

長期実験における教育支援ロボットの表情変化と身体動作を用いた共感表出法による効果

Effect of Sympathy expression method by Face and Body of Educational-Support Robot in Long Term Experiment

谷 寄 悠 平 *¹
Yuhei Tanizaki

ジメネスフェリックス *¹
Felix Jimenez

吉 川 大 弘 *¹
Tomohiro Yoshikawa

古 橋 武 *¹
Takeshi Furuhashi

加 納 政 芳 *²
Masayoshi Kanoh

*¹名古屋大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering Nagoya University

*²中京大学工学部
Engineering Chukyo University

Recently, educational-support robot have been attracting increasing attention as learning-support devices. Previous research has proposed the sympathy expression method that robot expresses emotions which sympathize with learner. In previous research, the sympathy expression method has been used for the robot which expresses its emotion by face. However, no research for sympathy expression method using the robot which expresses its emotion by using body or unifying body and face. Therefore, this paper examines the learning effect and the impression about three types robots which have different emotion expression methods in long term experiment.

1. はじめに

近年、教育現場で活躍できる教育支援ロボットの研究開発が行われている。例えば、ジメネスらは、人とロボットが問題を交互に解きあう協調学習を行うことができるロボットに関する研究を行っている [1]。しかしながら、教育支援ロボットには、学習が進むにつれて学習者がロボットとの学習に飽きてしまうという問題点がある。

従来研究では、教育支援ロボットの飽きの問題を解決するために、ロボットが学習者に共感するような感情を表出する、共感表出法が提案された [2]。そして被験者実験を通して、共感表出法を用いたロボットとの共同学習は学習者の飽きを軽減できる可能性があることを示唆した。しかしながら、この共感表出法は表情変化によって感情を表出するロボットのみを対象に検討されている。HRI の従来研究では、ロボットの身体動作は、人とのインタラクションやロボットの感情伝達に有効であると報告されている [3]。そのため、表情変化による共感表出法に身体動作を加えることで、共感表出法によって促される効果を高められると考える。

そこで本稿では、被験者実験を通して、表情変化と身体動作による共感表出法を用いた教育支援ロボットが学習者に与える効果を検討する。具体的には、身体動作によって共感表出を行うロボット、表情変化によって共感表出を行うロボット、表情変化と身体動作によって共感表出を行うロボットを比較することで、どのような共感表出を行うロボットが学習者との共同学習において有効なのかを検討する。

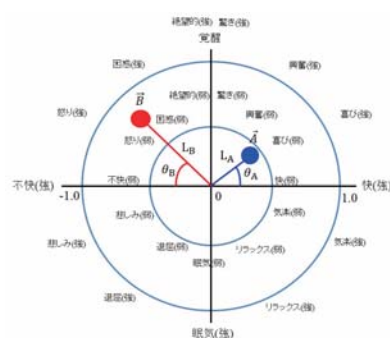


図 1: 共感表出法



図 2: Tabot

2. 共感表出法

共感表出法は、人の感情変化を円環上のモデルにした Russell の感情円環モデルを基に構築されている (図 1)。共感表出法は、学習者にロボットが共感していると感じさせるために、正解用感情ベクトル \vec{A} と不正解用感情ベクトル \vec{B} の二つを用いて、円環モデル上における感情を表出する。学習者が問題に正解した場合は \vec{A} を、不正解であった場合には \vec{B} を基準に感情を表出する。 \vec{A} は $0 \leq L_A \leq 1.0$ かつ $-90^\circ \leq \theta_A \leq 90^\circ$, \vec{B} は

$-1.0 \leq L_B \leq 0$ かつ $-90^\circ \leq \theta_B \leq 90^\circ$ の範囲内で座標点を移動する。 $L \cos \theta$ は快不快の軸、 $L \sin \theta$ は覚醒眠気の軸に対応し、以下のように感情ベクトルが変動する [2]。

if (学習者が問題に正解)

$$L_A \leftarrow L_A + 0.2$$

$$L_B \leftarrow L_B - 0.2$$

else

$$L_A \leftarrow L_A - 0.2$$

$$L_B \leftarrow L_B + 0.2$$

if (解答時間 < 基準時間)

if (学習者が問題に正解)

$$\theta_A \leftarrow \theta_A + 15$$

連絡先: 谷 寄 悠 平, 名古屋大学大学院工学研究科, 愛知県名古屋市千種区不老町工学部 3 号館 306 号室, 052-789-2793, 052-789-3166, tanizaki@cmlpx.cse.nagoya-u.ac.jp

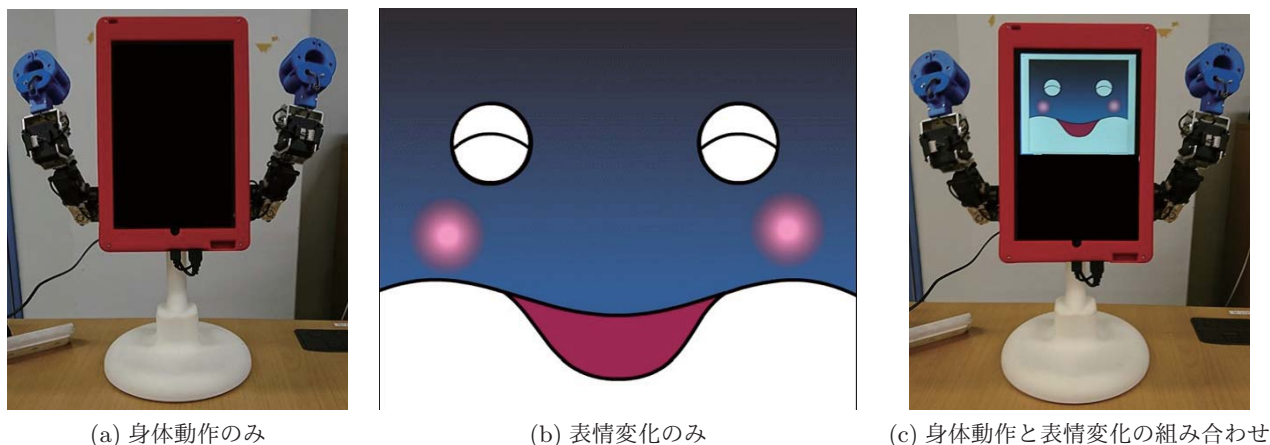


図 3: 喜びを表出する動作例

```

else
   $\theta_B \leftarrow \theta_B + 15$ 
else
  if(学習者が問題に正解)
     $\theta_A \leftarrow \theta_A - 15$ 
  else
     $\theta_B \leftarrow \theta_B - 15$ 

```

本実験では、基準時間を学習者の一問前の問題における解答時間とする。ただし、1 問目の問題の場合は、60 秒とする。

3. ロボット

3.1 ロボットの概要

本稿では、頭部がタブレットであるタブレット型ロボット「Tabot」を開発し実験に用いた（図 2）。Tabot は、頭部のタブレットにエージェントを表出することで、多様な表情変化を行うことができる。また、Tabot は、首の自由度が 3、両腕の自由度が 10、脚部の自由度が 1 であり、合計 14 の自由度を持つ。そのため、多様な身体動作を行うことができる。これらにより、Tabot は様々な表情変化と身体動作を組み合わせることで、多様な感情表出が可能である。本実験においては、ロボットの外観による作用をなくすために、Tabot を 3 台使用して実験を実施した。

3.2 ロボットの表情変化と身体動作

Tabot のタブレット上に表示するエージェントは、デザイナーによるデザインを基に作成した。またエージェントの表情変化も、デザイナーによるデザインを基に感情円環モデルに存在するすべての感情に対応した表情を 2 種類ずつ作成した。Tabot の身体動作は、人における身体動作と感情の関係について記された参考文献 [4][5] を基に、感情円環モデル上にあるすべての感情に対応した身体動作を 2 種類ずつ作成した。そして、同じ感情を表出する表情変化と身体動作を組み合わせた。各表情変化と身体動作及びその組み合わせは予備実験を通して学習者に感情を的確に伝達できることを確認した。Tabot の感情表出の例を図 3 に示す。

4. 実験

4.1 方法

学習者は SPI2 の非言語分野を学習するための SPI 学習システムを用いて、共感表出法が搭載されたロボットと共に学習す



図 4: 学習時の Tabot の様子

る。学習システムは、SPI2 の非言語分野に関する問題を提示し、学習者がその問題を解答すると正誤判定を提示する。学習者は、学習システムで提示された問題を解きながら学習する。

学習者は大学生 30 名である。30 名の学習者は、身体動作のみで共感を表出するロボットと共に学習する「身体動作群」、表情変化のみで共感を表出するロボットと共に学習する「表情変化群」、身体動作と表情変化を組み合わせ共感を表出するロボットと共に学習する「身体表情統合群」に 10 名ずつ振り分けて、1 か月間、1 回 40 分の学習を週に 2~3 回程度行う。学習は合計 12 回行われる。1 回目と 12 回目の学習では、事前事後の知識を測るために、学習者は単独で学習システムを用いて学習する。2~11 回目では、学習者はロボットと共同学習を行う。

学習時のロボットはタブレットの上側半分に表示、下側半分に学習システムを表示する。学習時のロボットの状態例を図 4 に示す。ロボットは、学習システムにおける正誤判定時のみに、共感表出法に基づいて感情を表出する。それ以外、ロボットは動作しない。

4.2 評価基準

各群の学習者における 1 回目の学習での正解数と、12 回目の学習での正解数の点数の差（向上点数）で学習結果を見た。また、ロボットの印象評価には、印象の定量的評価方法である SD 法を用いた（図 5）。SD 法の項目は「親しみやすい・親

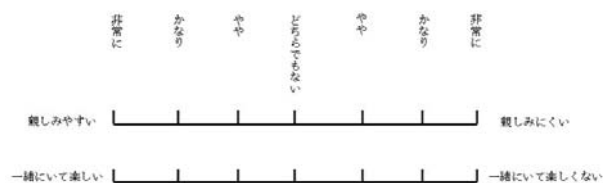


図 5: SD 法によるアンケート例

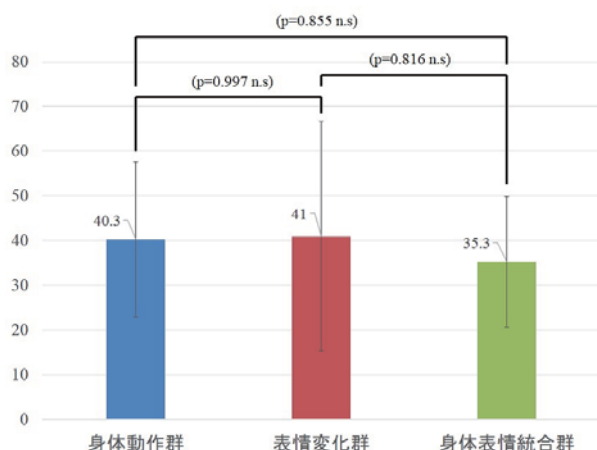


図 6: 各群の向上点数

しみにくい」、「感情的な-理性的な」、「ともに喜んでくれる-ともに喜んでくれない」、「勉強が楽しい-勉強が楽しくない」などの 14 種類の項目である。SD 法による項目は、図 5 の最左部にある「非常に」を 7 とし、右に 1 つ移動するにつれて -1 とする 1~7 の評点で数値化した。また、学習者には、学習の感想を自由記述アンケートにおいて質問した。各群において、11 回目の学習終了時にアンケートを全被験者に対して行った。向上点数及び SD 法の各項目における評価値に対して、テューキーの方法による検定を実施した。有意水準 5% の時に有意差を認めるものとし、ボンフェローニ法を用いて有意水準 ($p:0.0033$) に調整した。

5. 結果

5.1 向上点数

各群の向上点数の平均を図 6 に示す。図 6 から、向上点数は表情変化群が最も高く、次いで身体動作群、身体表情統合群であることがわかる。また、各群間の学習効果を比較するために、テューキーの方法による検定を実施した。その結果、各群間において向上点数には、有意差は認められなかった。

5.2 SD 法の結果

SD 法によるアンケートの結果を図 7 に示す。図 7 から、身体動作群では「思いやりのある」、「優しい」、「私の気持ちを分かってくれる」、「私と感情の変化が似ている」、「共に悲しんでくれる」、「勉強しやすい」、「ロボットに興味をわく」の 7 項目が、表情変化群では「勉強が楽しい」の 1 項目が、身体表情統合群では、「親しみやすい」、「一緒にいて楽しい」、「感じがよい」、「感情的な」、「優しい」、「愛想がある」、「共に喜んでくれる」の 7 項目が最高点をとっている。このことから、身体動作群と身体表情統合群のロボットは、表情変化群のロボットと比べると、学習者に好印象を与えることが推察できる。各群間の

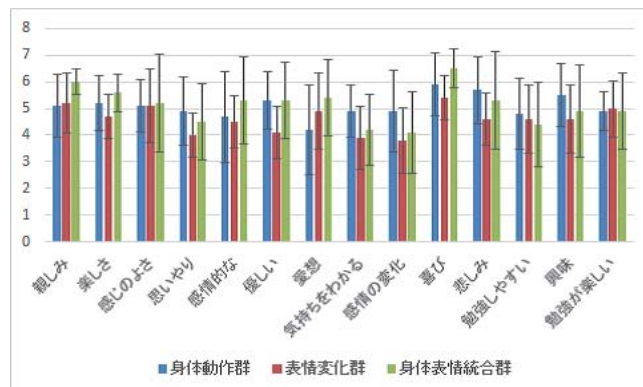


図 7: SD 法によるアンケート結果

SD 法によるアンケート結果を比較するために、テューキーの方法による検定を実施した。その結果、各群間において SD 法によるアンケート結果には、有意差は認められなかった。

6. 考察

実験結果から、学習効果は表情変化群が最も高く、次いで身体動作群、身体表情統合群の順であった。しかしながら、学習効果において有意差は認められなかった。このことから、身体動作のみ、表情変化のみ、またはその両方を用いて共感表出を行うロボットにおいて、学習者に与える学習効果に違いがないことが示唆された。この要因として、ロボットと学習者の直接的なインタラクションがなかったからだと考えられる。従来研究では、ロボットの身体動作はユーザとのインタラクションに有効であると報告されている。一方、本実験では、学習者は学習システムで表示される問題を解き、ロボットは正誤判定時のみに動作を実行する。そのため、ロボットが学習者の動きや言動に対して直接的に反応することがなく、学習者とロボットが直接的にインタラクションするような場面がなかった。これにより、各群の学習者は、ロボットの表情変化や身体動作に注目する場がなく、同様の効果を得たのではないかと考える。

しかしながら、ロボットの印象は身体表情統合群と身体動作群は、表情変化群に比べると好印象な傾向にあった。これは、従来研究で報告されているように、ロボットの身体動作が感情表出に有効に働いたからだと考える。そのため、ロボットが身体動作により感情表出することで、表情変化のみによる感情表出を行ったロボットよりも共感していると学習者が感じることがあると考える。

7. おわりに

本稿では、身体動作と表情変化を同時に行うことができるタブレット型ロボット Tabot に共感表出法を搭載し、身体動作によって共感表出を行うロボット、表情変化によって共感表出を行うロボット、身体動作と表情変化によって共感表出を行うロボットの内、どのロボットが学習者に有効であるのか比較検討した。実験結果から、学習効果においては、表情変化によって共感表出を行うロボットが高く、ロボットの印象においては、身体動作によって共感表出を行うロボットと、身体動作と表情変化によって共感表出を行うロボットが学習者に好印象を与える傾向があった。

今後は、ロボットの表情変化及び身体動作と、学習システムの連携を改善し、感情表出方法の違うロボットの差別化を行っ

ていく。

謝辞

本研究は、文部科学省科学研究費（基盤研究（B）, No.16H02889）の補助を得て遂行された。

参考文献

- [1] ジメネスフェリックス, 加納政芳, 吉川大弘, 古橋武: 建設的相互作用を基に行動するロボットとの協調学習の実現可能性, 人工知能学会論文誌, Vol. 31, No.3, pp.A-F93_1-10, (2016)
- [2] ジメネスフェリックス, 吉川大弘, 古橋武, 加納政芳: 感情表出モデルを用いたロボットとの共同学習がもたらす影響, 知能と情報, Vol. 28, No. 4, pp. 700-704, (2016)
- [3] 神田崇行, 今井倫太, 小野哲雄, 石黒浩: 人-ロボット相互作用における身体動作の数値解析, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No. 11, pp.2699-2709, (2003)
- [4] 東山安子, ローラ・フォード: 日米ボディートーク増補新装版 身ぶり・表情・しぐさの辞典, 三省堂, (2016)
- [5] デズモンド・モリス, 東山安子訳: ボディートーク新装版 世界の身ぶり辞典, 三省堂, (2016)