

自主的なプログラミングスキルの習得環境の提案 Suggestion of Voluntary Programming Skill Learning

Ellina Rienovita[†], 谷口 政志[‡], 河原 正人[‡], 林 勇吾^{††}, 竹内 勇剛^{††}

Ellina Rienovita, Masashi Taniguchi, Masato Kawahara, Yugo Takeuchi, Yugo Hayashi

[†] 静岡大学創造科学技術大学院, [‡] 静岡大学大学院総合科学技術研究科 ^{††} 立命館大学文学部

Shizuoka University Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University Graduate School of Science and Technology

dgs13046@s.inf.shizuoka.ac.jp, gs15035@s.inf.shizuoka.ac.jp, gs15024@s.inf.shizuoka.ac.jp,
yhayashi@fc.ritsumei.ac.jp, takeuchi@inf.shizuoka.ac.jp

Abstract

This paper suggests a new learning form that focuss on instructor's self-esteem in skill learning. This paper aims to clarify the main differences between meeting or not how to focus on a self-esteem and learning efficiency. The experiment used an agent that joins learners. In addition, using "Scratch" programming that is useful for beginner of programming. In addition, we analyze learner's self-esteem and motivation to learn. By this, we intend to clarify that self-esteem and motivation to learn are useful for skill learning. Thus, collaborative learning that learners think about by oneself was done by advancing in instructor's self-esteem.

Keywords — Coraboration Learning, self-esteem, Learning motivation, skill Learning

1. はじめに

協調学習は多種多様な考え方を取り入れることにより従来の教師と学生の1対1による学習よりよい回答結果を得ることを目指す手法である。また、情報社会の進展とともにコンピュータを使用した協調学習も行われるようになり、多くの研究も行われた。例えば、掲示板やメールを使用した e-learning や相互評価を行いながらお互いが学習していく PeerReview といった方法があり少人数化の撤廃や学習機会の均等化などの問題を解決した [1][2]。

しかし、これらの研究では以下の2点の問題が挙げられる。まず、これらの研究ではプログラミングのような試行錯誤学習に着目しておらず、受動的教授・学習法のみを状況として想定されていた。その為、試行錯誤学習では教授機会の均等化などが行えておらず、一人に集中した質問が行われていた。次に、教授者が教授を行うことによる学習者からの見返りが少な

く、教授者が教授を行わなくなるという問題が生じていた。

これらの問題に対し、我々はプログラミングにおいて学習者は援助行動により教授することに対して肯定的になり、感謝に対して承認欲求を満たしていることを明らかにした [3]。さらに、この先行研究をもとに承認欲求を満たしやすい協調学習環境の構築、また学習者間の学習レベルをコントロールした学習による学習効果の検証を行った [4][5]。結果として、協調学習時に同期している状況で質問者を指名することにより教授者は非指名の場合より自尊心が上昇することが判明した。また、学習機会をコントロールすることで全ての学習者が教授する機会を得られつつ学習効果を得ることが可能であることを明らかにした。

本研究では先行研究に判明した事柄を元にプログラミングに向けたシステムの開発を行う。このシステムでは、これまでのプログラミングにおける欠点を克服し如何なる学習レベルの人であっても平等に教授の機会を得る。これにより、教授行動は発生し、自己有用感が向上することで承認欲求を満たすことから自身から進んで教授行動を行う回数が増加すると考えられる。自己充足的に自己有用感を持つことにより自己肯定感が満たされるのであれば積極的に学習を行い学習効果として現れると考える。本システムによりプログラミングの改善が行えたならば、同様に試行錯誤学習において今まで行われなかった協調学習が行えるようになると考えられる。そして、多くの学習者が自身で考え、教授者となり教え合い承認欲求を満たすことのできる社会の実現に貢献できる。

2. 先行研究

我々は現在のプログラミングにおいて学習者がどのように感じているかに関する調査を行った。調査は授業中の観察およびアンケートを行い、結果として他者

への支援に対して承認欲求を満たしていることが判明した。しかし、調査では同じ質問が繰り返し発生することに対する不満が存在した他、質問のみを行い教授行動を行わない学習者の存在が認められた。それらに該当する学習者はアンケートにおいてもネガティブな反応をする場合が多く確認された。そこで、先述のとおりに協調学習時の教授者の自尊感情向上に関する研究及び学習者の学習レベルに応じた教授機会の支援に関する研究を行った。

2.1 協調学習とスキル学習

従来の学習法は学習の主体は個人と教師との間に師弟の関係を結び学習する形であった。しかし、現在の学習環境では個人の考えのみで問題解決を計るために周囲と考え方を共有することができない。そのため会議などで自身の考えをうまく伝えられないことになる。協調学習には先導者が存在している。先導者とは教師または共に学習を行う上でのリーダー的存在のことを示す。本研究では協調学習に焦点をおくため、先導するものが必要となる。現状のエージェントを用いた協調学習ではその先導者としての役割をエージェントに置き換えているがその先導者との間での知識レベル差が問題となっている。また、スキル学習ではこれまでもマルチメディアを利用した協調学習が多く行われてきた。マルチメディアを利用した学習ではパウルの唱える協調学習における三原則による影響を大きく受ける [6]。その中でも自己能力の可視化と複合依存の推進はスキル学習に重要に関わると考えられる。特に CSCL にみられる複合依存の協調学習ではよい知識の貯蓄を行うことに成功していた [7]。これらの研究では人間感のインタラクションの成功事例であるがエージェントにおける研究では詳細な調査が行われてこなかった。そこで、本研究では学習者同士をつなげる存在としてエージェントを扱うことで学習者がエージェントを同じように問題に取り組んでいる別の学習者であると思えるような状況を想定する (図 1)。

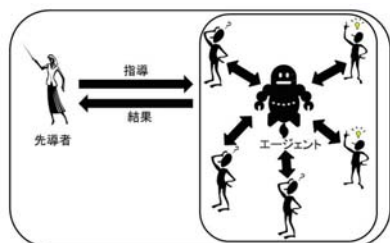


図 1 エージェントが学習者として振る舞う環境

このようなエージェントを想定することによって学習者は一人に質問を集中させずに学習と教授を同時に行うことができる。また、このようにマルチメディアの媒体となる存在をエージェントに置き換えることによってコミュニケーションの煩わしさからの社会的な手抜きやプロフィールパラダイムといった問題の解決を行える。その理由として、エージェントとコミュニケーションを行う場合、親和性やオーバーハードコミュニケーションが発生するものの人が持つ駆け引き的な行動や適応的な応答がない [8]。そのため、学習者は合理的に援助、被援助活動が行えるためである。また、エージェントが相手との質疑応答を取り持つため、相手の感情や、要求の意図を考える必要がなくなるため、自由な回答を行いやすくなると考えられる。次に、学習意欲において重要となる自尊感情が学習に与える効果について述べる。

2.2 教授者の自尊感情

教授者が教授を行わない理由として同じ学習者に何度も質疑が行われてしまい、教授をしなくなってしまうためであった。しかし、他者から評価されることによって自身の自尊心が向上し、他者に積極的に教授を行うと言われている [9]。また、自尊感情の向上は相手の距離感に応じて変化することが判明しており、各個人の自尊感情が重要であることが判明している [10]。

非同期型の協調学習では自由な質問と応答が可能であるが集団で行うために社会的な手抜きなどの問題が発生する。そのため、協調学習のなかで個人間の距離感でやりとりを行うことによって自己肯定感を満たすと考えた。また、自尊感情の尺度として高い自尊感情を持つ人間は要求する報酬額が減少すると判明している [11]。このことから対面での協調学習を行うことにより、実験に対する報酬額が減少したのであれば自尊感情が向上したと考えられる。そこで、協調学習時の対人間の距離感の違いに着目し、対人間の距離感によって協調学習時に教授者の自尊感情の向上に差があると考え実験を行った [4]。実験では学習者間の距離を指名、非指名に分類し、また対人の際に同期性の有無を分別し、教授者の自尊感情の差を分析した。条件は指名であり同期性のある条件を指名-対面条件、指名であるが同期性のない条件を指名-非対面条件、指名を行わない条件を非指名条件とした。また、自尊感情の尺度として報酬額を用いた検定を行い、ノンパラメトリック検定である Kruskal-Wallis 検定を行った [12]。その結果として、図 2 の通りになった。

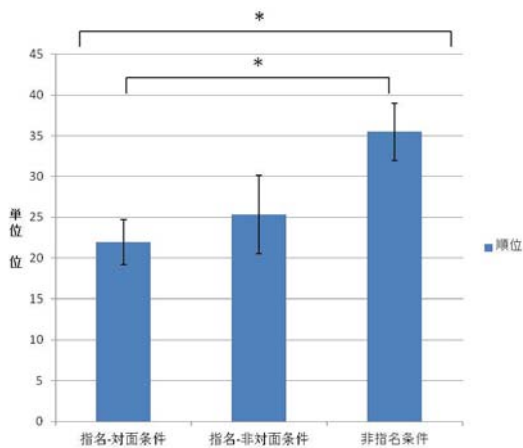


図 2 報酬額の順位平均

図 2 から、学習者間の距離感が近く、指名性をもった指名・対面条件と指名性のない非指名条件において 5 % 有意が認められた (有効回答数 59 名, $\chi^2 = 6.55, df = 2, p = 0.0479 (< 0.05)$). これにより、学習者間の距離感の違いにより教授時の自尊感情の向上には差が生じることを明らかにした。

2.3 学習レベルに応じた学習機会

学習者の学習レベルに応じた教授機会の支援に関する研究ではオンライン状況において学習者への質問によって学習効率が向上すると考え実験を行った [5]. 実験では学習者の学習レベルを鑑みた上で質問を行う場合と、学習者に質問を行わない場合で条件を分け、学習者の学習効率にどのような影響を与えるか調査を行った。実験では特定の課題を行い、その最中に学習者が正当した課題に対する質問を行い学習者の援助を促す場合と、学習者には質問を行わない場合の条件に分け、双方の学習者の学習効率を観察した。結果は図 3 の通りとなる。

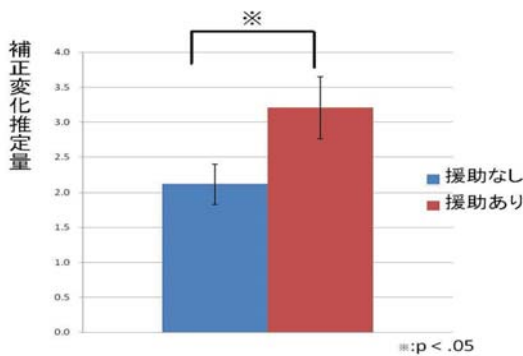


図 3 補正推定変化量による分析結果

図 3 より援助を行った場合では援助を行わなかった場合より 5 % 有意が認められた ($F(1,28) = 4.30, p < 0.05$). これにより、協調学習において学習者の教授機会を援助することによって学習者の学習効率が上昇することを明らかにした。

2.4 スキル学習への応用

- 先行研究から判明したことは以下の通りとなる。
- 質問時に相手を指名することで教授者の承認欲求は向上しやすくなる
 - 承認欲求の向上によって教授者の学習意欲が上昇する
 - 教授をしやすい環境を作ることによって学習者全体の学習効率は上昇する

以上の 3 点は何れも基礎学習における結果であり、スキル学習で検証が行われていない。本研究ではスキル学習に着目するためこれらの結果がスキル学習に正しく活用可能であるかが重要となる。そのため、これらの結果を検証できるシステムの作成を行いスキル学習に及ぼす影響を観測する。これらを網羅するためには全ての学習者が教授者となる機会があり、また学習者と教授者の間において適切な質疑応答が行われる必要がある。考えられる必要なシステムは図??の仕組みが考えられる。

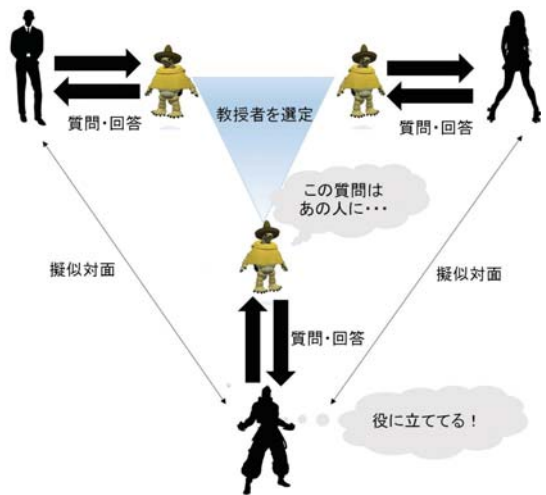


図 4 先行研究から想定されるシステム案

本実験で作成するシステムはプログラミングにおける協調学習を支援するものとして学習者間の質疑応答を仲介する役割を持つ。システムが仲介を行うことにより、少人数によるグループを作成し、社会的地位の近い人達のみで学習を行ってしまうのを防ぐ効果を持つ。

プログラミング学習ではこれまでの協調学習において完全な回答のみを求める場合であったり、課題の部品を求める質問が多く存在していた [13]. このような質問の場合、教授者は課題に対する答えを教えることになる. 本研究では質問者と教授者が共に効率的なインタラクションを行う状況を支援するものを作成する. その為、質問者がシステムの実行順序に関する質問であったり、エラーへの対処の質問を行った場合を想定している. このような場合、教授者は自身の知識に応じたプログラム内部の解説、またエラー発生理由の原因説明を行う. その際に、双方は教授と質問・感謝という関係が生まれ、その流れによって教授者の自尊心が向上する. そして、この流れが繰り返されることにより、教授者と被教授者の知識レベル、自尊心レベルが上昇し、学習者として一つ上のレイヤーに移行する. 図5では被教授と教授行動によるレイヤー上昇のサイクルをしめす.

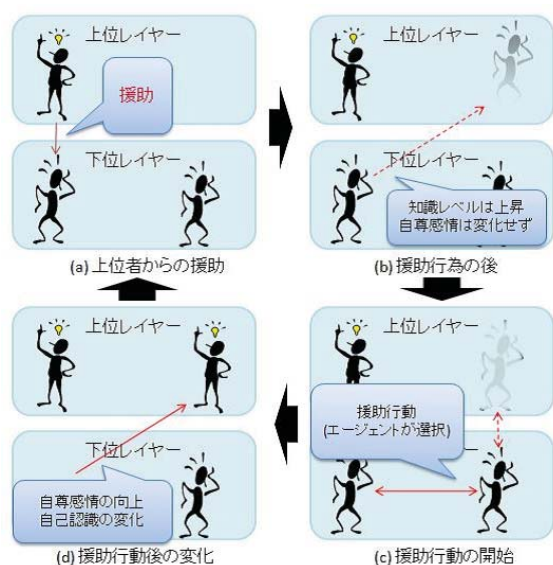


図5 援助行動による遷移関係

また、それぞれの学習者は匿名性を持つ. その理由として、学習者の性格などの属性を排除することが可能となる [14]. これにより全ての学習者が平等な立場である状況が作成される. これらの要素に加え先行研究により、指名性及び同期性をもちながら質疑応答を行うことで教授者の承認欲求が満たされる. そのため、質問者が質問を行った際に無作為な返答を行わず、システムが選択した適切な人物が教授者となり回答する. この際、返答に義務感を与えることによって質問に対し回答がないという不完全な流れを排除することが可能となる. 以上のシステムを用いて実験を行った.

3. 事前実験

3.1 目的

プログラミング学習において対面-指名条件を用いたシステムによって協調学習を行った際に自尊心、学習意欲に対する影響の検討.

3.2 実験方法

実験協力者は大学生・大学院生5名である. 実験はエージェントを使用した協調学習支援システムを用いて実験を行う. 実験協力者は全員がプログラミングスキルを行った経験を有している. また、実験ではScratchを用いた実験を行う. Scratchはプログラミング初心者向けに作成されたプログラミング言語であり、ビジュアルとして与えられた物体を動かすことでプログラムの作成を行える. 本実験では学習者全員が初めて使用する言語に統制をとるためScratchを用いてお互いに協調学習を行う. 課題時間は20分であり、20分の間に図6にしめす図形をプログラミングで作成する.

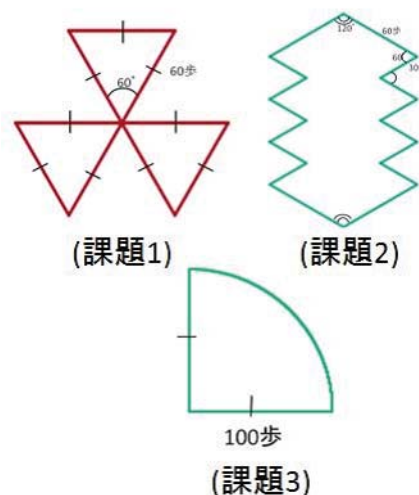


図6 実験課題図

実験では講義全体で評価を行うためにお互いに協力してもらうことが大切であると伝え、実験後にアンケートとして実験参加に対する報酬額の決定を行う.

3.3 実験環境

本実験で使用するシステムは全ての学習者が平等に援助機会を与えられることにより自尊心の向上させることを目的としている. そのため、本システムでは

質問及び回答をデータベースを用いて保持し、回答可能な実験協力者の中から最も回答回数の少ない人に質問を行う。また、データベースを用いることによって質問と応答に対する知識集積を行い、それによりどのようなやり取りが協調学習内で行われているかを明確にする。図 7 に作成したシステムのフローチャートを示す。

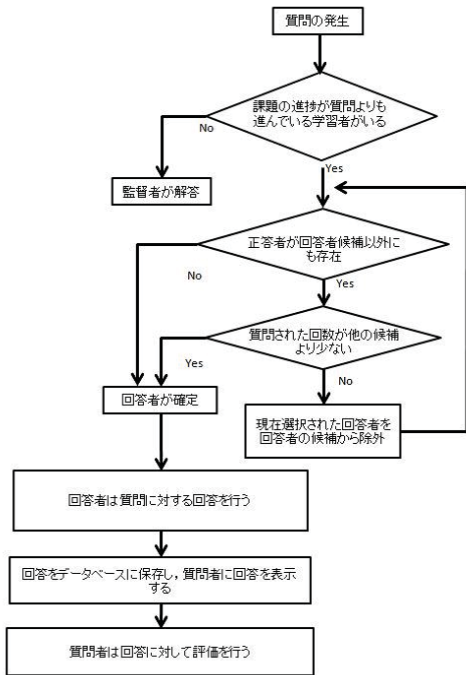


図 7 実験システムのフローチャート

上記のフローチャートに加え、監督者は全体の成績を確認し、質問を行わず、また課題に対する進捗が著しく低い学習者に援助を行う。また、質問と回答のデータベースを確認し、不適切な内容の閲覧などが可能である。ここでいう監督者とは、協調学習における指導者にあたる。

実験で使用するインターフェースに関しては身体性を持ったエージェントである MMD (Miku Miku Dance) を使用する。その理由として、身体性を持つことによって学習者間の距離感の近い状況が作り出され、一対一で対話している感覚を得るため教授者は返答に対して義務感を与えやすいためである。また、大野らの提唱したインターフェースを用いた協調学習に必要な要素を満たす [15]。実験では以下の図 8 の Web ページを用いる。

このインターフェースでは区画が 4 つに分かれている。区画として、質問部、エージェント部、回答部、受信部が存在している。質問部ではエージェントに対



図 8 実験ツールのインターフェース

して質問を行うことが出来、質問が行われた場合はエージェントを通して図 7 で決定した回答者に対して質問を行う。回答部ではエージェントを介して質問が行われた際に回答を行うことが可能となる。回答の質に関しては問わないようになっている。受信部では回答が行われた際に回答が表示される。受信を行った際にその回答に対して期待する回答であったかどうかを評価することが可能である。次に、観察項目に関して述べる。

3.4 観察項目

本実験では以下の項目に関して観察を行う。

- 実験に対する要求報酬額
要求報酬額の差を条件間で確認することで自尊感情の差を確認する。
- Rosenberg 自尊感情尺度による計測 実験参加者がもつ自尊感情を測定する際に重要である。
- アンケートによる実験の継続意欲、またシステムの使用への関心意欲の調査 学習効果を測定する上で学習に対するモチベーションを測定することによって計測を行う。

3.5 結果

事前実験の結果として、まずシステム利用における流れを追ったところ、ユーザ間への質問を行ったユーザは回答に対して速く反応を行っていることが観察できた。実験参加が深く結果に影響を与える可能性が考えられる。また、被験者の要求報酬額は図 9 の通りとなった。

図 9 かシステム利用において自尊感情への影響の可能性が考えられる。また、プログラミングスキルに関する Rosenberg の自尊感情尺度を計測した結果は表 1 となった。

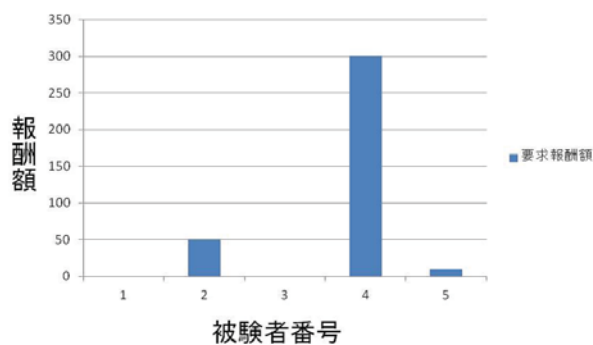


図 9 予備実験の要求報酬額

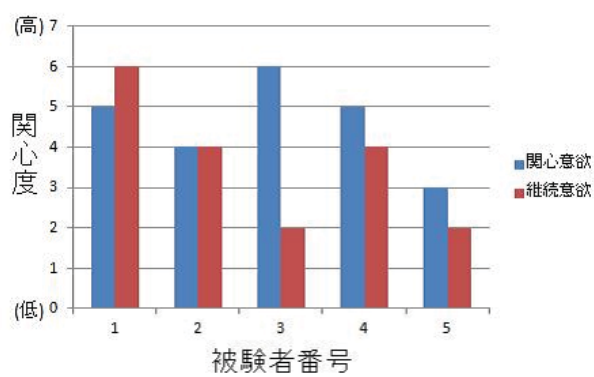


図 10 関心意欲及び継続意欲

表 1 ローゼンバーグの自尊感情尺度

質問項目	平均値
私は、自分自身にだいたい満足している。	2.25
時々、自分はまったくダメだと思うことがあった。	3.50
私にはけっこう長所があると感じていた。	2.00
私は、他の大半の人と同じくらいに物事がこなせた。	2.50
私には誇れるものが大してないと感じた。	3.50
時々、自分は役に立たないと強く感じた。	4.00
自分は少なくとも他の人と同じくらい価値のある人間だと感じた。	2.50
自分のことをもう少し尊敬できたらいいと思えた。	3.00
私は落ちこぼれだと思ってしまう。	3.50
私は、自分のことを前向きに考えていた。	3.00

この尺度では値が高い値であるほど共感し、低い値であるほど共感を示さない。この結果からプログラミングスキルに対する自尊感情は高い値を示しているとは考えられない。また、学習意欲に関するアンケート結果は以下の図 10 の通りである。

図 10 から関心意欲及び継続意欲は共に良い結果を示した。しかし、アンケートで理由の調査を行ったところ、現システムの利用に関する不満も多くみられ、改善されるのであれば使用したいという結果が多く見られた。これらの結果と実験中に発生したインタラクションから今後の課題に関して検討を行う。

3.6 考察

本予備実験ではシステム利用を実際に行い、自尊感情の計測および学習意欲の調査を行った。実験後ア

ンケートでは自尊感情が高いとは言えない結果を得られた。しかし、学習意欲に関しては継続に関してポジティブな傾向が見られたため、今後の利用に期待を持てる結果が得られた。また、実験中では質問回数が 5 回と少なく、内容もプログラミング内容の他に、Scratch の使用方法に関する質問が観察できた。また、質問と応答を行うことによって被験者への学習結果への影響は見られなかった。予備実験で観測できた様子として以下の図 11 の二つが挙げられる。



図 11 実験で観測できた状況

図 11 の (a) より本実験ではシステムと Scratch の画面の両方のウィンドウの表示をする必要があったため、全体的に動作が重くなってしまった。その為使用する PC の影響が大きく、動作の重さから質問、回答を行えない場合が多いことが分かった。さらに、図 11 の (b) よりアンケートからシステムに対する意見とし

てツールへの面倒さがあり質問を行わなかったことから、質問に対して煩わしさが存在すると考えられる。本システムでは質問を行う際に、質問のタイプ、自身の進捗、質問の箇所、キーワード、内容、ソースの入力が必要となる。これらを質問の度に入力するには実験時間を大きく取られることになりそれがシステム利用をしないことに繋がったと考えられる。これらの予備実験の結果からシステムの煩わしさを取り除き、質問がよりしやすいシステムの設計を行う必要がある。そうすることでシステム利用の利便性が図られるのであれば学習意欲のポジティブさと合わせて良い方向に結果が変化する可能性が生じると考えられる。また、予備実験では被験者数が5人と限られており、質問や応答できる回数、また回答者として選択される相手が制限される。回答者が場の誰かであることを把握しており、それが自身以外の4人であることが判明しているため、外見や実験中の動きなどの要因により質問した人を判断している可能性が生じる。そのため、より多人数での実験を行い、複数のインタラクションによる承認欲求の変化を観測する必要がある。

4. まとめ

協調学習が様々な手法で研究され、進化をされている中、未だ解決されない問題が多く存在していた。その中でも質問が一人に集中して教授者のモチベーションの低下という問題で存在していた。また、試行錯誤学習に着目した研究では受動的教授・学習法のみを状況として想定されていた。この問題に対し、自尊感情と学習意欲の観点から改善を計ってきた。しかし、これらの研究はプログラミング学習を題材としていなかった。そこで、本研究では自尊感情、学習意欲に関する研究をスキル学習に応用し、効果の検証を行うこととした。本稿では予備実験を行い、報酬額の側面から承認欲求に影響を及ぼす可能性が観測された。また、学習意欲に対してツールがポジティブに働いている可能性を確認することができた。しかし、システムの煩わしさ、また被験者や条件の不足などもあり今後の実験への課題も存在した。今後、システムの改善と実験を繰り返すことによってスキル学習への応用を図っていく。こうした教授者に対する協調学習を自尊感情や社会的欲求の観点から改善することができるのであれば、今まで教授者に大きな負担がかかってきた分野であっても協調学習を利用することができるようになる。そして教授者と学習者を区別することなくお互いの外化を促進し自ら学習していくことができる社会に貢献できる。

参考文献

- [1] 尾澤 重知, 小津 秀樹, 望月 俊男, 村上 正行, 田中 每美, 井下 理, 國藤 進, (2001-05) “40-13 集団間協調学習における CSCL 環境の構築と課題” 情報処理学会研究報告, Vol.48, pp.71-76.
- [2] 金子 大輔, (2008) “相互評価やグループ学習を支援するシステムの開発と基礎的情報教育での利用” 日本教育工学論文誌, vol.31, pp.33-36.
- [3] 竹内 勇剛, Ellina Rienovita, (2014) “承認欲求に基づくスキル習得意欲の促進とインタラクション” ヒューマンインターフェースシンポジウム 2014, pp.235-238
- [4] 谷口 政志, 竹内 勇剛, (2015) “承認欲求をトリガーとした学習インタラクションの活性化” 信学技報 HCS2014-117, pp.43-48.
- [5] 河原 正人, 竹内 勇剛, (2015) “協調学習時に学習者間の関係性をコントロールすることによる学習効果の検証” 信学技報 HCS2014-116, pp.37-42.
- [6] Paul A. Kirschner, Fernke Kirschner, Jeroen Janssen, (2014) “The Collaboration Principle in Multimedia Learning”, in, Richard E. Mayer, “Multimedia Learning”, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS.
- [7] Yang, Zhang, Su, Tsai, (2011) “A collaborative multimedia annotation tool for enhancing knowledge sharing in CSCL” Interactive Learning Environments, Vol.19 pp. 45-62
- [8] 林 勇吾, (2014) “エージェントベースの協同に関する実験的検討” 認知科学, Vol.21(3), pp.382-395
- [9] 伊藤 忠弘, (1995) “自尊心概念及び自尊心尺度の再検討” UTokyoRepository, Vol.34, pp.207-215.
- [10] 古市祐一, 柴田雄介, (2013) “教師の賞賛が小学生の自尊感情と学校適応に及ぼす影響” 研究集録, Vol.154, pp.25-31.
- [11] 加藤乃武英, 鷲見克典, (2002) “対人関係における互恵性に及ぼす自尊感情の影響” 名古屋工業大学紀要, Vol.53, pp.195-206.
- [12] 渋谷 昌三, (1992) “心理学が使える人が成功する” PHP 文庫, pp.22-23.
- [13] 森 正樹, (2006) “学生同士のピアレビューに着目した共同レポート作成システムの構築” 電子情報通信学会技術研究報告. ET, 教育工学, Vol.106(364), pp.83-88.
- [14] 大塚 亜未, 青柳 龍也, 吉田 葵, (2011) “多数ユーザの匿名化されたライフログを利用する行動継続支援システム” 全国大会講演論文集, Vol.1, pp.293-295
- [15] 大野 貴司, 田中 範子, 斎藤 一, 前田 隆, (1999) “インターフェースエージェントを利用した協調学習支援の考察” 電子情報通信学会, Vol.99(224), pp.63-68.
- [16] 三宅 なほみ, 斎藤 萌木, 飯窪 慎也, (2014) “「対話による学び」の実践的評価” JCSS Japanese Cognitive Science Society, pp.178-186

謝辞

本研究の遂行にあたって科学研究費補助金 (C) 課題番号 15k12410 の援助を受けたものである。