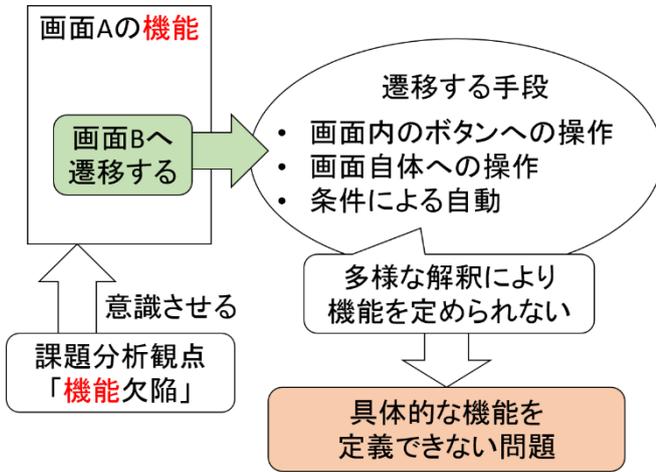


図 2 課題分析観点によって曖昧性を発見する例

4. 学習手法

4.1 学習の流れと課題構成

本研究では図 3 のように、学習者にシステム要件定義の課題を 2 度与え、2 度目の課題で課題分析観点を意識させた。学習者には課題文をもとに、システム機能要件の定義・将来的な問題予測・予測した問題に対する解決策の提示を行わせた。なお、学習者には課題 1 を与える前に、要件定義に関する予備知識と課題実施の説明を与えた。また課題 2 の後に、課題分析観点を意識などに関するアンケートを実施した。

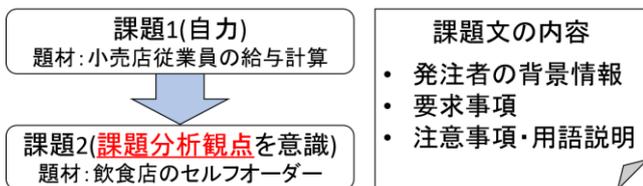


図 3 学習者に与えた課題

学習者に与えた課題の題材は、課題 1 では小売店従業員の給与計算システム、課題 2 では飲食店のセルフオーダーシステムである。それぞれ課題文の構成は、背景情報・要求事項・注意事項の 3 点とした。背景情報では発注者企業の特徴・従来の業務内容・把握されている業務の問題点・対象システムの開発目的を提示した。要求事項ではシステム的前提条件・システムで実現したい要求内容を提示した。注意事項では課題実

施における留意点・課題文中の用語説明を提示した。課題 2 について、課題文の抜粋内容を表 1 に示す。

表 1 課題 2 の抜粋内容

項目	内容
背景情報	<p>ある企業は飲食業チェーン店の 1 つで、午前 11 時から午後 11 時 30 分まで営業している。</p> <p>顧客の注文はホールスタッフがテーブルへ移動して受け、キッチンの調理スタッフへ伝える。飲食店には 15 種類 150 品目もの豊富なメニュー数があり、150 品目の内 5 品目の看板商品と 4 品目の季節限定商品は、常連の顧客から毎回注文を受ける人気商品群である。</p> <p>しかし繁忙時にはホールスタッフの移動に時間がかかったり、ホールスタッフや調理スタッフが注文の聞き取りミスをする問題があった。またラストオーダー直前に注文が集中すると、間に合わないこともしばしばあった。</p> <p>そこで、顧客の注文を受けるためのシステムを導入することにした。ホールスタッフを介した時間のロスや聞き取りミスは改善できる見込みだ。</p>
要求事項	<ul style="list-style-type: none"> ● 選択画面には、全ての商品名一覧を表示したい。ページ分けをして、1 ページ毎に 6 品目の商品名を画像付きで表示する。 ● 注文画面には、選択画面でタッチされた商品についての説明を表示したい。注文はこの画面で受けたい。
注意事項	<p>ラストオーダー時間とは、顧客からの注文を受け付ける限界時刻を指す。ラストオーダー時間から閉店時間まで、顧客は店内に滞在できるが注文ができない。</p>

4.2 能力の対応と課題分析観点による発見例

課題 2 の解答例および要求分析能力との対応を表 2 に示す。能力の評価は課題ごとに予め用意した解答例との比較によって行い、学習者の記述内容が解答例と一致するかを判断した。記述が解答例と異なっても、解答例と同じ意味を指していれば一致と見なす。また記述から問題部分を読み取れなくても、解決策の記述から問題を推測できる場合はその内容を評価した。

表 2 課題の模範解答例

能力	模範解答例
機能要件の定義 ※斜体は課題の内容	(d1) 選択画面では全商品(15種類150品目)の一覧を表示する。 (d2) 選択画面のページを分け、1ページ毎に6商品を表示する。選択画面に左右矢印ボタンを表示し、これをタッチすることで隣のページへ遷移する。 (d3) 注文画面では、選択画面で注文された商品の説明を表示する。注文画面に注文ボタンを表示し、これをタッチすることでその商品の注文を確定する。
機能の曖昧性除去	(r1) 選択画面に左右矢印ボタンを表示し、これをタッチすることで隣のページへ遷移する。 (r2) 注文画面に注文ボタンを表示し、これをタッチすることでその商品の注文を確定する。
問題予測と解決策提示	(p1) 【問題】選択画面のページ数が多いため操作数が増え、顧客が商品を探しにくくなる。 【解決策】商品の種類ごとのボタンを表示し、ボタンのタッチでその種類のページまで遷移する機能を追加する。
	(p2) 【問題】顧客はラストオーダー時間を把握できないため、時間を過ぎていてもまだ注文できると考える。 【解決策】全ての画面に、現在の時間とラストオーダー時間を表示する。
	(p3) 【問題】顧客は選択画面で、どの商品が看板商品なのか分からないため、看板商品の宣伝が成り立たない。 【解決策】看板商品だけ集めたページを用意し、おすすめ商品ページとして最初に表示する。

表 2 の内容について、課題分析観点を意識することで曖昧性や問題を発見する例を述べる。ここでは(a)機能欠陥から曖昧性(r1)を、(b)操作利便不足から問題(p1)を、(c)規則誤解誘発から問題(p2)を、(e)売上貢献損失から問題(p3)を考えられる。例えば機能欠陥の観点から定義内容(d2)を分析すると、画面のページ分

けを行う手段はボタン操作、タッチスライド操作など複数考えられる。要求を機能として実現するための手段が定まらない場合、その決定を設計以降の工程で実施することになり、機能の曖昧性による開発手戻りが発生する可能性がある。

5. 結果と考察

5.1 実験結果

情報系学科の大学4年生を対象に実験を行った。上述した(3)曖昧性除去、(4)問題予測の能力について、学習者16名の結果を表3に示す。また学習者に行ったアンケート結果のうち、課題分析観点を意識したか尋ねた項目について図4に示す。アンケート回答者は15名だった。アンケート結果より、学習者は与えられた課題分析観点を概ね意識したといえた。しかし問題予測の増加数平均は2個ほどであり、想定した問題の総数と比べて少なかった。t検定の結果、問題予測のみ有意だった。

表 3 実験結果 (学習者 16 名)

能力	課題 1		課題 2		有意差
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
(3)	19.4%	18.4%	22.3%	16.5%	n.s.
(4)	3.1	2.1	5.0	2.6	**

n.s.:有意差なし, *:p<0.05, **:p<0.01

(3)想定した曖昧性は課題1で10個、課題2で7個

(4)想定した問題は課題1で39個、課題2で37個

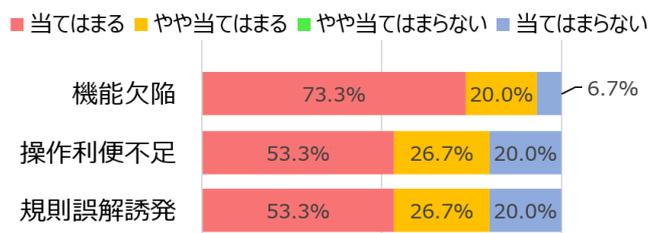


図 4 課題分析観点の意識についてのアンケート結果

学習者の問題予測数は図5のように分布した。例えば学習者Iは課題1で0個、課題2で2個の問題を予測している。学習者の多くは、課題分析観点を意識させた課題2において予測数が増加したことが確認された。また、課題2において予測数が減少した学習者は見られなかった。

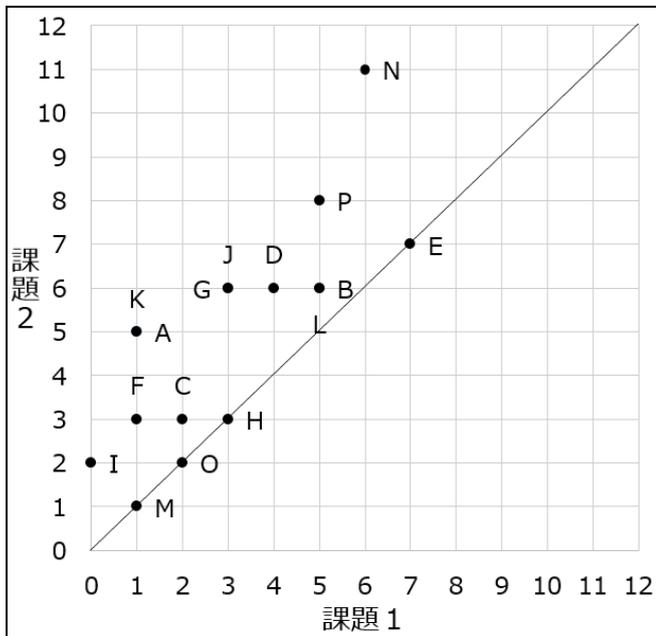


図 5 学習者の予測数分布

実験結果に対して、問題予測の質・システム開発との関わり・予測の質と成績群を考慮した分析・学習者の意識差・課題分析観点の解釈・課題間の難易度差の6つを考察した。それぞれの詳細を次節以降で述べる。

5.2 問題予測の質について

学習者の問題予測には、具体的な指摘と抽象的な指摘の2種類があった。表4において、具体的な指摘である「ラストオーダー時間後も注文できる」は、想定した問題のうち①と一致する。一方で抽象的な指摘である「ラストオーダーに対応していない」は、主張部分が想定①と②のどちらなのか特定できない。

表 4 問題予測の具体性の例

予測の質	内容
具体的	ラストオーダー時間後も注文できる。
抽象的	ラストオーダーに対応していない。
想定した問題	内容
①	注文を受け付けられないはずのラストオーダー時間後も、システムが注文を受け付ける。
②	ラストオーダー時間を顧客が把握できず、時間後も注文できると誤解させる。

具体的な指摘に対する学習者の解答例を表5に、抽象的な指摘に対する学習者の解答例を表6に示す。具

体的な指摘をする学習者は解決策も具体的になりやすく、抽象的な指摘をする学習者は解決策も抽象的になりやすいと考えられる。具体的な指摘をした学習者には、表5のように問題を解決するための手段を具体的に記述する傾向が見られた。また、指摘した以外の問題まで解決する記述をした学習者も見られた。一方で抽象的な指摘をした学習者には、表6のように解決策でも問題の対象が曖昧なままとなる傾向が見られた。

表 5 具体的な指摘に対する学習者の解答例

想定した問題	内容
①	顧客がラストオーダー時間を把握できないため、ラストオーダー時間以降も注文できると考える。
②	ラストオーダー時間以降は注文を受け付けられないはずなのに、システムは注文を受け付ける。
学習者の解答	内容
問題	ラストオーダー時間を超えても注文できてしまう。
解決策	端末で時刻を保持しておき、ラストオーダー時間を過ぎた場合注文ボタンを無効化して注文できないようにする。またラストオーダーが近づいている事を画面表示により顧客に知らせる事とする。

表 6 抽象的な指摘に対する学習者の解答例

想定した問題	内容
①	同じ種類の商品を1度に複数個注文することができないため、操作を繰り返す必要があり煩雑。
②	種類が異なる複数の商品を同時に注文することができないため、操作を繰り返す必要があり煩雑。
学習者の解答	内容
問題	複数の商品を1度に頼むことができない。
解決策	注文画面では複数の商品を注文できるようにする。

5.3 システム開発との関わりについて

もともと問題予測数が多かった高成績の学習者は、システム開発との関わりも深かったと考えられる。学習者を課題1における予測数が3個以上だった高成績群9名と3個未満だった低成績群7名の2群に分けて

分析した結果、表 7 のように、予測の増加数には大きな差が見られなかった。しかし学習者へのアンケートおよびヒアリングの結果から表 8 のように、高成績群のほうが、講義以外におけるシステム開発やプログラミングとの関わりが深い傾向が見られた。

表 7 成績群による予測増加数の違い

課題 1 における 問題の予測数	予測数の平均		人数
	課題 1	課題 2	
高成績群(3 個～7 個)	4.6 個	6.6 個	9 名
低成績群(0 個～2 個)	1.1 個	3.0 個	7 名

表 8 システム開発やプログラミングとの関わり

関わりの項目	高成績群 9 名	低成績群 7 名
要件定義経験	3 名	1 名
高頻度で PG*	2 名	0 名
趣味で PG*	2 名	1 名
自主的な開発	6 名	0 名
外部で開発	1 名	1 名
PG*教育	1 名	0 名

*PG:プログラミング

表 8 では、1 名の学習者が 2 項目以上の関わりを持つ場合も含んでいる。関わりが 2 項目以上だった学習者は高成績群 9 名のうち 5 名、低成績群 7 名のうち 1 名だった。関わりがあった項目の最大数は高成績群では 4、低成績群では 2 だった。それぞれの項目について、学習者が回答した関わりの例を表 9 に示す。

表 9 学習者の回答例

関わりの項目	内容の例
要件定義経験	インターンシップでヒアリング形式の要件定義を行った。
高頻度で PG*	卒業研究のため、ほとんど毎日プログラミングを行っている。
趣味で PG*	趣味で頻繁にプログラミングを行っている。
自主的な開発	Android アプリケーションを個人的に開発した。
外部で開発	インターンシップでシステム開発を行った。
PG*教育	プログラミングの演習講義で学習サポーターをしている。

*PG:プログラミング

各項目のうち特に自主的な開発と関わりがある学習者は、高成績群に入りやすいと考えられる。自主的

な開発との関わりは高成績群で最も多く見られ、低成績群では見られなかった。なお、自主的な開発と関わりがあった学習者 6 名のうち 4 名は、卒業研究でシステムやアプリケーションを開発する必要があると回答した。他の項目も含めて、関わりの深い高成績群と関わりの浅い低成績群における考え方の違いを調査する必要がある。

5.4 予測の質と成績群を考慮した分析について

学習者の問題の予測数について、成績群・予測の質・課題の 3 要因で分散分析を行った。結果を表 10 に示す。これから以下の (A1)～(A3)の結果が得られた。成績群が被験者間要因であり、予測の質と課題が被験者内要因である。

- (A1) 予測の質・課題にかかわらず、高成績群のほうが多くの問題を指摘した。
- (A2) 成績群・課題にかかわらず、抽象的な指摘数のほうが具体的な指摘数より多かった。
- (A3) 成績群・予測の質にかかわらず、課題分析観点を意識させることで指摘数が増加した。

表 10 成績群における予測の質の分散分析

成績群	予測の質	指摘数平均 [個]	
		課題 1	課題 2
低成績 7 名	抽象的	0.7	2.0
	具体的	0.4	1.0
高成績 9 名	抽象的	2.9	3.4
	具体的	1.7	3.1
影響要因		p 値	
成績群		p<0.001	
予測の質		p<0.05	
課題		p<0.001	
成績群+予測の質		0.8023	
成績群+課題		0.8673	
予測の質+課題		0.9189	
成績群+予測の質+課題		0.3572	

5.5 学習者の意識差について

成績群ごとのアンケート結果を表 11 に示す。学習者が高成績群となるには、実験説明への理解が高いことが影響すると考えられる。表 11 のアンケート結果①より、低成績群の回答平均は「やや当てはまる」に近かったことに対し、高成績群の回答平均は「当てはまる」に近かった。

また高成績群は、低成績群よりも多くの課題分析観点を意識できると考えられる。表 11 の②～④より、高成績群は与えられた全ての観点について主観的に強く意識した傾向が見られたが、低成績群は一部の観点についてのみ強く意識した傾向が見られた。

表 11 学習者の意識に関するアンケート結果の平均

番号	設問内容	
①	実験課題の取り組み方に関する説明は理解できた。	
②	機能欠陥を意識した。	
③	操作利便不足を意識した。	
④	規則誤解誘発を意識した。	
番号	共通の設問	
	低成績群	高成績群
①	2.8	3.6
番号	課題分析観点に関する設問	
	低成績群	高成績群
②	3.6	3.6
③	2.7	3.5
④	2.6	3.6

4:当てはまる, 3:やや当てはまる, 2:やや当てはまらない, 1:当てはまらない

5.6 課題分析観点の解釈について

本研究では予測する問題ごとに1つの観点を想定したが、学習者へのアンケートでは表 12 のように、想定と異なる観点や2つの観点を回答する結果が見られた。このように、課題分析観点は学習者によって解釈の範囲が異なる傾向が見られた。これらの扱いについてさらに調査する必要がある。

表 12 課題分析観点に対する学習者の解釈

学習者が予測した問題①	
複数の種類の商品を同時に注文できない。	
本研究で想定した観点	学習者が回答した観点
操作利便不足	機能欠陥
学習者が予測した問題②	
ラストオーダー時間(注文受付の最終時刻)を過ぎても注文できる。	
本研究で想定した観点	学習者が回答した観点
規則誤解誘発	機能欠陥
	機能欠陥と規則誤解誘発

5.7 課題間の難易度差について

表 13 に示すように、学習者が定義すべき機能要件に対して、達成率は課題 1 で 60%ほど、課題 2 で 75%ほどだった。また学習者へのヒアリングでは、課題 1 のほうが課題 2 より難しかったという意見があった。

表 13 要件定義の成績

課題	総数	個数平均 達成率平均	標準偏差
課題 1	13 個	8.1 個 62.5%	2.2 個 16.8%
課題 2	11 個	8.4 個 76.7%	2.5 個 22.7%

課題間の難易度差には、課題に対する学習者の背景知識が影響したと考えられる。図 6 に示す学習者へのアンケート結果より、課題 1 の背景知識にあたる多人数スケジュール調整表やシフト表の作成経験が 50%未満だったことに対し、課題 2 の背景知識にあたる飲食店セルフオーダーシステムの利用経験は 90%以上だった。

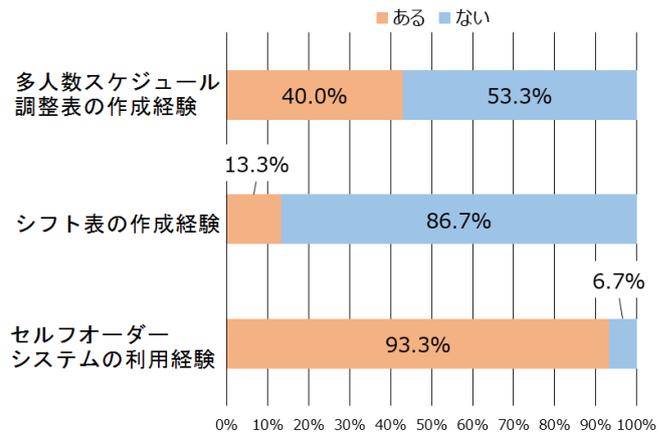


図 6 学習者の背景知識に関するアンケート結果

6. まとめと今後の課題

学習者に課題分析観点を意識させることで、要件定義したシステムに対する問題予測能力の向上が確認された。学習者は与えられた課題分析観点を概ね意識したが、予測の増加数は総数に比べて少なかった。また曖昧性除去には効果が見られなかった。問題予測は具体的な指摘と抽象的な指摘に分けられ、具体的な指摘をした学習者には解決策も具体的となる傾向が、抽象的な指摘をした学習者には解決策も抽象的なままとなる傾向が見られた。

学習者は、課題分析観点を与える前の課題 1 における高成績群と低成績群で違いが見られた。高成績群はシステム開発やプログラミングとの関わりが深く、課題の取り組み方に対する高い理解があった。また与えられた 3 つの課題分析観点(機能欠陥, 操作利便不足, 規則誤解誘発)を概ね強く意識する傾向が見られた。一方で低成績群は一部の課題分析観点を強く意識する傾向が見られた。

今後の課題として、成績群による学習者の考え方の違いと問題予測数との関係を調査することが挙げられる。特にシステム開発やプログラミングとの関わりが予測数にどのような影響を与えるのかを調べる必要がある。また、課題における学習者の意識と予測数の関係も調査する必要がある。さらに、学習者による課題分析観点の解釈差異についても扱いを検討していく。

参 考 文 献

- (1) Leffingwell, D.: "Calculating Your Return on Investment from More Effective Requirements Management", Rational Software Corporation (1997)
- (2) 一般社団法人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)
- (3) 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)
- (4) 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)
- (5) 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)
- (6) 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)
- (7) 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)
- (8) 塚本 明, 小飼 敬, 上田 賀一: "ドメイン情報を利用した要求モデルの生成支援環境", 情報処理学会研究報告ソフトウェア工学(SE), Vol.2002-SE-140, No.22, pp.23-30 (2003)

- (9) 大森 洋一, 日下部 茂, 林 信宏, 荒木 啓二郎: "ディペンダブルケースを中間表現としたフォーマルな仕様記述手法", 情報処理学会研究報告ソフトウェア工学(SE), Vol.2014-SE-183, No.26, pp.1-8 (2014)
- (10) 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)
- (11) 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)
- (12) 日経 SYSTEMS: "システム要求仕様の固め方 PART1", 日経 BP 社, 日経 SYSTEMS2012 年 2 月号, pp.32-33 (2012)
- (13) Spillner, A.: "The W-MODEL —Strengthening the Bond Between Development and Test", STAREAST, Software Testing Conference (2002)
- (14) 独立行政法人情報処理推進機構: "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)

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

竹川 夏実*, 仲林 清**

*千葉工業大学大学院, **千葉工業大学

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, OOP を手続き型プログラミングと比較させ, OOP の利便性を認識させる学習手法を提案した. 大学 3 年生を対象に, プログラミングに関する基本知識を与えたのち, 手続き型と OOP の両方で同じ課題を解かせた. その後, プログラム内で利用されていた基礎概念, および利便性について問う記述問題で, 学習者の理解度を測った. 実験の前後でアンケートを実施し, OOP の基礎概念や利便性に関する理解度の変化を調査した.

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

1. はじめに

プログラミング手法の一つに, オブジェクト指向プログラミング (以下 OOP) がある. OOP は, 複雑な構造のプログラムや後に機能拡張が必要となるプログラムを記述する場合に有効とされる⁽¹⁾. OOP を正しく利用するには, まず「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, OOP の基礎概念は抽象的で理解が難しく, そのため OOP そのものに苦手意識を持つ学習者が多数存在する.

このような問題点を解決するための代表的な指導方法を以下に示す. 1 つ目は OOP の基礎概念を現実社会の物体に投影させ, 抽象的な基礎概念の具体的なイメージを掴ませようとする手法である. LEGO®を用いて, OOP の基礎概念を現実社会に投影しながら, 学習者に理解させる学習手法が提案されている⁽²⁾. しかしこの手法は, 現実社会と実際のプログラミングとの結びつきが浅いために, 実際のプログラミングで OOP の基礎概念の役割を理解させることは困難である. 2 つ目は, プログラムの開発環境で, プログラムの動きをリアルタイムで視覚化する手法である⁽³⁻⁶⁾. 各基礎概念がプログラム中でどのような作用を及ぼして

いるのかを視覚化機能を利用し, 学習者に確認させる. この手法では, プログラムの動作や基礎概念のふるまいを理解することはできる. しかし, なぜそのような基礎概念が必要なのか, それによってどのような利点が生じるのかを理解させることはできず, 結果として OOP を利用する意義や意味を意識させることは難しい.

そこで本研究では, 課題を通して学習者に 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. これによって, 「クラス」, 「継承」, 「多態性」などの OOP の基礎概念を, 人に説明ができるようになることを目的とする. OOP の利便性を実感させるために, OOP と手続き型で同じ課題を解かせて, プログラミングの手間や複雑さを比較させる.

以下, 第 2 章では本研究の学習目標とそれに対する評価基準を示す. 第三章では具体的な学習教材とプログラミング手法について説明する. 第 4 章では実験結果を示し, 第 5 章で考察を, 第 6 章で今後の課題を述べる.

2. 学習目標

1章で述べたように本研究では、OOPの利便性が基礎概念によって生じているということを実感させるという学習方針を取る。ここで、学習者に理解してもらいたいOOPの基礎概念とその利便性を具体的に挙げ、それらの利点に関する学習目標を設定した。

まず、基礎概念の学習目標について説明する。本研究で着目した基礎概念は「クラス」、「継承」、「多態性」の3点である。この3点は、プログラミングの観点から説明すると、プログラムの書き換えの手間を省く「拡張性」と、それによってバグやデバッグの手間が減少する「保守性」を実現させる。次に、この3つの基礎概念の利点を、大きく2点ずつ挙げながら、具体的に説明する。

1) クラスを用いることの利点は、構造体の機能に加えメソッドを同時に持てる点と、継承や多態性の概念を実現することができる点である。前者は、データと処理をまとめてオブジェクトとして処理をすることで、データの処理が手続き型よりも容易になる利点である。後者は前者の利点から、継承や多態性の概念を実現させることができる、ということを示す。

2) 継承を用いることの利点は、共通したデータやメソッドをサブクラスで引き継げる点と、オーバーライドとの組み合わせで多態性を実現できるという点である。前者は、スーパークラスで汎化したデータや処理をサブクラスで再定義せず利用できるという利点である。後者はクラスの利点に関連して、オーバーライドの概念と継承を組み合わせ多態性を実現し、開発効率を向上させるという利点である。

3) 多態性を用いることの利点は、メソッドの呼び出し文の書き換えが減る、もしくは不要になる点、それに関連しメインメソッドの内の書き換えが不要になる点である。前者は、多態性を実現させる継承・オーバーライドの利用で、既存のメソッドの使いまわしが可能になるという利点である。後者は、入力データが追加されても、メインプログラムの指示の変更・追加が不要で済むという利点である。

次に、「拡張性」、「保守性」の2つの利便性の学習目標について説明する。ちなみに、OOPの2つの利便性の特徴は以下の通りである。

(i) 拡張性・・・仕様追加があったときのプログラムの拡張のしやすさを示す。

(ii) 保守性・・・拡張性に加えてデバッグのしやすさを示す。拡張性によって生じる利点は、プログラムを拡張する際に、OOPの概念のおかげでソースの書き換えが減るということと、それによって書き換え箇所が新しく定義した箇所のみ絞られることである。保守性による利点は、OOPの概念で先に述べた拡張性が実現され、その結果バグの量が軽減することと、また書き換え箇所も限定的になるため開発者側の作業量が減ることである。

以上の基礎概念・利便性それぞれの利点を学習者が理解することを学習目標とし、まとめたものを表1に示す。

表 1 学習目標

1. クラスを用いる利点について説明できる
1-1. 構造体に対してメソッドを持つことができる
2-2. 継承ができる, 多態性を実現するのに必要な点である
2. 継承を用いる利点について説明できる
2-1. 共通したデータ, メソッドをサブクラスで引き継げる
2-2. オーバーライドを用いることで多態性を実現できる
3. 多態性を用いる利点について説明できる
3-1. メソッドの呼び出し文の書き換えが不要, 作業量が減る
3-2. メインメソッド内の書き換えがなくなる
4. 拡張性について説明できる
4-1. OOPの概念で書き換えの量が減る
4-2. 書き換えが新しく定義した部分のみになり作業量が減る
5. 保守性について説明できる
5-1. OOPの概念で書き換え量が減少しバグの量が軽減する
5-2. OOPの概念で書き換えを行う部分が新しく定義した部分のみになり, バグが見つかる箇所が限定的になる

3. 学習手法

3.1 基本的な方針

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というのが狙いである。

プログラミングを行うことで生じる手続き型と

ООPの差異は以下の通りである。事前に作成したプログラムは手続き型・ООP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ООP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ООP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ООPの利便性が実現される。

3.2 学習課題

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。

プログラムの機能要件は2点ある。1点目は、「商品種別ごとの割引率を変えること」である。2点目は、「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。この2点を実現する際に、ООPと手続き型とでどのような差異が出るかを学習者に確かめてもらう。

また、学習者に提示する前のプログラムで実装している商品は1種類のみ(本)であり、これに続き様々な種類の商品を学習者に追加させる課題を出題する。出題した課題については、次節で詳しく説明する。

3.3 学習の組み立て

表2で示す実験の流れに沿って、出題した課題と目的を説明する。

1) 事前アンケートでは、学習者の事前のООPと手続き型に関する理解度を測り、その理解度にどのくらい差があるのかを確認した。

2) 課題1では、商品に関するクラス追加の問題を1

つ出題し、主にクラス概念に関して理解させることを目的とした。課題1の記述問題は、表1で示したようなクラスの利点に関して考えさせる問となっている。表2では、継承の概念も理解させるとあるが、課題1の時点では体感させる程度のものとなっている。

3) 課題2-1では、多態性の概念に関して意識させることを目的とした。学習者に行わせたことは、新たな品種の商品を2つ追加することである。記述課題では、多態性の利点に関する問と、バグが入る箇所に関する問を設けた。前者の問では、一通り課題を終えた後に改めて多態性の利点を考えさせることで理解の定着を図ること、後者の問では、ООPの利便性の1つである保守性をここで実感してもらい、これが多態性という概念によって実現していることを意識させることが目的である。

4) 課題2-2では今まで体感的に学習してきた継承の概念の理解を定着させること、さらに継承とかわりのある多態性に関して再度理解度を確認することを目的としている。課題は、課題2-1で定義した品種をさらに細分化し、それに関する計算・出力の処理をООPならば継承、手続き型ならばif文による分岐処理で実現させるというものである。記述課題では、継承に関する問を出題し、学習者がデータの汎化や、表1に示すような継承の利点が理解できているかを判断した。

5) 事後アンケートでは、事前アンケートで調査したООPの基礎概念の理解度を再度学習者に自己評価させ、その差異を確認した。

以上が実験の流れに沿った課題の組み立てである。図1は、課題1, 2-1, 2-2を終え、拡張が完了したООPのプログラムのクラス図である。

表2 実験の流れと課題の目的

実験の流れ	目的
1) 事前アンケート	学習者の事前の理解度を把握する
2) 課題1	クラスと継承の概念を理解させる
3) 課題2-1	多態性の概念を意識させる
4) 課題2-2	継承の利点や多態性に関する理解を定着させる
5) 事後設問・事後アンケート	ООPの知識の理解度を主観的に評価させる、基礎概念と利便性の関係性について理解を定着させる。

表 3 課題で追加する処理の例

商品	本 (最初から定義)	CD (課題で追加)
処理	値段×個数	値段×個数×0.92
情報表示	商品名 著者名 値段 個数	商品名 アーティスト名 値段 個数

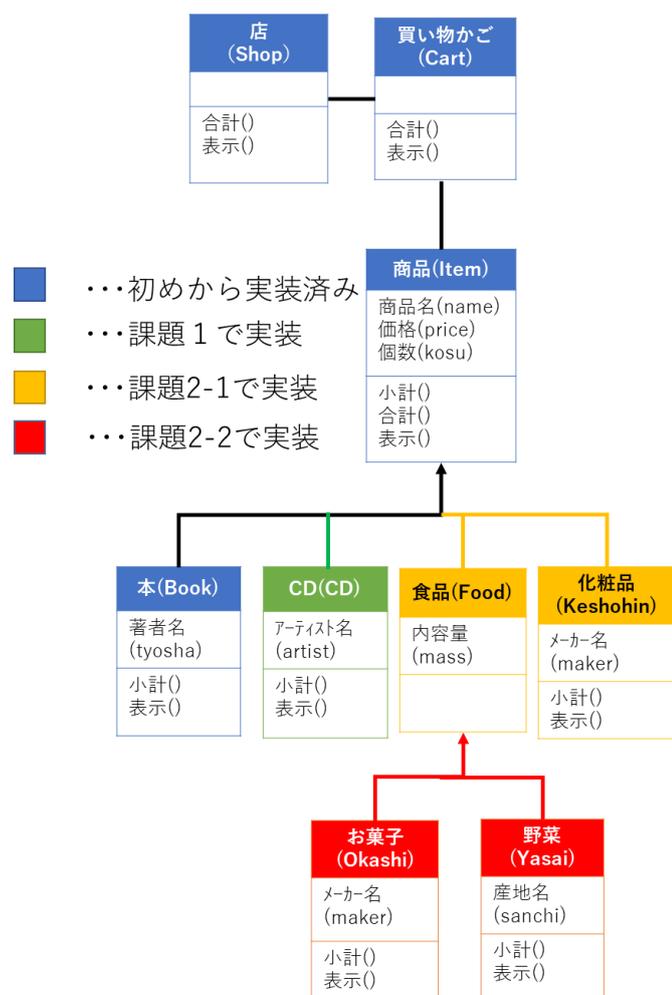


図 1 機能拡張した OOP のクラス図

4. 実験結果

4.1 実験概要

対象とした学生は、情報系学科三年生 5 名である。学習者の条件は、手続き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。実験期間は 1 週間とし、その中で他人と相談せず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。

4.2 各課題の評価

この節では、各課題の評価をした結果を説明する。

4.2.1 プログラムソースに関する回答の評価

表 4 では、各課題で出題した問題のうち、プログラムソースに関する問題を抜粋している。学習者 5 人の回答に正誤評価をつけ、正解した人数を表示している。

表 2 に沿って評価の結果を説明する。プログラムソースに関する問は、課題 1、2-1、2-2 すべてにおいて共通の項目を出題した。課題 1、2-1 では、特に目立つ誤りは見られなかった。しかし課題 2-2 の「ソースの差異」の項目の正答数が比較的少なかった。ソースの差異とは、学習者が拡張した OOP、手続き型のプログラムでデータ構造にズレが生じていないかどうかを確認するための項目である。この項目を誤答した学習者のプログラムソースの特徴は、継承の概念を適用させる箇所に誤りがある（スーパークラスとするクラスを間違える）、というものであった。具体的には、課題 2-2 で行う、お菓子・野菜のクラスを食品クラスに継承させる箇所である。図 2 に、学習者 A のプログラムソースの例を示しておく。学習者 A の回答では、親クラスを食品クラス food とするところを Item クラスとしており、図 1 で示したようなデータ構造をとっていない。また、図 3 は学習者 A の手続き型のプログラムソースであるが、OOP と同様の箇所に対応するところで誤りがあった。図 4 には模範解答を示しているが、お菓子・野菜の処理は食品の小計計算の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 A 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。

表 4 プログラムソースに関する課題の正答者数 (学習者 5 名)

設問	課題		
	1	2-1	2-2
1.プログラムソースの実行結果	5	5	5
2.ソースの差異(OOP)	5	5	2
3.ソースの差異(手続き型)	5	5	3
4.拡張したクラス	5	4	4
5.拡張していないクラス	5	5	4

```

package 本実験課題2後半_OOP;
public class Okashi extends Item{ //親クラスが誤り
    String maker; //メーカー名
    String mass; //内容量

    public double shoukei(){//商品の小計
        if(kosu>=3){
            return price * kosu * 0.8;
        }
        else{
            return price * kosu;
        }
    }
}

```

図 2 学習者 A のプログラムソース (課題 2-2OOP)

```

if(cart[i].itemlist.get(j).num_sh==1){ //客iの本
    //小計 (本) (購入した本の合計を変数sumに足す)
    cart[i].sum += Shoukei_Book(cart[i].itemlist.get(j).num_sh);
}
else if(cart[i].itemlist.get(j).num_sh==2){ //客iのお菓子
    //小計 (お菓子) (購入した食品の合計を変数sumに足す)
    cart[i].sum += Shoukei_Food(cart[i].itemlist.get(j).num_sh);
}
else if(cart[i].itemlist.get(j).num_sh==3){ //客iの野菜
    //小計 (野菜) (購入した食品の合計を変数sumに足す)
    cart[i].sum += Shoukei_Food2(cart[i].itemlist.get(j).num_sh);
}
else if(cart[i].itemlist.get(j).num_sh==4){ //客iの化粧品
    //化粧品合計計算
    cart[i].sum += Shoukei_keshohin(cart[i].itemlist.get(j).num_sh);
}

```

お菓子、野菜の小計計算に関して、元々定義していた Shoukei_Food メソッド経由で処理を行っていない。

図 3 学習者 A のプログラムソース(課題 2-2 手続き型)

```

public static int Shoukei_Food(Item itemlist)
//割引計算 (菓子類)
if(itemlist.num_fd==1){
    //同じものを2つ買うと2割引
    return itemlist.price * itemlist.num_sh * 0.8;
}

```

お菓子・野菜の処理は Shoukei_food メソッドからの呼び出して行う

図 4 模範解答(課題 2-2 手続き型)

4.2.1 記述課題の評価

実験では各課題において、プログラミング課題で体感させた OOP の基礎概念と利便性について、学習者

の理解度を確認するための記述問題を用意した。記述問題はすべて、各プログラミング課題を回答したあとに回答するように学習者に指示した。表 5 は、各項目に関する学習者の記述内容が表 1 の学習目標を満たしているかどうか、各課題で出題した項目につき 5 点満点で評価し学習者全員の平均を取ったものである。表 5 から言えることは、OOP の 2 つの利便性である拡張性・保守性は比較的高評価であるのに対し、OOP の基礎概念であるクラス・継承・多態性の評価が低いということである。

表 5 学習目標に基づいた記述問題の評価

項目	学習者	平均 (5 点満点)
クラスの利点 (課題 1)		1.8
継承の利点 (課題 2-2)		3
多態性の利点 (課題 2-1)		3
OOP の拡張性 (まとめ)		3.4
OOP の保守性 (まとめ)		3.8
合計 (25 点満点)		14.6

表 6 学習者の記述例

課題 1 : 問 3) クラスと構造体の違い、クラスが独自に持つ機能は何でしょう？
(学習者 A の回答) クラスは構造体と比べてクラスをたくさん追加しないといけないが、行が少ないのでプログラムの流れの把握がしやすく、機能拡張もやりやすい。クラスが独自に持つ機能はクラスの継承ができることである。
(学習者 B の回答) 構造体を拡張してクラスを作成する。独自に持つ機能はオーバーライドである。
(学習者 C の回答) 構造体はデータのみを持っていて、クラスはデータとメソッドを持っている。クラスが独自に持つ機能はインスタンス化である。
(学習者 D の回答) 構造体はそれぞれを定義しないといけないが、クラスは一度定義するとほかのクラスでも使うことができる。
(学習者 E の回答) クラスと構造体の違いは、クラスで判別できる点と構造体の中身を見て判別しなくてはならない点である。クラスが独自に持つ機能はオーバーライドである。

4.2.2 記述課題の評価

記述課題の評価の例を説明する。表 1 で示した学習目標を達成するため、クラスに関する記述問題は、構造体との違いを聞く問と、クラスの独自の機能を聞く問を用意した。表 6 に、学習者全員のこの記述問題の回答例を示す。クラスと構造体の違いについて正しく回答していたのは学習者 C のみである。そのほかの学

習者の回答では、「データとメソッドの両方が持てる」という趣旨の記述がみられないと判断し、不正解とした。クラス独自の機能に関して正しく指摘できていたのは、学習者 A である。一方で、学習者 B, E は独自の機能をオーバーライドと回答していた。これは厳密には誤りではないが、オーバーライドの概念単体から利便性が生まれるものではないと判断し、不正解とした。

4.3 実験前後の学習者の理解度の変化

表 7 は、実験の事前事後でアンケートを実施し、学習者の理解度の平均をまとめたものである。抜粋した項目は、主に本研究で重視しているクラス・継承・多態性の 3 つの基礎概念とそれに関与する基礎概念である。表 7 からは、継承以外の項目に関して、事前よりも事後の方が学習者全体の理解度が高い。また、表 8 では、事後アンケート内で、手続き型との比較が有意義であったかどうかを学習者に 5 段階評価させた結果を示している。この調査ではほとんどの学習者が 4 点以上の高評価をしている。

表 7 実験前後の学習者の理解度の変化（5 件法）

学習者平均 アンケート項目	事前 平均	事後 平均
クラス	3.40	3.60
インスタンス	3.40	3.80
メソッド	3.40	3.80
継承	3.00	3.00
スーパークラス・サブクラス	2.80	3.20
オーバーライド	2.00	2.80
多態性	1.60	2.40

表 8 比較に関するアンケート

手続き型との比較	平均
比較することで理解は深まったか	4.2
手続き型との違いは理解できたか	4.4

5. 考察

5.1 OOP の利便性と基礎概念の結びつきの理解度

本研究では、OOP と手続き型でプログラムを比較さ

せる学習手法を提案し、OOP に対する学習者の理解度の改善を試みた。表 8 が示すように、この手法は、OOP について理解を深めるために有効な手法であることがわかった。また、表 5 が示す記述の評価により、今回実施した実験では、OOP の利便性に関しては学習者の理解度を改善することができたと考えられる。しかし、基礎概念の項目に関しては、理解度の改善が大きく見られなかった。今回提示した課題では、OOP の利便性と基礎概念の関係性を学習者に意識させることが困難であったことがわかった。

次節からは、OOP の利便性と各基礎概念の学習者の理解度に関する個別の考察を行う。

5.2 「拡張性」「保守性」の理解度について

OOP の「拡張性」「保守性」という利便性の理解度に関して考察する。

表 5 より、実験後の学習者の理解度の平均が比較的高かったのは、保守性の項目である。保守性に関しては、学習者の中で、表 1 で示した保守性についての指摘を含んだ記述が十分見られた。

拡張性に関しては、学習者 C 以外の回答に部分点をつけ、学習が不十分であるとみなした。これは、表 1 で示した、「書き換えが新しく定義した部分のみになり作業量が減る」という評価基準は学習者のほぼ全員が満たしていたが、「OOP の概念で書き換えの量が減る」ということに関しての指摘をした学習者が少なかったためである。この原因として、OOP の基礎概念と利便性を、課題の中で関連付けさせることが十分にできなかったという点と、基礎概念の利点を十分に理解させることができなかったという点が挙げられる。

5.3 「クラス」の理解度について

表 1 より、クラスに関する学習目標は「構造体に対してメソッドを持つことができる」、「継承ができる、多態性を実現するのに必要な概念である」の 2 点である。この 2 点に関してはどちらも正答率が半分以下となっている。前者の学習目標が満たされていた学習者は 5 人中 2 名であった。この 2 名が正解した理由については、事前に配布した課題用資料(課題のテキスト)内で「クラスは概念は構造体がデータのみを持つのに対して、データに加えて処理(メソッド)を持つ程度

の認識で構わない」と説明した箇所を見てから、課題に取り組んだことで理解につながったのではないかと考えている。不正解であった残り3名については、課題用資料の説明に目を通さず課題を行ったか、あるいは目を通していたがクラスと構造体のイメージが漠然としたままであったということが考えられる。

また、後者の学習目標を満たした学習者はおらず、全員が不正解となっていた。課題であったプログラムソースの拡張では、クラスの利点が「継承ができる」、「多態性が実現できる」ことであるということを経験的に学習させることはできても、説明することができるレベルの理解にはつながらなかった。この原因として、課題で追加する新規クラスを、すでに作成してあるクラスをコピー&ペーストし、それをもとに作成しているという点が挙げられる。課題で拡張したクラスはすべてクラス内の構成が同一のものであり、コピーしたものの中でクラス名やメソッド内の処理、定義するデータ等を書き直せばよいとしていた。このため、作業量が多かったということもあり、クラスと継承、多態性の関係性について強く印象を付けることができなかつたと考えている。

5.4 「継承」の理解度について

表1より、継承に関する学習目標は「共通したデータ、メソッドをサブクラスで引き継げる」、「オーバーライドを用いることで多態性を実現できる」の2点である。この2点のうち、学習者全員が理解していたのは前者の利点であり、後者の利点に関して気づきを得ていた学習者はいなかった。前者の利点を満たしていた理由として考えられることは、すべての課題を通して、継承のクラスの引き継ぎの機能に関して学習する機会が多かったということである。また、課題2-2では継承に関する記述問題を出題したため、一通り学習をこなしたあとに復習する形で理解を定着できたのではないかと考えられる。

5.5 「多態性」の理解度について

表1より、多態性に関する学習目標は、「メソッドの呼び出し文の書き換えが不要、作業量が減る」、「メインメソッド内の書き換えがなくなる」の2点である。前者の利点に関してはほぼ全員が指摘をしていたが、後

者の利点に関して気づきを得ていた学習者は5人中2名であった。前者の利点の指摘が多かった理由は、以下の通りである。学習者には、事前に配布した多態性に関する資料を、課題に取り組んでもらう前に読んでもらった。そのため、資料に記載した多態性の特徴を学習者がうまくイメージできたのではないかと考えている。また、後者の利点の指摘が少なかった理由は以下のとおりである。メインメソッドに触れることなくプログラムを拡張するという点は、全てのプログラミング課題に共通な点である。しかし、今回の場合は、学習者に拡張させる箇所を強く意識させたことで、拡張していない箇所について意識させることが困難になっていた。そのため、「メインメソッドに触れていない」という気づきを得られにくくなっていたと考えている。

6. 今後の課題

考察をふまえ、今後の課題としては、OOPの各基礎概念を利用しているという意識を持たせるため、より各基礎概念にバイアスをかけた課題を考慮することが必要なのではないかと考えている。また、そのほかにも、コピー&ペーストで拡張を済ませないような課題の難易度調整と課題のテーマの再設定、そして、学習者の回答の採点の精度を上げるための、評価基準と課題内容の明確な対応付けなどが挙げられる。

参考文献

- (1) 立山秀利, : “Java のオブジェクト指向がゼットイにわかる本”, 秀和システム (2006)
- (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, 國藤進 : “オブジェクト指向言語における変数とデータの関係を理解するためのワークベンチ”, 情報処理学会誌, Vol.50, No.10, pp.2396-2408 (2009)

- (5) 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)
- (6) 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)

プログラムのトレーシング課題の時系列データを用いた 分析方法の提案と評価

山本 樹^{*1,2}, 華山 宣胤^{*3}, 國宗 永佳^{*4},

^{*1} 創価大学 教育・学習支援センター

^{*2} はこだて未来大学大学院システム情報科学研究科

^{*3} 尚美学園大学 情報表現学科

^{*4} 千葉工業大学 工学部

A Method for Classification and Evaluation of Data in Chronological Order based on Patterns in Trace Tables of Program

Tatsuki YAMAMOTO^{*1,2}, Nobutane HANAYAMA^{*3}, Hisayoshi KUNIMUNE^{*4}

^{*1} Center for Excellence in Teaching and Learning, Soka University

^{*2} Graduate School of Systems Information Science, Future University Hakodate

^{*3} Faculty of Informatics for Art, Shobi University

^{*4} Institute of Engineering, Chiba Institute University

プログラミングを学習する過程では、学習者がプログラムの動作を思考し、思考したプロセスを自己の中で形成し、形成したプロセスを、実際のプログラムの動作と一致させることが重要である。この教育を行うため、完成したプログラムとその動作を学習者が記入する表を並べて提示した課題を用いてプログラムの動作理解を表出するためのトレーシング課題を利用した授業を実施した。この課題は、反復を学習する際に実施していることから、時系列データとして取得が可能である。本稿では、この時系列データから、いくつかの誤答パターンを抽出し分析する手順を提案する。また、実データの分析結果から学習者の誤答傾向を把握することで、提案手順の妥当性を検証する。

キーワード: プログラミング教育, 時系列データ, ダミー変数, 誤答傾向

1. はじめに

筆者らは、初学者を対象として手続き型構造化プログラミングの教育を行う授業を実施している。このような教育を行う中では、分岐・反復などの制御構造でつまづく学習者が多く存在することがこれまでの研究で明らかになっている⁽¹⁾。その結果として、プログラムの作成が困難な学習者が多数存在する。

本研究で対象とする手続き型構造化プログラミングの場合、プログラムを作成する前に、変数、代入・

演算などの操作、順接・分岐・反復の動作順序などに関する概念について正しく理解する必要がある。これらの基本的な概念を習得した後にプログラムを作成する段階に進むことが学習のプロセスであると考えている⁽²⁾。

この学習プロセスに習い、筆者らはプログラムの基本的な概念を理解させるために、既存のプログラムの実行順や変数値の変化などの動作を追って書き出す課題（トレーシング課題）を、授業の早い段階

で実施している。その結果から、誤答した学習者には一定の誤答傾向が見られるのではないかと考えた。そこで、誤答傾向を把握し、理解が不十分な学習者を早期発見するとともに、それぞれの学習者の理解状況に合わせた、適切な指導を実施できると考えた。

トレーシング課題のデータは、プログラムの動作を逐次的に書き出した時系列データのため、通常の分析方法では、誤答傾向を把握することが難しい。さらに、トレーシング以外の問題との関連などを確認することが困難である。そこで、本稿では、トレーシング課題から取得した時系列データから、誤答と考えられるパターンにダミー変数を用いて分類することで、時系列ではないデータと同じように分析が可能な方法を提案し、この分析方法の妥当性を検証することを目的とする。そのために、因子分析結果から学習者の誤答傾向を把握する試みをする。

2. 関連研究

関谷ら^③はプログラムの変数の値の変化を追う問題（トレーシング能力）に注目し、初心者が起こしやすい誤った解釈に基づいて、与えられたプログラムから誤った出力を得る仕組みを作成している。この仕組みを用いて、学生に与えたトレーシング課題の解答から、プログラミング初学者の誤答パターンを見いだしている。さらに、トレーシング能力と成績と期末試験の結果を比較・分析している。この研究における「トレーシング課題の解答」は、プログラムの実行終了直前における、ある（主に繰り返しや分岐の中で値が変化する）変数の値を指している。繰り返しと分岐を様々な組み合わせたソースコード

を用いた設問を様々な授業の受講生に解答させ、似たような構造をもつソースコードで共通に見られる誤った解釈を誤答パターンとし、この誤答パターンとの学生の成績の関係性を確認したものである。結果として、トレーシング課題の結果と期末試験の傾向に関係があり、特に for 文を解釈しない誤答のパターンに一致する学生の成績が良くない傾向があることを明らかにしている。

本研究と先行研究とは、誤答傾向を把握する点において共通している。一方、先行研究ではプログラム中の一部の変数の値のみを対象とした誤答傾向を研究しているのに対し、本研究では、変数の値の遷移や条件判断の誤答を含めた分析方法を提案するものであることが先行研究とは異なる。

3. 課題の形式と利用環境⁽⁴⁾

本研究で使用した課題形式は、ビジュアルプログラミング環境 AT⁽⁵⁾を用いた。提示方法は、プログラムとその動作を学習者が記入するための表を並べて提示している。表の各行と各列は、プログラムの各行と各変数にそれぞれ対応しており、プログラムの各行の実行結果を、表の同じ行の対応する変数の列に記入する。また、反復のプログラムで課題を提示する場合、同じ行が複数回実行されるため、実行される回数に応じて右方向に同様の表を並べている。ある行が反復して実行された場合には、左隣の表へ移動し結果を記入することで、プログラムの全ての動作を記録することができる。実行結果として表に記入する項目は、(1) 変数の値の変化、(2) 条件判断、(3) 入力、出力された値、(4) 代入された値の



図 1 AT 上で実装したトレース課題

4つである。

変数が宣言されたときや変数の値に変化が生じたときには、変数の値を表の対応する列に記入する。変数の値が不定であるときには、不定である旨を記入する。また、条件判断の結果についてはその真偽を、表の対応する列のセルの色を、真なら青、偽なら赤で表現する。セルの色を変更した同じセルに変数の値の変化も記入することができる。変数の値を出力した場合にはその値を、表の対応する列に記入する。この形式の課題で提示するプログラムについて、以下4つの制約のもとで提示している。(1) 行に複数の文を含めない、(2) 1行で複数の代入を行わない、(3) 計算や条件判断は単独の二項演算のみで行う。この制約によって、1行で複数の変数の値が変化することや複数の条件判断が行われることがない。なお、授業ではこの課題形式を「トレース課題」と提示していることから、今後、この課題形式をトレース課題と記す。

4. 分析用データ⁽⁶⁾

4.1 対象授業と対象者

対象授業は、尚美学園大学芸術情報学部情報表現学科の1年次秋学期配当の必修科目「プログラミング初級演習1」である。この授業は1回90×2コマの演習形式の授業で、対象者はこの授業の2015年度、2016年度の履修者（再履修者を含む）である。初級演習1では、授業の初段階でATを利用し、基本的なプログラムの動作を学習し、中期以降C言語を用いたプログラムを作成させる授業を行っている。

トレース課題は反復を学習する授業で使用した。授業では、反復の動作や概念の説明をし、トレース課題の記入方法の説明を行った後、トレース課題を提示している。課題は授業全体で7問提示した。

4.2 対象データ

ATを利用した授業終了後、中間試験を実施した。この試験の中でトレース課題を2問出題した。なお、試験は、同日にAグループ、Bグループの2グループに分けて実施している。Aグループの受験者は119名、Bグループは83名である。また、それぞれのグループは別時間に試験を実施のため、A、Bグ

ループに同じ問題を提示できないことから、別の問題を出題した。但し、プログラムの構成は同じとしている。

(問題1) 入力, 反復 {算術演算 (乗算)}, 出力
(問題2) 入力, 反復 {分岐, 算術演算 (加算)}, 出力

両グループのプログラム違いは、算術演算式で用いた「即値」の値と、入力値のみである。

(問題1)のプログラムをC言語で下記に示す。Aグループに提示した問題を「A-1」と呼び、Bグループに提示した問題を「B-1」と呼ぶ。

(A-1) 入力値は「5」とする。

```
int k ,n, i;
k = 0;
scanf("%d",&n);
for(i = 1; i <= n; i++){
    k = i * 7;
    printf("%d¥n",k);
}
```

(B-1) 入力値は「4」とする。

```
int k ,n, i;
k = 0;
scanf("%d",&n);
for(i = 1; i <= n; i++){
    k = i * 5;
    printf("%d¥n",k);
}
```

(問題2)のプログラムをC言語で示す。Aグループに提示した問題を「A-2」と呼び、Bグループに提示した問題を「B-2」と呼ぶ。

(A-2) 入力値は「5」とする。

```
int k ,n, a, i;
k = 0;
scanf("%d",&n);
for(i = 1; i <= n; i++){
    a = i % 3;
    if(a != 0){
        k = k + 1
    }
}
printf("%d¥n",k);
```

(B-2) 入力値は「4」とする。

```
int k ,n, a, i;
k = 0;
scanf("%d",&n);
```

```

for(i = 1; i <= n; i++){
    a = i % 2;
    if(a != 0){
        k = k + 1
    }
}
printf("%d¥n",k);

```

5. 分析手順

それぞれの問題毎に、誤答箇所を7項目で抽出している(参照5.1)。なお、誤答箇所の抽出では、「値」と「真偽」の誤答のみを抽出し、どのように誤答したかは抽出していない。その後、この抽出結果から、教授者の経験則を用いて7項目の誤答パターンに分類した。その際、ダミー変数を用いた(参照5.2)。この誤答パターンの項目の妥当性を検証するため、因子分析を用いて確認した(参照6)。

5.1 誤答箇所の確認⁽⁶⁾

中間試験で提示したトレース課題で、誤答した箇所を、A-1、A-2、B-1、B-2それぞれの問題に対し、下記の7項目で抽出した。

- (1) 解答に超過しているセル：正解では空白だが、解答では値が書かれている
- (2) 解答に不足しているセル：正解では値が書かれ

ているが、解答では空白

- (3) 解答の値が誤っているセル：正解と同じ箇所だが、値が誤っている
- (4) 真の超過セル：正解では真になっていないが、解答では真になっている
- (5) 真の不足セル：正解では真になっているが、解答では真になっていない
- (6) 偽の超過セル：正解では偽になっていないが、解答では偽になっている
- (7) 偽の不足セル：正解では偽になっているが、解答では偽になっていない

1つの項目に該当する誤りが複数箇所ある場合、誤答した箇所すべてが抽出される。

5.2 変数の値の誤答と条件判断の誤り箇所のみでの検証

5.1で取得した結果からは、一見すると一般的な分析手順が見当たらない。そこで、まず、このデータから変数の値についての誤答と、真偽判定の誤答について、変数の値や条件判断を誤っている場合「1」、誤りがない場合「0」のダミー変数で表し、誤答傾向が把握できるか確認するため、因子分析を行った。因子分析を行う際には、問題1、問題2とも、Aグループ、Bグループの提示問題に即値以外の違いがないことから、(A-1)と(B-1)を合わせて

表1 問題1 1年次の因子分析結果

(N=161)

	因子1	因子2	因子3
変数iの真偽判定	0.928	0.087	0.162
変数iの値の間違い	0.792	0.168	0.132
変数nの値の間違い	0.032	0.840	0.193
変数kの値の間違い	0.251	0.807	-0.214
変数i以外の真偽判定	0.130	0.005	0.534

表2 問題1 1年次の因子寄与率

因子 No.	二乗和	寄与率	累積
1	1.57	31.38%	31.38%
2	1.39	27.86%	59.24%
3	0.41	8.23%	67.48%

表3 問題2 1年次の因子分析結果

(N=157)

	因子1	因子2	因子3
変数iの値の間違い	0.960	0.256	0.079
変数iの真偽判定	0.826	0.337	0.001
変数aの真偽判定	0.207	0.761	0.146
変数kの値の間違い	0.229	0.643	0.048
変数nの値の間違い	0.246	0.074	0.677
変数i,a以外の真偽判定	-0.141	0.088	0.676

表4 問題2 1年次の因子寄与率

因子 No.	二乗和	寄与率	累積
1	1.78	29.64%	29.64%
2	1.19	19.76%	49.40%
3	0.94	15.74%	65.14%

分析し、同じく (A-2) と (B-2) を合わせて分析している。

ダミー変数を用いた理由は、誤答箇所の個数ではなく、誤答した位置を把握するためである。また、このデータを用いることで、他の多変量解析にも適用可能となる。

結果を見ると、因子寄与率も高く、妥当な因子分析と判断できるものの、これだけでは、誤答傾向が把握できてない。つまり、授業内での誤答傾向の把握と、それによる指導に活かすことが難しい。そこで、誤答パターン項目を作成し同様の分析を試みた。

5.3 誤答パターン項目によるデータの生成⁽⁶⁾

5.2 の結果では、多くの教授者が一般的に考える誤答傾向であり、その後の指導に活かすことが難しい。そこで、誤答パターン項目を用意し、項目に該当する場合「1」を、該当しない場合「0」のダミー変数で表した。次に、誤答パターン項目の妥当性を検証するため、因子分析を行った。

まず、教授者の経験則から、誤答と考えられる項目を下記の7つに分類し、誤答パターンを作成した。

- (a) Verify truth : 真偽について誤りがある
 - (b) Understanding rule : 変数 k, n, i のすべてに対し超過がある
 - (c) Understanding command : いずれかの変数について、誤った値が書かれている
 - (d) Understanding constant value : 変数 n について、過不足・誤りがある
 - (e) Understanding loop : 変数 i について、過不足・誤りがある
 - (f) Careless for [i] : 繰り返し 1, 2 回目の変数 i について過不足・誤りがなく、それ以外で変数 i について過不足・誤りがある
 - (g-1) Careless for [k] : 繰り返し 1, 2 回目の変数 k について過不足・誤りがなく、それ以外で変数 k について過不足・誤りがある (問題 1 のみ)
 - (g-2) Careless for [k] and [a] : 繰り返し 1, 2 回目の変数 k, a について過不足・誤りがなく、それ以外で変数 k, a について過不足・誤りがある (問題 2 のみ)
- この項目では、例えば、(f)「Careless for [i]」

では、反復の 2 回目以降に変数 i の値を間違える学習者は関係演算子の理解不足と考えられる。一方、(e)「Understanding loop」では、反復の 1 回目から変数の値を間違えており、for 文の動作自体がわかってないと考えられる。

5.4 因子分析による誤答パターン項目の検証

5.3 の項目が妥当であるかを検証するため、因子分析を行った。因子分析を行う際には、問題 1, 問題 2 とも、A グループ、B グループの提示問題に即値以外の違いがないことから、(A-1)と (B-1) を合わせて分析し、同じく (A-2) と (B-2) を合わせて分析している。

また、本研究では、履修者の中の 1 年次と再履修者のそれぞれでの誤答パターンの項目の妥当性と誤答傾向を把握するため、問題 1, 2 それぞれの問題に対し、1 年次と再履修者を分けて因子分析を行った

5.4.1 問題 1 の誤答パターン項目の検証

5.4.1.1 1 年次の検証

1 年次の因子分析の結果と、因子寄与率を表 3, 4 に示す。結果、第 1 因子は寄与率が 22.64%で、「Careless for [i]」と「Verify truth」の項目に高い負荷量が示されていることから、繰り返しの概念理解についての因子と考える。第 2 因子は寄与率が 19.44% で、「Understanding rule」と「Understanding constant value」の項目に高い負荷量が示されていることから、変数の変化する位置の理解についての因子と考えられる。第 3 因子の寄与率は 13.80%で「Understanding loop」の項目に高い負荷量が示されていることから、繰り返しの理解についての因子と考えられる。しかし、3 つの因子の累積寄与率は 53.88%となり、因子解釈の点からは妥当なものと判断しかねる。「Understanding loop」の項目に高い負荷量が示されていることから、繰り返しの理解についての因子と考えられる。しかし、3 つの因子の累積寄与率は 53.88%となり、因子解釈の点からは妥当なものと判断しかねる。

5.4.1.2 再履修者の検証

再履修者 (2 年次~4 年次) の因子分析の結果と、因子寄与率を表 5, 6 に示す。なお、「Understanding

表 5 問題 1 誤答パターン項目を用いた

1 年次の因子分析結果

(N=161)

	因子 1	因子 2	因子 3
Careless for [i]	0.921	0.013	-0.118
Verify truth	0.739	0.195	0.317
Understanding rule	0.198	0.878	0.155
Understanding constant value	-0.004	0.732	-0.001
Understanding loop	0.027	0.128	0.751
Understanding command	0.100	-0.012	0.462
Careless for [k]	-0.009	0.018	0.221

表 6 問題 1 1 年次の因子寄与率

因子 No.	二乗和	寄与率	累積
1	1.44	20.64%	20.64%
2	1.36	19.44%	40.08%
3	0.97	13.80%	53.88%

rule」と「Understanding constant value」の項目の変数の値が、すべて同じであったことから、この 2 つの項目を合わせ「Understanding rule& constant value」項目として分析している。結果、第 1 因子は寄与率が 39.70%で、「Understanding loop」, 「Understanding command」, 「Verify truth」の項目に高い負荷量が示されている。これらは、繰り返しの動作に関する項目、繰り返しの中にある算術演算に関する項目、繰り返し文にある条件判断に関する項目であることから、繰り返しの概念と動作の理解についての因子と考える。第 2 因子は寄与率が 19.84%で、「Understanding rule & constant value」項目に高い負荷量が、「Careless for [k]」項目にマイナスの負荷量が示されていることから、変数 k を除いた変数の変化する位置の理解についての因子と考えられる。第 3 因子の寄与率は 12.57%で「Careless for [i]」との項目に高い負荷量が示されていることから、繰り返しの理解についての因子と考えられる。3 つの因子の累積寄与率は 72.11%となり、因子解釈の点からは妥当なものとは判断できる。

(N=41)

	因子 1	因子 2	因子 3
Understanding loop	0.942	-0.230	-0.226
Understanding command	0.921	0.205	-0.044
Verify truth	0.797	-0.372	0.360
Understanding rule & constant value	-0.058	0.662	-0.166
Careless for [k]	0.058	-0.662	0.166
Careless for [i]	-0.055	-0.285	0.719

表 8 問題 1 2015 年度再履修者の因子寄与率

因子 No.	二乗和	寄与率	累積
1	2.38	39.70%	39.70%
2	1.19	19.84%	59.54%
3	0.75	12.57%	72.11%

5.4.2 問題 2 の誤答パターン項目の検証

5.4.2.1 1 年次の検証

1 年次の問題 2 の因子分析の結果と、因子寄与率を表 7, 8 に示す。

結果、第 1 因子は寄与率が 17.15 で、「Careless for [i]」項目に高い負荷量が示されていることから、繰り返しの概念理解についての因子と考える。第 2 因子は寄与率が 16.45%で、「Verify truth」と「Understanding rule」項目に高い負荷量が示されていることから、条件判断の変数の変化の位置の理解についての因子と考える。第 3 因子は寄与率が 12.35%で、「Careless for [k] and [a]」項目に高い負荷量が示されていることから、分岐の中の算術演算、つまり分岐の真偽判定の結果で算術演算が実行されるか否かの理解についての因子と考えられる。しかし、3 つの因子の累積寄与率は 46.37%のため、因子解釈の点からは妥当なものとは判断しかねる。

5.4.2.2 再履修者の検証

問題 2 の再履修者の因子分析の結果と、因子寄与率を表 9, 10 に示す。なお、「Understanding constant value」項目の変数の値がすべて「0」であったため、この項目を除いて分析した。

結果、第 1 因子は寄与率が 24.22 で、「Verify truth」, 「Understanding rule」, 「Careless for

「[k] and [a]」項目に高い負荷量が示されている。これらは、繰り返し文の真偽判定と分岐の真偽判定に

問題 2 では、第 1 因子に「Careless for [i]」、第 2

表 9 問題 2 誤答パターン項目を用いた
1 年次の因子分析結果

(N=157)

	因子 1	因子 2	因子 3
Careless for [i]	0.946	-0.078	0.174
Verify truth	0.444	0.664	0.099
Understanding rule	0.326	0.639	0.387
Careless for [k] and [a]	0.160	-0.081	0.728
Understanding command	0.010	0.353	0.381
Understanding constant value	-0.017	0.179	-0.017
Understanding loop	-0.078	0.364	0.017

表 10 問題 2 1 年次の因子寄与率

因子 No.	二乗和	寄与率	累積
1	1.23	17.57%	17.57%
2	1.15	16.45%	34.02%
3	0.86	12.35%	46.37%

関する項目、繰り返しの中にある算術演算の結果を代入する変数と算術演算の結果を用いた分岐の変数に関する項目、さらに、変数の変化する位置に関する項目が含まれていることから、繰り返し・分岐双方の概念と動作理解についての因子と考えられる。第 2 因子は寄与率が 18.10%で、「Understanding command」と「Understanding rule」項目に高い負荷量が示されていることから、算術演算に関係する変数の変化する位置の理解についての因子と考える。第 3 因子は寄与率が 17.55%で、「Understanding loop」項目に比較的高い負荷量が示されていることから、繰り返しの動作理解についての因子と考えられる。3 つの因子の累積寄与率は 59.87%のため、因子解釈の点から因子項目が妥当なものと判断できる。

5.5 誤答傾向の把握の試み

5.5.1 1 年次の誤答傾向

1 年次は、問題 1 の第 1 因子に「Careless for [i]」と「Verify truth」項目が分類されているのに対し、

表 11 問題 2 誤答パターン項目を用いた
再履修者の因子分析結果

(N=38)

	因子 1	因子 2	因子 3
Verify truth	0.757	0.123	0.292
Understanding rule	0.637	0.516	-0.055
Careless for [k] and [a]	0.521	0.103	0.001
Understanding command	0.218	0.865	0.146
Understanding loop	0.022	0.105	0.956
Careless for [i]	0.394	0.187	-0.171

表 12 問題 2 再履修者の因子寄与率

因子 No.	二乗和	寄与率	累積
1	1.45	24.22%	24.22%
2	1.09	18.10%	42.33%
3	1.05	17.55%	59.87%

因子に「Verify truth」項目が分類されている。これは、分岐の条件判断と繰り返しの条件判断の誤答傾向は別であることを示していると考えられる。

5.5.2 再履修者の誤答傾向

再履修者については、問題 1、問題 2 とともに第 1 因子に「Verify truth」と「Understanding rule」項目が含まれている。これは、繰り返しの真偽判定での誤答と、分岐での真偽判定での誤答の相関が強いということが考えられる。つまり、繰り返しと分岐双方の真偽判定に誤答が起こる可能性が高いと言える。また、問題 1 では、第 2 因子で「Careless for [k]」項目がマイナスの負荷量であったのに対し、問題 2 では、「Careless for [k] and [a]」項目が第 1 因子でプラスの負荷量となっている。これは、繰り返しと分岐の動作の理解ができていない傾向が示されていると考える。これらのことから、再履修者の特徴として、条件判断の誤答が、プログラムの動作の理解の妨げとなっていると考えられる。

5.6 誤答パターン項目の検討

5.5 の誤答傾向をあわせて、因子分析結果と因子負荷量をもとに、誤答パターン項目の妥当性を検討する。

まず、1年次、再履修者共通して、問題2の第2因子に「Understanding rule」項目が含まれていることから、「Understanding rule」項目は妥当だと考えられる。

1年次の因子分析結果を確認すると、問題1の第1因子に「Careless for [i]」と「Verify truth」項目が、問題2では、第1因子に「Careless for [i]」、第2因子に「Verify truth」項目が分類されていたことから、この2項目は妥当だと考える。一方、「Understanding command」項目が、どの因子にも属さない結果となったことから、この項目は再考する必要がある。

再履修者の因子分析の結果を確認すると、問題1、問題2で共通に、第1因子に「Verify truth」と「Understanding rule」項目が含まれていることから、この2項目は妥当だと考えられる。また、問題1では、第2因子で「Careless for [k]」項目がマイナスの負荷量、問題2では、「Careless for [k] and [a]」項目が第1因子でプラスの負荷量となっていた。この結果から、誤答傾向の把握が可能のため、この項目も妥当だと考える。

6. まとめと今後の課題

本稿では、プログラミングを学習する際に、完成したプログラムとその動作を学習者が記入するための表を並べて提示した課題（トレーシング）を、ビジュアルプログラミング環境上で実装し授業で実施した。トレーシング課題を中間試験で実施し、その誤答箇所を抽出し、さらに、教授者が誤答と考えるパターンを7項目用意し、その項目に該当するか否かを、「1」、「0」のダミー変数で表した。この誤答パターン項目が妥当か否かを判断するために、因子分析を用い、妥当性を検証した。結果、7つの項目中「Verify truth」、「Understanding rule」、「Understanding loop」、「Careless for [i]」、「Careless for [k]」、「Careless for [k]and[i]」に

ついては、全ての問題と学年の因子負荷量から、妥当な項目であると考えられる。しかし、「Understanding command」と「Understanding constant value」については、因子に寄与しない項目、因子負荷量が低いことから、項目の再検討が必要であることがわかった。

誤答傾向の把握については、再履修者の誤答傾向から見て、関係演算子に関する誤答がプログラムの動作の理解の妨げとなっていると考えられることが確認できた。このことから、1年次の授業直後にこの分析を実施し、条件判断に多くの誤答がある学習者に対して関係演算子の理解を促す課題を追加するなどの対応をすることで、分岐だけでなく繰り返しの動作理解を促すことが可能であると考えられる。

今後は、上記2つの誤答パターン項目の再検討を行う。また、授業内の課題で学習者が提出した解答の中で、最初の提出で誤答があった解答が正解になるまでの過程を分析する予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 26350284, 15K01023 の助成を受けたものです。

参考文献

- (1) IT 総合戦略本部, 世界最先端 IT 国家創造宣言, June 2015, <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20150630/siryoku1.pdf> (2017 年 4 月 10 日アクセス)
- (2) 文部科学省, 中学校学習指導要領, March 2008. http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/icsFiles/a_eld_le/2015/03/26/13562511.pdf (2017 年 4 月 10 日アクセス)
- (3) 関谷貴之, 山口和紀, 山本三雄: "初学者によるプログラムトレーシングにおける誤答に関する分析", 情報教育シンポジウム 2012 論文集 2012(4), 113-120 (2012)
- (4) 湯沢航太, 國宗永佳, 新村正明: "プログラムの動作理解を表出する課題形式の提案", 信学技法, ET2016-2, pp.49-52 (2016)
- (5) 小林慶, 國宗永佳, 香山瑞恵: "アルゴリズム的思考法教育を支援するビジュアルプログラミング環境の開発", 教育システム情報学会研究報告, vol.27, no.4,

pp.3-8 (2012)

- (6) 山本樹, 華山宣胤, 國宗永佳: "プログラムの動作理解を表出する課題の実践と評価", 教育システム情報学会研究報告, vo31,no7,pp.219-226 (2017)

ネットワーク外部性を主題とするビデオと オンラインレポートを活用した授業の設計と試行評価

仲林 清^{*1,2}

*1 千葉工業大学

*2 熊本大学

Design and Trial Evaluation of a Lesson on the Subject of Network Externality Using Video Content and Online Report

Kiyoshi Nakabayashi^{*1,2}

*1 Chiba Institute of Technology

*2 Kumamoto University

企業のビジネスモデルにおける IT の活用, 特に, 技術標準化やネットワーク外部性の理解を目的とする授業の設計と評価を行った. ネットワーク外部性は, 製品の価値が, それ自体の機能や性能ではなく, 同じ製品を使っている人の数や, 製品が使える場面の数によって決まる, という経済学の概念である. インターネット上の各種のサービスにおいて顕著に見られるためビジネスの成否を左右し, また, ネットワーク外部性が働くためには製品間の共通インターフェースが不可欠であるため, 企業の技術標準化戦略が重要な要素となる. 本研究では, 大学生を対象に, このようなネットワーク外部性の概念と, 近年の IT ビジネスにおける重要性を理解させることを目的とした授業の設計と試行を行った. 授業では, ネットワーク外部性の関係する IT サービスとして, JR 東日本の Suica の開発・普及を扱ったドキュメンタリービデオを用いた. ビデオの内容に関するレポートの提出と他学習者のレポート閲覧を行い, 自他の考えを対比させて理解を深めさせる. アンケートによって, 授業後の学習効果や IT に関する意識の変化などを調査した.

キーワード: ネットワーク外部性, 技術標準化, プラットフォームビジネス, ビジネスモデル, ドキュメンタリービデオ, 既存知識の活用

1. はじめに

近年の企業経営において IT の戦略的な活用は不可欠のものとなっている. そのような中でも, ネットワーク外部性⁽¹⁻²⁾は, 企業の IT 戦略を考える上で重要な概念である. ネットワーク外部性は経済学の概念であり, 製品やサービスを利用する価値が, それら自体の性能や品質ではなく, 同じ製品やサービスを利用している人数に依存する, という性質を指す. 例えば, 電話というサービスは, 通話する相手がいなければ無価値であり, 同じサービスを利用する人が増えるほどその価値は増していく. このようなネットワーク外部性の性質は, 近年のコンピュータ関連の各種製品や家電製品をはじめ, インターネット上のサービス, 特にソーシャルネットワーク系のサービスに顕著に見られ, 一つのサービスにできるだけ多くの集客をしてサービスの価値を高めるプラットフォームビジネス⁽³⁻⁴⁾という概念も生まれている. また, このような性質を成り立たせるためには, 顧客が使用する機器やソフトウェアが互いに情報をやりとりするためのインターフェー

スが標準化されている必要があり, 技術標準化⁽⁵⁻⁶⁾の概念が不可欠となる.

このように, ネットワーク外部性や技術標準化の概念は, IT ビジネスの戦略を考えるうえで必要不可欠な概念であり, 将来, IT のユーザ企業あるいは開発企業の立場でシステムの構想・導入・運用などに関わる可能性のある学生にとって, 大学で IT を学ぶ意味や将来の進路を考えるうえで有益な学習主題と考えられる. しかし, 一般に情報系学部のカリキュラムでは, このような学習主題が取り上げられることは少ない. TCP/IP などの技術標準については, 技術的な内容は教えられるとしても, ネットワーク外部性のような経済学的な観点と結び付けて, その価値が教えられることはまれであると考えられる.

本稿では, 情報系学部学生を対象とし, ネットワーク外部性の観点から, 企業のビジネスモデル, IT 活用の関係・意義を学習主題とする授業の設計と評価について述べる. 大学の授業でこのような内容を学ばせようとするとき, 学生に社会経験が無く, 企業のビジネスモデルや価値向上の意味を実感的に理解させるのが

困難であることが障害として想定される。そこで、本授業設計では、筆者らがこれまで、技術イノベーションや組織における問題解決といった、抽象度が高く正解が一意に定まらない分野の学習に適用して効果を確認したドキュメンタリービデオとオンラインレポート提出を組み合わせた授業設計の枠組み⁽⁷⁻⁹⁾を適用する。ドキュメンタリービデオには、JR 東日本(以下 JR 東)の Suica⁽¹⁰⁻¹¹⁾の開発・導入過程を扱ったものを主題材として使用する。Suica という身近な題材を取り上げることで、ビジネスモデルの学習主題を学生の既有知識と結び付けやすくする。さらにドキュメンタリービデオを使用することで、現実のサービス開発の文脈の中でビジネスモデルの本質を捉えて理解することを促進する。授業ではビデオの登場人物の行動や考えを、学習主題に関する観点を提示してレポートにまとめさせる。次の授業で全員のレポートを配布・閲読させて、自他の考えを比較して吟味させる。このような授業設計で、自分の既有知識・ビデオの内容・他者の考えを統合しながら理解を深めさせることを目的とする。

以下、第 2 章で、ネットワーク外部性に関する本授業設計の学習主題について述べる。第 3 章ではビデオとオンラインレポートを活用した授業設計の狙いと授業の流れを示す。第 4 章でアンケート、レポートの内容を調べた結果を示し、第 5 章で考察とまとめを行う。

2. ネットワーク外部性に関する学習主題

本授業では、ネットワーク外部性について、企業の IT ビジネスの観点から以下の学習主題を設定する。

(1) ネットワーク外部性の性質と技術標準化の関係

ネットワーク外部性には直接的ネットワーク外部性と間接的ネットワーク外部性がある⁽²⁾。前者は、電話やメールのように、参加者が直接やりとりをするようなネットワークで、参加者数そのままサービスの価値となる場合である。後者は、ビデオデッキとビデオコンテンツのように、製品(ビデオデッキ)だけでは価値が無いが、補完財(ビデオコンテンツ)が増えると、製品の価値も増えていくような場合を指す。

これらのネットワーク外部性を成り立たせるためには、顧客が使用する機器やソフトウェアが互いに情報をやりとりするためのインターフェースが標準化さ

れている必要がある。直接的ネットワーク外部性の場合には、ネットワークに接続される機器やソフトウェア同士のプロトコルが該当する、間接的ネットワーク外部性の場合には、製品と補完財の間のインターフェースが該当する。このようなネットワーク外部性の性質や技術標準化との関係を第一の学習主題とする。

(2) ネットワーク外部性を持つ製品の普及モデル

ネットワーク外部性をもつ製品やサービスには、(1)で述べた性質から、利用者が増えるほど、または、補完財が増えるほどその価値が向上し、さらに利用者や補完財が増える、という正のフィードバックが働く⁽¹⁻²⁾。しかし、このようなフィードバックが働くためには、製品が初期に一定数普及する必要がある、それに達するまでに普及率をいかに引き上げるかという「スタートアップ問題⁽¹⁾」が存在する。また、類似の、しかし互換性のない複数の製品が存在すると、利用者が製品の選択を躊躇して普及が妨げられる、という現象や、複数の製品のいずれかひとつが普及しだすと、正のフィードバックが働き、他の互換性のない製品はまったく使われなくなるという「ひとり勝ち」の現象が発生する。このようなネットワーク外部性を持つ製品・サービスに特有の普及モデルを第二の学習主題とする。

(3) プラットフォームビジネスの意味

間接的ネットワーク外部性を有する近年の IT サービスは、しばしばプラットフォームビジネスと呼ばれる⁽³⁻⁴⁾。ゲームビジネスやネット通販は、その典型例であり、コンテンツなどの補完財を共通の製品(プラットフォーム)上で流通させることで収益を得ることからこのような呼び名がある。ネットワーク外部性の性質から、補完財の種類が増えれば増えるほど、プラットフォームの価値が高まることは明らかであるが、どのようにして収益を得るかは必ずしも自明ではない。例えば、ゲーム機の場合、ゲーム機自体、ゲームコンテンツのいずれから収益を得るのかは自明ではない。ゲーム機自体を高くしてしまうと、(2)で述べたスタートアップ問題が発生する可能性がある。一方、ゲームコンテンツから収益を得ようとする、コンテンツ自体が高価になってしまったり、ゲームコンテンツを提供するサードパーティベンダがゲーム機メーカーにロイヤリティを支払うのを躊躇する可能性がある。このような、製品供給者、補完財供給者、消費者からなるプ

プラットフォームビジネスの概念や、その中での収益モデルのあり方を第三の学習主題とする。

3. 授業設計

3.1 概要

本授業の対象は首都圏の大学の学生であり、主要な題材として用いる Suica は通学などで日常的に利用しており、自動販売機や買い物など交通機関以外での利用も少なからず経験していると思われる。一方、Suica の技術的な背景や開発の経緯、JR 東が意図しているビジネスモデルや IT 活用の意義について意識することはほとんどないと思われる。本授業では、このような大学生が、Suica の利用形態を前章で述べたようなネットワーク外部性やプラットフォームビジネスの概念と結び付けて理解し、より一般的に IT のビジネス活用の方策を考えるきっかけを作ることを目的とする。

前章で述べた学習主題は、かなり複雑な内容であり、単なる知識付与型の学習手法では、学習者の興味を引き出すことが難しく、十分な学習効果は期待できない。そこで、筆者が技術イノベーションや組織における問題解決といった分野の学習に適用して効果を確証したドキュメンタリービデオとオンラインレポート提出を組み合わせた授業設計の枠組み⁽⁷⁻⁹⁾を適用する。この授業設計では、(1) 学習者の既有知識の活用、(2) 主題に関する真正な状況・文脈の提示、(3) 他者の考え自らの考えと対比する機会の設定、という方針をとる。具体的には、学習の主題に即したドキュメンタリーを視聴させ、これに関するレポートを課す。次の授業直前までにレポートをオンラインで集約して授業で配布し、教員が内容を適宜紹介する。後述するように、ドキュメンタリービデオは学習主題を直接解説した教材ビデオではないので、学習者は、現実の場面で生じている事象や登場人物の言動の背景にある学習主題を、講義の知識に結び付けて能動的に読み解く必要がある。これによって、学習主題を単なる知識としてではなく、文脈を含めて理解し、さらに学習者自身の既有知識と対比させることを意図している。レポートの提出と配布は、自らの考えを他者の考えや経験と対比しながら深めることを狙っている。上記のように、ビデオは、学習主題を直接的に解説したものではないので、レポ

ートの内容は、学習者の着目点や既有知識によって、多様なものになることが期待される。このように、レポートの提出・配布で、自他の意見を対比しながら、学習主題についての理解を深化させる。

3.2 ドキュメンタリービデオの内容と事例の解釈

本授業では、2 種の技術の普及を扱い、それぞれに対応したドキュメンタリービデオを使用した。それぞれの事例の概要と学習主題との関係を述べる。

3.2.1 家庭用 VTR の事例

(1) ビデオの概要

用いたビデオは、「プロジェクト X 挑戦者たち 窓際族が世界規格を作った VHS・執念の逆転劇（以下 PJX-VHS）」である。1970 年代から 80 年代にかけての家庭用 VTR の普及における VHS とベータの争いを、VHS を開発したビクターの視点から描いたものである。ソニーが先行して開発していたベータに対抗して、弱小メーカーであったビクターが VHS を開発し、最後に市場を席卷するまでの過程を描いている。特に、ビクターがソニーに対抗するために、技術者が懸命に開発した技術を、日立、シャープなど他のメーカーに無償で提供して規格を普及させたことが描かれている。

(2) 事例の解釈

VHS とベータの競争には、ネットワーク外部性が顕著にみられる⁽²⁾。ビデオテープは、ビデオデッキに対する補完財であり、間接的ネットワーク外部性が働く。ビデオ普及の初期にはベータのシェアが上回っていたが、家庭への普及率が 10%に達したところから競争が激化し、1983 年にレンタルビデオが解禁された時期から、ベータのシェアが一気に下落し、VHS だけが勝ち残った。これは、複数の非互換製品が存在すると、ひとつの製品に正のフィードバックが働いてひとり勝ちになるという典型例である。また、ビクターが他社に技術を無償提供した行為は、スタートアップ問題を克服する方策のひとつと解釈できる。このように、VTR の事例は、学習主題 1 と 2 を説明する事例となっている。

3.2.2 Suica の事例

(1) ビデオの概要

用いたビデオは、「プロジェクト X 挑戦者たち 執念の IC カード 16 年目の逆転劇（以下 PJX-Suica）」である。JR 東（開発当初は国鉄）が、1985 年ごろ IC カ

ード乗車券の開発を開始してから、2001年にSuicaとして実用化されるまでの経緯を描いている。当時の国鉄は赤字に苦しんでおり、紙の切符で手作業の改札を行っていた。これを解決するために、研究所の研究者がICカード乗車券を着想し、ソニーの協力を得てICカード技術（現在のFelica⁽¹²⁻¹³⁾）を完成させる。旅客部門の担当責任者の協力を得て導入を推進しようとするが、JR東は数年前に磁気式改札機を導入していた。旅客部門の責任者は、ICカードを導入するため、(1)磁気式改札機のコストを徹底的に調べ、ICカードの方がランニングコストの削減になり、首都圏400以上の駅に一気に導入する経費を回収できること、(2)ICカードは電子マネーとして駅の売店や一般の買い物にも利用できる付加価値があること、を上層部に訴求する。これによってJR東はICカード（Suica）の導入を決定し、乗車券だけでなく、電子マネー機能に着目した駅ナカ・街ナカビジネス⁽¹⁴⁻¹⁵⁾を展開していく。

(2) 事例の解釈

Suicaの開発・普及はネットワーク外部性の観点から以下のように解釈できる。まず、電子決済の手段としてSuicaはプラットフォームに相当する。乗車券や商品購入という用途は補完財であり、補完財の種類が増えれば増えるほどSuicaの価値は高まっていく。したがって、ここに間接的ネットワーク外部性が働く。実際にSuicaが使える店舗数は2010年の10万店が2015年には31万店と3倍に増加しており、決済件数も180万件/日から520万件/日に増えている⁽¹⁴⁾。乗車券としても、当初は首都圏だけであったが、JR他社や私鉄各社のIC乗車券との相互利用の促進により現在は全国の主要な交通機関で利用できる。

このようなネットワーク外部性が生じるためには、スタートアップ問題の克服が必要であるが、Suicaの場合は、当初に首都圏400以上の駅に一気に改札機を導入することでこの問題を克服している。すなわち、磁気式改札機のコスト削減で初期投資を回収しつつ、顧客に首都圏一円で乗車券として利用できる利便性を提供して普及率を向上している。Suicaの普及率が高まれば、店舗にとって電子マネーとしての価値が向上するため加盟店が増加し、これによってさらにSuica利用者が増えるという正のフィードバックが働く。

電子マネーという分野で見ると、Suica以外にも

nanaco, WAONなどが存在し、必ずしもSuicaが一人勝ちの状態にはなっていない。これは、図1に示すように、いずれの電子マネーもソニーが開発したFelicaという共通の技術標準を用いていることによる。このため、店舗にFelica対応の読み取り機を設置すれば、ソフトウェアの切り替えで複数種の電子マネーが利用でき、特定の電子マネーが一人勝ちになる状態は起きない。別の見方をすれば、SuicaなどはFelicaに対する補完財になっている。

ソニー自身もEdy⁽¹⁶⁾で電子マネーへの参入を図ったが、普及は伸び悩み2009年にビジネスを楽天に売却している。これは、表1のように、Suica, nanaco, WAONがそれぞれ、乗車券改札機や自社店舗レジという、スタートアップ問題を克服するためのインフラを当初から持っていたのに対し、ソニーにはそのようなインフラが無く、自力でゼロから加盟店を増やさなければならなかったためと考えられる。すなわちEdyはスタートアップ問題を解決できず、ネットワーク外部性を享受するに至らなかった事例といえる。

補完財	乗車券	商品購入	商品購入	
	Suica		他の電子マネー Edy, nanaco など	他の用途 IDカード など
プラットフォーム1				
プラットフォーム2	Felica			

図1 Suicaのネットワーク外部性

表2 電子マネーの比較

	Suica	nanaco WAON	Edy
物理媒体	Felica		
用途	乗車券 商品購入	商品購入	商品購入
初期インフラ	改札機	自社店舗 レジ	なし

3.3 授業の進め方

授業は4コマの構成である。1コマ目では、ネットワーク外部性の概念をPJX-VHSを用いて解説する。直接的ネットワーク外部性と間接的ネットワーク外部性、ネットワーク外部性によるひとり勝ちの発生、プラットフォームビジネスの概要を、ビデオ視聴を交えて解説する。

2~3コマ目がこの授業の中核となる。2コマ目では、

1 コマ目の復習の後、ネットワーク外部性と技術標準化の関係を説明する。さらに、Suica の普及状況、Suica の基本技術が Felica であり他の電子マネーも同じ技術を用いていることなどを説明する。授業後半で以下のレポート課題を示して PJX-Suica を視聴させる。

ビデオを視聴し、以下のレポートを提出せよ（200～300 字程度）

- Suica の開発・普及過程は、情報技術の進化のパターン 1（ニーズ主導）、パターン 2（シーズ主導）のいずれに該当すると考えられるか？理由とともに説明せよ。
- Suica の普及においてどのようなネットワーク外部性が働いていると考えられるか？プラットフォーム、コンテンツに相当するものはそれぞれ何か？Suica が使える具体的な状況を挙げて説明せよ。

最初のポイントは、PJX-Suica を視聴する観点を持たせるためのものである。前節の PJX-Suica の説明で述べたように、JR 東は Suica を導入する際、(1) 磁気式改札機のコストの削減（ニーズ）、(2) 電子マネーとして付加価値（シーズ）という二つの意図を持っていた。また、それ以前に紙の切符が改札で混雑を招いていたことはニーズの視点、磁気式改札機のコストの議論の前に並行して IC 乗車券の開発が進められたことはシーズの視点である。したがって、学生がビデオのどの部分に着目するかによって、レポートの内容は多様なものになると想定される。

2 番目のポイントは、Suica の利用形態に関する学習者の既有知識とネットワーク外部性の概念を結び付けさせることを意図したものである。PJX-Suica の最後で、Suica が駅ナカ⁽¹⁵⁾の売店で利用できる場面が紹介されており、これは学習者の既有知識にも合致していると思われる。一方、図 1 のように、Suica は Felica から見れば補完財であり、何をプラットフォームと考えるかによって、レポートの内容は異なったものになると想定される。

3 コマ目では、2 コマ目のレポートを配布して上記のポイントに関連する内容のものを紹介し、ネットワーク外部性の概念を簡単に振り返ったあと、以下のレポート課題を示して PJX-Suica を再度視聴させる。さらに、Suica の開発に関わる JR 東、ソニー、および、技術標準化の動向などをまとめた年表を提示する。

ビデオを再度視聴し、他のレポートも参考にして、以下のレポートを提出せよ（1000～1500 字程度）

- Suica は、どのような課題解決・従来技術代替を目的に開発・導入されたか？技術的・組織的障壁は何だったか？
- ネットワーク外部性の観点で、Suica は従来技術とどのような違いがあるか？それにより、企業や利用者にもたらされた価値は何か？そのためにどのような技術標準が使用されているか？
- ネットワーク外部性の価値を享受するためには、その技術がある程度普及して、利用者数を確保できることが前提となる。そのために主人公たちはどのような行動を取ったか？
- Suica の開発に関して、ソニーは自社にどのようなメリットや収益があると考えていただろうか？
- ネットワーク外部性の観点、競合技術や収益の観点で、VHS の開発と Suica の開発の類似点や相違点は何か？

最初の 3 つのポイントは、プラットフォームとしての Suica の開発・導入における障壁と、生じた価値を考えさせるためのものである。2 番目のポイントでは、磁気式乗車券との比較で Suica には電子マネー機能が加わり、これによってネットワーク外部性の観点で新たな価値を産んでいることを考えさせる。3 番目のポイントは、スタートアップ問題に関するもので、磁気式改札機のコスト削減で初期投資を回収し、首都圏 400 以上の駅で利用できる利便性を顧客に提供してスタートアップ問題を回避していることに気付かせる意図がある。4 番目・5 番目のポイントは、電子マネーの分野でのネットワーク外部性に関するもので、Suica が VHS のようにひとり勝ちになっていないこと、その背景として図 1 のように Felica が電子マネーの技術標準となっていること、ソニー自身も表 1 のように Edy で電子マネーに参入したが、普及がうまくいかなかったこと、その原因として他の電子マネーのような初期インフラがなかったこと、などを考えさせるねらいがある。

4 コマ目では、3 コマ目のレポートを配布して上記のポイントに関連する内容のものを紹介し、振り返り、補足の解説を行う。さらに受講後に後述するアンケートを提出させる。

4. 評価

2016 年度の後期に、情報系学科 3 年生向けの「情報ネットワークと企業戦略」という科目の中で授業を実施した。2 回のレポートとアンケートを提出した学生は 70 名であった。

表 2、表 3 にビデオ、レポートに関するアンケート結果を示す。ビデオを 2 回視聴すること、他者レポートを閲読することなどについて、授業のねらいとした効果が得られていることがわかる。表 4~6 は、授業全般に関するアンケートである。Suica という身近な題材をネットワーク外部性の概念と結び付けて考えることで、IT のビジネス活用に関する理解が深まっていることがうかがえる。

表 2 ビデオ・レポートについて (7 段階)

質問	平均 (標準偏差)
ビデオは講義の内容を実感的に理解するのに役に立った	6.00 (0.76)
ビデオ視聴の観点を指示されたので理解を深めることができた	5.68 (1.02)
ビデオを二度視聴したことで、より理解が深まったと感じた	5.70 (1.06)
同じビデオでも観点が違うと、読み取れる意味が変わると感じた	5.55 (0.88)
レポート提出で授業の内容を振り返ることができた	5.81 (0.64)
他の人のレポートを参考に様々な観점에서ビデオを視聴できた	5.60 (1.00)
他の人のレポートを読んで、様々なもの見方が重要だと感じた	5.81 (1.00)

表 3 ビデオ・レポートについての自由記述例

これまでの授業で一番印象深かったのはコンビニのビデオと Suica のビデオです。どちらも 2 回ずつ視聴したので内容が頭に入ってきて理解が深まりました。
見るべきポイントを最初に提示されているので集中してビデオを見ることが出来たと思う。
今回のレポートを書いている時、ビデオの内容をもう一度確認したいなあと思ったので、自由に見れたらいいなと思いました。
ビデオを一度見た後さらに細かい点まで着目したいので自主的に何回でも視聴できるようにしてほしい。
同じビデオを 2 回見て、1 回目で大まかな内容把握とまとめのレポートを書き、2 回目でそれを深く追及するというのが段階を踏んで考えることができるので非常に良かったです。
自分の中の考えを一度レポートにまとめることで、自分の考え方を他人のレポートと比較できるので良かった。
レポートを通して、自分の感じたことを客観的に論じることが出来ました。また、他のレポートも自分とは違う考え方などすごく参考になりました。
自分のレポートと他人のレポートを比較することにより、どのようなところに注目しているかの違いがよくわかった。

表 4 授業内容について (7 段階)

質問	平均 (標準偏差)
内容は理解できた	5.71 (0.73)
内容は役に立った	5.83 (0.72)
このような内容を今後も学んでみたい	5.57 (0.94)
Suica あるいは PASMO などの交通系 IC カードをよく使う	6.31 (1.24)
Suica や PASMO で使える様々なサービス (商品購入, モバイル Suica, ポイント, など) を知っている	5.51 (1.06)
Suica や PASMO を使った経験やサービスに関する知識は、授業の内容と結びついた	5.66 (0.72)
これまでに学んだ (これから学ぶ) 情報技術の意義について考えが深まった	5.29 (0.85)
情報技術と産業や職業の関係について新しい知識や物の見方を得ることができた	5.51 (0.74)
情報技術を活用する意義を深く考えることができた	5.70 (0.73)
情報技術と産業や職業の関係についてもっと学んでみたいと思った	5.61 (1.00)

表 5 事前事後の主観的理解度 (7 段階)

質問	平均 (標準偏差)		
	事前	事前→ 1 回目	1 回目 ⇒事後
Suica が幅広く普及した理由について	3.96 (1.53)	5.39 (0.64)	5.71 (0.75)
ネットワーク外部性の概念について	3.20 (1.66)	5.39 (0.73)	5.60 (0.79)
ネットワーク外部性と技術標準化の関係について	3.20 (1.51)	5.29 (0.64)	5.49 (0.79)
プラットフォームビジネスの概念について	3.11 (1.56)	5.29 (0.67)	5.57 (0.78)
新技術の開発・導入における価値創出の見通しの重要性について	3.62 (1.46)	5.32 (0.74)	5.39 (0.77)

表 6 授業全般に関する自由記述例

Suica は普段利用しているもので物心着いた時から利用していたので Suica の普及した理由を変った観点でみてよかった
高い技術があっても消費者に知ってもらい、使ってもらえる環境を用意しなければ意味がないのだと感じた。
Suica にネットワーク外部性が関係しているとは思わなかった。身の回りのものに対してネットワーク外部性が関係しているものがあるのか興味を湧いた。
日々の日常で当たり前化している技術にはきちんと裏があったことを大いに学びました。
Suica はただ便利だから作られたわけではなく、その過程で様々な人の思惑があって完成していたということが分かった。
情報技術の可能性について改めて実感した。
Suica というほぼ毎日使う身近なものを取り上げてくれたため、考察がしやすく、そのようなことがあって今自分が使えているのだなと思いました。
Suica について授業で学び、今まで知らなかったことを学ぶことが出来ました。また、ビデオを通すことで、プリントだけでは分かりにくかったことを理解することが出来ました。
ネットワーク外部性がどのようにして働いているのかを考えることは難しかったが、楽しかった。

文末の表 7, 表 8 にレポートの一部を示す. 表 7 では, 1 番目のレポートは「混雑緩和」, 2 番目は「磁気式改札のコスト低減」をニーズの要因に挙げている. シーズについてはいずれも電子マネーとしての用途を挙げている. また, ネットワーク外部性については, それぞれ, 異なる要素をプラットフォーム, コンテンツに当てはめている. 表 8 では, 1 番目のレポートは磁気式改札との比較でネットワーク外部性の範囲の広さを考察している. 2 番目は, ネットワーク外部性の要因が Felica であることを論じている. 3 番目は, 首都圏の駅への一斉導入がスタートアップ問題の克服になったこと, 4 番目, 5 番目は VTR との比較で Suica がひとり勝ちになっていないこと, その要因として Felica が共通プラットフォームであることを論じた例である. このように, 授業設計として意図した論点に踏み込んだレポートが提出されていることがわかる.

5. 考察とまとめ

ネットワーク外部性の概念とこれが近年の IT ビジネスに不可欠であることを取り上げた授業の設計・試行について述べた. ネットワーク外部性を有する題材として学生に身近な Suica を取り上げ, ビデオ視聴とレポート提出・閲読を行う授業を行った. アンケートから, ビデオ・レポートを用いた授業設計がほぼ意図した通りに機能し, 学習主題に理解が得られたと感じていることがわかった. レポートの内容からも, 学習主題に沿って意図した論点に踏み込んだレポートが提出されていることが確認できた.

今後の課題として, レポート論点の分析が挙げられる. 例に挙げたレポートはおおむね学習主題に沿ったものであったが, そうでない例も見受けられるので, 学生がどのような視点でビデオ視聴・レポート執筆を行い, どの程度踏み込んだ論点を意識できているかの詳しい分析を行っていく.

参 考 文 献

- (1) Rohlfs, J. H.: “Bandwagon Effects in High Technology Industries”, MIT Press (2003). 情報通信総合研究所 (編), 佐々木 勉 (訳): “バンドワゴンに乗る—ハイテク産業 成功の理論”, NTT 出版 (2006)
- (2) 山田英夫: “デファクト・スタンダードの競争戦略”, 白桃書房 (2004)
- (3) Gawer A. and Cusumano M.A.: “Platform Leadership: How Intel, Microsoft, and Cisco Drive Industry Innovation”, Harvard Business School Press (2002). 小林敏男 (訳): “プラットフォーム・リーダーシップ—イノベーションを導く新しい経営戦略”, 有斐閣 (2005)
- (4) 平野敦士カール, アンドレイ・ハギウ, “プラットフォーム戦略”, 東洋経済新報社 (2010)
- (5) Baldwin, C. Y. and Clark, K. B.: “Design Rules, Vol. 1: The Power of Modularity”, The MIT Press (2000). 安藤晴彦 (訳): “デザイン・ルール — モジュール化パワー”. 東洋経済 (2004)
- (6) 橋本毅彦: “〈標準〉の哲学 スタンダードテクノロジーの 300 年”, 講談社 (2002)
- (7) 仲林 清: “技術イノベーションを主題とするビデオとオンラインレポートを活用した授業実践”, 教育システム情報学会誌, Vol.30, No.2, pp.172-186 (2013)
- (8) 仲林 清: “組織における問題解決を主題とする ビデオとオンラインレポートを活用した授業実践”, 教育システム情報学会誌, Vol.32, No.2, pp.171-185 (2015)
- (9) 仲林 清: “ビジネスモデルにおける IT の活用を主題とするビデオとオンラインレポートを活用した授業実践—コンビニエンスストアの事例を題材に—”, 教育システム情報学会誌, Vol.34, No.2, 採録済み (2017)
- (10) 椎橋章夫: “Suica が世界を変える”, 東京新聞出版局 (2008)
- (11) 高井利之: “IC カード出改札システム Suica 開発記”, JR EAST Technical Review, No.4, pp24-31 (2003)
- (12) 青島矢一, 鈴木修: “非接触 IC カード技術「FeliCa」のイノベーション”, 一橋ビジネスレビュー, Vol.55, No.4, pp.108-127 (2008)
- (13) 立石泰則: “フェリカの真実”, 草思社 (2010)
- (14) JR 東日本: “会社要覧 2015-2016”, <http://www.jreast.co.jp/youran/>
- (15) JR 東日本: “エキナカ事業の展開”, https://www.jreast.co.jp/life_service/station/
- (16) 青島矢一, 鈴木修, 長内厚: “ビットワレット 電子マネー市場の創造と事業戦略の構築”, 一橋ビジネスレビュー, Vol.57, No.1, pp.82-105 (2008)

表 7 1 回目レポート例 (下線筆者)

<p>【1】Suicaの開発過程はパターン1であると考えられる。理由としては、開発の段階では改札での混雑を解消するという明確な課題があったからである。しかし普及過程はパターン2であると考えられる。理由としては、改札の混雑を解消するという今までの目的に加え、Suicaを電子マネーとして活用するという他の使い方もあり、電子マネーに対応する店舗なども数を増やしていき、それが普及につながったからである。また、Suicaの普及において、磁気式改札とSuicaのようなICカード式改札でネットワーク外部性が働いていると考えられる。プラットフォームを駅、使い方をコンテンツとすると、磁気式では改札を通るというコンテンツしかないが、Suicaでは改札を通る以外にも駅の中の店で電子マネーとして利用できるというコンテンツがあり、磁気式よりも多くのコンテンツを持っているといえるからである。</p>
<p>【2】Suicaの開発・普及過程は、情報技術の進化のパターン1とパターン2に該当すると考える。パターン1の理由は、導入コストを上回る効果が事前の調査で予期されているためである。従来の改札機では部品の交換費などのランニングコストが発生していた。そこで、部品の消耗が少ないSuicaの導入により、コストカットが可能であることを事前に調査した。パターン2の理由は、高付加価値化である。客側の高付加価値化としては、Suicaにチャージをしておけば、客は電車だけでなく、コンビニなどでも利用できるため、客は財布を出さずに商品を購入できる。JR東日本側の高付加価値化としては、客のSuicaの利用履歴を知ることができる。これは、客がどの駅で乗り降りしているかなどの情報をビックデータとして活用できる。Suicaの普及において、どのようなネットワーク外部性が働いているかについて述べる。プラットフォームはICカードで、コンテンツはバス、コンビニ、自動販売機、飲食店などの決済である。コンビニでは、レジの隣にSuicaを読み取る機械があり、そこにSuicaをかざすことで決済ができる。しかし、もしコンビニがSuicaに対応していなければ、客は使うことができない。Suicaの普及において、重要なことは客に利用してもらうために、対応店舗を増やすことである。コンテンツの多さがSuicaを普及させたと考えられる。</p>

表 8 2 回目レポート例 (下線筆者)

<p>【1】(略) ネットワーク外部性の観点で見ると、従来の形であると、切符を買って電車に乗るところで止まっていた。一方SuicaはICカードであるため、いちいち切符を買うという行為がなくなりその部分で利用者が増えると考えられる。そのため、Suicaを普及させるためにICカードに対応している改札を増やし、これが便利なものということを認識させる。そうすれば利用者が増え、どんどんICカードに対応している改札が増えていく。さらに、駅の改札だけでなくお店のレジなどにも利用できる形にし、Suicaが使える場所を増やしていくことで利用者がどんどん増えていく。これにより、利用者にとって、Suicaを持つだけで電車に乗って買い物もできる便利なものという価値がつき、企業にとってはSuicaに対応したレジを置くことで利用者が増えていき、レジでの対応業務の簡略化にもなる。これは、改札やレジがSuicaで技術標準化されたと考えられる。■主人公達は上記のネットワーク外部性を享受するために磁気式の改札よりもIC対応の改札を導入することでどのような効果が得られるのかを調査した。磁気式の改札は1日に何万枚の切符を吐き出すため、メンテナンスコストが高く、それに対しIC対応の方は内部の機械に直接触れないのでメンテナンスコストが安い。触れるだけで改札を通過できる利便性は利用者にとってもプラスになり、財布の代わりに利用できる。読み取り機があれば様々な店でも利用できる。これは必ず普及する。というデータや根拠のある提示を経営を行う役員に伝えた。(略)</p>
<p>【2】(略) ネットワーク外部性は、本来一つの技術や規格だけが独占する謂わば一人勝ち状態である。しかしながら、ICカードはSuica以外にもnanacoやICOCA等、様々な種類が存在する。その理由として、ICカードとしてのネットワーク外部性が働いているのはSuicaではなくプラットフォームであるFelicaであると考えられる。Suicaが普及したことで、Felicaの読み取り機が多く場所に設置された。これにより、各企業がFelicaを利用したコンテンツを提供しやすい環境の構築へと繋がった。Felicaのコンテンツが増えれば利用者も増える。利用者が増えれば対応店舗も更に増える…とまさにネットワーク外部性が働く形となる。とはいえ、Suica自体に全くネットワーク外部性が働いていないわけではない。Suicaに働いているのは、駅の交通通貨としてのネットワーク外部性である。PASUMOの存在はあるものの、紙製切符を抑え現在の関東における交通通貨の主流はSuicaだ。日本全体で見れば交通ICとしてICOCAやTOICAなども存在しているが、国鉄から民営になり各地に分散したことや、全国の膨大な数の駅間の運賃計算などがネックとなり完璧な互換が難しいことが原因であると考えられる。従来技術の多くがコンテンツ、あるいは規格だけにネットワーク外部性が働くのに対し、Suicaはプラットフォームとコンテンツ両方がネットワーク外部性をもつ技術であると言える。■上の問において、Suica自体に働くのは交通通貨としてのネットワーク外部性であると述べた。Suicaが交通通貨としての意味を持つには、大規模なネットワークと各駅に読み取り機器の設置が必要不可欠である。つまりSuicaが交通通貨として存在する為の環境を作るに伴い、ネットワーク外部性の前提状況が揃うのである。更に電子マネーの価値を付加することで、駅以外の場所での利用者の拡大に成功している。(略)</p>
<p>【3】(略) ネットワーク外部性を享受するために主人公たちが取った行動が、首都圏の駅で一斉にSuicaを導入したことである。首都圏の鉄道は利用者が非常に多く、Suicaは多くの人に知られることになる。また、混雑も時間帯や利用区間によっては相当なものであるため、スムーズに改札を通れるSuicaに魅力を感じ利用を始める人も数多くいたと予想される。そのため、主人公たちの行動によってSuicaの利用者数を一定以上確保することが出来たと考えられる。(略)</p>
<p>【4】(略) VHSのネットワーク外部性は例えば、レンタルビデオ店は、少しでも利用者の多い規格を優先するためVHS方式のビデオを仕入れ、その結果、VHS方式を選ぶ客が増える(ここで収益が発生する)。するとレンタルビデオ店におけるVHS方式の録画済みビデオの本数が増加し、ますますVHSの市場シェアが大きくなる。このようにネットワーク外部性が強く働くことで独占状態になった。Suicaでは、かざす機器(カードリーダー)が、Suica以外にもPASMOやnimocaなど多くのカードに対応しているため、利用者はSuicaでなくてはならないということではないため、VHSと違いネットワーク外部性の働きが弱く独占状態ではない。(略)</p>
<p>【5】(略) 一方、VHSの開発とSuicaの開発の相違点は、VHSのビデオデッキはVHSビデオテープしか使用できないことから、ベータを破って一人勝ちしたが、Suicaにおいては、他の電子マネーと共存していることである。これは、SuicaがFelicaという他の電子マネーと共通の規格を使用していることが一つの原因と考えられる。他にも、nanacoはセブン&アイ系列の店舗、WAONはイオン系列の店舗など、それぞれの電子マネーがそれぞれの大企業の小売店舗に導入されており、それぞれにおいて価値を保持していることも原因と考えられる。(略)</p>

即応型擬人化エージェントの外見と動作がユーザ印象に与える影響

萩原愛*1, 田和辻可昌*2, 松居辰則*2

*1 早稲田大学大学院人間科学研究科, *2 早稲田大学人間科学学術院

Influences of Appearance and Movement of Real-Time Responding Anthropomorphic Agents on Users' Impressions

Megumi Hagiwara*1, Yoshimasa Tawatsuji*2 and Tatsunori Matsui*2

*1 Graduate School of Human Sciences, Waseda University,

*2 Faculty of Human Sciences, Waseda University

Adaptation gap plays an important role in human-agent interactions. In this study, we experimentally investigated the relationships between appearance-function combinations of agents and humans' negative impressions on agents. In our experiment, we changed how accurate and how fast the agents responded to the human users' instructions, and analyzed the influences of these two variables on the users' impressions on the agents. The results show that when the adaptation gaps were negative, the users' post-interaction impressions were worse than their pre-interaction ones. On the other hand, the positive adaptation gaps did not necessarily improve the users' impressions.

キーワード: 擬人化エージェント, 適応ギャップ, Woz 法, SD 法, 外見と機能

1. はじめに

近年日常生活における様々な場面で、コンピュータシステムやネットワーク上で当事者の代理を務めるエージェントの利用が広がっており、今後さらに一般家庭や企業への導入が進行すると予想される。その中でエージェントは人間とインタラクションを持つことが一般的となり、人間からのより積極的かつ有効なインタラクションが行われることが求められる。このようなエージェントの中でも人間になぞらえた外観や挙動を示すエージェントのことを擬人化エージェントという。機械に目や手を付け加えただけのものから、人間に非常に良く似たCG(コンピュータグラフィック)まで様々な種類が存在するが、本研究では特に人間に良く似たCGエージェントに注目した。

近年CG技術の進歩に伴い人間と見間違えるほどにリアルな擬人化エージェントの制作が可能となっているが、このようなリアルな擬人化エージェントを作成する上で避けては通れない問題として「不気味の谷」(1)という問題がある。一般的に、エージェントの外見や振る舞いがより人間らしくなるのに伴い、人間のエージェントに対する親和度は高くなると考えられている。しかし、実際には本物の人間と少しでも異なる箇所があれば人間は強い嫌悪感を抱くようになり、親和度は急激に下落してしまう。そして、外観や動作が人間と見分けがつかなくなるほどに近似すると再び親和度が高くなる。擬人化エージェントの設計を考える際には、この問題を考慮に入れなければ人間に嫌悪感を与えるエージェントになってしまう恐れがある。エージェントが人間に嫌悪感を与えるようなものであれば、

人間とのインタラクションを妨げる要因となってしまう。そのため、嫌悪感を与えないような擬人化エージェントの設計手法を検討する必要がある。擬人化エージェントの外見や動作がエージェントに対する印象に及ぼす影響についてはこれまでも様々な先行研究が行われてきた。

例としては、Mathur(2)、Chaminadeら(3)の研究が挙げられる。Mathurら(8)は段階的に類似度の異なる6体の人型ロボットの画像(類似度0~100%)を用意し、それらの画像のエージェントに対する好ましさと信用度を被験者にビジュアルアナログスケールで回答してもらった実験を行った。その結果、エージェントの類似度が上昇していくに連れ、画像のエージェントに対する好ましさと信用度は上昇していく傾向にあったが、類似度40%~60%付近で好ましさと信用度が下落する点があり、その後再び上昇していくという結果が得られた。この結果から、人間は実際に不完全な人間(人間を模した存在)に否定的な印象を抱くことを示した。Chaminadeら(3)は、7体のCGエージェントにそれぞれキーフレームアニメーションにより作成した動作とモーションキャプチャーを用いた動作を付与した映像を被験者に提示し「動作が自然であるか」を評価させる実験を行った。その結果、エージェントの動作が自然であると人間に知覚されるかどうかは、対象となるエージェントの外見によって変化し、同じ動作を行っても人間に対しての類似度が低いエージェントに動作に比べ、人間に対しての類似度が高い外見を持つエージェントの動作は不自然であると評価される傾向があることを示した。しかし、これらの先行研究で行われている実験は映像や静止画像を用いた実験

が一般的であり、人間と実際にコミュニケーションをとるようなエージェントを用いた研究は行われていない。現在、人型のコミュニケーションロボットの開発や仮想空間でのアバターの使用などが広がっており、コミュニケーションの場面で擬人化エージェントの利用が盛んになっている。このことから、エージェントの否定的印象についてもコミュニケーション時においてどのような印象が抱かれるか議論することが必要不可欠である。そこで、本研究では擬人化エージェントの中でもリアルタイムに人間とコミュニケーションをとるエージェントに着目した。

擬人化エージェントに対する否定的印象には、外見から予測した振る舞いと実際の振る舞いととの不一致が影響していると先行研究により示唆されている。Saygin ら(4)は、人間とロボットとアンドロイド(見た目は人間で動作が機械的)の3種類の映像を被験者に提示し、映像を観察している時の脳活動を比較する実験を行った。その結果、アンドロイドを観察した時のみ特異的な神経活動が観測されたとの知見を得ており、この原因を「外見から予測される動作と実際の動作との不一致に違和感を感じたため」と考察している。また、小松ら(5)は外見から予測される機能と実際の機能との差を「適応ギャップ」と定義し、それがユーザに与える印象に強く影響を及ぼしていることを実験により明らかにした。更に、山田ら(6)は「適応ギャップ」と「不気味の谷」との関連を述べており、実際の機能が外見から予測される機能を上回った場合は肯定的印象を得るが、実際の機能が外見から予測される機能を下回った場合はエージェントに対し嫌悪感を抱くと考察している。そこで、本研究では擬人化エージェントの「外見から予測される機能と実際の機能の差」に着目し、外見から予測される機能を上回るような優れた機能を擬人化エージェントに実装することで、肯定的印象を得ることができるのかをエージェントとのコミュニケーション実験を通して検証した。

2. 実験

実験では、エージェントの外見と機能の組み合わせによる印象の変化を調査するためCGエージェントを用いたコミュニケーション実験を行う。そこで、本研究におけるエージェントの「機能」について定義を行う必要がある。山田ら(6)によると「どのような入力情報に基づいてどのような出力情報を生成できるのかが、人間やエージェントの機能に相当する」とされている。そのため、本研究では入力情報を人間からの指示、出力情報をエージェントによる指示の実行として、人間からの指示の実行度をエージェントの機能と定義した。なお、実験で用いるエージェントは身体動作のみを行うエージェントであり、音声や文字情報などの表出は行わないこととした。

2.1 タスク

本研究ではエージェントの機能を人間からの指示の実行度と定義している。そのため、エージェントの機能の違いとして人間からの指示の実行度を変化させる必要がある。そこで、人間からエージェントに指示を出し、エージェントがそれに応答するというタスクと

して「探し物ゲーム」を行うタスクを考えた。CGで作成された仮想空間上にいるエージェントに対し、人間が指示を出して探し物があると思われる場所に誘導するというゲームである。実験前に被験者には前提条件として以下の状況設定について説明をした。ゲームの詳細を以下に記す。状況設定とタスク内容は以下の通りであった。

(状況設定)

1. 昨日部屋を借りていた人物が部屋の中でのものをなくした。
2. 寝る時にも身に付けていて玄関を出た時になくなっていることに気が付いた。(部屋の中でなくしているのは確実)
3. 部屋の主(エージェント)が探し物を依頼された。

(タスク内容)

1. 被験者は探し物がある場所のヒントを実験者より提示される。
2. 被験者は画面に提示されたエージェントに対して指示をして探し物があると思われる場所に誘導する。
3. 2分以内に見つけ出せればクリアとなり、見つけ出せなかった場合であっても2分でゲームは終了となる。また、2分未満であっても見つけ次第コミュニケーションは終了とする。

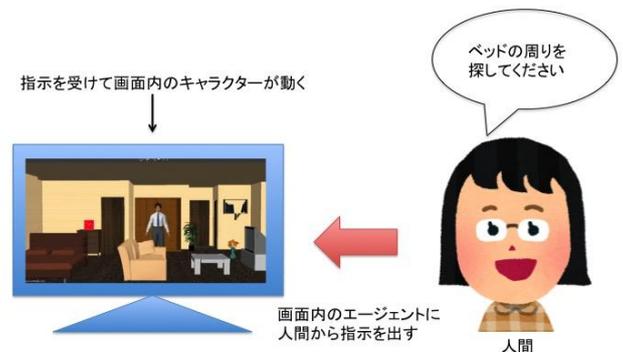


図 1 タスクのイメージ図

図1はタスクのイメージを図にしたものである。図のように人間が画面内のエージェントに対し、声をかけ探し物があると思われる場所へ誘導する。画面内のエージェントは人間からの指示を受け、探し物を開始する。

2.2 実験システム

実験ではWoz (Wizard of Oz) 法(7)を用いたリアルタイムコミュニケーションを行った。Woz法とはシステムのふりをした人間(Wizard)がシステムの挙動を制御する方法である。本研究の実験では、人間の動きをモーションキャプチャー装置によりキャプチャーし、そのデータをリアルタイムでCGソフトウェアのMotionbuilderにストリーミングすることで、CGエージェントの動きを人間が制御した。このようなシステムで、モーションキャプチャー内での人間の動きと

同じように画面の中のキャラクターが動く仕組みを構築した。実験機器として、モーションキャプチャーシステムと BENQ XL2420Z のディスプレイ、DELL ALIENWARE17STD の PC を使用した。

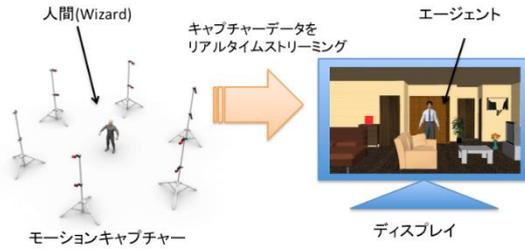


図 2 実験システムの概略図

2.3 エージェントの外見

実験に用いるエージェントとして以下の 4 体を用いた。

1. 人間に対する類似度が非常に低く Model2 よりも親和度が低いと考えられるもの (Model1)
2. 不気味の谷の手前に位置しており親和度が高いと考えられるもの (Model2)
3. 不気味の谷に位置しており親和度が低いと考えられるもの (Model3)
4. 不気味の谷を超えた地点に位置しており親和度が高いと考えられるもの (Model4)

Model2~Model4 のエージェントとしては先行研究(8)の実験結果から得られた 3 体のエージェントを用いた。Model1 のエージェントとしては Model2~Model4 のエージェントから頭部のみを変更し作成した。刺激作成には Maya2015 を使用した。図 3 は実際に実験に使用した 4 体のエージェントの画像である。

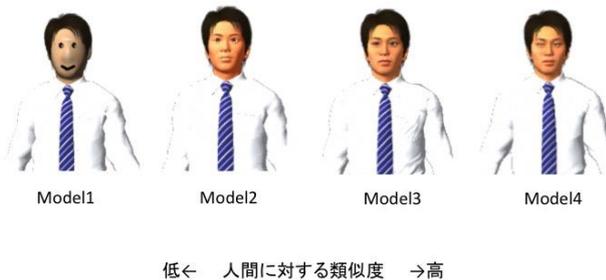


図 3 実験に使用したエージェントの静止画像

2.4 エージェントの機能

本研究ではエージェントの機能を人間からの指示に対する実行度と定義した。人間からの指示に対しての反応の正誤、そして指示に対して応答するタイミングを変化させることで指示の実行度を段階的に変化させた。山田ら(6)によると「不気味の谷の右では人間との類似度が高いため、人間なみの機能をモデルするため人間以上の機能を実現したエージェントでない限り親和感は下降する」と言われている。そこで、人間以上

の機能を実装することで、人間なみの機能を期待されたエージェントであっても親和感が上昇するかを検証するため、エージェントの機能のパターンとして「人間以上の機能」を実装することを試みた。「人間以上の機能」として、人間からの指示を先読みし行動する機能を実装した。実験で行ったエージェントの人間の指示に対する応答パターンは以下の 5 パターンである。

1. 指示に従わない (パターン 1)
2. 数回に一度指示に従わない (パターン 2)
3. 指示通りに動く (パターン 3)
4. 数回に一度指示内容を先読みし動く (パターン 4)
5. 指示内容を全て先読みして動く (パターン 5)

被験者は与えられたヒントを元に部屋内の家具の場所を順番に指示するように教示を受けている。エージェントの裏で動いている人間はあらかじめヒントの用紙に書かれた内容を把握しており、先読みして動くことが可能となっている。

2.5 被験者

実験には早稲田大学大学院の学生 8 名 (女性 2 名, 男性 5 名, 平均年齢 22 歳, 標準偏差 1.07) が参加した。

2.6 調査項目

実験ではまず、エージェントの外見から受ける印象を調査するため 4 体のエージェントの静止画像を用いて表 1 の項目について調査を行った。そして、エージェントとのコミュニケーション終了後に表 2 の項目について調査を行った。印象評価の方法には SD 法(9)を用いた。なお、SD 法に用いる形容詞対については人型ロボット等の擬人化エージェントの印象評価を行った先行研究(10)と擬人化エージェントの外見と動作の組み合わせに対する印象評価実験(8)の結果を踏まえ、決定した。適応ギャップの値を取得するため、エージェントとのコミュニケーション前に被験者に表 1 の Q1 と Q2 の 2 項目を、コミュニケーション後に表 2 の Q1 と Q2 の 2 項目への回答を求め、この 2 つの値の差を求めることで適応ギャップ値を算出することとした。また、被験者のコミュニケーション前後のエージェントに対する印象の変化を調査するため、SD 法による印象評価をコミュニケーション前後に同じ形容詞対を用いて行った。さらに、エージェントの「外見と機能」に対する違和感、そして自律的に動作しているかどうかエージェントに対する否定的印象に影響しているかを調査するため表 2 の Q3,4 の質問を行った。

表 1 調査項目 (コミュニケーション前)

<p>Q1. エージェントに対してどの程度の機能を期待するか (ここでは人間と同等の判断と行動ができるかを指す)。 ※7段階で評価 (それぞれの数字が表す機能は以下の通り)。 1-非常に劣る, 2-かなり劣る, 3-やや劣る, 4-人間と同等, 5-やや優れている, 6-かなり優れている, 7-非常に優れている</p> <p>Q2. SD 法 (7段階) 好きな-嫌いな, 人間的な-機械的な, 好意的-敵対的, 近づきやすい-近づきたくない, 気持ちのよい-気持ちの悪い, 安全な-危険な</p>
--

表 2 調査項目（コミュニケーション後）

Q1. エージェントに対して感じた実際の機能（ここでは人間と同等の判断と行動ができるかを指す）。 ※7段階で評価（それぞれの数字が表す機能は以下の通り）。 1-非常に劣る, 2-かなり劣る, 3-やや劣る, 4-人間と同等 5-やや優れている, 6-かなり優れている, 7-非常に優れている
Q2. エージェントは自発的に動いていると感じるか, 操作されていると感じるか。
Q3. エージェントの外見と機能に違和感を感じたか（はいかいいえで回答）。
Q4. SD法（7段階） 好きな-嫌いな, 人間的な-機械的な, 好意的-敵対的, 近づきやすい-近づきたくない, 気持ちのよい-気持ちの悪い, 安全な-危険な

2.7 実験手順

本実験は予備実験と同様に以下のような手順で実施した。まず、エージェントの外見から受ける印象を調査するため4体のエージェントの静止画像を用いて印象の調査を行った。被験者には画面に提示された画像を見て、表1の項目について回答を求めた。画像の提示順はランダムで提示した。次に、エージェントと上記のタスクを行い、コミュニケーションをとった。外見4種類×機能5種類の全20パターンのコミュニケーションを行った。各コミュニケーション終了時に被験者に表2の項目について回答を求めた。

- 4種類のエージェントのうち1体のエージェントの静止画像をランダムで提示される。
- 被験者は表1の項目について回答する。4種類の静止画像全てにこれを行う。
- 被験者はタスクを開始する前に先ほどの静止画像を提示され、画面の人物が探し物をしてくると教示を受ける。
- エージェントと「探し物ゲーム」を行う。
- ゲーム終了後に表2の項目について回答する。20パターン全てに対し、これを行う。

3. 実験結果

3.1 適応ギャップ値の算出

被験者に回答してもらった表1と表2のQ1の「期待した機能」と「実際に感じた機能」の平均値の差から適応ギャップを算出した。表3はエージェントに「期待した機能」と「実際の機能」の平均値とそこから算出した適応ギャップ値を示したものである。

表3を見ると、静止画像においては外見の類似度が上がるに連れ期待する機能も上昇する傾向が見られ、類似度が高いほど、人間に近い機能が期待されていることが分かる。Model1の外見では、平均値2.14と人間よりもかなり機能が劣ると評価されている一方で、Model4の外見では平均値3.57と人間よりも若干劣るが、ほぼ人間と同等の機能が期待されていた。そして、コミュニケーション後に実際に感じた機能では、どの外見においても共通でパターン1が一番機能が低いと評価されており、パターン5が一番機能が高いと評価された。特に、パターン4とパターン5ではどの外見においても実際に感じた機能の平均値が4以上となっており、人間以上の機能であると評価されていた。

以上の結果から適応ギャップ値を算出した。実際に

感じた機能と期待した機能の差が負になるものは適応ギャップが負であるとし、実際に感じた機能と期待した機能の差が正になるものを適応ギャップが正であると判断した。表中に適応ギャップが負であったものを青色で、適応ギャップが正であったものを赤色で表示している。

表 3 エージェントに期待した機能と実際の機能

	期待した機能	実際の機能	適応ギャップ値
Model1-機能 1	2.25	1.75	-0.5
Model1-機能 2	2.25	3.38	1.1
Model1-機能 3	2.25	3.88	1.6
Model1-機能 4	2.25	4.13	1.9
Model1-機能 5	2.14	5.13	2.9
Model2-機能 1	3.38	1.88	-1.5
Model2-機能 2	3.38	3.13	-0.3
Model2-機能 3	3.38	3.88	0.5
Model2-機能 4	3.38	4.25	0.9
Model2-機能 5	3.38	4.88	1.5
Model3-機能 1	3.50	2.13	-1.4
Model3-機能 2	3.50	3.00	-0.5
Model3-機能 3	3.50	4.00	0.5
Model3-機能 4	3.50	4.13	0.6
Model3-機能 5	3.50	5.50	2.0
Model4-機能 1	3.63	1.75	-1.9
Model4-機能 2	3.63	3.13	-0.5
Model4-機能 3	3.63	3.88	↔ 0.2
Model4-機能 4	3.63	4.25	0.6
Model4-機能 5	3.63	4.75	1.1

3.2 適応ギャップの印象変化への影響

上記で算出した適応ギャップ値を用いて、適応ギャップがエージェントに対する印象に与えた影響を分析していく。図4～図7は印象評価値の平均値を表しており、4種類の外見ごとに分けてグラフに表示している。それぞれのグラフの緑色は静止画像、赤色は適応ギャップが正、青色は適応ギャップが負であることを表している。点数が高いほど評価が悪く、点数が低いほど評価が高いことを表す。

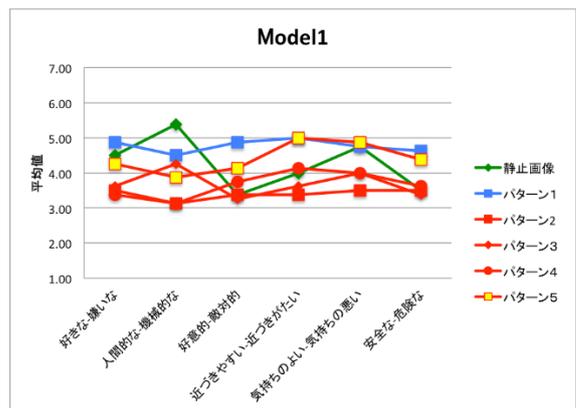


図 4 SD プロファイル (Model1)

全体的に見ると適応ギャップが負となっているパターン1の機能については、どの外見においても静止画像を見て感じた印象より印象が悪くなっており、この結果は先行研究(5)と同じ結果となっていた。しかし、Model2～Model4とパターン2の機能の組み合わせ(弱い負のギャップがある組み合わせ)においては、「機械的」という評価を除いては、静止画像よりも印象が良くなる傾向があった。このことから、負のギャップがある場合でもそのギャップが弱い場合には肯定的印象を与える可能性があることが示された。そして、適応ギャップが正の場合全体的に見ると、静止画像より

も印象が良くなっているが、パターン5のエージェントが指示を先読みして動く場合は印象が悪くなる傾向が確認された。この結果から適応ギャップが正となることは、必ずしも肯定的印象につながらないことがわかった。

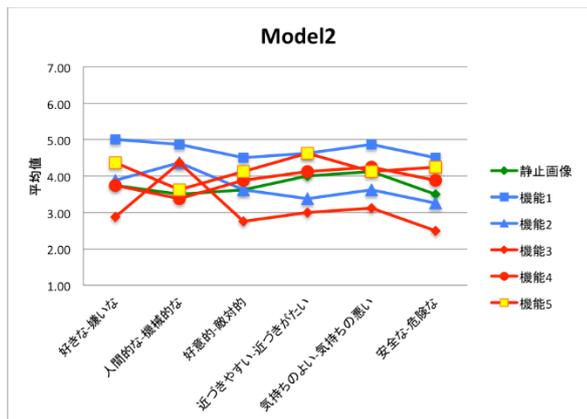


図 5 SD プロファイル (Model2)

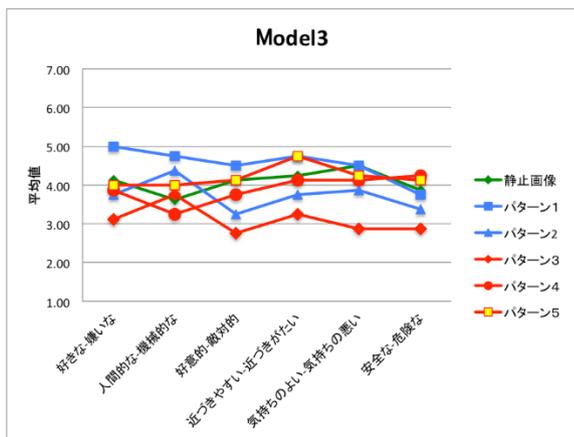


図 6 SD プロファイル (Model3)

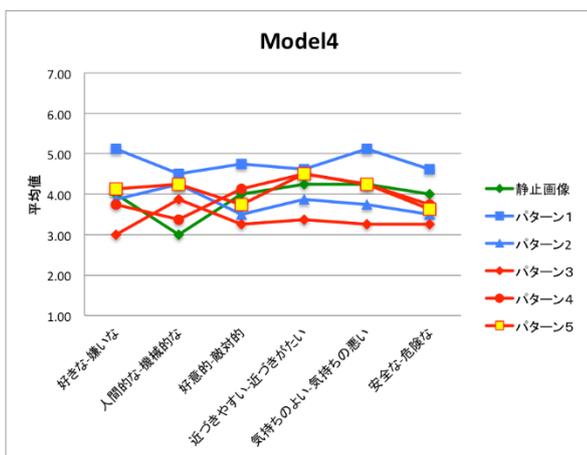


図 7 SD プロファイル (Model4)

3.3 エージェントの自律性による影響

エージェントの自律性がエージェントに対する否定的印象に影響しているかを調査するため表 6 の Q3 と Q4 の質問に対し「自律的に動いている」と感じた群と「操作されている」と感じた群に分けて結果を分析した。まず、それぞれの人数を見てみると、全体的にどのエージェントも半数以上の人々が「自律的に動いている」と感じていた。しかし、

Model2 の外見ではどの機能との組み合わせでも「操作されている」と感じている人が多かった。

続いて、「自律的に動いているか」がエージェントに対する印象に与える影響を検証するため、エージェントが「自律的に動いている」と感じた群と「操作されている」と感じた群それぞれの印象評価得点の平均値を求めた。結果を表 4 と表 5 に示す。表を見ると全体的に「操作されている」と感じる場合は、「機械的な」という評価が高いことが分かる。Model1 とパターン1 の組み合わせでは、「操作されている」と感じる群の平均値が「自律的に動いている」と感じる群の平均値よりも高くなっており、「操作されている」と感じているほうが印象が悪くなっていることが分かる。パターン5 の場合においても全体的に「操作されている」と感じた群の印象が悪くなっており、特に「近づきがたい」という評価が高かった。しかし、Model4 とパターン5 の組み合わせのみ「自律的に動いている」と評価された方が「近づきがたい」と評価されていた。Model1 とパターン2 の組み合わせが群間の平均値の差が最も大きく、「操作されている」と感じた場合に印象がより良くなることが分かった。

表 4 自律的に動いていると感じた群の平均値

	好きな嫌いな	人間的な機械的な	好意的敵対的	近づきやすい近づきたくない	気持ちのよい気持ちの悪い	安全な危険な
Model1-機能 1	4.67	4.33	4.67	5.00	4.50	4.67
Model1-機能 2	3.60	3.00	3.80	3.60	4.00	3.80
Model1-機能 3	3.33	4.00	3.33	3.33	3.67	3.33
Model1-機能 4	3.43	3.43	3.86	4.29	4.29	4.00
Model1-機能 5	4.00	3.43	4.00	4.86	4.71	4.43
Model2-機能 1	5.20	4.20	4.80	5.00	5.00	4.80
Model2-機能 2	3.80	4.00	4.00	3.40	3.60	3.40
Model2-機能 3	2.75	4.00	2.50	3.25	2.75	2.50
Model2-機能 4	3.86	3.29	4.00	4.29	4.29	4.00
Model2-機能 5	4.40	3.20	4.00	4.20	4.00	4.20
Model3-機能 1	5.00	4.40	4.60	4.80	4.40	4.00
Model3-機能 2	3.33	3.67	3.00	3.33	3.67	3.33
Model3-機能 3	3.20	3.40	2.80	3.20	2.80	2.80
Model3-機能 4	4.25	3.25	4.00	4.50	4.25	4.00
Model3-機能 5	3.40	3.80	4.00	4.60	3.80	3.80
Model4-機能 1	5.00	4.17	4.67	4.50	5.00	4.83
Model4-機能 2	3.33	3.67	3.33	3.67	3.67	3.67
Model4-機能 3	2.75	3.50	3.00	3.25	3.00	2.75
Model4-機能 4	3.60	3.40	4.20	4.20	4.20	3.80
Model4-機能 5	4.17	4.00	3.67	4.67	4.17	3.50

表 5 操作されていると感じた群の平均値

	好きな嫌いな	人間的な機械的な	好意的敵対的	近づきやすい近づきたくない	気持ちのよい気持ちの悪い	安全な危険な
Model1-機能 1	5.50	5.00	5.50	5.00	5.50	4.50
Model1-機能 2	2.50	2.50	2.00	2.25	2.00	2.25
Model1-機能 3	3.80	4.40	3.20	3.80	4.20	3.40
Model1-機能 4	3.00	1.00	3.00	3.00	2.00	1.00
Model1-機能 5	6.00	7.00	5.00	6.00	6.00	4.00
Model2-機能 1	4.67	6.00	4.00	4.00	4.67	4.00
Model2-機能 2	4.00	5.00	3.00	3.33	3.67	3.00
Model2-機能 3	3.00	4.75	3.00	2.75	3.50	2.50
Model2-機能 4	3.00	4.00	3.00	3.00	4.00	3.00
Model2-機能 5	4.33	4.33	4.33	5.33	4.33	4.33
Model3-機能 1	5.00	5.33	4.33	4.67	4.67	3.33
Model3-機能 2	4.00	4.80	3.40	4.00	4.00	3.40
Model3-機能 3	3.00	4.33	2.67	3.33	3.00	3.00
Model3-機能 4	3.50	3.25	3.50	3.75	4.00	4.50
Model3-機能 5	5.00	4.33	4.33	5.00	5.00	4.67
Model4-機能 1	5.50	5.50	5.00	5.00	5.50	4.00
Model4-機能 2	4.20	4.60	3.60	4.00	3.80	3.40
Model4-機能 3	3.25	4.25	3.50	3.50	3.50	3.75
Model4-機能 4	4.00	3.33	4.00	5.00	4.33	3.67
Model4-機能 5	4.67	5.00	4.00	4.00	4.50	4.00

3.4 外見と機能の違和感

どの外見と機能の組み合わせが違和感があると評価されるか、そして外見と機能の違和感がエージェントに対する否定的印象に影響を与えたかを分析していく。

表 6 に「エージェントの外見と機能に違和感を感じたか」という質問の回答結果とそれぞれに対応する適応ギャップ値を示す。表 6 を見ると負の適応ギャップが強い組み合わせに対し、違和感があると回答した人数が多いことが分かる。また、類似度の低い Model1 の外見にパターン5 の先読みする機能の組み合わせにおいても「違和感がある」と回答した人数が多く、正の適応ギャップが強い場合でも「違和感がある」と評価

されることが分かった。適応ギャップが弱い組み合わせでは「違和感がある」と評価した人数は少ない傾向にあった。パターン 3 の機能が特に「違和感がない」と評価された。

表 6 外見と機能に違和感があるかの回答結果

	違和感があると答えた人数	適応ギャップ値
Model1-パターン 1	3	-0.5
Model1-パターン 2	3	1.1
Model1-パターン 3	1	1.6
Model1-パターン 4	2	1.9
Model1-パターン 5	5	2.9
Model2-パターン 1	5	-1.5
Model2-パターン 2	3	-0.3
Model2-パターン 3	0	0.5
Model2-パターン 4	2	0.9
Model2-パターン 5	3	1.5
Model3-パターン 1	5	-1.4
Model3-パターン 2	2	-0.5
Model3-パターン 3	0	0.5
Model3-パターン 4	1	0.6
Model3-パターン 5	2	2.0
Model4-パターン 1	5	1.9
Model4-パターン 2	4	-0.5
Model4-パターン 3	1	0.2
Model4-パターン 4	3	0.6
Model4-パターン 5	2	1.1

続いて、「違和感がある」と感じた場合と「違和感がない」と感じた場合で印象評価の結果に差が出るかを検証するため、「違和感がある」と感じた群と「違和感がない」と感じた群に分けて印象評価値の平均値を算出した。結果を表 7 と表 8 に示す。全体的には「違和感がある」場合と「違和感がない」場合で「近づききたい」という評価に差が出ており、「違和感がある」と感じた場合に「近づききたい」という印象が強くなっていた。特に Model1 とパターン 1 の組み合わせと Model4 とパターン 5 の組み合わせにおいて印象評価得点の平均値に大きく差が出ていた。表 7 と表 8 は Model1 とパターン 1 の組み合わせの印象評価得点の平均値を「違和感がある」と感じた群と「違和感がない」と感じた群に分けて算出したものであり、表 7 は「違和感がある」と回答した群の印象評価得点の平均値を表しており、表 8 は「違和感がない」と回答した群の平均値を表したものである。なお、各群の平均値を求める際、群の人数が 0 人になってしまう箇所は平均値を求めることができないため、空欄にしており、分析対象としなかった。表を見ると全体的には「違和感がある」感じた群の平均値が「違和感がない」と感じた群の平均値よりも高くなっていることが分かる。しかし、Model1 とパターン 1 の組み合わせでは、「人間的な-機械的な」という形容詞対を除き、「違和感がない」と評価された群の平均値が高くなっており、「違和感がある」と感じた群より印象が悪くなっていた。

以上の結果をまとめると、負の適応ギャップが強い場合にエージェントの「外見」と「機能」の違和感を感じる傾向があり、「外見」と「機能」の違和感はエージェントに対する印象に強く影響を与えていた。「違和感がある」と感じた場合には印象が悪くなり、特に「近づききたい」という印象が強くなるということが分かった。Model4 とパターン 5 の組み合わせにおいては、「違和感がない」と回答された場合に肯定的印象を得ており、外見の類似度が高く、非常に優れた機能をもつエー

ジェントは「違和感がない」場合には肯定的印象が得られると考えられる。

表 7 違和感があると感じた群の平均値

	好きな 嫌いな	人間的な 機械的な	好意的 敵対的	近づきやすい 近づきたくない	気持ちのよい 気持ちの悪い	安全な 危険な
Model1-パターン 1	5.00	5.00	4.50	4.50	4.25	4.25
Model1-パターン 2	4.00	3.33	3.67	4.00	3.67	4.00
Model1-パターン 3	3.00	2.00	3.00	3.00	4.00	3.00
Model1-パターン 4	2.50	2.50	3.50	4.00	4.50	4.50
Model1-パターン 5	4.00	4.20	3.80	5.20	5.00	4.40
Model2-パターン 1	5.00	5.40	4.20	4.40	4.60	4.40
Model2-パターン 2	3.67	4.67	3.33	3.67	3.67	3.33
Model2-パターン 3	3					
Model2-パターン 4	4.00	3.50	4.00	5.00	4.00	4.500
Model2-パターン 5	4.33	3.00	4.33	4.33	4.33	4.33
Model3-パターン 1	5.00	4.80	4.60	4.60	4.20	3.80
Model3-パターン 2	4.00	4.50	4.00	5.00	4.00	4.00
Model3-パターン 3						
Model3-パターン 4	4.00	4.00	4.00	5.00	4.00	4.00
Model3-パターン 5	4.00	4.00	5.00	5.00	5.00	4.50
Model4-パターン 1	5.40	4.40	4.60	4.80	5.20	4.80
Model4-パターン 2	3.80	4.00	3.40	3.80	3.60	3.40
Model4-パターン 3	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Model4-パターン 4	4.00	3.00	4.33	5.33	4.67	4.00
Model4-パターン 5	5.50	6.00	4.50	5.50	5.50	4.00

表 8 違和感がないと感じた群の平均値

	好きな 嫌いな	人間的な 機械的な	好意的 敵対的	近づきやすい 近づきたくない	気持ちのよい 気持ちの悪い	安全な 危険な
Model1-パターン 1	4.75	4.00	5.25	5.50	5.25	5.00
Model1-パターン 2	3.20	3.00	3.20	3.00	3.40	3.20
Model1-パターン 3	3.71	4.57	3.29	3.71	4.00	3.43
Model1-パターン 4	3.67	3.33	3.83	4.17	3.83	3.33
Model1-パターン 5	4.67	3.33	4.67	4.67	4.67	4.33
Model2-パターン 1	5.00	4.00	5.00	5.00	5.33	4.67
Model2-パターン 2	4.00	4.20	3.80	3.20	3.60	3.20
Model2-パターン 3						
Model2-パターン 4	3.67	3.33	3.83	3.83	4.33	3.67
Model2-パターン 5	4.40	4.00	4.00	4.80	4.00	4.20
Model3-パターン 1	5.00	4.67	4.33	5.00	5.00	3.67
Model3-パターン 2	3.67	4.33	3.00	3.33	3.83	3.17
Model3-パターン 3						
Model3-パターン 4	3.86	3.14	3.71	4.00	4.14	4.29
Model3-パターン 5	4.00	4.00	3.83	4.67	4.00	4.00
Model4-パターン 1	4.67	4.67	5.00	4.33	5.00	4.33
Model4-パターン 2	3.00	3.50	2.75	3.00	3.00	2.75
Model4-パターン 3	2.71	3.71	3.00	3.14	3.00	3.00
Model4-パターン 4	3.60	3.60	4.00	4.00	4.00	3.60
Model4-パターン 5	3.67	3.67	3.50	4.17	3.83	3.50

4. 実験結果のまとめ

実験の結果をまとめると、エージェントの「外見」と「機能」の差はエージェントに対する印象に大きく関わっているが、適応ギャップの正負によってのみ印象が決定するわけではないことが分かった。実験の結果からは、適応ギャップが正である場合は良い印象を与えられる場合もあれば、悪い印象を与えてしまう場合もあることが示された。特に、正のギャップが強い場合には印象評価の結果に大きく差が出ていた。そして、適応ギャップが負である場合も悪い印象を与えるとは限らず、むしろ弱い負のギャップがある場合には良い印象を与えることができていた。

エージェントの外見と機能の違和感についての分析結果からは、負のギャップが強いものの多くは半数以上の被験者から外見と機能に「違和感がある」と評価されており、「違和感がある」と評価された場合により印象が悪くなるということが分かった。正のギャップが強いものについては、「違和感がない」と評価された場合には「違和感がある」と評価された場合と比べ、印象が良くなっていた。このことから、エージェントの外見と機能に違和感を感じるかどうかは、人間に与える印象に深く関わっており、違和感を感じさせないことが、良い印象に繋がると予測される。

エージェントの自律性による影響の分析結果からは、全体的に「操作されている」と感じる場合には「機械的な」という印象が強くなっており、印象が悪くなるということが分かった。しかし、Model4 とパターン 5 の組み合わせにおいては「自律的に動いている」と評価された方が「近づききたい」という評価が高くなっていた。そして、Model1 とパターン 2 の組み合わせにお

いては「操作されている」と感じる方が良い印象となっていた。

5. 考察

今回の実験結果からは、エージェントの機能の差による人間に与える印象への影響がエージェントの外見の違いによる影響よりも強く、外見による印象の差はあまり大きくないことが分かった。実験の結果から、全体的に適応ギャップの強いパターン1の「指示に従わない機能」やパターン5の「指示内容を全て先読みする機能」をもつエージェントは印象が悪く、適応ギャップが弱いパターン2やパターン3の機能をもつエージェントが好印象が得られることが分かった。以上のような実験結果となった考察について以下で述べる。

まず、値の正負に関わらず適応ギャップ(外見から予測した機能と実際に感じた機能の差)が強いものが印象が悪い傾向にあった理由について述べる。適応ギャップが強いものは外見と機能に違和感があると感じられ、その違和感が否定的な印象につながったと考えられる。実際に、エージェントの「外見」と「機能」に違和感があるかという質問では、適応ギャップの強いエージェントは多くの被験者から「違和感がある」と評価されていた、また、強い正のギャップがあるエージェントは「違和感がない」と感じていた場合には印象が良くなり、「違和感がある」と感じていた場合には印象が悪くなる傾向があった。Sayginら(4)は不気味の谷の原因として、外見と動作の不一致に脳が違和感を感じ、それが嫌悪感を与えた原因であると考察している。本研究の実験結果からも、「違和感がある」と感じた場合に否定的印象を与える傾向があり、外見と動作の不一致による違和感が否定的印象を与えたことが確認された。このことから、エージェントの機能を外見からの予測を上回る非常に優れたものにするには、強い適応ギャップを生み、それが違和感となってしまう、否定的印象を与える要因となってしまうと考えられる。

次に、人間よりも少し劣った機能と評価されたパターン2の「数回に一度指示を間違える」機能が良い印象が得られた理由について述べる。パターン2の機能が良い印象を得た理由として、人間の自分よりも下位の人間に対する心理的特性が原因であると考えられる。人間は様々な対象に対して社会的に反応すると考えられており、コンピュータや映像、音声といったメディアに対しても社会的に振舞う傾向があるとされている(11)。そのため、人間によく似た擬人化エージェントに対してももちろん人間と同じような認知を行い、社会的反応を返していると考えられる。対人認知の研究によると、人は自尊心に対する脅威を感じたときに自分よりも下位にあるものとの比較によって自分の主観的幸福感を増大させようとする性質があると考えられている(12)。パターン2の「数回に一度指示を間違える」という機能が肯定的印象が得られた理由は、人間にとって下位のものとして認知され、優位性を保てる存在であると判断されたからではないかと考えられる。

続いて、パターン5の指示を先読みする機能が印象が悪くなった原因としては、未知なる振る舞いに対する恐れがあったのではないかと考えられる。恐怖とは

自己防衛的反応であり、脅威刺激からの回避・逃避動因として機能している(13)。山田(14)によると「制御下をはずれた機械は恐れの対象になる。この恐怖心は未知なる振る舞いに対する恐れであり、振る舞いの予測可能性に関係している。」と言われている。人間を超えるほどの機能と評価されたパターン5の機能を有したエージェントは、人間にとって制御不可能なものであり、未知なる振る舞いをする脅威的存在とみなされたのではないかと考えられる。

パターン5の機能が否定的印象を得た理由として、もう一つ「非好意の表明」が考えられる。これはパターン1の機能が悪い評価を得た理由とも共通している。パターン1とパターン5の機能ではそれぞれ、「指示に従わない」、「指示を聞く前に動き出す」といった行動をとっていた。これらの行動は人間に対する非好意の表明と受け取られた可能性がある。人間には自分に対して好意を持つ人物を好ましいと思う「好意の返報性(reciprocity of liking)」があるとされている(15)。その逆に、自分に対しネガティブな反応を返す人物に対しては、否定的な印象を抱くと考えられている。山本(16)はある人物がスピーチを行い、それをもう一人の人物が聞いているという映像を被験者に提示し、スピーチを行っている人物が被験者自身であると過程したとき、スピーチに対する聞き手の反応がネガティブであるかポジティブであるかによって、聞き手に対する印象が変化するか実験を行った。その結果、相手からネガティブな反応が自分に向けられたとき、相手への印象は全体的に否定的になることを明らかにした。本実験で行ったコミュニケーションにおいて、エージェントの「指示に従わない」、「指示を聞く前に動き出す」といった行動が被験者に対するネガティブな反応だと捉えられた可能性がある。そして、それがエージェントに対する否定的印象に繋がったと考えられる。

以上の結果をまとめると、今回実験で使用したようなある程度類似度の高い外見をもつエージェントでは、外見から予測した機能を上回る機能を実装することは必ずしも肯定的印象に繋がらないと考えられる。強い適応ギャップは人間に「違和感」を感じさせる原因となってしまう、かえって否定的印象を与えてしまう恐れがある。ある程度人間に近い外見の擬人化エージェントが肯定的印象を得るためには、外見からの予測よりも少し優れた機能や少し劣った機能といった予測に近い機能を実装することが有効であると考えられる。

近年では、人間の予測を超える高度な機能を持ったエージェントが次々と開発されている。かつての人工知能技術は人間から操作指示を送り、それに対しコンピュータが応答を返すものであった。しかし、近年人工知能技術は急速な発展を遂げており、機械学習といったデータから学習し、自ら考える技術が開発されている。人間からの操作を一切受けることなく自律的に動く機械の研究開発も進んでいる(17)。しかし、本研究の結果から「人間からの指示なく自ら動く」という行為に人間は否定的な感情を抱く可能性があると考えられる。したがって、人間からの指示を一切介さない自律機械というものは望ましくなく、人間が操作できる部分を残しておくことがエージェントの機能設計としては望ましいと考えられる。

謝辞

本研究の一部は、早稲田大学特定課題研究助成費(特定課題 B)「FACS に基づく人工物の表情生成過程と表情認知・感情の関係構造の形式化と実装方式」(課題番号: 2015B-390) による支援を受けて行われた。

参考文献

- (1) 森政弘: "不気味の谷", *Energy*, Vol.7, No.4, pp.33-35 (1970)
- (2) Mathur Maya B, David B. Reichling: "Navigating a social world with robot partners -A quantitative cartography of the Uncanny Valley", *Cognition*, Vol.146, pp.22-32 (2016)
- (3) Thierry Chaminade, Jessica Hodgins, Mitsuo Kawato: "Anthropomorphism influences perception of computer animated characters' actions", *Cognitive and Affective Neuroscience*, Vol.2, No.3, pp.206-216 (2007)
- (4) Aya Pinar Saygin, Thierry Chaminade, Hiroshi Ishiguro, Jon Driver, Chris Frith: "The thing that should not be : predictive coding and the uncanny valley in perceiving human and humanoid robot actions", *Cognitive and Affective Neuroscience*, Vol.22, No.2, pp.1-10 (2011)
- (5) 小松孝徳, 山田誠二: "適応ギャップがユーザのエージェントに対する印象変化に与える影響", *人工知能学会論文誌*, Vol.24, No.2, pp.232-240 (2009)
- (6) 山田誠二, 角所考, 小松孝徳: "人間とエージェントの相互適応と適応ギャップ", 特集 HAI: ヒューマンエージェントインタラクションの最先端, *人工知能学会誌*, Vol.21, No.6, pp.648-653 (2006)
- (7) 萩原愛, 田和辻可昌, 村松慶一, 松居辰則: "動作の滑らかさに着目した擬人化エージェントの最適な外見と動作に関する実験的検討", 第 11 回日本感性工学会春季大会 (2016)
- (8) Fraser Norman M, G. Nigel Gilbert: "Simulating speech systems", *Computer Speech and Language*, Vol.5, No.1, pp.81-99 (1991)
- (9) 岩下豊彦: "SD 法によるイメージの測定 その理解と実施の手引き", 川島書店 (1983)
- (10) 神田崇行, 石黒浩, 石田亨: "人間・ロボット間相互作用にかかわる心理学的評価", *日本ロボット学会誌*, Vol.19, No.3, pp.362-371 (2001)
- (11) Reeves Byron, Clifford Nass: "How people treat computers, television, and new media like real people and places", Cambridge, UK: CSLI Publications and Cambridge university press (1996)
- (12) 中島義明: "現代心理学[理論]事典", 朝倉書店 (2001)
- (13) 中島義明, 安藤清志, 子安増生, 坂野雄二, 繁榊算男, 立花政夫, 箱田裕司(編): "心理学辞典", 有斐閣 (2004)
- (14) 山田誠二: "人とロボットの<間>をデザインする", 東京電気大学出版局 (2007)
- (15) Beckman, Carl W., Paul F. Secord: "The effect of perceived liking on interpersonal attraction", *Human Relations* (1959)
- (16) 山本眞理子: "好意性を含んだ対人情報の処理", *日本心理学会第 52 会大会発表論文*, pp.276 (1998)
- (17) 羽沢健作, 辛振玉, 藤原大悟, 五十嵐一弘, FERNANDO D, 野波健蔵: "ホビー用小形無人ヘリコプターの自律制御(実験的同定に基づくモデリングと自律制御実験)", *日本機械学会論文集 C 編*, Vol.70, No.691, pp.720-727 (2004)
- (18) Mori Masahiro, Karl F MacDorman, Takashi Minato: "The uncanny valley", *IEEE Robotics & Automation Magazine*, Vol.19, No.2, pp.98-100 (2012)

社会人学生の PBL での活動と意識に関する調査

大崎理乃

産業技術大学院大学

A study for Activity and Recognition in Project Based Learning

Ayano OHSAKI

Advanced Institute of Industrial Technology

近年、高等教育をはじめとして、プロジェクト型学習（Project Based Learning, 以下 PBL）が注目されている。しかし、その評価方法の妥当性検証は十分になされていない。そこで本研究は、PBL の評価方法と学習支援方法を開発することを目的とし、実践としての協調的問題解決経験を持つ社会人が学習者として PBL に参加した際に、どのように活動を行い、どのように PBL の活動を意識しているのかに焦点を当てた調査を行った。その結果、機能するチームとしての活動が確認されたほか、参加者は活動の要素を意識していたことが示唆された。

キーワード: PBL, 高等教育, 協調学習, プロジェクト型学習

1. はじめに

近年、初等中等教育や高等教育などの教育機関の種別を問わず、社会における課題解決と類似した枠組みであるプロジェクト型学習（Project Based Learning, 以下 PBL とする）による学びが注目されている⁽¹⁾⁽²⁾。特に、PBL では、科目固有の知識・技能だけでなく、問題解決力やチームワークスキルといった汎用的能力の育成が期待されている⁽³⁾。

しかし、グループでの協調的問題解決場面における熟達者の活動や意識は、十分には明らかにされていない。そのため、PBL での協調的問題解決の知識・能力に対する評価には、問題解決のための手順や資料作成完成度、社会性に関する心理尺度などが用いられており⁽⁴⁾、これらの観点で評価した知識・技能が協調的問題解決に有効であるかどうかの検証がなされていない。また、これらの観点での評価に基づく指導の有効性検証もされていない。

そこで、本研究では、PBL での評価方法と学習支援方法を開発することを目的として、熟達者の PBL での活動と意識を調査した。なお、実際に社会におけるプロジェクト活動に参画し、多様な問題解決に取り組んできた社会人を協調的問題解決の熟達者と定義して

いる。

2. 対象とした PBL

産業技術大学院大学は、公立の専門職大学院である。その設立目的は、産業界に貢献する専門職業人の育成であり、専門性と職業人として必要な業務遂行能力の獲得を目的として 2 年次に全員必修の PBL を実施している。

PBL の配属は、参加予定者による応募と成績による選抜によって決定する。PBL 参加予定の 1 年生は、1 月に行われる説明会にて、次年度に開講される PBL の活動概要と PBL で獲得を目指すコンピテンシーを確認し、自らの目標に合った PBL への参加希望を申請する。定員以上の応募があった PBL は成績による選抜を行う。

本研究では、参加者が協調的問題解決へ高い興味関心を持っているという理由から、プロジェクトマネジメントに関する学習を行う PBL を調査対象とした。2016 年度の調査対象 PBL の参加者は、30 代から 60 代の社会人学生 6 名である。活動は、第 1 クォーターから第 2 クォーターにかけて、シナリオベースの模擬プロジェクトを通してプロジェクトマネジメントを学

表 1 調査対象 PBL の活動概要

項目	1クォーター・2クォーター（前期）	3クォーター・4クォーター（後期）
駆動質問	コーヒー飲料メーカーの新ポータルサイト構築 (シナリオベース模擬プロジェクト)	スタートアップ知識体系の作成 (参加者が設定したテーマ)
学習目標	・実務レベルのプロジェクトマネジメントに関する知識・技能の獲得	・価値創造のためのリーダーシップの獲得
科学的実践	・調査を計画し実行する ・証拠に基づき議論する ・情報を得て、評価し、コミュニケーションする	・調査を計画し実行する ・モデルを開発し利用する ・証拠に基づき議論する ・情報を得て、評価し、コミュニケーションする
協調	・参加者同士、参加者と教師による協調的活動 ・参加者による、外部からのアドバイザーへの説明とフィードバック獲得	
学習 テクノロジー	・プロジェクト管理ツール ・メール	
アーティ ファクト	・発表用資料（スライド） ・プロジェクトマネジメントドキュメント (報告書、評価シート ほか)	・発表用資料（スライド、ポスター） ・知識体系をまとめた書籍、リーフレット

習した。第3クォーターと第4クォーターでは、参加者自身がテーマを設定し、学習したプロジェクトマネジメントに関する知識・技能を実践的に活用した。

PBLのデザイン原則に関する研究によると、効果的なPBLの特徴として、(1)学習を駆動させる質問(駆動質問)、(2)スタンダードや評価に沿った学種目標、(3)科学的または工学的実践への参加(科学的実践)、(4)協調、(5)テクノロジーによる学習支援(学習テクノロジー)、(4)アーティファクトとしての学習成果のアウトプット、の六つがあげられている⁶⁾。そこで、調査対象PBLがどのようにデザインされているかを、この六つのフレームワークにて整理する(表1)。なお、表1における科学的実践は、先行研究で示された例から主なものを選択した。

3. 研究方法

本研究の調査対象となるPBLの活動における発話および参加者を対象としたアンケート回答結果を分析の対象とする。

活動の発話は、2016年12月から2017年2月にかけて収録を行ったが、本研究ではアーティファクトとしての成果物の一つである、発表資料の作成について議論している場面を分析対象として採用した。

アンケートは、グループ活動に対する参加者の意識

の変容や差異が、活動での成果物の質や満足感に繋がる可能性があると考えられることから、大島らの先行研究を参考として、参加者のPBLに対する活動システムとしての認識を調査した。先行研究では、グループでの問題解決に必要な方略獲得の重要性が指摘されており、グループ活動とそれを構成する要素間の関係を捉える枠組みとしてエンゲストロームの活動理論を用いている⁶⁾。エンゲストロームの活動理論では、活動を「道具」、「対象」、「主体」、「分業」、「コミュニティ」、「主体」、ルール」の六つの要素で分析するが、本研究では先行研究にならい、「コミュニティ」以外の5観点を用いた。アンケートは、成果発表会の後にWebシステムを通して実施した。活動理論やアンケートの観点については、参加者に案内していない。実際のアンケート設問とアンケートで確認した活動システムの要素は、表2の通りであり、有効回答数は5であった。

表2 アンケート設問と対応する活動システムの観点

設問内容	対応する活動システムの観点
【設問3】以下の項目について、自分自身がうまくいったと思う点、問題がある点、次回プロジェクトに取り組むとしたら気をつけたい点について、理由とともに記述してください	
a) 調査や提案内容の検討、発表資料の方向性の決め方、アイデアの改良プロセス	対象
b) グループでやるべき事柄の決定やメンバー間での分業の仕方	分業
c) プロジェクトのためにグループで決めたやり方や進め方・約束事	ルール
d) メンバー間のやりとりや情報の共有のために利用したものや利用の仕方	道具
e) プロジェクト全体の活動	主体
【設問4】この授業でのプロジェクトマネジメントを通じて、どんなことが勉強になりましたか？(キーワード: 目標, 役割, ルール, 道具, メンバーの活動バランス)	上記全て

4. 結果と考察

発話分析の結果、図1のように、主たる話者に対して話をさえぎる形で他のメンバーから疑問が示され、主たる話者の論拠が導き出される様子が確認された。さらに、分析対象場面は成果発表資料作成のフェーズであったが、その前の活動である知識体系の作成過程で得られた知識を用いている様子が確認された。これらは、心理的安全性が高い「機能するチーム」で実現する七つのメリット⁽⁷⁾ (図2) が現象として確認できたと捉えることができると考えられる。

A: ... 成果みたいな... ###
B: それは活動じゃなくて?
A: いや... で、どうなんだろうと思って
A: 活動に入れるのも...
B: もともと、あの〜。Aさんが作ってもらったのでは、### でやつだと活動に入っていた
B: さっきの議論ではちょっとでなかったんで
B: で、私はまあどっちでもいいと思っているし
B: もしかしたらコンピテンシーの方に書いたほうが書きやすいのかなと
A: (Bの発言にかぶせて) どっちの方が###
B: 思ったりしている
A: 私のほうで書くと###になっちゃう

図1 活動における発話の例 (###は聞き取り不可の箇所)

1. 率直に話すことが推奨される
2. 考えが明晰になる
3. 意義ある対立が後押しされる
4. 失敗が緩和される
5. イノベーションが促される
6. 成功という目標を追求する上での障害が取り除かれる
7. 責任が向上する

図2 職場での心理的安全性によってもたらされる七つの明確なメリット⁽⁷⁾

アンケート結果からは、表2で示した設問のうち「対象」「分業」「主体」の3観点について、5名中4名から具体的な回答が得られた。例えば、観点「分業」においては、「前期と後期で役割を入れ替えたことは、全員がリーダーシップを発揮することにつながり良かった。」といったように、それぞれ、その内容と理由が明確に記述されており、参加者が活動の中で意識していたことが示唆された。

さらに、「ルール」と「道具」の2観点については、5名中5名から具体的な回答が得られた。共通して具体的な記述された「道具」は、大学から提供されているプロジェクト管理ツールであり、学習システムが参加者の間で意識されていると言える。また、「ルール」は、参加者が設定したものであるが、その課題にまで言及している回答もあり、参加者が活動の中で強く意識していたものと考えられる。

さらに、アンケート設問間の回答を比較すると、グループで合意形成を行う際の「ルール」が、「対象」、「分業」、「主体」、「道具」の回答にも記述されており、「ルール」がその他の要素に強く影響を及ぼした可能性が示唆された。

5. 今後の展望

本研究では、PBLでの評価方法と学習支援方法を開発することを目的として、社会における多様な問題解決経験を持つ社会人学生のPBLでの活動と意識を調査した。その結果、機能するチームとしての活動が確認されたほか、PBL活動の各要素を参加者が意識していたことが示唆された。

今後、同じくプロジェクトマネジメントを学習するPBLを対象とし、4月からの1年間を継続的に調査することで、多様な協調的問題解決経験を持つ参加者の、習熟プロセスを明らかにすることを試みる予定である。

また、2016年度PBL参加者からは、「PBL活動による学習効果は非常に高かった」との声もよせられている。活動の観察から、この満足感の要因として、参加者自身が自立的に学習をデザインしていること、目標に対する評価と改善を定期的に行っていることなどが考えられる。引き続き、参加者の学習の満足感の理由に関する調査も行うことで、PBLのデザイン原則に対する示唆が得られるものと考えられる。

謝辞

本研究の実施にあたり、産業技術大学院大学の教職員の皆様ならびに学生の皆様に多大なる協力を頂いた。ここに記して感謝する。

参 考 文 献

- (1) 横井奈央: “EDGE プログラムにおける PBL の取組と今後の課題について”, 工学教育, Vol.65, No.1, pp.16-20(2017)
- (2) OECD 日本イノベーションスクールネットワーク, <https://innovativeschools.jp/> (2017年4月12日確認)
- (3) 大橋裕太郎: “PBLはどのように実践されているのか”, 工学教育, Vol.65, No.1, pp.21-26(2017)
- (4) 駒谷昇一: “PBL型授業実施における重要なポイント”,

工学教育, Vol.65, No.1, pp.12-15(2017)

- (5) ソーヤー, R. K. 編: “学習科学ハンドブック”, 北大路書房, 京都, pp.17-35(2016)
- (6) 大島律子, 湯浅且敏, 大島純, 上田芳伸: “グループ活動を形成的に分析・評価する授業デザインの検討”, 日本教育工学会論文誌, Vol.37, No.1, pp.23-34(2013).
- (7) エドモンドソン, A. C.: “チームが機能するとはどういうことか”, 英治出版, 東京(2014)

e-learning による院内研修における評価の妥当性の調査

讃岐 勝^{*1,*2}

*1 筑波大学医学医療系

*2 筑波大学附属病院総合臨床教育センター

Investigating a Validation of Hospital Training via e-learning

Masaru Sanuki^{*1,*2}

*1 Faculty of Medicine, University of Tsukuba

*2 Center for Medical Education and Training, University of Tsukuba Hospital

病院における（全職員が対象となるような）研修においては、大学の講義とは異なり出席をもって単位認定されることが多い。ただし、参加できない職員も少なからず存在するため、これらの職員に対して e-learning による受講を促すことが有効であることは疑いが無いが、受講時の研究の効果の差については疑問が残る。本稿では病院の研修に特化して調査を行い、1 つの研修について検定を行った結果について述べる。

キーワード：病院研修、e-learning、

1. はじめに

インターネットを利用した e-learning は小学校から大学、企業においてさまざまな方法で行われている。しかし、病院においては診療システムがイントラで閉じている、インターネットが可能で自由に使える PC が無い、などのネットワーク環境の有無による理由、コンテンツに重要情報が含まれていることを理由にインターネットを用いた e-learning を実施せず、DVD の貸し出しにより対応する場合がある。

筑波大学附属病院は、大学の一部であることからネットワークを設置できる環境にあり、院内においてもインターネット利用可能な PC が多いことから、e-learning を実施できる環境は整っていたが、如何に e-learning コンテンツを作成・配布するのかの手段を持っておらず、平成 24 年まで実施できずにいた。複数のプロジェクトから平成 24 年度よりいくつかの院内で行われる法定研修について対面研修に加えて e-learning を実施し、平成 27 年度からはほとんどの研修において対面研修に参加できない職員に対して e-learning を実施するまでになった。加えて筑波大学で臨床試験を実施するために必要な倫理講習を学外にも

公開し、筑波大学に所属しない医療関係者や企業に向けて同一のコンテンツを提供できるまで環境が整備された。

学校教育において、対面研修と e-learning 学習において学習効果に差異がないことが報告されており、職員研修においても同様の結果が得られると考えられるが検証は行われておらず検証を行う必要がある。病院の職員研修では、対面研修は確認テストがなされても参加するだけで受講が認められ、e-learning は合格点を満たすまで受講義務があるなど学校教育と評価方法と異なるため、一概に同様の結果が得られるとは言えない。

本稿では、筑波大学附属病院で実施した職員研修において対面講義と e-learning による学習効果について検証を行う。病院で働く職員を対象とするため、職種も様々、年齢も様々なため、考える因子ごとに検証を行う。

2. 研修の実施方法

研修は、演者によるレクチャーを受講するか、同時に収録ビデオを視聴する方法（Live）がある。この場合に確認テストは行うが、受講の可否には影響しない。

すなわち、出席によって受講が認められ、確認テストは出席の確認ためだけに利用される。

Live を受講できなかったユーザに対しては、収録ビデオを e-learning にしたものを受講する (e-learning)。同様の確認テストを受講し 8 割以上の得点を獲得するまで何度でも受講を行う。e-learning を実施するにあたり認証をいかにするかという問題が付きまとうが、本 e-learning では①全学の認証システムを利用した認証有の e-learning, ②認証無の簡易 e-learning を構築しており、ユーザに対して負担のないシステムを採用している。詳しくは次で述べる。

2.1 E-learning システム

筑波大学附属病院では、①大学の認証システムに紐づいた manaba と、②いくつかのプラグインを組み込んだ Wordpress を利用した認証システムを利用しない簡易 e-learning システムを採用している。

いずれのシステムもコンテンツの見せ方は変わらない。動画コンテンツを視聴し、小テストに合格点に達するまで回答を行うというものである。動画コンテンツの配信は Mediasite 社の Mediasite Server を利用した。本配信サーバは認証システムとの連結が容易であり、Shibboleth 認証, LDAP 認証, Active Directory 認証に対応可能である。

2.2 認証を有するシステムの概要

認証を有するシステムは、筑波大学が契約している朝日ネット社製の LMS (Learning Management System) である manaba をそのまま利用した。筑波大学では大学の教職員・学生の認証システムとして Shibboleth 認証, LDAP 認証, Active Directory 認証による認証サービスを提供しており、クラウドサービスである manaba は、Shibboleth 認証を利用した認証サービスで連携している。動画配信サービスを提供とする Mediasite Server とは Shibboleth 認証の SSO (Single Sign-On) 連携によって 1 度のログインだけで指定したコンテンツを視聴させることができる。また、動画の視聴履歴も管理できるため、各サービスに特別な細工を加えることなく、LMS 上でコンテンツを提供ができています。

2.3 認証を有しないシステムの概要

Wordpress を利用してホームページのアンケート・クイズ機能を基に疑似的 LMS を構築した。LMS のようなログイン機能は有していないため、受講前に氏名・メールアドレスなどを受講のたびに入力させることでログイン履歴を残す。実際のシステムは次のように構築した。

表 1 認証なしシステムの構成表

項目	内容	備考
Hardware	DELL PowerEdge R320	CPU: Xeon E5-2403 Memory: 16GB Storage: 1TB RAID1+Hotswap
OS	CentOS 7	
Web サーバ	Apache 2.4 Php 5.6	
Wordpress の Plugin	WP-Pro- Quiz	

上記に加えて、受講結果を送信するためメールサーバを構築している。実際の画面は次の通りである。



図 1 Wordpress による実際の受講画面

学外者も利用することから email アドレスまたは電話番号の入力、同姓同名の取り間違いを避けるために生年月日の一部の情報の必須で入力させる工夫をして居る。

2.4 受講履歴の管理

manaba は受講履歴を csv 形式にエクスポートする機能を有する。また、Wordpress もエクスポートすることが可能であり、かつ自身のサーバで運用しているためデータベースから直接表示することも可能である。加えて、大学の人事データを保有しているため1つのサーバですべてのデータを結合するようシステムを構築しデータの一元管理ができるよう工夫している。

2.5 システムの利用に関するトラブル

認証を有するシステムにおいては、ユーザ名・パスワード忘れによるログインできないトラブル以外はなかった。ただし、忘れて場合には認証を有しないシステムも提供しているため、パスワードに関するコンテンツ管理者への実際問い合わせは0であった。

その他のトラブルとして、ブラウザのバージョンが古い場合コンテンツが動作しない場合があった。病院内の端末を利用する場合、診療システムをうまく表示させるため Internet Explorer がバージョン7ないし8の互換モードで動作しているため JavaScript における一部のコンテンツがうまく動作しないことがあった。幸いにして、同マシンには Mozilla Firefox がインストールされていたため、ブラウザの変更によってトラブルを避けることができた。

3. 実際の研修

今回対象とする研修は医の倫理研究を行うにあたり、事前に受講が必要な講習である。講習は3つあり各90分程度の長さであり、次の流れで実施された。

- 期間：2015年9月～2016年7月
- 実施方法：2015年9月に3つの講習（Level 1-1, 1-2, 1-3）を講義室でライブセミナーを実施。このとき、e-learning のためのコンテンツも同時に収録した。加えて、収録したものを DVD に焼き、ビデオセミナーも数回実施した。
- 講義室でのライブセミナー・ビデオセミナーに参加できなかった対象者については e-learning によるセミナー受講を行う。
- 対象者：筑波大学が主となる医の倫理研究を行う研究代表者および研究分担者・協力者。ここには

学外の研究者・会社も含まれる。

- 合格判定/受講確認
 - ライブセミナー・ビデオセミナー：参加することにより受講が認められる。受講確認（出席確認）の氏名を記入し、確認テスト（10問）を実施する。ただし、確認テストの点数は合否には影響しない。
 - e-learning によるセミナー受講：コンテンツを視聴の後、上記と同様の確認テストを受講し、8割以上を合格とする。

4. 研修の解析

ライブセミナー・ビデオセミナーと e-learning による受講者数は次の通りであった。

表 2 講習の受講者

セミナー	ライブ&ビデオ		e-learning
	参加者	回答者	
Level 1-1	154	158	597
Level 1-2	179	177	563
Level 1-3	195	193	655

ここで、参加者と回答者の人数が違うのは、受講の直前に職員証で人数（参加者）を集計しており、セミナーの終了後に氏名の記入した確認テストを提出する（回答者）流れになっている。参加はしたが途中退出（Level 1-2, 1-3）、事前の出席確認をしていないため（Level 1-1）があり、若干のずれが生じている。両方が確認できて受講完了という流れになっている。

4.1 ライブ参加者の点数の分布

回答した確認テストの点数は次の表3の通りである。表から推測するに回答者の多くは合否に関係ないとわかっているにもかかわらず真面目に解答していると推測される。

表 3 講習の受講者の点数の分布

点数	Level 1-1	Level 1-2	Level 1-3
100	68	36	31
90	68	94	47
80	14	32	70
70	5	10	31
60	3	5	11
50			1
40			2
30			
20			
10			
0			
合計	158 人	177 人	193 人

表において、ブランクは 0 人を表す。

4.2 e-learning 受講者の点数の分布

ライブセミナー・ビデオセミナーとの成績を比較するためには 1 回目の点数と比較する必要がある。表 4、表 5 はそれぞれ認証付き、認証無し e-learning による受講者において 1 回目受講における点数の分布である。

表 4 認証付きシステムによる受講者の点数の分布

点数	Level 1-1	Level 1-2	Level 1-3
100	95	103	113
90	186	170	155
80	115	119	145
70	54	54	40
60	25	18	7
50	7		1
40	2	1	2
30			
20			
10			
0			
合計	484 人	465 人	463 人

表 5 認証無しシステムによる受講者の点数の分布

点数	Level 1-1	Level 1-2	Level 1-3
100	47	43	34
90	85	67	52
80	34	43	47
70	55	68	63
60	18	15	31
50	4	3	10
40			5
30			
20			
10			
0			
合計	243 人	239 人	243 人

表から推測するに回答者の多くは 1 回～2 回で合格をしており、適当に回答しているようである。ただし、動画サーバの視聴履歴を見ると多くのユーザはコンテンツのすべてを視聴しているわけではなく、すでにある知識から回答しているようである (図 2～図 4)。



図 2 Level1-1 の視聴傾向



図 3 Level1-2 の視聴傾向



図 4 Level1-3 の視聴傾向

図において、赤は視聴箇所が多い部分、青は少ない

部分を表す。すべてにおいて、前半部は視聴するが細部を視聴していない傾向がみられる。

4.3 認証付きと認証無しシステムの差

Level 1-1, 1-2, 1-3 のそれぞれについて比較を行う。以下、ライブセミナー・ビデオセミナーおよび e-learning（認証付き、認証無し）による成績は正規分布に従うと仮定する。

次の表 5～表 7 はそれぞれの各種統計量である。

表 5 Level 1-1 の各種統計量

	ライブ	認証付き	認証無し
標本平均	92.2	85.0	83.1
標準偏差	13.9	7.11	9.74
不偏分散	194.9	50.7	95.3
標準誤差	1.11	0.32	0.62

表 6 Level 1-2 の各種統計量

	ライブ	認証付き	認証無し
標本平均	88.2	86.1	81.9
標準偏差	12.4	7.38	9.64
不偏分散	153.9	54.54	79.80
標準誤差	0.93	0.34	0.62

表 7 Level 1-3 の各種統計量

	ライブ	認証付き	認証無し
標本平均	82.3	86.1	77.5
標準偏差	10.8	7.48	8.91
不偏分散	117.2	54.5	79.8
標準誤差	0.78	0.34	0.57

これらのデータより仮説検定において有意な差があるか t 検定を行うと次の結果が得られた。

- ライブセミナーと認証付き e-learning
 - Level 1-1: t=6.21
 - Level 1-2: t=2.20 (99%区間推定において有意な差はない)
 - Level 1-3: t=-5.26
- ライブセミナーと認証無し e-learning

- Level 1-1: t=7.12
- Level 1-2: t=5.63
- Level 1-3: t=5.00

- 認証付き e-learning と認証無し e-learning

- Level 1-1: t=2.68
- Level 1-2: t=5.81
- Level 1-3: t=13.9

4.4 傾向

単純に仮説検定の考え方にに基づきそれぞれの講義を比較したところ、t 検定において有意な差が出た。これは 1 回限りの視聴や確認テストだけでは学習効果に差が出ることを示している。そのため、合格点に達するまで確認テストを実施することには意味があると考えられる。また、ライブセミナー・ビデオセミナーは平均が高く標準偏差が小さいことから、出席確認だけのテストでも十分に学習効果があると言える。

5. おわりに

1 回の受講における学習効果の差について述べたが、合格点に達する場合の学習効果の差を調べなければ学習効果の比較とは言えず、今後の課題である。

謝辞

本研究を実施するにあたり、つくば臨床医学研究開発機構 (T-CReDO) 鮎川由希子氏、高橋結氏、医学支援室中川かすみ氏には e-learning 運営・データ集計に関して多大な協力をいただきました。記して、感謝いたします。

参考文献

- (1) 讃岐勝：“氏名をユーザ ID とする学習管理システムの構築と改良”，教育システム情報学会 (JSiSE) 2016 年度第 1 回研究会
- (2) 讃岐勝ほか：“既存の環境で e-learning はどこまで構築できるのか？”，JSiSE research report 30(7), 97-104, 2016-03
- (3) 筑波大学つくば臨床医学研究開発機構 T-CReDO <http://www.hosp.tsukuba.ac.jp/t-credo/> (2017 年 4 月 12 日確認)

バーチャル体験による子育て学習

－ 乳児前期の e-learning 教育システムの開発と学習評価

太田浩子¹⁾ 井上 智史²⁾ 松永信介³⁾ 澁谷恵子¹⁾ 稲葉竹俊³⁾

東京工科大学 医療保健学部¹⁾ 駿河台大学 メディア情報学部²⁾ 東京工科大学大学院 バイオ・情報メディア研究科³⁾

Learning of Child Care through Virtual Experience

－Development and Instruction Evaluation of E-Learning Materials of Earlier Period of Baby－

Hiroko Ota¹⁾, Satoshi Inoue²⁾, Shinsuke Matsunaga³⁾, Keiko Shibuya¹⁾, Taketoshi Inaba³⁾

School of Health Sciences, University of Technology¹⁾, Department of information of media, Surugadai University²⁾

Graduate School of Bionics, Computer and Media Sciences, Tokyo University of Technology³⁾

〈要旨〉 看護学生を対象に子どもの理解を促進するバーチャル体験による子育て学習 e-learning 教育システムの開発に取り組んでいる。2011年に第一段階で開発した新生児期の教育システムでは設問の新規性や難易性が課題となった。そこで今回、第二段階として、乳児前期の教育システムを新たに開発し、課題の改善を試み、看護学生 24 名による評価を行った。本研究は、学習評価を乳児前期、新生児期の 2 つの教材の学習評価を比較し、教育における学習支援教育システムとしての有効性を考察する。

キーワード：バーチャル子育て 小児 看護教育 e-learning

1. はじめに

看護実践能力には、問題解決思考とスキルが必要であり、看護教育において看護過程展開の能力を教育する看護実習は重要であると位置づけられている^①。また、看護教育の内容と方法に関する検討会報告書では、いかなる状況に対しても、知識、思考、行動というステップを踏み最善の看護を提供できる基盤を作る教育が不可欠との見解が示されている^②。つまり、気づき、解釈、反応、省察のプロセスである臨床判断能力が求められている^③。また、その能力を育成する効果が高い教育方法として、シミュレーション教育を推奨している^④。

看護の対象者は、新生児期から高齢者とライフサイクルの幅が大きい、少子高齢化社会となった現代において、看護学生の身近に子どもがいない、子どもとコミュニケーションをとる機会がないなど、看護の対象者を理解することは困難をきたす状況がある^④。一方、小児看護

学実習において、急性期の受け持ちとなり関わる期間が短い、乳幼児期の発達段階が多く家族が付き添っているため援助ができない、学生自身のコミュニケーション力の低下など、臨地実習における学習上の困難さが課題となっている^④。

そこで、筆者ら研究者は、子どもと関わる機会が乏しい看護学生が、シミュレーション体験しながら子育てを学習することができる e-learning 教育システムの開発に取り組んでいる^⑤。さらに、問題解決思考や臨床判断力の育成につなげることを目指し、開発を進めている。

第一段階として 2011 年に開発した教育システムは、新生児期の子育てができるものであり、遊び、排泄介助、入浴介助、おむつ交換、沐浴、授乳、食事、起こりやすい事故など体験しながら設問を進めるよう開発した^⑥。

さらに、問題解決能力には、知識のほかに体系的方法で問題を解決する能力や思考力、実行力、情報処理力、

態度が必要である⁶⁾。そこで、設問によって、看護実践に必要な基本的な知識、つまり正確性、臨床判断の気づきにつなげる、子どもの反応を観る力として観察力、看護実践や判断につなげる力として判断力と柔軟性、実行力を設問から評価できるよう設計した⁵⁾。また、学習支援システムの機能として、解答を進める際に答えを導き出すワンポイントアドバイス、最終画面での学習の振り返りができるフィードバック機能を設計し開発した。新生児期の教育システムの学習評価では「私は驚きのある意外なことをいくつか学んだ。」が最も低く、設問の新規性や難易性が課題となった⁵⁾。

そこで、乳児前期の開発において、設問内容の検討、子どもの発達段階に近い状態とするためのイラストレーションの検討、ワンポイントアドバイスの内容と提示の検討、子どもの発達経過の可視化、最終画面の検討を行い開発に取り組んだ。開発した乳児前期の教育システムの実験検証に24名の看護学生の協力を得ることができた。看護教育における学習支援教育システムとしての視点から新生児期の教育システムの学習評価と比較し、考察を加える。

2. 教育システムの概要

2.1 教育システム全体のねらいと特徴

開発する教育システムは、学生が子どもを理解する際に困難を感じる、子どもの形態、機能的発達や言語、情緒、認知的発達の特徴を持ったバーチャル上の子どもである。その学習媒体は、単に双方向性の学習形態ではなく、子育てをシミュレーション体験しながら、学習を進めることができる。また、知識の獲得のほかに、観察、アセスメント、実践、判断という看護実践力を育成することも目指している。

さらに、授業で多数の学生が同時に使用できることはもちろん、授業以外の時間や場所でサーバから容易に呼び出し、個人学習が繰り返しできる設計とし、個人の学習結果をフィードバックすることで、自己の解答結果を振り返り内省できる学習システムを開発する。

教育システムは、学習者の学習環境を制限せず、通学

時間や空いた時間を利用できるように、PCはもちろん、iPhone や android 等マルチプラットフォーム対応の Web アプリケーションである。なお、開発言語は HTML5, CSS, JavaScript, PHP である。

3. 乳児前期の教育システムの概要

3.1 乳児前期の教育システムのねらいと特徴

乳児前期の子どもは、体重が2倍に増加し、身長も生後3か月までが最大となる形態的な発達がみられるだけでなく、関節を動かす粗大運動や手指を動かす微細運動が発達する⁷⁾。また、情緒面も新生児期の子どもは、興奮という状態で感情の分化がみられない時期であるが、乳児前期の子どもは、満足した状態としての快・不快、感情の分化としての怒りや恐れなど新生児期とは違う反応が見られる時期である⁷⁾。乳児前期の子どもの発達は、新生児期のそれよりも、複雑でダイナミックな変化が生じる。そこで、新生児期の教育システムは28日の期間を進める使用だったのに対して、乳児前期の子どもの発達の経過をつかめるように、3か月から6か月まで1週間を1場面として進める設計とした(図1・図2)。



図1 画面の子ども(粗大運動)



図2 画面の子ども(寝返り)

看護の基本は、日常生活援助であるため、乳児前期においても、新生児期同様に食事と栄養（授乳と離乳）、排泄、皮膚トラブルなどの日常生活援助について形態学的知見をもとに問題を作成した。また、乳児前期の発達上必要な知識を獲得するために、粗大運動や微細運動、原始反射などの身体発達と遊びや情緒的発達、予防接種（図3）や起こりやすい事故に関する設問を作成した。



図3 予防接種

3. 2 乳児前期教育システム開発における改善

新生児期の教育システムにおける学習評価において課題となっていた新規性と難易性に対して、設問設計の検討し、解答途中で自己の解答状況を可視化できるよう画像上の検討を行った。

3. 2. 1 設問設計

新生児期に比べ、子どもの発達が複雑化する時期であるため設問を検討した。設問は大きく19設問、細項目30設問で構成している。細項目30設問の中で、知識は18問、対処は12問である。知識を問う問題は、解答の正答を区分し、点数化した。例えば、通常授乳量は、現在の体重から必要量を計算するが、計算により算出された正しい量を解答した場合2点、その上限20%と下限20%であれば1点加算、以外は減点するなど、すべての設問を正答とその範囲を段階に区分した。観察力は、主に子どもの対処が必要な場面で子どもの表情や行動を観察し、適切に対応した場合加点、見過ごした場合は減点とした。

判断力や柔軟性、実行力においては、乳児前期3か月から6か月における発達の特徴という知識を用いて、なおかつ、子どもの反応を適切にとらえながら解答を導き出しているかによって、点数を増減した（図4・図5）。



図4 遊びの場面 不適切な解答



図5 遊びの場面 適切な解答

難易性について、単に知識を問うだけでなく、判断を伴う設問を取り入れることとした。例えば、予防接種のスケジュール作成では、必要な予防接種を選択させる設問のほかに、解答を進めるなかで、予防接種が必要な時期に予防接種を受けさせるか、受けさせる条件が整っているかを判断し解答するよう、設問に取り入れた。

ワンポイントアドバイスは、新生児期の教育システムでは、実施者から知識の確認ができたとき高い評価を受けている。乳児前期では、皮膚トラブルに対応するための臀部浴、起こりやすい症状として脱水や便秘についての対応や看護方法についてのアドバイスを作成した（図6）。



図6 ワンポイントアドバイス

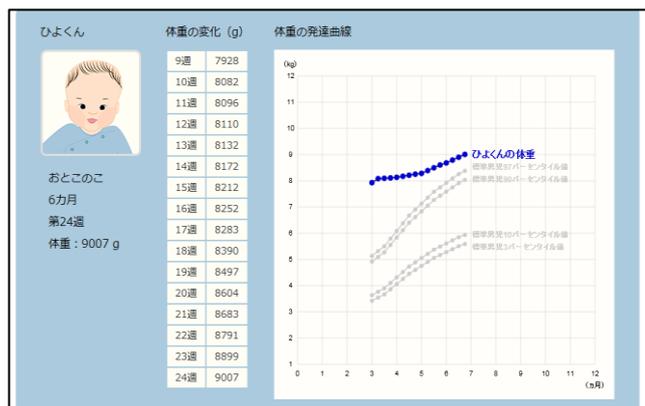


図7 最終画面 体重曲線

3. 2. 2 解答状況の可視化

解答を進めていく途中の段階に学生が解答結果を可視化できるよう設計した。具体的には、哺乳量が適正量を逸脱した場合、子どもが啼泣するだけでなく、途中の経過のなかで体型を「やせ」や「ふとり」に変化させ、必要量の修正が必要であることを示唆する画面とした。また、最終画面に体重曲線の推移を可視化し、解答をすすめるなかで、授乳量が適正量に修正できたかを確認し、修正することによって体重曲線上に適切に推移することが意識できるようにした(図7)。教育システムでの学習結果を振り返る内省機能も新生児期同様に設計している。授乳や排泄、予防接種など解答結果と適切な解答について画面上確認できるようにしている(図8)。

4. 教育システムの学習評価

4. 1 学習評価の方法

4. 1. 1 アンケート調査

教育システム設計における評価は、J.M.Kellerが開発した学習意欲調査(Instructional Materials Motivation Survey:以下IMMS)を用いた⁸⁾。IMMSの下位尺度【自信】9項目、【注意】12項目、【満足感】6項目、【関連性】9項目の35項目と「最終評価は、自分の傾向を知ることができた」「最終画面のコメントは参考になった」「学習に活かせる内容だった」「ワンポイントアドバイスは実習に活かせる内容だった」「ワンポイントアドバイスが立った」「画面の子どもに愛着がわいた」のオリジナルの質問5項目を追加し、合計40項目について5段階での「と

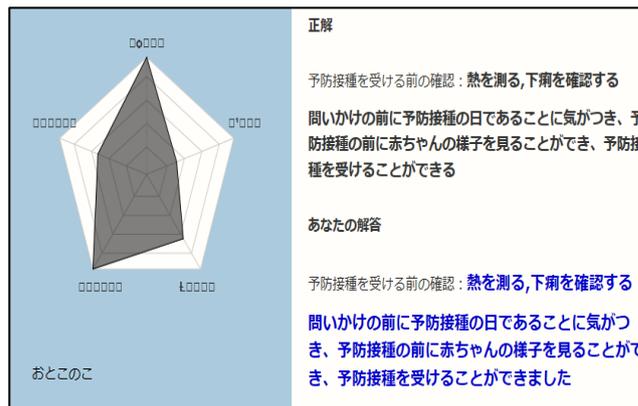


図8 最終画面 学習の振り返り

てもあてはまる」から「まったくあてはまらない」の5段階での回答を求め、Mann-WhitneyのU検定を行った。

被験者の属性の調査内容は、学年、性別、きょうだいの有無、子どもとの接触する機会の有無、子どもの日常生活援助経験の有無とした。アンケートの回答は、教育システム実験検証直後に依頼した。

4. 1. 2 正確性、観察力などの解答結果の分析

教育システムの解答を正確性、観察力、判断力、柔軟性、実行力の各平均点を算出した。新生児期と乳児前期の5項目の点数配分の割合は違うため、新生児期、乳児前期の5項目のそれぞれの相関を見ることとした。

新生児期と乳児前期各々のアンケート回答結果と実証実験における解答結果の分析には、分析ソフトSPSS19を用いた。

4. 1. 3 倫理的配慮

教育システム上の解答結果の閲覧は、研究者のみが可能とし、システムはID、パスワード管理とした。研究協力者には、データや回答成績は、本人が特定できないよう配慮し、途中中止しても、成績など一切関係がないことを口頭、紙面で説明し、同意書にて同意を得た。本研究は、A大学倫理審査委員会の承認を受け実施した。

5. 実証実験

5. 1 実証実験の概要

5. 1. 1 実施状況

実証実験は、小児看護学実習直前の看護大学生に協力を依頼した。新生児期、乳児前期いずれも学内のPCに

表1 被験者の属性

属性		乳児前期 (平成26年) N=24		新生児期 (平成25年) N=31	
		度数	%	度数	%
1. 性別	男性	4	(17)	4	(13)
	女性	20	(83)	27	(87)
2. 子どもと接する機会の有無	同居している	0		1	(3)
	同居していないがいつも接触している	0		0	
	たまにある	5	(21)	8	(26)
	ほとんど無い	5	(21)	9	(29)
3. きょうだいの有無	まったくない	14	(58)	13	(42)
	有	20	(83)	26	(84)
	無	4	(17)	5	(16)
4. 子どもの日常生活の世話の経験					
4-1 遊び	有	18	(75)	22	(71)
	無	6	(25)	9	(29)
4-2 おむつ交換	有	5	(21)	12	(39)
	無	19	(79)	19	(61)
4-3 トイレの世話	有	7	(29)	7	(13)
	無	17	(71)	24	(87)
4-4 沐浴経験	有	3	(13)	11	(35)
	無	21	(87)	20	(65)
4-5 お風呂	有	5	(21)	3	(10)
	無	19	(79)	28	(90)
4-6 授乳	有	1	(4)	2	(6)
	無	23	(96)	29	(94)
4-7 食事	有	9	(21)	8	(10)
	無	15	(79)	23	(90)

において、1台のPCを一人で使用した。サーバ上のURLを学生へ提示し、学生個人が画面を呼び出し、初期データを入力し開始した。また、新生児期の実証実験は、平成25年10月から12月に31名（女性27名、男性4名、平均年齢21.3±1.4）、乳児前期の実証実験は、平成26年11月から12月に24名（女性20名、男性4名、平均年齢19.2±3.3）を対象に行った（表1）。子どもと接触する機会は、乳児前期「まったく無い」14名（58%）、「ほとんど無い」5名（21%）、新生児期「まったく無い」13名（42%）、「ほとんどない」9名（29%）、であり、日常生活の世話の経験も乏しい状況であった。

5. 1. 2 アンケート結果(表2)

アンケート調査を比較した結果、IMMS 下位尺度【自信】【注意】【満足感】【関連性】の平均値を比較した結果、教材の関心や興味に関する下位尺度「注意(乳児前期4.2±.42、新生児期3.9±.57, p<.05)」、成功できるという「自信(乳児前期3.7±.62、新生児期4.0±.52, p<.05)において有意差(p<.05)を示した。また、有意差は認められなかったが、学習する意義を感じるかという【関連性】の項目は、新生児期より高い傾向にあった。

さらに、IMMS 尺度の35項目とオリジナルの質問5項目40項目を比較分析した。結果、下位尺度【自信】の3項目、【注意】の3項目において有意差を示した。平均

値では有意差を示さなかったが、下位尺度【関連性】の「この教材がいかに関係重要であるかを示すためのストーリーや絵、あるいは例があった。(乳児前期4.1±.8、新生児期3.3±1.1, p<.05)」「この教材の内容は、自分の興味と関連していた。(乳児前期4.3±.8、新生児期3.6±.9, p<.05)」において有意差(p<.05)を示した。教育システムのオリジナルの質問5項目では、有意差を認められなかったが「最終画面の振り返りのコメントは参考になった(乳児前期4.6±.6、新生児期4.4±.9)」「学習を進めるうちに、画面の子どもに愛着がわいた(乳児前期4.0±1.2、新生児期3.7±1.2)」の項目は乳児前期の平均値が高い傾向を示し、内省機能としての学習機能や画面上の子どもへの関心を高めた評価であった。

また、実証実験の時期が実習直前であったことで「学習は実習に活かせる内容であった」の項目は、乳児前期(4.5±.6)、新生児期(4.6±.6)ともに高い評価であった。

一方、「ワンポイントアドバイスが復習に役立った(乳児前期4.5±.9、新生児期4.7±.5)」、「最終画面の振り返りコメントは参考になった(乳児期4.2±.9、新生児期4.6±.6)」では、新生児期が高かった。乳児前期の教育システムの内容は、乳児前期の発達、ダイナミックに変化し複雑であることから、解答に困難さを感じ、成功できるという【自信】は低い傾向にあったが、興味関心を持つことができるシステムであったことが示唆されただけでなく、学習する意義を感じており、新生児期の課題であった新規性と難易性の改善に至った結果となった。

5. 1. 3 教育システム解答結果(表3)

教育システムの解答結果では、設問の割合は同一ではないため、解答結果の傾向を分析した。新生児期、乳児前期ともに正確性の得点幅が大きく、正確な解答以外は減点しているため、新生児期(平均点-1.9±4.5)乳児前期(平均点-5.1±4.5)ともにマイナス点の平均となっていた。乳児前期の観察力(平均点13.1±.4.5)、判断力(平均点7.2±4.3)、実行力(平均点3.0±3.2)は、正確性同様に得点幅が大きかった。一方、柔軟性(平均点5.0±.1.9)は最も得点幅が少なかった。解答結果の正確性に影響を及ぼしていたのは、食事(授乳量)の設問であった。授乳量は計算によって算出するため、子育てを開始した

表2 アンケート結果

下位尺度	項目	Mann-WhitneyのU検定		乳児前期	新生児期		
				(平成26年) N=24	(平成25年) N=31		
		平均値	SD	平均値	SD		
自信	1	はじめてこの教材を見たとき、自分にとって簡単という印象を持った。	2.8	1.4	3.6	0.9	*
	3(※)	この教材は、私が期待した以上に理解することが、難しかった。	3.3	1.4	4.1	0.9	*
	4	導入の情報を讀んだ後で、この教材から何を学習するのがわかったという自信を持った。	3.9	0.8	3.7	0.9	
	7(※)	多くのページに大量の情報がありすぎて、重要なポイントを拾い出して覚えることは難しかった。	4.5	0.7	4.3	1.0	
	13	この教材で学習したときに内容を習得できる自信があった。	3.6	1.1	3.9	0.9	
	19(※)	この教材の練習は非常に難しかった。	3.3	1.3	4.4	1.0	*
	25	この教材でしばらく学習した後に、私はその内容のテストに合格する自信があった。	3.0	1.4	3.4	0.8	
	34(※)	この教材のかかなりの部分をまったく理解できなかった。	4.6	0.9	4.6	0.8	
	35	この教材の内容が適切に整理されていたことは、学習できるという自信につながった。	4.0	0.9	3.8	0.9	
下位尺度「自信」平均		3.7	0.6	4.0	0.5	*	
注意	2	教材の開始時に、注意をひきつけられる何かおもしろいことがあった。	4.1	1.1	3.7	1.0	
	8	この教材は人目をひく。	4.3	0.8	3.7	0.9	
	11	文章の質が、私の注意をひきつけておく助けとなっていた。	4.0	0.8	3.6	0.9	
	12(※)	この教材は非常に抽象的で、注意を保ち続けることが困難であった。	4.4	0.7	3.8	1.2	*
	15(※)	この教材のページは、無味感で魅力がたりないようにみえた。	4.7	0.8	4.0	1.1	
	17	ページ上への情報の配置は、私の注意を引きつけておくことに役立った。	3.8	0.8	3.6	0.8	
	20	この教材には私の好奇心を刺激するものがあった。	4.4	1.0	3.6	1.1	
	22(※)	この教材における繰り返しの量が、ときには私をうんざりさせた。	4.1	0.9	3.5	1.3	
	24	私は驚きのある意外なことをいくつか学んだ。	3.4	1.0	3.0	1.0	
	28	さまざまな説明・練習・図解などによって、この教材に注意をひきつけられた。	4.1	0.9	3.9	0.9	
	29(※)	この教材の文体は退屈するものだ。	4.6	0.7	4.1	1.1	*
31(※)	各ページに言葉が多くあって、イライラさせられた。	4.8	0.4	4.5	0.8	*	
下位尺度「注意」平均		4.2	0.4	3.9	0.6	*	
満足感	5	この教材の練習を終えたときに、十分な達成感に満足した。	3.6	1.1	3.5	0.9	
	14	私はこのトピックスについてもっと知りたいと思うほど教材を楽しんだ。	4.1	0.9	3.4	1.1	
	21	私はこの教材を学習することが本当に楽しかった。	4.5	0.7	3.6	1.1	
	27	練習のフィードバックやその他のコメントが、私の努力に対してのふさわしい報酬と感じた。	3.5	1.1	3.8	0.8	
	32	この教材を成功裏に終了できたことは気持ちよかった。	3.7	1.2	3.6	1.0	
	36	うまく設計された教材で学習できてよかった。	4.3	0.7	3.8	0.9	
下位尺度「満足感」平均		4.0	0.6	3.8	0.7		
関連性	6	この教材の内容と自分がすでに知っていることが、どのように関係しているかは明らかである。	4.4	0.6	4.0	0.8	
	9	この教材がいかに重要であるかを示すためのストーリーや絵、あるいは例があった。	4.1	0.8	3.3	1.1	*
	10	この教材を完了することは、自分にとって重要であった。	4.4	0.8	3.8	0.9	
	16	この教材の内容は、自分の興味と関連していた。	4.3	0.8	3.6	0.9	*
	18	この教材の知識を人々がどのように利用するのに関する説明や例があった。	3.6	1.1	3.8	0.9	*
	23	この教材の内容と文体は、その内容を知る価値があるという印象を与えた。	4.4	0.5	3.8	0.7	
	30	私がこれまでの生活の中で見たり行ったり考えたりしたこと、この教材の内容を関係付けることができた。	3.7	0.9	3.8	0.9	
	33	この教材の内容は私にとって役立つだろう。	4.5	0.7	4.2	0.8	
26(※)	この教材の大部分はすでに知っていたので、私のニーズとは合わなかった。	4.2	1.1	3.9	1.0		
下位尺度「関連性」平均		4.2	0.4	4.0	0.5		
37	最終評価は、自分の傾向を知ることが参考になった。	4.6	0.7	4.4	0.7		
38	最終画面の振り返りにコメントは参考になった。	4.2	0.9	4.6	0.6		
39	教材での学習は実習に活かせる内容だった。	4.5	0.6	4.6	0.6		
40	ワンポイントアドバイスは復習に役立った。	4.5	0.9	4.7	0.5		
41	教材をすすめるうちに、画面の子どもに愛着がわいた。	4.0	1.2	3.7	1.2		

※反転項目、点数を反転させ統計処理

*(P<0.05)

表3 教育システム解答結果

	乳児前期 (N=24)			新生児期 (N=31)		
	最低点	最高点	平均点(SD)	最低点	最高点	平均点(SD)
正確性	-16.0	4.0	-5.1 (±4.5)	-13.0	5.0	-1.9 (±4.5)
観察力	5.0	20.0	13.1 (±4.5)	-2.0	2.0	1.0 (±1.2)
判断力	-5.0	16.0	7.2 (±4.3)	2.0	3.0	3.0 (±0.2)
柔軟性	2.0	9.0	5.0 (±1.9)	2.0	2.0	2.0 (±0.0)
実行力	-4.0	8.0	3.0 (±3.2)	2.0	3.0	2.8 (±0.4)

注：設問の割合は新生児期・乳児前期は同一ではない

3か月目は、ふつう（正解）の解答できていた学生はいなかった。しかし、5か月、6か月と解答を進めるなかで、子どもの体型の変化から、計算式を用いて授乳量を修正し、正答した学生は7名（29%）であった。予防接種、便秘時や皮膚トラブルの際の観察や対処、粗大運動や微細運動の発達の変化に伴う遊び方の正答率も低い傾向にあった。これらの設問は、正確性だけでなく、判断力、観察力、実行力、柔軟性に影響を与える設問であった。

5. 1. 4 教育システム解答結果と学習評価との関連 (表4)

教育システムの解答状況と学習評価との関係があるかをみるため、乳児前期を実施した24名のデータをもとにIMMSの下位尺度【自信】【注意】【満足感】【関連性】とオリジナルの質問5項目の相関を確認した。「最終評価は、自分の傾向を知ることができ参考になった」の項目において、「最終画面の振り返りのコメントは参考になった (r=.421, p<.05)」 「学習は実習に活かせる内容だった (r=.579, p<.001)」 「ワンポイントアドバイスが復習に役立った (r=.735, p<.001)」 において有意な強い相関、「学習を進めるうちに、画面の子どもに愛着がわいた (r=.476,

p<.05)」 IMMS 下位尺度「満足感 (r=.452, p<.05)」 「関連性 (r=.457, p<.05)」 において有意な相関を認めた。

一方、教育システムの解答結果「正確性」「観察力」「判断力」「柔軟性」「実行力」とIMMS尺度、オリジナルの質問5項目における明らかな相関は認めなかった。

6. まとめ

6. 1 学習支援としての教育システムの評価と課題

新生児期の教育システムの学習評価結果から難易性や新規性の改善を検討し乳児前期の教育システムを開発した。アンケートの結果から、乳児前期の教育システムは、看護学生にとって、子どもの発達を学習するためのストーリー性があり、学習に関心を向かせることができる教育システムであったと評価できる。看護学生は、新生児期の発達に比べ、複雑でダイナミックに変化する乳児前期の子どもの子育てという学習課題に対して、「自信」のなさを感じながらも、画面上発達して変化する子どもをとらえながら既習の知識を活用し、解答をすすめ楽しいと「満足感」を得ることができていた。特に、「最終評価は、自分の傾向を知ることができ参考になった」において満足感や関連性において相関を認めている。解答の最終結果を客観的に確認し、自己の傾向を確認することで、関連性のある学習がよりできたと感じ、満足感につながっていた。途中や最終画面で学習傾向を可視化し、自己の学習成果を客観的にみながら、子どもの発達における変化に気づき、自分なりに判断して解答を進めていたことが推察される。

	最終評価での自己の傾向	最終画面の振り返り	実習に活かせる	ワンポイントアドバイス	画面の子どもへの愛着	IMMSR度 自信	IMMSR度 注意	IMMSR度 満足感	IMMSR度 関連性
最終評価での自己の傾向	1								
最終画面の振り返り	.421*	1							
実習活用	.579**	.717**	1						
ワンポイントアドバイス	.735**	.717**	.840**	1					
画面の子どもへの愛着	.476*	.168	.156	.262	1				
IMMSR度 自信	.356	.091	.267	.332	.099	1			
IMMSR度 注意	.255	.264	.379	.243	.121	.392	1		
IMMSR度 満足感	.452*	.221	.421*	.350	.232	.765**	.717**	1	
IMMSR度 関連性	.457*	.182	.473*	.307	.200	.541**	.791**	.823**	1

*(P<.05) ** (P<.001)

表4 IMMS 下位尺度および5項目における相関係数

また、学習を進めることが困難となっても、ワンポイントアドバイスの活用と確認によって知識を補うことができ、直後に行う実習の復習の機会となり、満足感につながったものと考えられる。

学生の思考過程に影響を及ぼす要因として、知識、感情、自己モニタリング、自己開示の4つの要因が影響しあって起きると述べられている⁹⁾。教育システムでの学習が単に知識の確認だけでなく、自己の学習状況や経過を客観視することにより自己の傾向の把握や思考過程の支援につながることが期待できる。

子どもと関わる機会が乏しい学生にとって、看護の対象を理解することは学習上の困難さを招き、苦手意識を抱くことにつながる。今回の検証では、新生児期よりも乳児前期の画面上の子どもに愛着を抱くことができていた。画面上の媒体であっても、学生が世話をすることによって、視覚的な動きや表情、発達の変化を実感することができていたのではないかと推察する。看護の対象に関心を持つことは、看護過程の情報収集、アセスメントにつながる第一歩でもある。また感情は、問題解決プロセスをコントロールする機能として学生に影響を与えている⁹⁾。看護教育におけるシミュレーションによる臨床判断能力の育成に効果があるとの報告もあり⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾、本システムも、バーチャル上の子どもの世話をしながら、発達を促進させるという、問題解決や子どもに愛着を抱くことによる気づきから推論し、反応し行動に移す臨床判断力の育成につながることを期待できる学習システムと考えられる。

一方、今回の結果から乳児前期の教育システムでは、「最終画面の振り返りのコメントは参考になった」の項目が新生児期よりも低い傾向にあったことから、解答結果のコメントに工夫が必要な点も見受けられ課題ともいえる。

謝辞

本研究は平成23年から平成26年の科研費の助成(MEXT/JSPS KAKENHI 23593343)のもと行っている研究であり、このような研究の機会を与えていただきましたことに心より感謝申し上げます。

参考・引用文献

- (1)中村圭子,荒井淑子,柄澤清美:“臨地実習におけるアセスメント指導に関する一研究(その1)-学生の躓きとその要因の分析”新潟青陵大学紀要 Vol7,pp187-198 (2007)
- (2)厚生労働省:看護教育の内容と方法に関する検討会報告書。(2011)
- (3)松谷美和子,三浦友理子,奥裕美:“看護過程と「臨床判断モデル」”看護教育 Vol56,pp616-622 (2015)
- (4)長谷川由香,斎藤啓子:“小児看護学実習におけるケア経験橋上を目指した学内演習・実習指導の効果”日本看護教育学会誌 Vol26,No1,pp89-96 (2016)
- (5)太田浩子,寺本正恵,王麗華,木内妙子,松永信介,稲葉竹俊:“バーチャル体験による子育て学習-新生児期のeラーニング教育システムの開発とインストラクション評価-”教育システム情報学会誌 Vol, No1,pp.93-98 (2014)
- (6)高橋美美,濱田佳代子,平瀬節子,小笠原木綿,片岡万里,高橋永子,尾原喜美子,青木早苗,池内和代,寺下慶一郎,野村晴香,杉本加代:“「問題解決能力」の概念に関する検討-看護教育に関連した文献を用いて-”高知大学看護学会誌,Vol5,No1,pp27-35 (2011)
- (7)福田恵美子編集:人間発達学2版,中央医学社,(2009)東京.
- (8) J.M.Keller: “Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS Model Approach”, Springer, pp.43-74 (2010) J.M.ケラー (2010) 鈴木克明(訳) (2010) “学習意欲をデザインする ARCS モデルによるインストラクショナルデザイン”,北大路書房
- (9)坂口千鶴,守田美奈子,奥原秀盛,常盤文枝,大野和美,松本智美,黒田裕子:“臨地実習における看護学生の思考過程の明確化(第2報)-学生の思考過程のパターンとその影響要因”日本赤十字看護大学紀要 No2,pp20-33(1998)
- (10)山内栄子:“看護基礎教育における臨床判断力育成をめざした周手術期看護のシナリオ型シミュレーション演習の効果の検討”大阪医科大学看護研究雑誌 Vol5,pp76-86 (2015)
- (11)相野さとこ,森山美和子:“終末期看護場面におけるシミュレーション学習法を用いた実習前の学生のレディネス向上と臨床判断の育成に関する効果の検討の試み”,日本看護学教育学会誌 Vol 21(2),pp45-56 (2011)

ペルソナ・シナリオ法を用いた学生による 事例作成学習ツールの提案

平野加代子^{*1}, 真嶋由貴恵^{*2}

*1 宝塚大学教育 *2 大阪府立大学

Proposal of a Learning Tool for Creating Case Examples by Students Using Persona Scenario Method

Kayoko Hirano^{*1}, Yukie Majima^{*2}

*1 Takarazuka University *2 Osaka Prefecture University

本研究では、状況に合わせた看護実践を行う上で必要な患者の身体的側面だけでなく、心理的・社会的側面など、様々な状況を考えることを支援する e ラーニング用患者事例作成ツールを開発する。本稿では、そのツールの全体概要について述べる。

キーワード: ペルソナ・シナリオ法, 事例作成, 学習ツール

1. はじめに

大学における看護学教育の質を保証するために、学士課程教育のコアとなる看護実践能力と卒業時到達目標が提示された(2011)。そこでは、卒業時に習得すべきコアとなる看護実践能力の育成(特に看護過程の展開、看護技術の習得)に効果的な指導方法の検討が望まれている。

看護過程の展開は、看護実践を行うための基本的な能力であり、臨地実習前に修得する内容として位置づけられている。教授方法では、紙上事例(ペーパーペイシメント)を用いることが多いため、患者像をイメージすることが難しい。そこで、課題を把握するための模擬患者参加型授業なども行われているが、模擬患者導入にかかる費用や、単発的な学習や体験にとどまるなどの課題がある。このように従来型の講義形式や参加型の授業では、学生が十分に患者像を把握し、さらに患者の立場に立った看護実践を熟考することが難しい。

そこで本研究では、状況に合わせた看護実践を行う上で必要な患者の身体的側面だけでなく、心理的・社会的側面など、様々な状況を考えることを支援す

る e ラーニング用患者事例作成学習ツールを開発する。本稿ではそのツールの全体概要について述べる。

2. 関連研究

看護過程の学習を支援する e ラーニングでは、真嶋ら(1)-(3)が開発した看護学習サポートシステムがある。これは 100 を超える事例と、その事例に関連する知識教材や看護技術映像、国家試験過去問題などをパッケージにしたもので、授業や自己学習で活用されている。村井らも(4)、看護実践能力の育成のためにシナリオ教材を開発しており、看護過程学習における事例教材の有効性は高いといえる。また、赤津らは(5)患者情報から関連図を作成する際のツールを開発し、可視化を支援している。看護における e ラーニングとして、吉川らは(6)、看護技術習得にむけたブレンディッドラーニングを実践し学習行動や学習評価を行っている。

しかし、これらは、教授者側が作成した教材を学生に使用させることで学習効果を上げようとするものであり、学習者自らが教材を作成するものではない。

本研究では、与えられた事例(ペーパーペイシメントや模擬患者)の情報から患者像を把握するの

はなく、学生自身が患者事例を作成する学習方法を取り入れることにより、より深く患者像をイメージできるのではないかと考えている。

これまでに著者らは、紙面を用いた事例作成学習を試行している。その結果、学生による患者事例の作成で、患者に対する興味・関心を深める効果があることを明らかにした(7)。作成された事例を分析すると、患者の身体的側面に限らず、パーソナリティやライフストーリーをはじめ、具体的な表現が含まれていた。また、事例作成に取り組むまでには時間を要していたが、事例作成を進めていく中で、情報の矛盾や関連する学習課題についても学生自身の気づきや考えの深まりが見られた。

これらの結果を受け、最初に患者事例作成ツールの開発を行った。看護過程のアセスメントツールであるゴードンの機能的健康パターンに情報を入力できるようにした。ゴードンの機能的健康パターンは、①健康認識/健康管理、②栄養/代謝、③感染防御、④排泄、⑤活動/運動、⑥知覚—認知、⑦睡眠/休養、⑧自己認識/自己概念、⑨役割/関係、⑩性/生殖、⑪ストレスコーピングの11のパターンに分類される。

しかし、これらのパターンについて情報を入力していくことだけでは、単なる情報の入力作業にとどまってしまう、患者への関心が深まらないのではないかとという危惧が残る。

3. 患者事例作成学習ツールの概要

学生が患者の立場に立ち、患者の病態や生活、思い等を想像しながら看護実践につなげるためにこれまで取り組んでいた患者事例作成ツールに、ペルソナ・シナリオ法を用いた学習ツールを追加する。ペルソナ・シナリオ法(8)は、製品のターゲットとなるユーザ層の典型的な人物像を、仮想ユーザであるペルソナとし、ペルソナが満足するようなシステムやサービスを考案・設計する手法である。これにより、開発者の一方的な考えではなく、ユーザの要求を抽出し、充足することが可能となる。つまり、このペルソナを患者事例とし、その状況やニーズを把握し、看護側の一方的な判断ではなく、患者中心の看護実践を学習することを可能となるツールを開発する。

ペルソナの作成後、シナリオを作成する。シナリオは、ペルソナがある状況で従来の製品を使おうとしたら、その場でどのようなイベントが立ち起こるのかを次の5つの観点から時系列的に記す。

5つの観点とは、①他者とのコミュニケーション、②行動の時系列、③作成する人工物、④社会的環境、⑤物理的環境である。

具体的な学習手順を以下に示す。

(1) ペルソナ（患者）の作成

学生が将来、臨地実習で受け持つ可能性のある入院患者をペルソナ（以下、患者）として作成する。

患者事例作成ツールにおいて、4名の患者イラストからペルソナ患者を1名選択する（図1）。



図1 患者事例選択ウィンドウ

4名の患者はそれぞれ、太った女性、痩せた女性、太った男性、痩せた男性とした。イラストから老年期の特徴を学習し、患者の特徴から学生がイメージしやすい疾患として、脳梗塞、糖尿病、慢性閉塞性肺疾患、肺がん、胃がんを想定して設定している。

学生は、選択したイラストに患者氏名を考えて入力する（図2）。学生は患者氏名を考えることにより、選択した患者に親しみや興味・関心を持ちながら学習を進めることが期待される。

さらに患者の社会的特徴や心理的特徴、身体的特徴等を考えながら患者情報を追加していく。選択できるのは一般的項目とし、患者の詳細な情報は、自由記載で入力していく。



図2 選択した患者のネーミング用ウィンドウ

図3に患者事例作成の流れを示す。看護の対象は、生活者である患者であることから、家族背景や生活状況などの情報を、最初を選択できるようにした。入力情報としてキーパーソンが「長男」であっても、患者の思いや発言は患者によって異なる。すなわち入力情報の選択とそれに関連した発言や思いを自由に考えて入力する具体的な患者像となる。

さらに生活者である患者をイメージし、その患者が病気になった場合に起こる問題について考えながら情報を選択していく。

学生が情報入力をしていくときに、思いついたままに入力するのではなく、患者をイメージしながら関連する情報を入力させなければならない。特に疾患に関連する情報の場合、情報間に矛盾がないかを確認しなければならない。そこで、学習問題を解答することで知識の確認ができるように設計していくこととした。

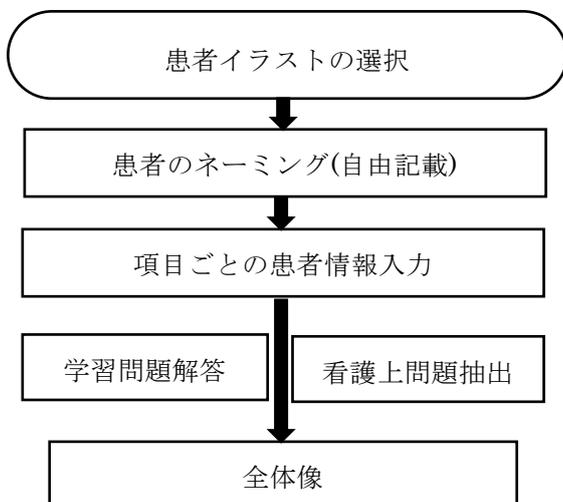


図3 患者事例作成の流れ

(2) ペルソナ患者の全体像の作成

患者情報を部分で把握するだけでなく、全体像としてイメージできるようにする。現段階では、文字が中心であるが、学生がイメージしやすいように視覚情報（イラストや写真など）を選択できるようにする予定である。

作成した事例で抽出された看護問題については、必要な援助項目とその具体的方法について考えるインターフェイスとし、学生が事例をもとにした看護技術の実践をすることで、患者の個別性を考えた計画を立案し、実施できると考える。実施した結果は、PDSAサイクル(Plan:計画, Do:実行, Study:結果の評価, Act:改善)の理念に基づいて学習を進められるようにする。PDSAサイクルは、医療分野や品質マネジメント活動等にその考えが取り入れられており、このサイクルを通して、品質の維持・向上や継続的な業務改善活動などが推進される。看護実践を学ぶ学生にとって、より患者への適切な援助を考える上でも重要な考え方であるといえる。

4. おわりに

従来の看護過程の学習では教員が患者情報を提供するため、情報の分類から学習が始まる。そのため、経験の少ない看護学生にとって対象患者の全体像を十分に把握することができないため、患者の立場に立った看護計画を立てることが困難である。本研究では、学生が、患者側の立場に置き換えて患者の思いや考えなど生活者としての患者が病気になるとどのような状況になっていくか、を具体的に考えられるような学習ツールについてその概要について説明した。今後はツールの完成をはかり実践を行っていきたいと考えている。

謝辞

本研究は、平成26年度科学研究助成基金助成金／基盤研究C 26463265の補助を受けている。

参考文献

- (1) 真嶋由貴恵, 中村裕美子, 前川泰子: “看護教育における臨地実習用ユビキタス学習環境の構築”, 教育システム情報

学会誌,Vol.27, No.1,pp.100-110(2010)

- (2) 真嶋由貴恵,細田泰子: “可視化教材を活用した看護技術教育”, I T 活用教育方法研究,第 9 卷,第 1 号,pp.31-35(2006)
- (3) 真嶋由貴恵,中村裕美子: “看護実践能力の獲得を支援する e-learning—“CanGo”プロジェクトの実践”,看護教育,第 48 卷,4 号 pp.298-302(2007)
- (4) 村井嘉子,堅田智香子,加藤亜妃子,彦聖美,藤田三恵: “看護実践力の向上を支援するためのシナリオ学習教材の開発”,石川看護雑誌,Vol.8,pp93-101(2011)
- (5) 赤津舞子,澤野弘明,鈴木裕利他: “AKaTool(Associate kango Tool):看護教育のための関連図作成ツールの提案と評価”,教育システム情報学会誌,Vol.33, No.1,pp31-42(2016)
- (6) 吉川千鶴子,中嶋恵美子,須崎しのぶ,山下千波,川口賀津子: “看護技術教育のブレンディッドラーニングにおける e ラーニングシステム活用に関する研究”,日本看護研究学会誌,Vol.5, No.5,pp105-115(2012)
- (7) K. Hirano, Y. Majima: “A Proposal of Instructional Design to Promote Understanding a Patient in Fundamental Nursing”, The12th international Congress on Nursing Informatics, in Taipei,(2014)
- (8) A Cooper: “コンピュータはむずかしすぎて使えない”,翔泳社(2002)

読文過程の行動特徴量による習熟度の予測

児玉 翠^{*1}, 秦 崇洋^{*1}, 渡邊 淳司^{*2}, 丸谷 和史^{*2}, 社家 一平^{*1}

*1 NTT 未来ねっと研究所, *2 NTT コミュニケーション科学基礎研究所,

Performance Prediction using Behavioral Data during Reading Texts for Adaptive Learning

Midori Kodama^{*1}, Hata Takahiro^{*1}, Junji Watanabe^{*2}, Kazushi Maruya^{*2}, Ippei Shake^{*1}

*1 NTT Network Innovation Laboratories, *2 NTT Communication Science Laboratories,

In the e-learning system, estimating students' performances is an important challenge to provide personalized learning materials (drill) based on their skill level. Although previous studies estimated their performances from their own answers for questions in the drill, in order to provide personalized questions from the beginning of the drill, we have to estimate their performances not only from their answers but also other data about their behavior. In this study, we collected the students' behavioral data when they read 'Yu bi Yomu'[6,7] e-textbook, by which we could monitor a location where they read. Then we estimated their performances using support vector machine from behavioral feature quantities selected by lasso regression. As a result, students' performances (upper/lower) were estimated with high accuracy (81%), which demonstrates an availability of behavioral data for improving adaptive learning systems.

キーワード: アダプティブラーニング, 行動特徴量抽出, 機械学習

1. はじめに

アダプティブラーニングとは、個々の生徒の習熟度や学習進度に合わせて、学習内容やレベルを調整し教材を提供する手法であり、先行研究によりその効果が示されている [1].

学習者に最適な難易度の問題を出題するためには、学習者の習熟度を推定することが重要な課題である。学習者の習熟度はヒトの内的な状態であり、直接測定することはできない。これまでの研究では、ある問題を提示した際の問題回答データを利用して、習熟度を推定することが行われてきた[2,3]。習熟度が向上する過程には、学習内容に関する情報に触れ、それを繰り返す学習経験が介在するため、このような学習経験から習熟度を推定できる可能性がある。実際、今までにどんな問題を解いてきたかという OC (Opportunity Count) という指標を用いて習熟度を予測する研究も存在する[4].

しかし、学習経験には、問題を解くことだけではなく、教科書や参考書を読んで知識を獲得する経験も存在する。そこで本検討においては、知識獲得時における学習者の学習行動に着目し、知識を獲得する場面における学習者の振る舞いから学習者の習熟度を予測することを目指す。

もし知識を獲得する場面での測定データから習熟度を予測できるならば、問題回答データが十分に計測できていない問題演習の初期にも、個人の習熟度にあったアダプティブなコンテンツが提供できる。加えて、従来通りの問題回答データとは異なる情報源である知識獲得時の行動特徴量を従来の特徴量と合わせて用いる事で、さらなる習熟度推定の精度が上がる事も期待される。

学習者の学習時の様子をモニタリングすることは、これまでも行われており、例えば視線追尾によって、文章を読む過程での思考を推定する研究も存在する [5]。しかし、視線の測定には専用の装置が必要であり、

使用者への負荷が大きく学習を阻害する虞がある。今回、我々は使用者の負荷を抑えて行動特徴量を計測するために、なぞることで文字が浮き出る電子教材を用い、タブレット以外に装置を追加することなく、利用者が文を読む過程を観測した。

本検討においては、行動特徴量を用いた習熟度予測の一次評価として、習熟度高低の2値分類の可否を検証する。習熟度は細かい粒度で予測できることが望ましいが、高低の2値であっても演習で出題する問題の難易度調節や、再度講義の受講を促す等の学習指導に利用可能である。

2. 方法

学習中の行動からの習熟度推定の可否、および行動特徴量と習熟度の関連性を調べるため、学習中の振る舞いを測定するデータ取得実験[6]を実施し、学習後のテスト成績との関連を分析した。

2.1 教材表示方法

本実験では、画面をなぞるユーザの指位置を計測し、その位置に対応する文字が出現・消滅する動的な文章表示方式‘Yu bi Yomu’[7]を用いて、タブレット端末 (Apple 社製 iPad) 上で教材を提示した。この方式の教材を用いれば、ユーザは教材を見るために画面をなぞるため、ユーザの指の位置からユーザの読文過程を詳細に知ることができる。

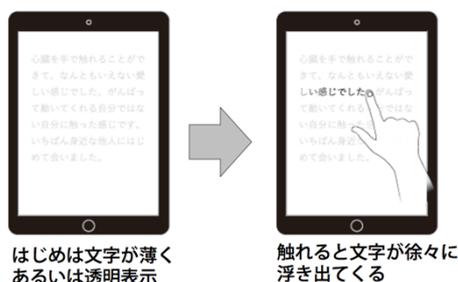


図1 教材表示装置

2.2 データ取得実験

データの取得実験として、入社2年目の社員47名を対象とした講義形式の社内研修において、Yu bi Yomuを導入し、研修中の読文行動の測定をおこなった。実験プロトコルを図2に示す。研修は全体で約65分あり、研修内容は通信網敷設における安全研修であった。なお、講義内容は全11章により構成されてい

た。それぞれの章において、教室のスクリーンに投影された講義スライドを用いた講師による説明の後、講師の指示のもとタブレット教材を用いた振り返りの時間を設けた。振り返り時間には講師がタブレット教材の文章を読み上げ、学習者へ講師の掛け声に合わせてタブレット教材の該当箇所をなぞるように指示した。各章の講義と振り返りが終了したのちに、全章の内容を総復習する時間を20分ほど設けた。その際、タブレット教材のうち、空欄をなぞることで重要語句が表示されるモードもしくは、空欄部分があらかじめ表示されているモードを用いて復習するように指示した。総復習時間の後に、本講義内容についての記憶テストを実施した。テストの内容は、教材中の重要な単語部分を記述式で答えさせるものであり、各問1点配点で71点満点であった。記憶テスト終了後、復習時間における学習方法や、タブレット教材の使用感についてのアンケートを実施した。

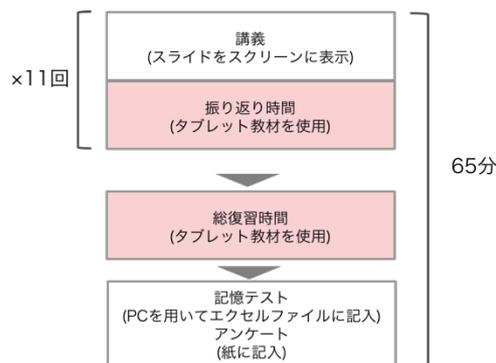


図2 研修プロトコル

2.3 分析方法

2.3.1 取得されたデータ

本実験においては、タブレット教材使用時の行動データ取得した。すなわち、データを取得したのは各章の振り返り時間と総復習時間であって、かつタブレット教材を学習者が使用した場合に限り、スクリーンに投影されたスライドを見ている様子や、学習者がタブレット教材を使わずに復習をしている様子は計測しなかった。取得された行動データの各レコードには、時間、X座標位置、Y座標位置、X軸速度、Y軸速度、合成速度、スクロール位置が含まれている。なお、X軸はタブレットの左上を原点とした時の右方向のピクセル数、Y軸は下方向のピクセル数を表している。なお、各計測値は、サンプリングレート30Hzでされた。

2.3.2 前処理

記憶テストの後に行われたアンケートにおいて、タブレットのなぞり表示機能を使用しなかったと回答した被験者 8 名は、学習行動が測定されていないと判断し、分析の対象より除外した。アンケートの内容と、アンケート結果を表 1 に示す。また、機械のトラブルにより測定データが保存されなかった被験者 1 名および、指示に反する誤操作があった被験者 1 名は、分析対象より除外した。以後の分析においては、残りの 37 名を分析対象とする。

表 1 学習方法に関するアンケート

問.テスト前にどのように暗記しましたか	人数	点数平均	点数標準偏差
1.一度表示を消して指でなぞりながら暗記した	23	42.3	9.4
2.全体を表示して指なぞりを使わず暗記した	8	39.3	6.8
3.全体の表示と、指でなぞることと両方を使って暗記した	15	41.8	8.7

2.3.3 特徴量抽出

本実験により得られるデータより、測定できる学習行動は、1) 情報(学習内容)へのアクセスの有無、2) 情報へのアクセスの継続時間、3) 情報へのアクセスの繰り返し、4) アクセスの順序であると仮定し、それらを説明する行動特徴量を抽出した(表 2)。なお、本教材のように学習者が閲覧している部分を行や座標レベルの解像度で得られる場合に算出可能な特徴量を行単位の列に、それ以外の特徴量をページ単位の列に示す。

表 2 抽出した行動特徴量

	ページ単位	行単位
情報へのアクセス有無	・閲覧ページ数	・なぞり行数 -全ページ合計 -各ページの行数
情報アクセスの継続時間	・閲覧時間 -全ページ合計 -各ページ合計 ・閲覧時間(行数補正) -全ページ平均、分散 -各ページの値	・行なぞり時間 -全ページ合計 -各ページ合計 ・閲覧スピード(横方向) -全ページの平均,標準偏差 -各ページの平均,標準偏差 ・閲覧スピード(縦方向) -全ページの平均,標準偏差 -各ページの平均,標準偏差
アクセスの繰り返し	・ページ繰り返し回数 ・ページ再閲覧時間	・行繰り返し回数
アクセスの順序		・順方向への連続したなぞり回数 ・逆方向への連続したなぞり回数

2.3.4 統計分析, 変数選択

各特徴量が、記憶テストの点数の高い群(42 点以上, 17 名,上位群)と低い群(41 点以下, 20 名,下位群)において有意な差があるか、Kolmogorov-Smirnov 検定[8]を用いて検定した。なお、Shapiro-Wilk の正規性検定により約半数の特徴量の正規性が棄却された($p < 0.05$)ため、ノンパラメトリックな手法である Kolmogorov-

Smirnov 検定を用いた。

記憶テスト点数への寄与の大きい行動特徴量を調べるため、各行動特徴量を説明変数、記憶テストの点数を目的変数として、多重回帰分析を実施した。多重回帰においては、変数の数が膨大な場合においても効率的に変数選択ができる L1 型正則化法を用いた[9]。なお、多重回帰分析の前処理として、各特徴量の正規化(z スコア化)を実施した。

2.3.5 分類学習

上位群,下位群の 2 群を行動特徴量により分類する。分類器の学習には、サポートベクタマシン(Support Vector Machine : SVM)を用いた。カーネル関数の種類、SVM における損失とマージンの大きさの間のトレードオフを調整するパラメータである C, 決定境界の複雑さを調節する gamma, 多項式カーネルの次数を調節する degree をそれぞれ,表 3 の範囲で探索し、グリッドサーチ法により決定した。

表 3 グリッドサーチ法のパラメータの範囲

カーネル関数の種類	ハイパーパラメータ		
	C	gamma	degree
線形カーネル	[1,10,100,1000]	-	-
RBFカーネル	[1,10,100,1000]	[0.001, 0.0001]	-
多項式カーネル	[1,10,100,1000]	[0.001, 0.0001]	[2, 3, 4]
シグモイドカーネル	[1,10,100,1000]	[0.001, 0.0001]	-

このようにハイパーパラメータを決定した SVM 分類器について、記憶テストの高群/低群を行動特徴量から分類する際の性能を Leave one out 交差検証により確かめた。なお、SVM の入力には、2.3.4 項の多重回帰(L1 型正則化法)の結果、偏回帰係数の絶対値が 0 より大きい変数を選定した。

3. 結果

3.1 ページの時間遷移の可視化

研修中のユーザのページ遷移の様子を図 3a, 3b に示す。上位群も下位群も講義の進行に従ってページを遷移させており、上位群と下位群との間で大きな違いは見られなかった。

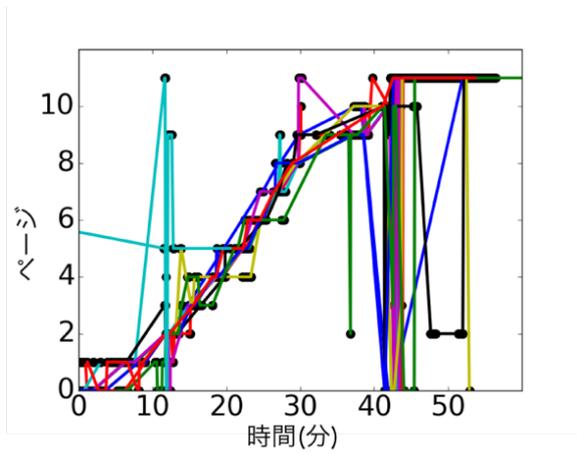


図 3a 上位群のページの時間遷移
(各色は各被験者を示す)

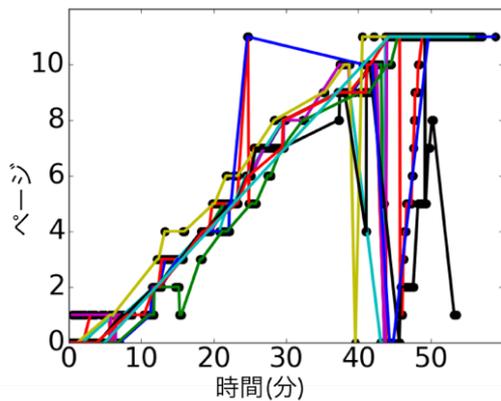


図 3b 下位群のページの時間推移

3.2 なぞりの様子の可視化

ユーザが教材をなぞる様子について、代表的な2名分の教材1ページ目のデータを図4a, 4bに示す。プロットは30Hzで計測される指位置を示す。プロットのカラースケールは時間を示し、青から緑に色が変化するにつれて遅い時間に計測された点を意味する。該当ページについてのデータのうち、連続して記録されたレコードは、灰色の直線で点同士を結んで表示している。図4aのような上位群の被験者は、全体を網羅してなぞる、長い時間をかけてゆっくりなぞる、同じ箇所を複数回なぞるといった行動が見受けられ、一方、図4bのような点数の下位群の被験者のなかには、時間をかけずに早くなぞる、一部しかなぞらない、といった行動が観測された。

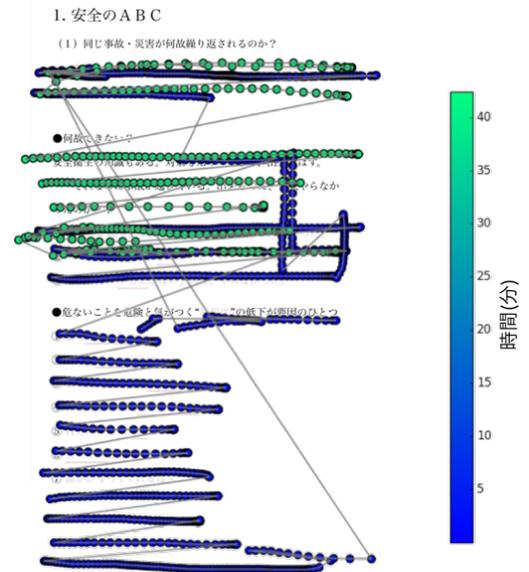


図 4a 57点(上位群)の学習者のなぞりの様子

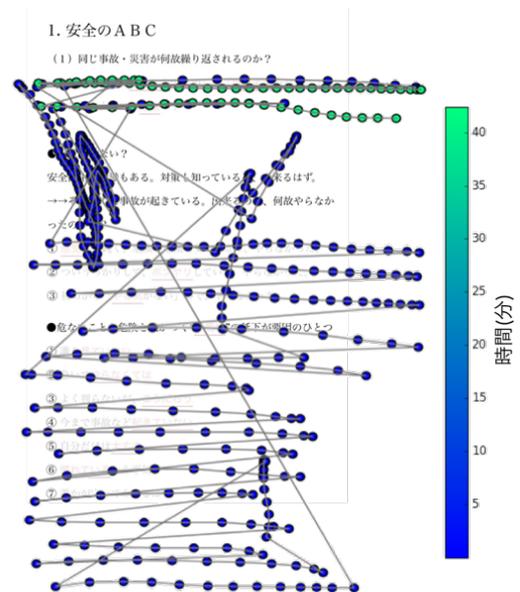


図 4b 27点(下位群)の学習者のなぞりの様子

3.3 なぞり行の時間変化の可視化

総復習時間中になぞった行の時間推移を図5a, 5bに示す。図5aは上位群の代表4名分のなぞり行の時間推移を示す。順方向に連続して読むことを何度も繰り返している様子が観測された。図5bは下位群の代表4名分のなぞり行時間推移を示す。一部しかなぞらない様子や、逆方向に教材をなぞる様子、使用時間が短い様子などが見られた。

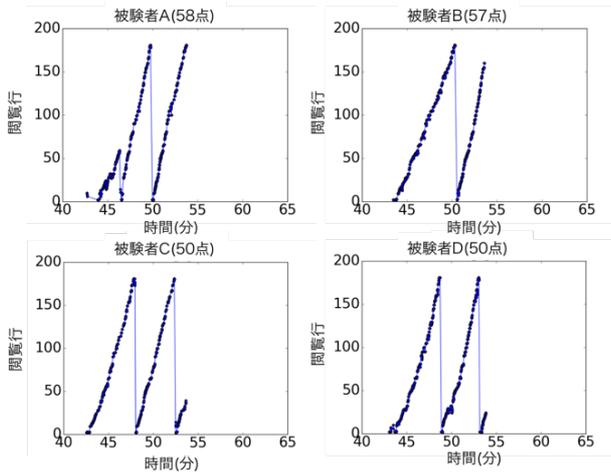
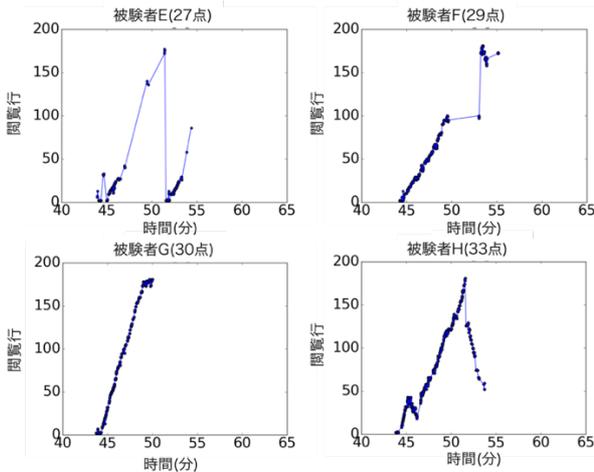


図 5a 上位群のなぞり行時間推移



5b 下位群のなぞり行時間推移

3.4 統計分析

表 4 に記憶テストの得点と各特徴量得点の重回帰分析の偏回帰係数と、記憶テスト得点の上位群と下位群の二群に分け、Kolmogorov-Smirnov 検定を実施した際の統計量および p 値を示す。重回帰分析の結果、順方向への連続したなぞり回数の偏回帰係数が大きく、また、Kolmogorov-Smirnov 検定の結果、X 方向なぞり速度平均は上位群と下位群で有意な差があることが示された。

表 4 特徴量の重回帰、統計分析結果

行単位	特徴量	偏回帰係数	KS統計量	p値	
ページ単位	情報アクセスの有無	閲覧ページ数	0.0	0.18	0.91
	情報アクセスの継続時間	総閲覧時間	0.0	0.35	0.17
		閲覧時間(行数補正)平均	0.0	0.27	0.43
	アクセスの繰り返し	閲覧時間(行数補正)標準偏差	0.0	0.27	0.43
		ページ繰り返し回数	0.024	0.25	0.56
		ページ再閲覧時間	0.71	0.17	0.92
行単位	情報アクセスの有無	なぞり行数	0.0	0.30	0.33
	情報アクセスの継続時間	行なぞり時間	0.032	0.36	0.14
		X方向なぞり速度平均	-0.66	0.45	0.033
		X方向なぞり速度標準偏差	-0.13	0.27	0.43
		Y方向閲覧速度平均	0.020	0.13	0.99
		Y方向閲覧速度標準偏差	0.032	0.24	0.60
	アクセスの繰り返し	行繰り返し回数	0.0	0.34	0.20
	アクセスの順序	順方向への連続したなぞり回数	3.3	0.40	0.081
逆方向への連続したなぞり回数		0.0	0.06	1.00	

なお、本発表においては主に教材全体を通じて観測される行動特徴量について記述し、ページごとに測定されるパラメータについての詳細は割愛する。

3.5 分類、予測

多重回帰分析にて偏回帰係数の絶対値が 0 よりも大きい 8 変数選択し、これらを入力として SVM 分類器により上位群/下位群を分類した。なお、グリッドサーチ法により、カーネルの種類およびハイパーパラメータを、RBF カーネル、 $C=1000$, $\gamma=0.0001$ と決定した。分類器の評価に leave-one-out 交差検証を実施し、クラス分類の混同行列を表 5 に示す。予測と実測の合致する正解率が 0.81 での分類がなされた。また、精度と再現率の調和平均である F 尺度は上位群が 0.80, 下位群が 0.82 となった。

表 5 分類の混同行列

	予測上位	予測下位
実測上位	14	3
実測下位	4	16

4. 考察

統計分析の結果、X 方向のなぞり速度平均が上位群と下位群で有意な差があることおよび、重回帰の結果より、順方向への連続したなぞり回数の偏回帰係数が大きかったことから、本実験の研修内容においてゆっくり読むことや順方向に繰り返し読むことが習熟度に関連が強いことが示された。なお、これらの特徴量は、本教材のように学習者の閲覧箇所を行や座標レベルの解像度で測定可能な場合に算出可能である。閲覧履歴の測定粒度は、従来ではページレベルの測定が行われているが[10]、さらに細かい行や座標レベルの測定により、アダプティブラーニングや学習モニタリングに効果的な特徴量を得ることができると考えられる。

X 方向なぞり速度平均以外の特徴量は Kolmogorov-Smirnov 検定では有意にならなかったものの、回帰分析(L1 型正則化法)により選択された 8 つの特徴量を用いた RBF カーネルの学習により、8 割程度の正解率で上位群/下位群が予測された。習熟度は単一の行動特徴量の大小では記述できず、複数の特徴量による判定を組み合わせることではじめて分類可能

参 考 文 献

になるものだと考えられる。この背景には、最終的な習熟度は、実験中の学習のみならず、事前の知識にも影響を受けること、また、学習中の振る舞いは、個人の学習の戦略にも影響を受けることが想定される。本実験は、入社して間もない事前知識の少ない社員を対象としたものであるが、講義の内容は一般常識や普段の業務中の中で獲得されうる内容のものであった。今後、事前の知識の影響を排除して行動特徴量と習熟度の関係を検討するためには、事前の知識レベルの調査や統制が必要である。

また、本実験は教材文章中の単語を暗記し、記述式の記憶テストにて回答させるものであった。しかし、数学や理科のように、暗記だけではなく理論立った理解が必要な学習内容も存在し、そのような学習内容の場合は学習中の行動の性質も異なることが予想される。本技術がどのような教科、どのような学習内容に適応可能なのかは、今後検証が必要である。

5. おわりに

より早い時期のアダプティブラーニング機能の提供や、習熟度推定の精度向上を目指し、従来通りの問題回答データとは異なる情報源である知識獲得時の行動特徴量を用いて習熟度の予測可否を検討した。結果、知識獲得時の行動特徴量から 81%の正解率で習熟度の上位群/下位群が予測された。また、本実験の研修内容においてゆっくり読むことや順方向に繰り返し読むことが習熟度に関連が強いことが示された。今後は、異なる学習内容での適応可能性の検討および、問題回答データと組み合わせた場合の推定精度評価をおこなっていききたい。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、NTTME ネットワークサービス事業本部 羽柴正治氏、高橋博之氏にご協力頂きました。

- (1) Chen, Chih-Ming, Hahn-Ming Lee, and Ya-Hui Chen: "Personalized e-learning system using item response theory.", *Computers & Education*, 44(3), pp237-255 (2005)
- (2) 月原由紀, 鈴木敬一, 廣瀬英雄: "項目反応理論による評価を加味した数学テストと e-learning システムへの実装の試み", *コンピュータ & エデュケーション*, Vol.24, pp.70-76 (2008)
- (3) Kevin H Wilson *et al.*: "Back to the basics: Bayesian extensions of IRT outperform neural networks for proficiency estimation.", *arXiv preprint arXiv:1604.02336* (2016)
- (4) Yan Wang, Korinn Ostrow, Seth Adjei, and Neil Heffernan: "The Opportunity Count Model: A Flexible Approach to Modeling Student Performance." In *Proceedings of the Third ACM Conference on Learning @ Scale (L@S '16)*, ACM, New York, pp.113-116 (2016)
- (5) 花房亮, 山岸秀一, 松本慎平, 加島智子: "機械学習処理に基づいたプログラミング読解中の視線軌道の自動分類", *人工知能学会全国大会論文集*, 3N3-2 (2015)
- (6) Kazushi Maruya, Junji Watanabe, Hiroyuki Takahashi, and Shoji Hashiba: "A learning system utilizing learners' active tracing behaviors.", In *Proceedings of the Fifth International Conference on Learning Analytics And Knowledge (LAK '15)*, ACM, New York, pp.418-419 (2015)
- (7) Kazushi Maruya *et al.*: "Yu bi Yomu: Interactive reading of dynamic text." In *Proceedings of the 20th ACM international conference on Multimedia*. ACM, p.1499-1500 (2012)
- (8) Massey Jr, Frank J: "The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit." *Journal of the American statistical Association* Vol.46, No.253, pp.68-78 (1951)
- (9) 廣瀬慧: "Lasso タイプの正則化法に基づくスパース推定法を用いた超高次元データ解析.", *数理解析研究所講究録*, Vol.1908, pp.57-77 (2014)
- (10) 三原宏一郎, 寺邊正大, 橋本和夫: "ページ閲覧時間を考慮した Web ログマイニング手法の提案.", *情報処理学会研究報告知能と複雑系 (ICS) 2007.67 (2007-ICS-148)*, pp.39-44 (2007)

3軸加速度センサを用いた板書行動分析システムの開発

岡澤大志*1 江木啓訓*1

*1電気通信大学 大学院情報理工学研究科

Development of writing behavior analysis system on the chalkboard using three-axis-accelerometer

Taishi Okazawa*1 and Hironori Egi*1

*1 Graduate School of Informatics and Engineering
The University of Electro-Communications

In this research, we design a system that detects writing behavior of teachers on a chalkboard. The developed system uses a smart chalk holder with a three-axis-accelerometer. It was introduced to actual lectures for evaluation. Past research developed to a technique for determining the physical state of learners by using the behavior identification technology. It is suggested that this technology can be used to estimate the situation of learners in a classroom. We thought that it could be applied to detect writing behavior on a chalkboard. From the result of the experiment with teachers, the overall recognition rate exceeded 80% in detection of writing behavior on the chalkboard in actual lectures. The teachers suggested that the proposed system was useful to review their lectures. As the future work, it was found that it is necessary to sophisticate the shape of the smart chalk holder.

キーワード: 板書行動, 教育改善, チョークホルダー, 加速度センサ, 教育支援システム

1. はじめに

教授者が教え方を工夫することによって、講義を受講する学習者に対して講義内容を効率よく伝達することができる。教授行動の分類の一つには板書があり、教授者の板書行動は教え方に影響を与えることが分かっている[1]。板書速度と学習者の筆記速度が概ね一致していれば、より学習しやすい講義になると考えられる。

しかし、教授者が自らの板書速度を把握する方法が主観に基づいたものしかなく、正確な板書速度を把握することが困難である。教授者の板書が速すぎて学習者の筆記が追いつかないなど、教授者の板書速度が学習者の筆記速度と大きく異なる場合がある。そういった場合、学習者が板書の書き写しに気を取られることにより、内容理解の妨げとなる。

教授者が自身の板書行動を振り返るための方法として「記憶」「ピアレビュー」「講義映像」「受講者による評価」などがある。しかし、いずれも実施するための労力が大きい、具体的な改善点がわかりにくいな

どの問題点がある[2]。上記の問題を解決するため、教授者が自身の板書行動を振り返るためのシステムを提案する。本システムを用いることによって、教授者は自身の板書の速度を把握し、学習者の筆記行動の状況に合わせて講義を進めることが可能になると考えた。さらに、講義全体を通しての板書時間の割合を教授者に表示することによって、学習者が板書の筆記を負担と感じない板書の割合を意識すると考えた。

2. 関連研究

2.1. 板書

近年のIT技術の発達により、Microsoft PowerPointをはじめとするプレゼンテーションのためのソフトウェアを用いて、あらかじめ用意した講義資料を教室のスクリーンに表示する講義が多く行われるようになった。全く板書を行わず、スクリーンに資料を表示するのみの講義もある。そのため、講義受講者全体に文字が見えるようにするという点においては、板書を行う必要性は低下している。しかし、現状では黒板に板書を行

う形式の講義も行われている。プレゼンテーション型の講義と板書型の講義では「書く」作業の有無が異なる。

東本らの研究[3]では、ノトリビルディング法の提案と支援システムの開発と評価を行った。この研究では、学習者自身により情報を再整理し、構造化ノートを組み立てることによる効果があると考え、プレゼンテーション型の講義ではその過程が表示できないため、板書された情報を自らで再整理することが重要であると考えている。

この研究のように板書を再現していくための知識マップを作り、学習者に構築させるためのシステムを作れば、今までのように黒板に板書することでしかできなかった情報の提示ができるようになる考えた。しかし、この研究で用いられる構造化ノートは、重要かつ整理がなされている資料以外では用いることが不可能なため、全ての講義内容を構造化するまでに至っていない。また、この形式ではメモ書きを想定していないため、知識習得の仕方が限定されてしまうという欠点がある。

西尾ら[4]は、ボリビアの教室に黒板技術を移転して用いた記録とその考察を述べている。また、この報告では電子黒板を含めた教員の用いる提示装置の比較がされている。黒板の利点としてあげられるものに、チョークがあれば「いつでも、どこでも、だれでも」簡単に使用できることをあげている。また、黒板の利点として、効果的に消していくという手法が学習への緊張感を生み、チョークを持つ教授者の手の動きが、注目点への視線の一致度をあげると考察している。

これらの先行研究を元に「板書」という行動は自由度が高く、「書く」動作が学習者の集中力をあげることに繋がるため、教授者が「書く」動作を行わないプレゼンテーション型の講義にはない利点があると考えた。また、文部科学省が定める教科指導におけるICT活用[5]では「ICTによる情報の提示は、板書のそのまま代わりになるものではない。提示した情報について説明等をした上で、従来通り重要な点は板書をし、児童生徒にノートをとらせる指導も重要となる」としている。

2.2. 「書く」行動の検知手法

本研究では、板書行動の検知を行うにあたって、以下の条件を設定した。

1. 従来の講義の形式を大きく変えないこと
2. 単位時間ごとの板書状態の検知ができること
3. 電子黒板などのメディアを使用した講義でも同様の手法で検知が行えること
4. 人間が手動で識別する必要がないこと

板書の検知においては新井らの研究がある[6]。この研究では、講師の追跡動画と黒板全体の静止面を自動

で作成するシステムの開発を行い、多様な環境に対応させるための追加開発を行っている。この追加開発により、本研究に必要な3. の多様性は満たしているが、2. が満たせていないため、本研究にはこのシステムを活用することができない。

小西らの研究[7]では、板書経過保存と教師役の学生の立ち位置検出による授業振り返り支援システムの提案を行っている。板書の経過保存と教授者の立ち位置および顔の向き検出を組み合わせることによって、学生にとって死角になっている場合に警告の提示を行う支援システムを構築した。このシステムは1. と2. の条件を満たすことができるが、3. の条件となる汎用性に改善の余地がある。また、最も基礎的な状態における検出精度が70%であったため、本実験の要素として使うことが難しい。

そこで本研究では、板書行動を検知する上で「書く」動作に焦点を当て、検知ことにした。ボールペンや電子ペンにおける筆記行動でも「書く」動作は行われているため、「筆記」の行動識別の手法を「板書」の識別に応用することを考えた。

中西らの研究[8]は本研究の上記の条件を全て満たしている。しかし、このシステムはシャープペンシルの内部にマイクを入れることを前提としているため、音が発生しない状況間での行動を区別することができない。また、チョークにマイクをつけることができたとしても、収集する音がシャープペンシルとは異なるため、このシステム自体の改良が必要となる可能性が高いと考え、本実験の検知手法として用いることは難しいと判断した。

江木らの研究[9]では、学習者センシングのための筆記行為の検知手法の開発とその評価を行った。この研究では、ボールペンの外部に3軸加速度センサを取り付け、加速度の変化により学習者の動きを「置いている」「手が止まっている」「手が動いている」「書いている」の4つの状態に判別した。

この研究では、日本語を母語とする大学生12名を対象として、加速度センサを取り付けたボールペンを用いて、識別の精度に関する評価実験を行った。被験者にはひらがなの五十音表を書いてもらい、上記の4つの状態の判別を行った。手を固定するパターンと手の移動を伴うパターンの2つで判定を行い、どちらのパターンも総合識別率は90%を超え、「書いている」状態の平均判別率も80%を超えているため、最も基礎的な条件では十分な精度であるとしている。

この研究の手法も中西らの手法と同じく、本研究の条件を全て満たしている。更に、この研究で用いられている加速度センサはボールペンの外側につけられて

いるためチョークにつけることも可能だと考えた。但し、ボールペンで可能であることがチョークで可能であるとは限らないため、この手法を用いることを検討しつつ、チョークに加速度センサを取り付け、このシステムを運用することによって板書者の板書状態が判別できることを、後述の予備実験で確認した。予備実験の結果、この手法が本研究にも活用できると判断したため、本研究ではこの手法を応用した。

3. 板書の検知を用いた教授行動振り返り

3.1. 研究仮説

第2章で述べた通り、板書は教授行動における基本的かつ重要な要素である。しかし、教職経験年数の長い小学校の教師においてさえ、授業全体を構造化し、授業場面に応じて板書の量を調整することが難しいことがわかった[10]。この研究の中であまり実践できていない教授行動となっているものを見ると、小学生を対象とした授業だけでなく大学生を対象とした講義においても、重要な役割を果たす板書行動であると考えられる。

このことから、大学生を対象とした講義においても「授業全体を構造化し、授業場面に応じて板書の量を調節すること」は有効であることがわかる。特に学部基礎教育科目などにおいては、既に体系化された知の一部を習得させることが行われている。このような学習においては、板書を活用することによって教育の充実が期待できる。しかしながら、このような教授法の実践できていない原因の一つとして、教授者が講義全体を対象とした自身の板書行動の流れを把握するのが難しいことがある。小学校の教師が達成できている項目の多くは、授業終了後に黒板を見ることで把握できる項目が多い。しかし、講義全体の流れや講義全体を通じた板書速度などの把握は難しい。教授者が自らの板書速度を把握する方法が主観に基づいたものしかないことも原因の一つと考えた。

そのため、講義終了後に自身の板書の量や講義全体の流れを把握することのできるシステムがあれば、教授者に対しての教授行動振り返り支援として役に立つと考えた。手法の一つとして、講義における教授者の行動を記録した講義映像を用いて教授者の板書行動を分類し、講義全体に対して教授者の板書行動を行った割合を検知する手法がある。この手法は、本研究において構築したシステムの識別精度の検証に用いた。この手法は講義映像を見ることと、それを見て分類することに時間がかかり、講義終了後に教授者に大きな負担をかけることになるため実用的ではない。また、ピアレビューを行うことによって講義全体の流れや板書の速度を把握する手法が考えられる。ピアレビューに

よって把握できる情報は多く、講義映像と異なり、講義終了後の即時性もある。しかし、人的なコストなども考えると現実的に実施することが難しく、ピアレビューを行う人物の知識や技能に依存するため、的確なアドバイスを行うことが難しい。

講義受講者にアンケートを実施することで、教授者に対するフィードバックとする手法も考えられる。この手法では、上記の2つの手法にかかる負担はないが、アンケート項目の適切な設計と結果の分析が難しく、具体的な改善点がわかりにくいという欠点がある。

板書の検知の手法の中では、教授者に大きな負担をかけてしまうものがある。板書の検知を行うことによって、講義全体に大きな影響を与えてしまうと、講義内容が変わってしまい、通常の講義を分析した結果と異なる結果になると考えた。このことから、システムには2.2節で述べた要件が必要であると考えた。

3.2. 研究手法

本研究の目的は、板書行動を伴う講義を対象とした教授行動振り返りの支援である。そのため、3.1節で述べた要件を満たしたシステムを作る必要がある。教授者に講義中も講義終了後も大きな負担をかけず、これまで通り講義を行えるシステムであることが重要である。具体的なシステムの設計については第4章で述べる。講義終了後、教授者に講義全体の板書の割合と時間ごとの傾向を提示することにより、教授者が把握することが難しい板書行動を振り返るための支援としての有用性を確認する。システムの評価は、板書行動をシステムが検知した結果を、講義を行った教授者自身に提示し、どのような教授行動振り返りの支援が期待されるかインタビューすることによって行う。

4. システム設計

本研究では、教授者が板書を行う講義を対象として板書の検知を行い、教授行動振り返りの支援システムを構築する。板書行動のパターンを「書いている(write)」「動いている(move)」「止まっている(stop)」の3つに分類し、時間軸を用いて各パターンが講義の時間毎にどの程度の割合かをグラフで表示し、教授者にフィードバックした。

4.1. 検知手法

板書の検知手法として、江木らの先行研究[9]を参考に、チョークを入れたチョークホルダーに3軸加速度センサを取り付け、板書具の加速度のデータを測定する手法を取った。チョークホルダー(シンワ測定社製)の側部に、Bluetoothでデータを送信する小型無線加速度

センサWAA-010(ワイヤレステクノロジー社製)を取り付け、板書具の加速度のデータを収集した。実際に取り付けたものを図1に示す。



図1 加速度センサを取り付けたチョークホルダー

データ収集用のソフトウェアとしてATR-Promotions製のAccelRealTimeを用い、加速度センサが集計したデータをCSVファイルで出力した。作製した板書具を使用して、3軸の加速度データを10ms間隔でサンプリングして収集した。被験者から得られたデータをもとに、オフラインでの行動識別を行った。

4.2. 分析手法

収集したデータの分類、学習と評価にはHASC Tool [11]を用いた。HASC Toolは、HASC(人間行動センシングコンソーシアム)が開発する行動情報処理のためのツールである。各パターンの評価用データを同様に用意して、識別率のクロスド評価を行った。特徴量は振動の平均、分散、エネルギーを用いるとともに、決定木はJ48を用いた。探索的な分析より、識別のためのサンプル数は32とし、ウィンドウのスライド幅は320msとした。

被験者の教員に模擬講義を行ってもらい、HASC Toolを用いて評価用データを加速度波形にして表示した。定義した板書行動の各パターンを30秒ごとに行ってもらい、全てのパターンを合わせて1セットとし、連続で3セット測定した。

講義での実験では、ラベル付与機能を用いて収集した加速度の波形に対してラベルを付与し、システムの判定と比較することにより、識別率を評価した。ラベルの付与は、ビデオカメラを用いて撮影した講義映像(30fps)を参照しながら行った。

4.2.1. 提示手法

教授者に提示する最適な方法を探索的に調査するため、板書行動の割合グラフを作成した。横軸を時間軸(単位は[秒])、縦軸を区切り時間毎のパターンの割合とした積み上げ縦棒グラフとし、講義を行った教授者に提示した。図2は教授者に提示した積み上げ縦棒グラフの一例である。

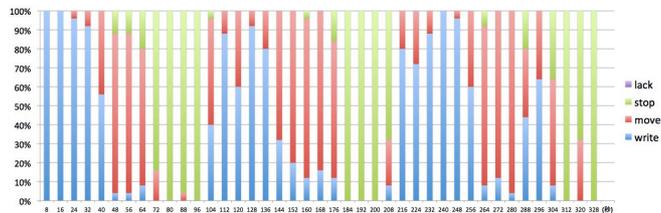


図2 教授者に提示したグラフの一例

このグラフにおいて、writeは「書いている」、moveは「動いている」、stopは「止まっている」、lackは「データ欠如」を示している。このグラフは横軸の区切り時間が8秒毎となっている。区切り時間は変更することが可能であるため、教授者に様々な区切り時間のグラフを見てもらい、区切り時間が異なれば印象が異なるか、見やすい区切り時間はどれであるかをインタビューにより確認する。

5. 実験方法

5.1. 予備実験

江木らの先行研究[9]では、学習者の筆記行動の検知は行ったが、教授者の筆記具であるチョークと黒板による筆記状態の検知は行っていなかった。そのため、チョークの加速度データの検知が可能であることを確認するために予備実験を行う必要があった。加速度の検出にはチョークを入れたチョークホルダーに加速度センサを取り付ける検知手法を用い、「止まっている」に「置いている」を含め、「書いている」「動いている」「止まっている」の3つのパターンを検知することにした。予備実験を行なったところ、十分と考えられる精度が出たため、大学で講義を行っている教授者2名に模擬講義を行ってもらい、基礎的な状態でのデータの精度を検証した。結果を図3に示す。

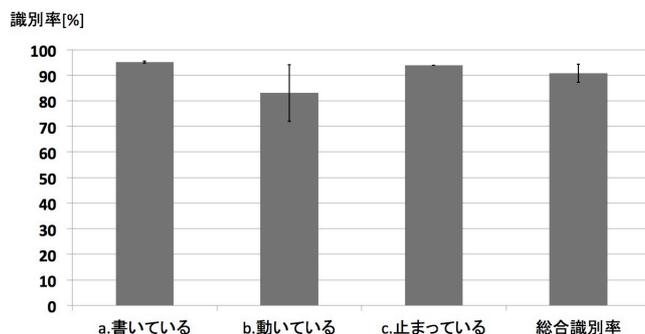


図3 予備実験において正しく識別された割合

全ての項目における平均の識別率が80%を超えていたことから、もっとも基礎的な条件においては十分な精度で識別できると考えた。

5.2. 講義での実験

5.2.1. 実際の講義におけるデータ測定

予備実験で加速度センサを取り付けたチョークホルダーを用いて板書のパターンの検知が可能であることがわかったため、実際の講義で運用実験を行った。実験対象とした講義は、理工系大学の1年生を対象とした数学科目(講義時間90分)である。この講義を選んだ理由は、学年共通で同じカリキュラムの講義を行う基礎教育科目であること、数学科目は比較的板書を行うことが多いことから、板書行動の検知に向いていると考えたためである。また、中山ら[12]は、教授者の提示した情報をノートでほぼ再現できていた学習者は、期末テストで良い結果を得たという報告をしている。この科目は、証明問題を多く取り扱っており、教授者が示した板書を学習者がノートで再現する講義であると考えたため、この講義を実験対象とした。

本実験における被験者は、この授業を担当している教員2名とした(以下、教員A、教員Bとする)。それぞれの教員が行っている講義のうち、1回のデータを検知した。教授者には事前にチョークホルダーによる検知とシステムの概要について説明した。実際の講義におけるの測定の前に模擬講義を行い、実際の講義のデータを判定するための学習用データを測定した。講義はビデオカメラで撮影し、教授者の板書行動を記録した。測定する講義時間は教授者による講義開始の宣言がされてから講義終了の宣言がされるまでの間とした。

5.2.2. 講義後の振り返りとインタビュー

第3章で述べた通り、振り返りの支援が目的であるため、講義を行ってもらい、データの精度を確かめるだけでなく、このデータが講義の振り返りに活用できることを確認するために、講義終了後にインタビューを行った。

教授者はこのシステムを通して、講義全体において自身がどの程度の時間「書いている」状態にいるのかを確認することができる。グラフを見せる前に質問した項目のうち、『講義時間のうち、教員自身が割合にしてどの程度「書いている」時間があつたと思うか』は具体的に数値として表せるものであり、インタビューで聞いた数値と実際に講義全体における板書の「書いている」割合を比較することができる。この値が大きく異なれば、教授者が自身で把握することが困難であった情報を提示することができるため、このシステムの有用性を示す1つの指標になると考えられる。インタビューの結果は6.2節に記す。

6. 実験結果

本研究では実際の大学の講義を対象とした評価実験

を行った。チョークホルダーを用いたデータ収集を行った上で、教授行動の振り返り支援のために提示するグラフを作成した。データには一部収集上の機器不具合による欠損があつた。以下に、本実験におけるシステムの精度と、実験結果を踏まえ、グラフを提示して行ったインタビューの回答と考察を示す。

6.1. システムの精度

図4に、システムが識別したパターンと手動でラベルの付与を行ったパターンとの一致率を示す。ここで示す各パターンの一致率は各教員が用いた白色のチョークのものである。教員Aは白色以外にも黄色と赤色のチョークを用いていたが、白色のチョークが最も多くの時間「書いている」の状態だったため、一致率の判定と各パターンの合計時間の割合の導出に白色のチョークのデータを用いた。

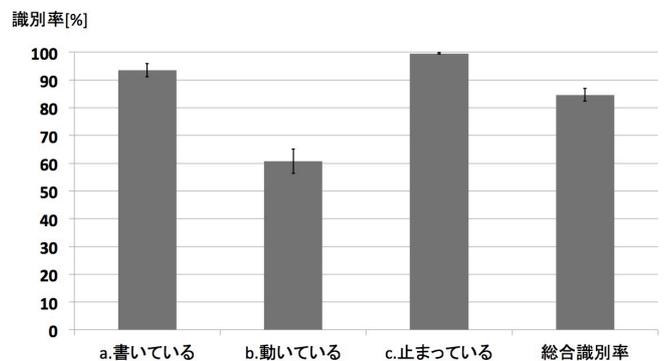


図4 評価実験において正しく識別された割合

この図から、実際の講義においても「書いている(write)」と「止まっている(stop)」の識別は十分な精度であると考えた。しかし、実際の講義の場面においてパターン別にデータを収集した結果、他の行動に比べて「動いている(move)」の時間が長くなっていた。そのため、この項目の精度を上げる必要がある。

「move」を「write」と誤認識した割合が、教員Aの講義データにおいては27.53%、教員Bの講義データにおいては29.90%となっており、この割合が非常に大きいことがわかった。また、「move」を「stop」と誤認識した割合も、教員Aの講義データにおいては7.40%、教員Bの講義データにおいては13.74%となっており、「move」の学習用データに改良の余地があると考えた。

そこで、実際の講義で測定したデータから「move」の学習用データとして30秒のデータを5つ取り出し、「move」の学習用データだけを書き換え、再び識別を行った。「move」のデータだけを書き換える理由は、他の2項目の精度は十分であること、総合識別率の精

度は十分であること、実際の講義時間に対して多くの学習用データを取り出してしまうと、一致しているデータ量が多いため、精度が上がってしまう可能性があることである。また、「move」の学習用データは講義映像を用いてラベルの付与を行ったデータで30秒以上連続で「move」が続いている部分に限定した。学習用データ変更後の識別結果を図5に示す。

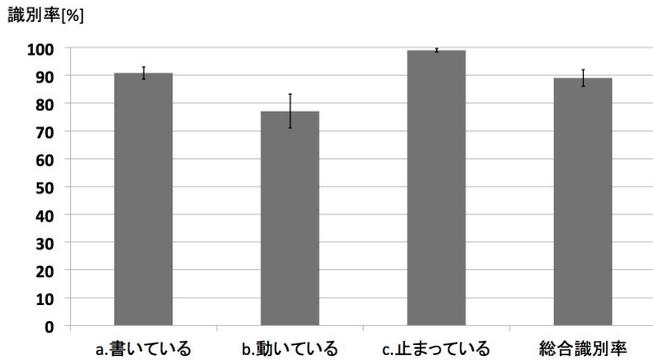


図5 学習用データ変更後の正しく識別された割合

学習用データ変更の結果、「move」の精度が改善した。教員Aの講義データにおいては「move」を「write」と誤認識した割合が半分未満に、教員Bの講義データにおいては「move」を「stop」と誤認識した割合が半分未満になっている。また、総合識別率も上がっている。両者のデータにおいて共通して「stop」にはほとんど変化がなく、「write」の認識率が少し低下している。ただし、「write」の認識率の低下は大きなものではなく、十分な精度を保ったままだと考えた。

このことから、実験の学習用データを実際の講義において検知したデータから取ると精度が向上することがわかった。模擬講義と実際の講義では、学生がいる、時間が限られているなど多くの要素が異なるため、事前に準備した模擬講義のデータを学習用のデータとして使うことが難しいと考えられる。また、このことはインタビューの時に、被験者の各教員に伝えた。

6.2. インタビュー

6.2.1. 「書いている」時間の割合

5.2.2項で述べた、『講義時間のうち、教員自身が割合にしてどの程度「書いている」時間があつたと思うか』に対しての各教員の回答と実際の割合を表1に示す。なお、ここで示しているのは白色のチョークの割合である。教員Aは白色以外にも赤色、黄色のチョークを使用していたため、白色のチョークのみの割合だと伝えた上で質問を行い、分析結果を提示している。

表1 講義時間に占める板書時間の割合

項目	自己評価	ラベル	システム
教員A	45%~50%	22.0%	29.7%
教員B	25%~33%	30.3%	38.7%

教員Aと教員Bはどちらも大学教員として10年以上の職歴がある。教員Aの場合は自己評価と実際の割合が大きく異なることがわかる。このことについて教員Aにインタビューを行ったところ、講義終了後に講義を振り返ると常に板書していたように感じるため、自分では講義時間の半分程度「write」の状態だと思ったと述べていた。教員Bの場合は自己評価と実際の割合がほとんど同じになっている。このことについて教員Bにインタビューを行ったところ、講義時間に何を教えたかを单元ごとに思い返し、講義で行った单元ごとの割合の合計を踏まえて回答していると述べていた。

教員Aは、講義はその場の雰囲気に合わせて行っているため、同じ单元であっても、その場に応じて講義内容を変えていると述べていた。そのため、どの講義でどの程度板書を行うかが定まっておらず、自身の板書の割合を判断する基準を持っていないため、自己評価と実際の結果に差が出ると考えられる。一方、教員Bは講義を单元毎に区切って認識しており、自身の板書の割合を判断する基準を持っているため、自己評価と実際の結果がほとんど同じになっていると考えられる。

このことから、教授者の講義の構築方法によって、この数値の意義は変化すると考えた。今回行ったインタビューの回答を参考にして、教授者の特性にあつた結果のフィードバックを行えるように、様々なフィードバックの仕方を考案する必要がある。

6.2.2. 教員Aへのインタビュー

挙げられた改善点は、まず加速度センサを取り付けたチョークホルダーの形状の改良であつた。加速度センサが少し邪魔だという意見があつたため、邪魔にならないようにするためには、チョークホルダーに出っ張りが無いような取り付け方が良く考えた。これは教授者の評価用データを取得する上で、普段の講義と極力変わらないようにするためには必要なことであり、今後の課題の一つである。次に、グラフを提示した時に各パターンは確認できるが、単位時間ごとのパターンの表示の必要性をあまり感じないという意見があつたため、表示方法の改良を検討する必要がある。ただし、教員Aは講義の終盤に「書いている」時間が増えていて、急いで板書していることが分かつたとも述べていたため、単位時間ごとのパターンの表示には効果

があると考えられる。また、教員Aはこのグラフが1回の講義ではなく、複数回の講義において表示されれば、振り返る上で有効だと述べたため、今後同一の教授者による同一の講義を複数回測定し、グラフを提示することでの効果の検証を行う。

6.2.3. 教員Bへのインタビュー

グラフの区切りについて、教員Aからは特に要望がなかったが、教員Bからは要望があった。教員Bに提示したグラフを図6と図7に示す。図6は4分毎の区切り、図7は24秒毎の区切りとなっている。

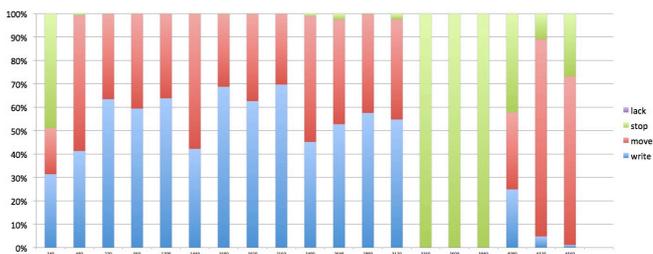


図6 講義中の教員Bの板書行動パターン(区切り4分)

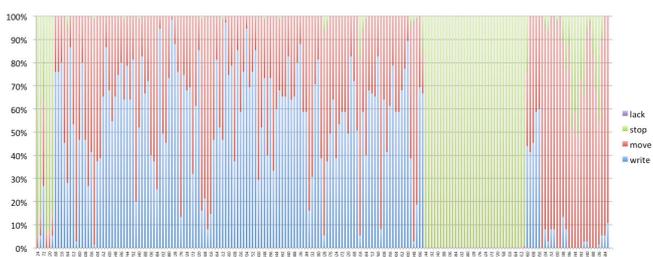


図7 講義中の教員Bの板書行動パターン(区切り24秒)

この2つの図を見比べると、図6は講義時間の大きな時間における各パターンの割合を見ることに関しては優れている。しかし、教員Bが重要視した情報である、講義全体における「write」の時間軸波形を見るのに適しているのは図7と考えた。図6では、「write」が多くの割合を占める縦棒が存在しないが、図7では、

「write」がほぼ全てを占めている縦棒が存在する。講義を行う教授者の特徴に依存するが、教員Bの場合は4分間連続で黒板に文字を書き続ける行動を行っていなかった。そのため、図6の表示はこのような形となる。しかし上記の通り、図6には図7にはないメリットがあると考えているため、図6を好む教授者がいると考えられる。このことから、各教員毎に区切り時間の異なる複数のグラフを提示することが有効な可能性がある。

6.3. システム考察

本研究で用いたシステムを日常的な講義の振り返りに使用するための課題を整理する。

第一に、データの精度に向上の余地がある。また、模擬講義において、実際の講義のような板書行動を行うことが難しいとわかったため、学習用データの精度を上げるためには、実際の講義のデータを学習用データとしなければならない。このことから、1回目に学習用データを測定し、2回目以降に評価用データをとる形式となるため、利便性に欠ける部分がある。

第二に、現在の分析手法は必要な作業が多く、教授者が一人で準備する上で手間がかかることである。この作業は、簡単とは言えないため、誰でも扱えるようにシステムを改良し、自動化する必要がある。

以上の2点が解決され、検知したデータの表示方法を確立することができれば、本システムを教授者が単独で運用することが可能になる。教員Aへのインタビューでは、講義終了後に簡単な操作でデータが表示されるようなチョークホルダーがあれば、実用性の高いシステムになるという指摘があった。教員Aは、講義毎に自分の調子の好悪を感じるため、調子が良かった時の結果を見れば参考になると述べていた。

また、教員Bは本システムを用いて提示されたグラフから、時間毎の板書の量の違いを見ることのできる板書の波形に注目していた。図6より図7の方が高低差が大きく、波のようなグラフとなっている。この板書の波形からおおよその講義の流れを把握することが可能だと述べていた。これについては、教員Aも自分のグラフを見ることによって、講義終盤に急いでいることがわかると述べていたため、講義を振り返る上で重要な指標であることがわかった。

このことから、本実験で用いたグラフによる提示の有用性を示すことができた。今後も、このグラフによる提示を行いつつ、教授者が求める情報を抽出した表示方法の開発を検討する。

7. おわりに

本研究では、板書の検知を用いた教授行動振り返りの支援システムを提案し、実際の講義における識別精度とシステムの有用性の評価を行った。教授者の板書行動を検知し、検知した情報を振り返り支援のために提示した。評価実験の結果、実際の講義における加速度センサを用いた板書具の検知が可能であることがわかった。また、被験者にインタビューを行った結果、講義全体の構成や板書の割合を提示することができたため、このシステムが教授者の講義振り返りの支援として有用性があることがわかった。

今後の課題として、認識精度を上げるために教授者の板書状態定義の見直しや、個人差の反映を検討する。また、模擬講義を行い、学習用データを測定する手法が難しいことがわかったため、同一人物の同一講義に

おける検知実験を2回行い、1回目で学習用データを抽出し、2回目の講義で判定を行う形式を取ることを検討する。また、三軸加速度センサを内蔵して持ちやすい形状のチョークホルダーの作製を検討する。さらに、本研究において、識別結果を教授者にフィードバックした板書具は白色のチョークだけであったが、今後は複数色のチョークのデータをフィードバックできる手法を考案する。

最後に、システムの将来的な運用方法について述べる。本研究で行った評価実験の結果から、構築したシステムが教授者の板書指導の支援を行うことができると考えた。運用を簡略化することによって、教員を志望している学生の板書練習に用いることができる。例えば、教員養成において学習者にとって良い板書を行うための板書練習に用いることが考えられる。また、多くのデータが集まれば、各教育課程ごとに現職の教授者が行っている板書行動の平均を出すこともできるため、一つの基準として提示することも考えられる。

謝辞

本研究にご協力いただいた電気通信大学の久藤衡介教授、伊東裕也准教授に深く感謝いたします。

参考文献

- (1) 魚崎祐子, 浅田匡. 総合的な学習の時間における教師の支援が生徒の情報選択に及ぼす影響. 日本教育工学会論文誌, Vol. 30, No. Supplement, pp. 89–92, 2006.
- (2) 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.
- (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, Vol. 31, No. 4, pp. 264–269, 2014.
- (4) 西尾美津子, 久保田賢一. 子どもの能動的な学習を促すメディアとしての板書技術: ボリビア国への技術移転を通して. 教育メディア研究, Vol. 15, No. 2, pp. 65–81, 2009.
- (5) 教育指導におけるICT活用 文部科学省, http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/056/shiryo/attach/1249668.htm 閲覧日:2017年4月3日.
- (6) 新井崇也, 宮川直人, 市村哲. 多様な板書環境に対応し

- た講義自動収録システム. 研究報告グループウェアとネットワークサービス, Vol. 2013–GN–88, No. 21, pp. 1–6, 2013.
- (7) 小西拓也, 中村舜, 澤野弘明, 坂本将暢, 中條直也. 板書経過保存と教師役の学生の立ち位置検出による授業振り返り支援システムの提案. 日本教育工学会研究報告集, Vol. 14, No. 1, pp. 77–80, 2014.
 - (8) 中西祐貴, 岸野文郎, 伊藤雄一. 学習者の理解度を推定する電子ペン開発の一検討. ヒューマンインタフェース学会研究報告集, No. 16, pp. 139–142, 2014.
 - (9) 江木啓訓, 尾澤重知. 学習者センシングのための筆記行為の検知手法と評価. 日本教育工学会論文誌, Vol. 36, No. supplement, pp. 181–184, 2012.
 - (10) 南本長徳. 教師の板書技能に関する調査研究. 視聴覚教育研究, No. 15, pp. 19–35, 1984.
 - (11) HASC Challenge 2010. <http://hasc.jp/tools/hasctool-en.html>. 閲覧日:2017年4月3日.
 - (12) 中山実, 六浦光一, 山本洋雄. ブレンディッド学習における学習者ノートの記述内容分析に関する一検討. 電子情報通信学会技術研究報告. ET, 教育工学, Vol. 111, No. 39, pp. 25–30, 2011.

LTI 規格に対応する教材配信プロトコル変換方式の検討

田中 頼人^{*1}, 川原 洋^{*1}

^{*1} サイバー大学 IT 総合学部

Investigation of Protocol Conversion Method for Learning Material Distribution with LTI Standard

Yorihito TANAKA^{*1}, Hiroshi KAWAHARA^{*1}

^{*1} Faculty of IT and Business, Cyber University

LTI is a standard for linking LMS and external learning materials. Although this standard has an advantage that LMS can deliver learning materials without difference between external materials and LMS, developers have to understand various techniques such as HTTP protocol and OAuth signature method. Therefore, separation between materials and platforms has been poorly realized. In this paper, we discuss the design and implementation of intermediate node between learning materials and LMS that can convert general Web contents into LTI-based learning materials.

キーワード: LTI, LMS, 外部教材, プロトコル

1. はじめに

教育機関や企業において、LMS (Learning Management System) による教材の提供が進められている。LMS と外部の教材を接続するための規格として LTI があるが、LTI に準拠する教材を開発するためには Web をはじめとするネットワーク技術への理解が求められ、教材開発者が教育内容の表現に注力することは困難だった。本発表では教材と LMS の間に中間ノードを設置し、一般的な Web コンテンツを LTI 教材に変換する方法を検討する。

2. LTI 規格

2.1 規格の概要

Learning Tools Interoperability (LTI) は LMS に代表される学習プラットフォームを外部教材と連携させるための e ラーニング標準規格である⁽¹⁾⁽²⁾。同規格は IMS Global Learning Consortium によって策定され、2010 年のバージョン 1.0 発表から現在まで改良が続けられている。

LTI の用語では LMS はツールコンシューマ (Tool Consumer) と呼ばれ、外部教材はツールプロバイダ

(Tool Provider) と呼ばれる。LMS 上に外部教材への参照となる URL を設定することにより、LMS から外部教材を起動し、外部教材があたかも LMS の内部に置かれた教材であるかのように学習者に提供できる。

ツールコンシューマとして LTI 規格に準拠する LMS は Canvas, Moodle, Sakai, Blackboard, Desire2Learn 等が存在する。ツールプロバイダとして実装された教材は教材リポジトリ eduappcenter.com に多数登録されており、いずれも LTI によって様々な LMS から利用可能である。また Open edX や Moodle のように、一部の LMS はツールコンシューマのみでなく、ツールプロバイダとしての機能も有している。

2.2 教材の技術要件

外部教材を LTI のツールプロバイダとして成り立たせるためには、主に以下の要件を満たす必要がある。

- HTTP プロトコルの POST メソッドへの対応
- XML データの送受信
- 権限認可プロトコル OAuth による電子署名への対応
- 「コンシューマ鍵/共有シークレット」による資格情報の授受

上記要件は LMS と外部教材の間の接続が適格なものであることを担保し、教材情報や学習履歴等の改竄を防ぎ、多くのパラメータを効率よく送受信するために必要となる。詳細は公開されている仕様⁽¹⁾を参照されたい。

2.3 運用上の問題点

LTI のツールプロバイダとして振る舞う教材を開発するには、教育上の配慮を行うのは勿論、2.2 節で述べた技術要件も同時に満たす必要がある。学習者に提供する教育の内容だけでなく World Wide Web や文書処理、通信一般、暗号関連技術に関しても教材開発者は一定レベルの知識を持つ必要がある。この点で、SCORM にあるようなコンテンツ(教育内容)とプラットフォーム(配信システム)の分離⁽³⁾を実現する規格化は未だ十分ではなく、LTI は教材開発者にとっての準備の負荷が高いものとも言える。

3. 実装方法の検討

2.3 節の問題点に基づき、筆者らは LTI における教育内容と配信システムの分離を行うための技術的な検討を進めている。その方針として、以下の 2 つの案が考えられる。

3.1 リダイレクトによる解決

LMS と外部教材の間に中間ノードを設け、中間ノードが HTTP ヘッダのステータスコードを用いて LMS から教材への仲介を行う方式である。ツールコンシューマとしての LMS から見ると通信先の中間ノードがツールプロバイダであり、技術要件内の HTTP プロトコルや OAuth プロトコル等の処理は教材ではなく中間ノードが担当する。この方式の利点は「Web サーバの管理者ではない一般ユーザでも中間ノードを実装できること」、欠点は「リダイレクト先の外部教材の URL が明るみに出された場合に 2.2 節で述べた資格情報が機能しなくなること」である。

3.2 Reverse Proxy による解決

LMS と外部教材の間に中間ノードを設け、中間ノードに教材配信のための Reverse Proxy として振る舞わせる方式である。リダイレクトの場合と同様に中間ノ

ードは LTI のツールプロバイダであり、中間ノードが HTTP や OAuth の処理を受け持つ。この方式の利点は「適格な資格情報を持たない Web クライアントに対しては教材を一切配信せず、教材のセキュリティを保てること」、欠点は「リダイレクトとは異なり、一般ユーザではないシステム管理者の権限が必要になること」である。リダイレクトと Reverse Proxy の処理の流れの違いを図 1 に示す。

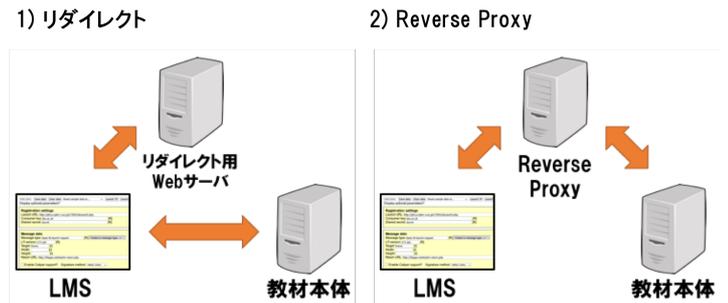


図 1 リダイレクトと Reverse Proxy

4. おわりに

現在、筆者らは 3 章で述べた 2 つの方式に従い、LTI 教材のための中間ノードを実装中である。両方式にはどちらも利点と欠点があるため、教材開発者、学習プラットフォーム管理者から運用面での意見を収集し、中間ノードの設計・実装例として公開を行いたい。また現在、本研究では LMS からの外部教材の起動のみを扱う LTI バージョン 1.0 を対象としている。後継となるバージョン 1.1 以降にも対応できる中間ノードの設計は、本研究の今後の課題である。

参考文献

- (1) IMS Global Learning Consortium: "Learning Tools Interoperability", <http://www.imsglobal.org/activity/learning-tools-interoperability> (2017 年 4 月 10 日確認)
- (2) 村上, 喜多, 江川, 中野: "Basic LTI に準拠した学習支援ツールの開発", 情報処理学会研究報告, Vol.2012-CLE-7, No.4, pp.1-6 (2012)
- (3) 仲林, 熊沢, 宮内: "SCORM アセッサ制度に見る SCORM 規格普及の現状と課題", 教育システム情報学会誌, Vol.26, No.3, pp.273-283 (2009)