

学習コンパニオンロボットによる「Peer さ」形成に関する 実験的検証

長期的非言語インタラクションによる競争感誘発の可能性

本多 昂生^{*1}, 田和辻 可昌^{*2}, 松居 辰則^{*3}

^{*1} 早稲田大学大学院人間科学研究科

^{*2} 早稲田大学データ科学センター

^{*3} 早稲田大学大学院人間科学研究科

Experimental Verification of "Peer-ness" Formation by a Learning Companion Robot The Possibility of Inducing a Sense of Competition through Long- Term Non-Verbal Interaction

Koki Honda^{*1}, Yoshimasa Tawatsuji^{*2}, Tatsunori Matsui^{*3}

^{*1} Graduate School of Human Sciences, Waseda University

^{*2} Center for Data Science, Waseda University

^{*3} Faculty of Human Sciences, Waseda University

本研究の目的は、仲間意識(Peer さ)誘発により学習者の学習意欲の向上を図る学習環境を提供するコンパニオンロボット動作モデルの構築にある。中でも、ロボット動作による「Peer さ」の誘発は重要な課題である。そこで、「競争感」誘発を含む「Peer さ」誘発を志向したロボットの動作モデルについて、長期間非言語インタラクションを通じた実験的検証を行った。その結果、心的状態による変化はあるものの「Peer さ」誘発が確認され、妥当性が示された。

キーワード: Peer Learning, 学習支援ロボット, 非言語インタラクション

1. はじめに

IT 技術の発展や GIGA スクール構想の発足に伴い、e ラーニングと呼ばれる教育・学習の形態が一般化しつつある。しかしながら、e ラーニングにおける学習支援の形態は、知識の伝達や理解の促進に適した学習者よりも学習ドメインに関する知識が豊富な立場からの支援が主流である。しかしながら、我々の学びの中には同級生と協働することで知識を定着・確認する重要な学び(Peer Learning)も存在している。一方、学習支援ロボットに関する研究も盛んに行われている。柏原(2019)は、他メディアとは異なり身体性を有している学習支援ロボットは、学習者との間でより自然かつ真正性(authenticity)の高いコミュニケーションの実現が可能であることを示した[1]。それゆえ、学習障害等のネガティブ感情の軽減が期待される[1]。従って、

本研究では Peer Learning の存在と、学習支援におけるロボット活用の有用性を基に、学習者と同じ立場を演じる学習支援ロボットの基本動作モデル構築を目標とする。学習環境におけるコンピュータをコンパニオンとして用いる研究に着目してみると、笠井ら(1999)は学習者の状況に応じ、コンパニオンの立場を学習者と同等である Peer な立場と教師の立場を使い分けて学習支援を行う、協調学習環境におけるマルチエージェント学習環境を開発している[2]。しかしながら、2つの立場の振る舞い分けによる Peer さに関する印象低下の可能性も示唆されている。Chan, T. (1991)は、教師的立場を振る舞うコンパニオンロボットが、「監視されている」といった印象を与えうることを指摘している[3]。ただし Marder, N ら(2017)によって、仲間の存在がポジティブな効果を生み出すことが示唆されている[4]。総じて、これまでの Peer learning やロボッ

トによる学習支援の先行研究は、その有用性が示唆される一方で、教師的立場がもたらす「監視されている」感を考慮していないという課題がある。そこで、本研究では様々な状況に応じて適切な Peer な立場のみを呈するロボットの構築を志向した、「Peer さを誘発させるロボット動作モデル」の構築を目指す。

さらに、学習時の内発的動機付けがもたらす好影響についてはこれまで多くの先行研究が存在する。また、内発的動機付けへの関係がある自律性を引き起こす行動決定について、横山ら(2009)は他者の意図推定が自己の行動決定に影響を与えると述べている[5]。また意図推定について、大澤(2014)は対象の振る舞いが意図推定を誘引しており、対象の擬人化によって対象の振る舞いからの意図推定を行っていると述べている[6]。そこで本研究では、振る舞いによる意図推定を誘発させ、学習者の自律性へ働きかけることを目指すため、ロボットが非言語情報のみを提示し、それによるロボットの擬人化並びに意図推定を誘引することで学習者の内発的動機付けをもたらすことを目的とする。それゆえロボットの動作モデルには言語情報を含まず、無意味発話を含む非言語情報のみの提示に限定することとする。

2. ロボット動作による「Peer さ」誘発の短期的検討

我々は実験ベースで学習時に学習者の抱く Peer さが、どのような心理的要因によって構成されているのかを明らかにし、それらを階層的な構造を持たせた心理モデルを作成した(図1)[7]。Peer さを構成する要因として、上位層に学習者と同じ状況・状態であるように感じられることを意味する「同等感」、学習者と競っているように感じられることを意味する「競争感」、学習者が信頼おける存在であると感じることを意味する「信頼感」の3つが存在している。「同等感」の下には近しさを感じる「親近感」、同程度の能力であると感じる「同速感」が存在する。「競争感」の下には切迫する能力さを感じさせる「緊張感」、抜きつ-抜かれつ状態を感じさせる「不定感」と何となく気になると感じさせる「意識感」が存在する。「信頼感」の下にはお互い

に理解し合っていると感じさせる「理解感」、相手に対して優れている能力があると感じさせる「尊敬感」が存在する。それぞれの評価値が高くなることで上位に存在している心理的要因の印象が高くなり、最終的に「Peer さ」を感じるようになっている。

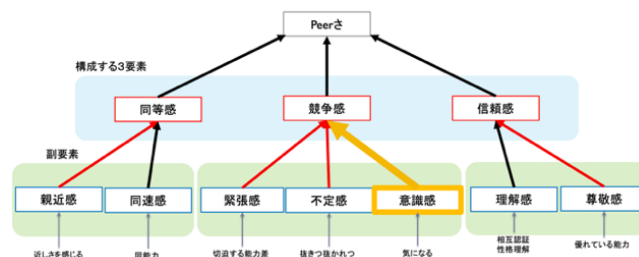


図1 Peer さを感じる心理モデル

作成した心理モデルに従い、ロボット動作による Peer さ誘発を試みるため、ロボット動作と心理モデルとの関係性の調査をし、得られた結果をもとに短期的な「Peer さ」誘発の検討を実施したところ、複数ロボット動作をストーリー立てて提示することで一定の成果を得られたものの、瞬間的生成が厳しい「競争感」並びに「競争感」に基づく「Peer さ」誘発についての有力な結果は得られなかったため、長期的検討の必要性が示唆された[7]。

3. 長期的インタラクションによる「Peer さ」誘発の長期的検討

短期的検討の結果示唆された、「競争感」の誘発並びに「競争感」誘発による「Peer さ」の誘発可能性についての長期的検討を本研究では実施することとする。

実験にて用いるロボット動作の情報並びに心理モデル情報が以前の研究に基づくものである[7]ため、本研究では発達段階における各種能力を習得した都内の中学校に通学する学生を対象に長期的インタラクションにおける印象評価実験を実施することとした。

3.1 実験の流れ

神田ら(2004)を参考に、これまでの実験で得られたデータを基に「競争感」を誘発されると想定される状況に対応するロボット動作を示すエピソードを作成した[6]。また、今回は実際にロボットと共に数学学習の実施を指示した。実験の期間は長期的インタラクシ

ンの研究を行った Marder ら(2017)[4]と神田ら(2003)[6]を参考に、1日あたり1時間で週3回の2週間実施することとする。図2に実験の流れを示す。

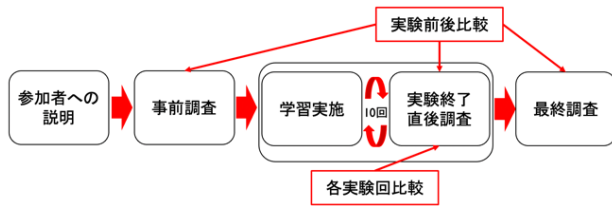


図2 実験の流れ

参加者には事前調査として個人特性(年齢・性別・数学学習への意欲・ロボットに対する印象)と学習能力について質問紙調査を実施した。ここでのロボットに対する印象については、ロボットに対する前持った印象を調査するため、ロボットに対して抱く経験と興味に関する評価指標を神田ら(2001)で用いられた評価指標を現在版に一部改良して使用することとする[7]。学習実施では、事前調査情報を基に難易度を設定された演習課題の実施とロボットによる動作提示を1回の学習にて3回実施する。1日あたり2回の学習を実施した。学習1回終了毎に「競争感」と「Peerさ」に関する印象並びに学習に対する意欲と感想について質問紙調査を実験終了直後調査にて実施した。学習実施と実験終了直後調査を10サイクル実施した後、最後に「競争感」と「Peerさ」に関する印象並びに学習者の学習に対する気持ちについて質問紙調査を実施した。また、各実験日終了時に、ロボットに対する印象や学習に関する感想などについてインタビュー調査を実施した。

3.2 実験対象

今回は心理モデル作成時に取得したデータの制約上、発達段階において、基本的な学習能力を有している男子の中学1年生1名と、都内に通学する大学生4名(男性2名・女性2名)を対象に実施した。本稿では、中学生を対象に実施した実験結果について報告する。

3.3 実験環境

本研究は、eラーニング環境下における個人での学習を想定している。そのため、被験者と実験者が衝突を隔てて別空間にいるように設定した。また、被験者

が学習時に実験者の存在を認識しないようにするため、基本的に学習者が1人で学習を行い、実験者とは別の第3者から指示を受けながら進めていく環境を設定した。演習課題については、eラーニング下での学習を想定しているため、PCを用いて課題を提示し、白紙のルーズリーフへ自由に使い解答するように指示することとする。実験者は被験者に装着したウェアラブルカメラにてモニタリングをし、作成したエピソードに従うロボット動作をWoz法によって被験者へ都度提示した。

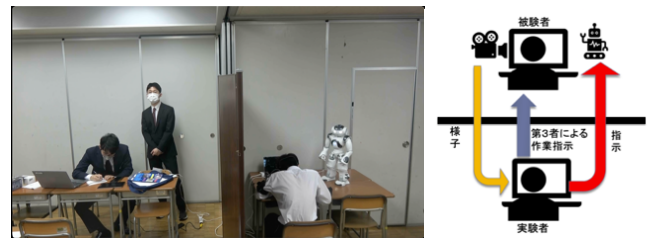


図3 実験の様子と環境の概要図

3.4 結果と考察

実験の結果、ロボットへの印象変化がもたらす「競争感」印象への影響と、学習意欲への影響が示唆された。

3.4.1 「Peerさ」と「競争感」の印象評価について

「Peerさ」について10段階での評価を各実験回終了後に求めた。以下に「Peerさ」印象の推移について表したグラフを示す。縦軸はVAS(Visual Analog Scale)法で評価したスコアを100点満点に換算した評価点を示し、横軸は実験回を示している。また、図中の赤線にて実験日を区切っている。

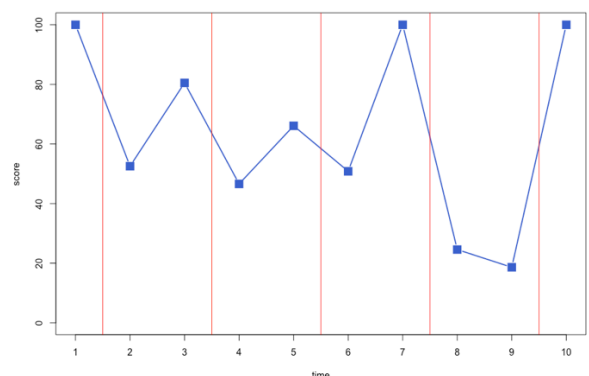


図4 「Peerさ」の印象評価結果

図4より、全実験回を通して「Peerさ」の印象スコ

アが比較的高く表れていることがわかる。しかしながら8・9回目の際にスコアが明らかに低くなっている。これは、インタビューの際にロボット動作の意味がわからないとの回答があった回と一致しているため、動作理解の影響であると考えられる。また、最終日の実験終了後に、インタビューにて仲間っぽく感じるようになったとの旨の発言があったため、実験全体を通しての「Peer さ」誘発の可能性が示唆される。更に、各実験日内において「Peer さ」の印象が増加していることがグラフより読み取れる。それゆえ、これまでの実験[7]での瞬間的誘発試行において見られなかったものが、今回の一定時間インタラクションを続けることによって「Peer さ」の印象が高まっていると考えられる。

「Peer さ」と同様、「競争感」について10段階での評価を各実験回終了後に求めた。以下に「競争感」印象の推移について表したグラフを示す。縦軸はVas法で評価したスコアを100点満点に換算した評価点を示し、横軸は実験回を示している。また、図中の赤線にて実験日を区切っている。

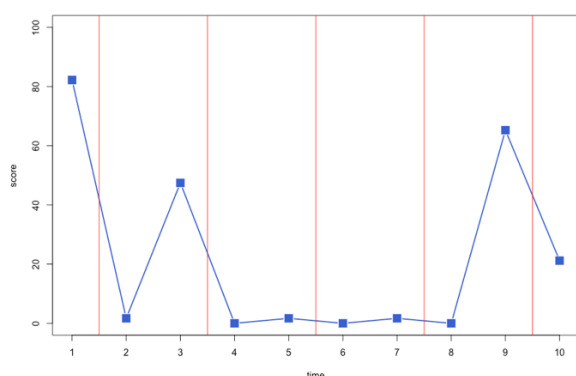


図5 「競争感」の印象評価結果

図5より、全体を通して「競争感」が高まっているかどうかの判断はつけることができなかった。しかしながら、各実験日内での比較を行うと、全ての実験日において後半の方が、印象評価値が高くなっていることがわかる。それゆえ、瞬間的に高めることができなかった「競争感」の印象を、一定時間インタラクションを続けることによって高めることができると考えられる。

これら「Peer さ」と「競争感」の印象評価結果より、

全体を通してのつながりはあまり見られなかったものの、1日の中において「競争感」の高まりと「Peer さ」の高まりが正の相関のような関係性があることが示唆される。

3.4.2 数学学習に対する意欲について

本実験を通して見られた被験者の数学学習に対する意欲の変化について示す。

事前調査にて、数学学習の意欲について10段階での自己評価を求めた。その結果、初期解答が8点(10点満点)であった。しかしながら、最終日のインタビューにて記述式解答についての取り組む姿勢が、初期の頃は解かずに諦める傾向にあったとの申告があった。

それゆえ初期の状況として、数学学習に対する意欲は扱う問題に依存していることがわかる。ここで、実験最終回の質問紙感想欄の内容を以下に示す。

今、とても算数の問題をときたい！みたいになってます。
問題がすらすらとけてたのしかった。
ロボットがやさしくてうれしかった。

図9 10回目終了後の感想

このことより、実験全体を通して数学学習への意欲がより向上していることが示唆された。また、実験全体を通しての本人の内省について確認するため、最終調査での感想欄の内容に着目する。以下に実際の内容について示す。

いままでロボットは「いつか人間を滅ぼす物」とも考えてしまっていたが(アニメや仮面ライダーの影響)
今ではロボットは人間とも仲良くやっていけるようにかんじている。
ロボットに愛着がわいた
計算問題が前よりも楽しくなった。

図10 最終調査感想欄の内容

以上の結果より、先述した意欲向上の示唆がより強いものであると考えられる。

3.4.3 ロボットの印象について

本実験では、各実験終了後の質問紙調査と各実験日終了後のインタビュー調査にてロボットに対する印象や感想について解答を求めた。その結果、インタラクションを重ねることで、ロボットを人間に見立てて判断するようになってきていることが明らかになった。以下に変化が特に表れていた、1・4回目の感想並びに

3 日目(5 回目終了後)のインタビュー結果(一部)を示す。

最初のロボットの拍手はとてもうれしかった。
そのせいか、2 回目の時のまああという動きをしていて若干くやしかった。でも最後に○をしてきてとてもうれしくなった。
2 番目の問題たちをもう 1 回といてみたい。とける気がするから。

図 6 1 回目終了後の感想

(被験者)なんかそうですね...やっぱりロボットがどんどん人間に見えてきました。
(実験者)人間に...なるほど...
(実験者)そう。なんか...なんか最初なんかロボットが、なんか、動いていることになんか驚いていたんですけど、なんか、今は普通に思えてきて、なんか、それが、なんか、自然だになっているのか、なんか...はい。

図 7 4 回目終了後の感想

1 回目の拍手は大人がやっているようにみえた。「うむ、よくできた」といっているようにかんじた。
2 回目の拍手は自分の味方の友だちのようにできた。「よくできました」といっているようにかんじた。
3 回目は照れている(?)動作をしていたが、よくわからなかった。

図 8 3 日目インタビューの内容

2 日目までに現れなかった、ロボットを人間のように捉える発言が初めて生じたことがインタビューの結果よりわかる。また、人間のように捉えることにより、ロボットが学習者に伝えたい内容について推測する作業が行われるようになったことが質問紙調査にて記された感想の結果より読み取ることができる。

3.5 考察

今回の実験結果から以下の 2 点について考えられる。

- 学習解答動作の無さが「競争感」評価の不安定さを生じさせる
- 非言語情報提示による意図推定の誘発

これら 2 つの考察についてまとめる

3.5.1 学習解答動作の無さが「競争感」評価の不安定さを生じさせる

本実験において、「Peer さ」ならびに「競争感」についての印象の高まりを見ることができた。しかしながら、「Peer さ」の印象については常に高い印象評価値となっている一方で、「競争感」については安定した

印象の高まりが見られない。特に 4 回目以降(3 日目以降)において急激な印象評価の低下が見られる。これにはロボットに対して人間のように捉えた印象評価の変化が大きく関係していると思われる。今回のロボット動作では、実際に問題を解いている動作を提示しない。それゆえ、人間に置き換えた際に解答動作を行っていないコンパニオンに対して、共に競う相手というよりも、自分自身の学習を見守っている存在としての認識が強くなっていることが考えられる。実際、インタビューの際に「見守ってくれる存在」を意味する発言が存在していた。このことが、全体を通しての「競争感」印象の低下をもたらしていると考えられる。

3.5.2 非言語情報提示による意図推定の誘発

質問紙・インタビュー調査の結果より、実験を通して被験者の数学学習に対する意欲の向上が見られた。これは、扱う問題の難易度に偏りはなく、各実験回において必ず時間内での回答ができていない問題が存在していることから、単に学習思考を繰り返すことによる自己効力感の高まりなどが原因などではないことが考えられる。また、図 7・8 にて示したロボットを人間として捉えるようになってきていることに着目してみると、大澤(2014)が示した四肢の示す形から人間に当てはめて捉える「擬人化」に類似した思考プロセスを経ていると考えられる[6]。また、ロボットが示す動作からロボット動作の意図推定を行っていることも結果として表れている。更に、ロボット動作は学習者の発した演習時の状況情報を起点として返す形での動作提示になっている。これにより横山ら(2009)が示した、自身の発する情報に対する反応の意図推定を行う能動的戦略を誘発させていることが考えられ、演習中の行動決定がなされていることが考えられる。これは内発的動機づけ 3 要素の 1 つである「自律性」と関係していると考えられる。このことから学習者自身の学習への「自律性」が高まり、最終的に内発的動機付けがなされている可能性も考えられる。更には、「次は解けるかも」という感想より自己肯定感の高まりが見られるため、このことから内発的動機付けがなされている可能性が考えられる。

4. まとめ

我々は学習時に学習者の抱く Peer さがどのような心的要因によって構成されているかを表現する心理モデルを構築した[7]。作成した心理モデルに基づく「Peer さ」誘発の短期的検討を実施したところ、特定条件下における「Peer さ」誘発の可能性が示唆された。しかしながら、瞬間的生成の厳しい「競争感」に関わる有力な結果が得られなかった。それゆえ本研究では、実際の学習の場における長期的なインタラク션을を擬似的に作成し、「競争感」印象を高めるロボット動作提示によって「Peer さ」を誘発させるという仮説の下、長期的なインタラク션을を含むロボットの印象評価実験を行うこととした。本研究の結果から、1 日のうち一定時間のインタラクçõesによる「競争感」誘発と、それに基づく「Peer さ」の誘発が示唆された。また、非言語情報提示のみによって、Peer な存在としての認識並びにロボットの意図推定が誘発され、それにより自己の動作決定を無意識的に行われるようになり、内発的動機付けがなされてきている可能性も示された。

5. 今後の課題

本研究の結果、一定時間インタラクçõesを続けることによって、ロボットに対する「競争感」を誘発し、「Peer さ」を誘発する可能性が示された一方で、断続的に複数日インタラクçõesを行う中ではこの関連性が見られなかった。それゆえ今後の研究では、断続的なインタラクçõesにおける「Peer さ」誘発の検討の必要性があると考えられる。また、「Peer」な存在として認識したロボットの意図推定を行うことによる内発的動機付けの可能性も示唆された。そのため、内発的動機付けの高まりについて超察する必要性も示された。この内発的動機づけにおいては、ロボットがもたらす非言語情報によって誘発された、ロボットを人間のように見なす行為の後に起こったロボットの意図推定が存在していた。それゆえこの点においても検討を行っていく必要があると考えられる。

参 考 文 献

- (1) 柏原昭博: エンゲージメントを引き出す学習支援ロボット. コンピュータ&エデュケーション, CIEC 会誌創刊準備号編集委員会 編, 46, pp. 30-37. (2019)
- (2) 笠井俊信, 岡本敏雄: 仮想的協調学習環境におけるエージェント間コラボレーション, 情報処理学会論文誌, Vol. 40, no. 11, pp. 100-110. (1999)
- (3) Chan, T.: integration-Kid: A Learning Companion System. Proc. Of 12th IJCAI, Vol. 2, pp. 1094-1099. (1991)
- (4) Marder, N., Velarde, C., Huycke, S., & Schleien, S.: The Peer Companion Program: An Experiential Learning Opportunity. SCHOLE: A Journal of Leisure Studies and Recreation Education, Vol. 32, No. 1, pp. 49-66. (2017)
- (5) 横山 絢美, 大森 隆司. (2009). 協調課題における意図推定に基づく行動決定過程のモデル的解析. 電子情報通信学会論文誌. A, 基礎・境界 = The IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences (Japanese edition). A, 92(11), 734-742.
- (6) 大澤 博隆. (2014). 人工知能はどのように擬人化されるべきなのか?: 人の擬人化傾向に関わる知見と応用 (「人工知能」表紙問題における議論と論点の整理). 人工知能, 29(2), 182-189. https://doi.org/10.11517/jjsai.29.2_182
- (7) 本多 昂生, 田和辻 可昌, & 松居 辰則. (2022). 学習時における Peer さを誘発させるコンパニオンロボット動作モデルの構築. 人工知能学会研究会資料 先進的学習科学と工学研究会, 94. https://doi.org/10.11517/jsaialst.94.0_05
- (8) 神田 崇行, 平野 貴幸, & Daniel Eaton 他. (2004). 日常生活の場で長期相互作用する人間型対話ロボット--語学教育への適用の試み. 日本ロボット学会誌 = Journal of the Robotics Society of Japan, 22(5), 636-647.
- (9) 神田崇行, 石黒浩, & 石田亨. (2001). 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, 19(3), 362-371.