

ピア学習エージェントの悩んでいる状態の表現に関する検討

A Study of Peer Learning Agents' Representation of Distressed States

角谷ひなた^{1*} 柳 朋輝¹ 米澤 朋子¹

¹ 関西大学

¹ Kansai University

Abstract: 本研究では、ピア学習エージェントの表情により、問題に悩んでいる状態を表現する手法を検討する。嫌悪、怒り、悲しみ、恐れ of 4つの不快感情に強度の強弱を掛け合わせた計8種類の表情に対し印象評定を行った結果、悩んでいるように見える度合いには有意差は見られなかった一方、問題を理解しているように見える度合いに有意差が見られた。また、怒りの感情は強度が高いと問題に取り組んでいる印象が強く、強度が弱い方が問題の解法にたどり着いているような印象が高まった。

1 はじめに

2017年改定の学習指導要領では、子供一人一人の特性や学習進度に合わせ、指導方法や教材学習時間の設定を柔軟に行う”指導の個別化”が重視されている[1]。しかし、実際の学校教育現場では教員の人的リソースの限界により、生徒一人一人の状況に合わせた対応が難しい。また、個別最適な学びが充実できたとしても、他者と状況や課題が共有できない学習の孤立化[2]が起こると予見され、意欲の低下の恐れもある。

本来、教育者や協働学習者の共感や存在は、安心して学習に取り組むことに寄与し[3]、学習理解の促進に効果があると考えられている[4]。また、同じ行動をする他者を通して学習目標が定まると同時に、負けたくないという競争意識も芽生え、学習に対する動機づけを高めることにつながる事が明らかになっている[5]。しかし、常に協働学習を実施できる相手がいる状況とは限らない。そのため、こうした現状に対応するエージェントやロボットを用いた共学習システムが多く提案されている[6][7]ものの、その多くは、学習者の「わからない」に同じ立場で寄り添う表現についてあまり明らかにされていない。そのため、教えるだけではなく、わからない状態にも寄り添える同じ立場のエージェントデザインが重要だと考えた。

そこで本研究では、学習モチベーションの向上に焦点を当て、ユーザの理解度や感情状態に合わせ、擬人化学習エージェントが共に悩み苦しむなどの共感的ふるまいをしながら、協働的に学習を行うことで個々の「わからない」にも寄り添う協働対話のシステムを提案する。本稿では、上記システムの事前検証として、エージェントの表情に焦点を当て、協働学習時擬人化エー

ジェントの不安やわからない状態を表す表情について検証し、その表現によりどのような効果が得られるか検討する。

2 ピア学習エージェントの理解に関わる表情の検証

2.1 実験概要

本実験では、学習時の不安感や共感を表現し、ユーザの「わからない」に寄り添う表情について検証を行った。実験には、21-29歳(平均年齢:23.5歳、標準偏差:1.71)の日本語を母国語として基本的なPC操作が可能な男性15名、女性9名の計24名が参加した。

2.1.1 実験手順

本実験は実験刺激と評価入力を兼ねたGoogleFormを用いてオンラインで実施した。実験設定として、三平方の定理を活用する問題をエージェントが学習している場面とした。実験参加者は、初めに実験設定の指示を受け、問題の難易度を7段階で回答した。その後、条件ごとの顔表情に対して評価を行った。

2.1.2 実験仮説

不快感情の種類や感情強度によって、エージェントの問題に対するわからない状態を表現できると考え、以下の仮説について検証を行った。

H1: 問題に対して嫌悪や恐れよりも、怒りや悲しみといった継続的な感情の方が問題に対して悩んだりわからない状態の表情として認識される。

*連絡先: 関西大学総合情報学研究科知識情報学専攻
〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町2-1-1
E-mail: {k991209, yone}@kansai-u.ac.jp

H2：強い表情よりも弱い表情の方がわからない状態や考えるという状態に近くなり、強い感情の表情はわからないと感じ放棄した状態に近くなる。

2.1.3 実験条件

要因 A：表情 (A1：嫌悪, A2：悲しみ, A3：怒り, A4：恐れ), 要因 B：感情の強さ (B1：強, B2：弱) の計 2 要因 8 条件の被験者内実験計画を実施した。表情は不快感情が悩み、考えるなどの表情に受け取られる [8] ことが明らかとなっているため、わからない状態に関わると考えられる不快感情をアクションユニット [9] を参考に作成した。表情の一覧を図 1 に示す。



図 1: 実験刺激 表情一覧

2.1.4 評価方法

評価は 1) 評価項目, 2) SD 法に基づく形容詞対, 3) 自由記述により収集した。

1) では、問題に対する一生懸命さの印象を測る Q1, Q4, 安心感の印象を測る Q2, エージェントの問題理解度を測る Q3 の全 4 評価項目に対し、Visual Analog Scale (VAS) 法を用い、0-99 点 (0: 全くそう思わない, 99: とてもそう思う) で評価を求めた。この質問での悩んでいるという定義には、明鏡国語辞典と大辞泉を参考に、「決めかねたり解決の方法が見いだせなかったりして解決まで行かず思わずらう様子」とした。下記に質問項目を示す。

Q1. エージェントは問題を理解しようとしているようにみえた

Q2. エージェントは不安そうにみえた

Q3. 問題の解を導き出せているようにみえた

Q4. エージェントは悩んでいるようにみえた

2) では、わからない表現に必要な要因を探索した。内的要因 (感情) に関わる項目と外的要因 (外見・表情) に関わる 19 項目 (表 1) に対し 7 段階で評価を求めた。

表 1: 印象評価 19 項目

活発な-落ち着いた
弱気な-強気な
動的な-静的な
開けた-閉ざされた
激しい-穏やかな
意欲的な-無気力な
勇敢な-臆病な
散らばっている-まとまっている
感じの良い-感じの悪い
緊張した-緩んだ
積極的な-消極的な
広い-狭い
理性的な-感情的な
真面目な-不真面目な
親しみやすい-親しみにくい
鋭い-鈍い
飽きっぽい-継続的な
たくましい-弱弱しい
単純な-複雑な

また、3) その他でエージェントは問題に対してどのように悩んでいるように見えたかを詳しく知るための自由記述での回答を求めた。

2.2 分散分析結果

実験により得られた各評価項目の回答値に対して、有意水準 $\alpha=0.05$ で二元配置分散分析を実施した。表 2 に分散分析結果、図 2 に平均値と標準偏差をそれぞれ示す。

表 2: 分散分析の結果

	A		B		AB	
	F	p	F	p	F	p
Q1	8.893	<.001*	.313	.583	.88	.456
Q2	23.537	<.001*	.996	.329	1.877	.145
Q3	22.046	<.001*	10.38	.004*	.822	.486
Q4	1.921	.134	4.094	.055	1.545	.211

Note.* $p<.05$.

Q1 について、要因 A に有意差が得られ、多重比較の結果、要因 A は $A3 > \{A1, A2, A4\}$ であり、怒りの感情が一生懸命さを表すことが示唆された。一方で、同じく学習に対する一生懸命さを測るための Q4 については要因 A、要因 B 共に有意差が得られなかった。

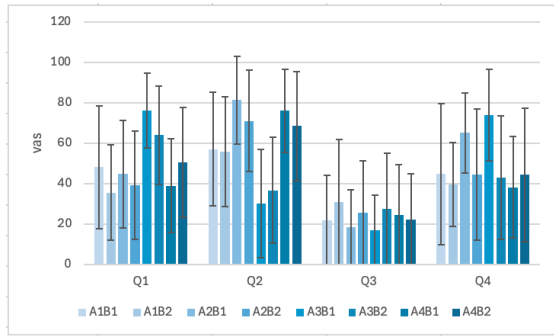


図 2: 各条件の平均値と標準偏差

Q2 について、要因 A に有意差が得られ、要因 A の多重比較の結果、 $A2, A4 > A1 > A3$ が確認された。このことから、悲しみや恐れがより不安を表すことが示唆された。また、 $B1 > B2$ より、ネガティブな感情表現の強度が強いことで不安の印象が高まっていたことがわかった。

Q3 について、要因 A、要因 B 共に有意差が得られた。要因 A の多重比較の結果、 $A3 > \{A1, A2, A4\}$ 、 $A1 > A4$ であり、怒りの表情が他表情に比べ理解度が高く見えることが示された。また、表情の種類に関わらず、弱い表情の方がより理解度が高くみえることが示された。

2.3 因子分析結果

次に、19 項目の形容詞対の印象評価から因子分析（主因子法、バリマックス回転）を行った。表 3 に因子分析の結果を示す。第 1 因子は「たくましい」「強気な」

表 3: 因子分析の結果

	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4
たくましい-弱弱しい	.923	.011	.071	-.002
強気な-弱気な	.845	.117	-.107	.001
勇敢な-臆病な	.833	.182	.142	.084
積極的な-消極的な	.661	.236	.358	.296
鋭い-鈍い	.587	.014	.237	.042
開けた-閉ざされた	.48	.463	-.127	.427
激しい-おだやかな	.209	.854	.131	-.133
活発な-落ち着いた	.168	.821	-.07	.073
動的な-静的な	.335	.755	.019	.157
感情的な-理性的な	-.217	.651	-.129	-.156
真面目な-不真面目な	.012	-.283	.801	.269
緊張した-緩んだ	.07	.21	.605	-.08
継続的な-飽きっぽい	.166	-.172	.521	.189
意欲的な-無気力な	.502	.351	.508	.316
親しみやすい-親しみにくい	-.09	.004	.098	.776
感じの良い-感じの悪い	.051	-.185	.308	.665
広い-狭い	.301	.078	.013	.501

「積極的な」等の評価項目が含まれ、活動性の印象に関連すると考えられる。第 2 因子は「激しい」「活発な」「動的な」等の評価項目が含まれ、覚醒性の印象に関連すると考えられる。第 3 因子は「真面目な」「緊張した」「継続的」といった評価項目が含まれ、集中継続性の印象に関連すると考えられる。第 4 因子は「親しみやすい」「感じの良い」といった評価項目が含まれ、親密性の印象に関連すると考えられる。これらの結果から、わからない表情の与える印象は活動性、覚醒性、集中継続性、親密性で構成されていると考えられる。

標準因子得点の二元配置分散分析の結果（図 3、表 4）、これら全ての因子で有意な結果が示された。

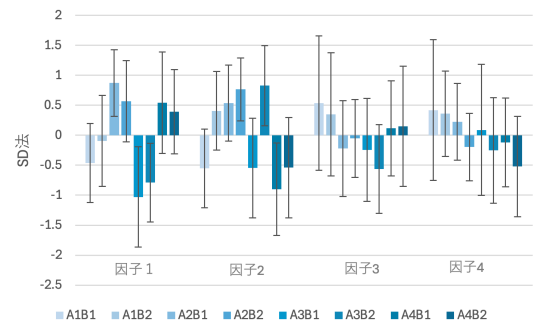


図 3: 各条件の平均値と標準偏差

活動性は要因 A に有意差があり、多重比較により $\{A2, A4\} > A1 > A3$ が確認され怒りの表情は他の表情よりも活動性の印象が強くなることが明らかとなった。また、交互作用も確認された、交互作用グラフを図 4 に示す。A2 水準において $B1 > B2$ 、B1 水準において $\{A2, A4\} > \{A1, A3\}$ 、B2 水準において $A2 > A1 > A3$ 、 $A4 > A3$ となり、表情と表情の強弱の組み合わせによって活動性についての印象が異なることが明らかになった。

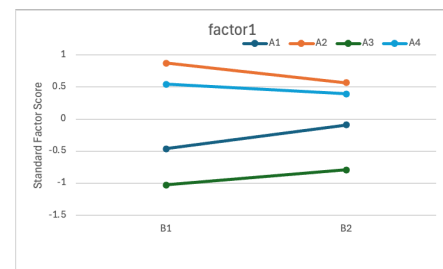


図 4: 活動性 交互作用グラフ

覚醒性は要因 A、要因 B 共に有意差があり、多重比較により $A2 > \{A1, A3\} > A4$ が確認され、悲しみが一番覚醒性の印象が弱く、嫌悪の表情が覚醒性の印象が最も強くなることが明らかとなった。また、交互作用も確認された、交互作用グラフを図 5 に示す。A2 水準と B1 水準において $A2 > \{A1, A3, A4\}$ 、B2 水準におい

表 4: 因子得点の結果

	A		B		AB		単純主効果
	F	p	F	p	F	p	
因子 1	45.304	<.001*	.278	.603	2.765	.048*	A(b1),A(b2),B(a2)
因子 2	30.347	<.001*	57.709	<.001*	6.896	<.001*	A(b1),A(b2),B(a1),B(a3),
因子 3	8.073	<.001*	.456	.506	.629	.599	
因子 4	6.24	<.001*	7.529	.012*	.447	.72	

Note. * $p < .05$.

て {A1,A2,A3}>A4, および A3 水準において B2>B1 となり, 表情と表情の強弱の組み合わせによって覚醒性についての印象が異なることが明らかになった。

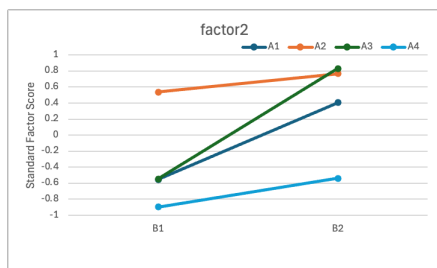


図 5: 覚醒性 交互作用グラフ

集中継続性は要因 A に有意差があり. 多重比較により A1>{A2,A3}, A4>A3 が確認され, 嫌悪や恐れ表情は他の 2 つに比べ集中継続性の印象が低くなること明らかとなった。

親密性は要因 A に有意差があり. 多重比較により A1>A4 が確認され, 表情によって親密性についての印象が異なることが明らかになった。

2.4 自由記述分析結果

自由記述は 24 名から計 181 件得られた. エージェントは問題に対してどのように悩んでいるように見えたかを詳しく知るための自由記述に対し, MeCab で形態素解析を行い抽出した単語群を大砲に, 明鏡国語辞典と大辞泉を参考に類似語で手動によるグルーピングをした. その結果, 断念するという意味を持つ放棄や諦めといったネガティブな姿勢を表す単語や, 結論に辿り着くまでの言葉を表す解法や悩むといった問題に取り組んでいる様子を表す単語が確認された. 自由記述の一例 (表 5) と該当単語の集計結果 (表 6) を下記に示す.

3 考察

怒りの表情は他の表情よりも活動性の印象が強くなった. さらに, 他の表情よりも問題に取り組んでいる一生懸命さや理解度が高い印象を与えた. 一方で, 嫌悪や恐れ表情は他の 2 つに比べ集中継続性が低くなったことから, 嫌悪や恐れ表情は問題に対し解くというよりも, 放棄するような印象が強く見られると推測できる. これらのことから, 表情の種類に対する仮説 H1 は一部支持された. これらの結果について, 嫌悪と恐れ感情が, 怒りと悲しみの感情に比べ持続率が低い感情 [10] のため, 継続感がない感情のように感じられた結果, 放棄の表現に近く捉えられたと考えられる. しかし, 継続時間が一番長いと考えられる悲しみが集中継続性に大きく影響はなかった. これは, 悲しみという感情の覚醒度が他の 3 つに比べて高くない [11] ため, 取り組んでいる印象が得られなかったと考えられる. そのため, 覚醒度と持続率の両方が高い怒りの感情において, 問題を解いている印象が高くなったと推測される. このように, 考える表現には, 一生懸命さと継続性のある感情が重要な要因であることが示唆された.

感情の強弱においては, 弱いネガティブな感情表現の方が理解度が高く受け取られる傾向が示されたことから, 強い強度の表情では問題の解法に辿りついてはいるような印象で, 弱い強度の表情が問題の解法にたどり着いたような印象を与えることが推測できる. また, 不安は強いネガティブな表情によって強く表された. よって, 感情の強度に対する仮説 H2 は支持されなかった. 感情の覚醒度が高いまたは感情価が高いことは, 感情的アクティビティが行われている状態と認知され, 結果的に思考中と解釈された可能性がある.

今回の実験設計では, エージェントの静止画像を使って検証しており, 感情表出までの速度や表出時間による影響は鑑みていない. 取り組んでいる様子の表情を見せる時間が長くなれば, 同じ表情でも難易度が高く感じられると考えられ, 解答までの時間や表出速度を鑑み, 緩急をつけた取り組みの時系列デザインを考え取り組んで行く必要がある.

表 5: 自由記述一例

A1B1(嫌悪/強)	A1B2(嫌悪/弱)
面食らっていて、あまり思考を感じられない。 問題がわからず、放棄しようか迷っている	手につかないわけではないが、「ん!？」と躓いているように見える。 解き方を考え、最終的には問題を解けそう
A2B1(悲しみ/強)	A2B2(悲しみ/弱)
問題の解法にたどり着けず、悩んでいるように見える。 最終的に半分までしか解けなさそうな予感をさせられる。 問題の解き方に見当もつかず困り果てている	どうやって解こうか思い出している。 解法さえ思い出せれば、正解あるいはいいところまではいきそう。 現在は特に解法を見出せていないように見える。 問題が解けず、手が止まってしまい困っている
A3B1(怒り/強)	A3B2(怒り/弱)
問題の難易度を高く感じ、どうしようかと膨れているように見える。 少し怒りも感じる。解こうという気概は感じない。 必死に考え手を動かしながら問題を解こうとしている	あまり悩まず淡々と解いている。 時々手を止めつつも、完答はできそう。 悩むというより問題を考え、解き方を模索している
A4B1(恐れ/強)	A4B2(恐れ/弱)
悩む以前に強く面食らっており、まず手がつくのか?という段階。 問題がわからず、解く以前に考えられない状態	悩む以前に完全に面食らっており、まず手がつくだろうか?という段階。 一目見た時に問題が解けず、内容理解もママらならない

表 6: コメント集計結果

	A1B1(嫌悪/強)	A1B2(嫌悪/弱)	A2B1(悲しみ/強)	A2B2(悲しみ/弱)	A3B1(怒り/強)	A3B2(怒り/弱)	A4B1(恐れ/強)	A4B2(恐れ/弱)
放棄	3	2	0	0	0	0	3	3
諦め	2	2	1	0	2	0	4	4
解法	0	0	4	4	1	0	0	0
悩む	0	0	3	3	2	4	0	0

4 おわりに

本研究では、個々の「わからない」に寄り添うことを目的とし、共感や不安を表出するエージェントと協働的に対話し課題に取り組むシステムを提案する。そして本稿では、エージェントのネガティブな表情で、問題に対する「わからない」段階での内部状態の表現方法を検討するため、複数のネガティブな表情とその強度を変化させたエージェントと問題文で構成された協働学習場面の画像を作成し検証した。その結果、悩んでいるように見える度合いには有意差は見られなかった一方、怒りの感情は強度が高いと問題に取り組んでいる印象が強く、強度が弱い方が問題の解法にたどり着いているような印象が高まった。

今後は、ユーザの感じる問題難易度とエージェントの表現する難易度の差が適切になるよう調整し、効果的な共同学習者にしていくことを目指す。また、オーバーな表情として捉えられ不自然な印象をもたらすことを防ぐため、ユーザの理解状態の推測 [12] の部分も取り入れたい。さらに、適切な身体動作と表情を組み合わせることによりさらに共感性が高まる [6] ことから本稿で明らかとなったわからないが取り組んでいるという顔表情に、わからない状態を表現できる姿勢やポーズ [13] を組み合わせ、協働学習エージェントの「わからない」の表現方法をさらに検討する。

謝辞

本研究は一部JSPS 科学研究費補助金 24K02977, 19K12090, 21K11968, 23K11278, 22K19792 の補助を受けて実施した。実験参加者のご協力に深く感謝する。

参考文献

- [1] 文科省. 個別最適な学びと協働的な学びの一体的な充実に関する. https://www.mext.go.jp/content/210330-mxt_kyoiku01-000013731_09.pdf, 2024/02/17.
- [2] 玉井康之, 川前あゆみ. 「令和の日本型学校教育」の社会背景と教育観の転換—少子化・小規模校化時代の個別最適で協働的な学びの展望—. 教育学の研究と実践, Vol. 18, pp. 2–11, 2023.
- [3] 鈴木郁子. 教師の資質向上を目的とした共感研究の必要性. 名古屋大学大学院教育発達科学研究科紀要. 心理発達科学, Vol. 53, pp. 85–96, 2006.
- [4] Sarah J Mann. E-learning in the 21st century—a framework for research and practice. *Innovations in Education and Teaching International*, Vol. 40, No. 3, p. 313, 2003.
- [5] 津田ひろみ. 大学授業における協働学習の効果の検証: 自律的な学習者の育成をめざして. 明治大学教職課程年報= Annual of the Teacher-Training Course at Meiji University, No. 38, pp. 133–143, 2015.

- [6] 松居辰則. ロボットによる学習支援における非言語コミュニケーションの効果. *人工知能*, Vol. 39, No. 2, pp. 134–142, 2024.
- [7] 谷崎悠平, 吉川大弘, 古橋武ほか. 教育支援ロボットにおける身体動作と表情変化による共感表出法の印象効果. *知能と情報*, Vol. 30, No. 5, pp. 700–708, 2018.
- [8] 志村友, 田和辻可昌, 松居辰則. 学習支援ロボットの表情と身体動作が学習者に付与する「安心感」に関する実験的検討. 一般社団法人人工知能学会, p. 03, 2019.
- [9] Paul Ekman, Wallace V Freisen, and Sonia Ancoli. Facial signs of emotional experience. *Journal of personality and social psychology*, Vol. 39, No. 6, p. 1125, 1980.
- [10] Philippe Verduyn and Saskia Lavrijsen. Which emotions last longest and why: The role of event importance and rumination. *Motivation and Emotion*, Vol. 39, No. 1, pp. 119–127, 2015.
- [11] James A Russell. A circumplex model of affect. *Journal of personality and social psychology*, Vol. 39, No. 6, p. 1161, 1980.
- [12] 北岸佑樹, 俵直弘, 小川厚徳, 浅見太一, 吉次俊輔, 米澤朋子. ユーザ間の理解度表出パタンの類似性を用いた理解度推定. *電子情報通信学会論文*, Vol. J108-D, No. 2, 2025.
- [13] 角谷ひなた, 柳朋輝, 米澤朋子. 協働学習時におけるエージェントの共感的な身体動作の影響. HAI シンポジウム, 2024.