原著論文

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†

谷 悠平*¹・ジメネス フェリックス*²・吉川 大弘*¹・古橋 武*¹

近年、学習を支援する場面で活躍する教育支援ロボットが注目されている。このようなロボットの問題点として、学習者がロボットの行動を画一的と感じてしまい、ロボットとの相互作用に飽きてしまう点が挙げられる。この問題点を防ぐために、従来研究では学習者の気持ち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。実験結果から、共感表出法を搭載したロボットは学習者の飽きを軽減できる可能性を示唆した。共感表出法は、ロボットの表情変化によって感情を表出するが、Human-Robot-Interactionの研究分野では、ロボットの身体動作は人との相互作用に有効であると報告されている。そのため、共感表出法に身体動作による感情表出を加えることで、共感表出法を搭載したロボットはより学習者に好印象を与えることが可能になると考える。そこで本論文では、身体動作と表情変化によって感情を表出する共感表出法を搭載したロボットが、学習者へ与える印象効果について検証する。

キーワード：人間共生システム, Human-Robot-Interaction, 教育支援ロボット, 共感表出法, 印象効果

1. はじめに

近年、学校生活をサポートするロボット [1] や英語学習を支援するロボット [2] など、学習を支援する場面で活躍する教育支援ロボットが注目されている。これらの研究においては、教育そのものの支援だけでなく、ロボットが持つ実空間での「存在感」が、人との相互作用の体験をよりリアルなものにすることで、学習に対する興味づけなどの面における学習支援にも結びつく可能性がある [3]。また、人と会話する際に、画面上のエージェントと比べてロボットのアドバイスに優位性がある [4] という報告もある。これらの研究から、学習方法の指示や問題解決の手助けなどを扱うにあたり、ロボットが学習を支援する際に有効であることが示唆されている。

教育支援ロボットの研究では、教師の役割を想定した教師型ロボットと、学習者と共に学ぶ合うパートナー型ロボットの二つに分かれる。本研究では、パートナー型ロボットに注目する。パートナー型ロボットの研究事例として、小泉ら [5] は、Lego ブロックによる車ロボットの組み立てやその動きを制御するプログラミングを、子供たちが話し合いながら学ぶ状況に、ロボットを「見守り役」として導入した。ロボットは、単に子供たちの行動を管理するのではなく、管理しつつ子供たちの努力を誉めるなど、社会的にポジティブな関係を持つとする見守り役である。その結果、子供たちが積極的にロボットに関わるようになり、子供たちの協調学習も活発化する傾向が見

図 1 共感表出法

出され、学習意欲の向上が示唆された。本論文における「協調学習」は、複数人のグループにおいて、あるテーマに沿って自由な考え方により、議論しながら学習していく学習のことを示す。

パートナー型教育支援ロボットには、学習者がロボットの行動を画一的と感じてしまい、ロボットとの共同学習に徐々に飽きてしまうという問題点がある。本論文における「共同学習」は個人学習において、ある課題となる問題群を共に解きながら学習を進めていくことを示している。ジメネスら [6, 7] が実施した大学生とロボットが共に学習する実験では、学習初めは大学生はロボットと交互に問題を解きながら共同学習するが、学習期間の終わりの方は、ロボットに飽きてしまい、ロボットと問題を交互に解かず、無視するようになることを報告している。

前述した飽きの問題を解決するために、従来研究では学習者の気持ちに共感するような感情を表出する感情表出モデル

† Impression Effects of Educational Support Robots using Sympathy Expressions Method by Body Movement and Facial Expression
Yuhei TANIZAKI, Felix JIMENEZ, Tomohiro YOSHIKAWA, and Takeshi FURUHASHI

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

*² 愛知県立大学情報科学部
Graduate School of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

図2 Tabot

図3 Tabot の関節構造

(以下、共感表出法)が提案された[8, 9]。共感表出法は、Russellの感情円環モデル[10]を基とした感情表出モデルである。Russellの感情円環モデルは、感情を、快-不快と覚醒-睡眠の2軸で表現される、2次元座標空間上に写像したものであり、座標点などを基準にして感情を表出する。共感表出法は、ロボットが学習者に共感できるように、正解と不正解用の二つの感情ベクトルを用いて感情を表出する。さらに、感情ベクトルの原点からの長さや角度を、学習者の正誤判定と解答時間に応じて変動させることで、学習者の学習経過に応じて異なる感情を表出することを可能にする。従来研究における実験結果から、共感表出法を搭載したロボットは学習者のロボットに対する親密度の向上を促し、ロボットへの飽きを軽減できる可能性を示唆した。

従来研究における共感表出法は、表情変化によって感情を表出するロボットのみで検討されている。一方、Human-Robot-Interactionの研究分野では、ロボットの身体動作は人との相互作用に有効であると報告されている[11]。共感表出法においても、表情変化だけでなく、身体動作を使用して感情を表出することで、共感表出法を搭載したロボットは学習者により好印象を与えることができ、学習者のロボットに対する飽きをより軽減できると考える。

本論文では、身体動作と表情変化によって感情を表出する共感表出法を搭載したロボットが学習者へ与える印象効果について検証する。共感表出法は、従来研究と同様に正解と不正解用の二つの感情ベクトルを用いて感情を表出する。そして、感情ベクトルの原点からの長さや角度を、学習者の正誤判定と解答時間に応じて変動させることで、学習者の学習経過に応じて異

なる感情を表出する。

本論文では、初めに第2章でRussellの感情円環モデルを基にした共感表出法について説明し、次に第3章において、本実験で使用したタブレット型教育支援ロボットについて述べる。第4章で被験者実験を通して、共感表出法を搭載したロボットが学習者に与える心理効果を評価する。最後に第5章で考察し、第6章でまとめる。

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とした感情表出モデルである(図1)。この手法では、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、円環上の感情を表出する。学習者が問題に正解した場合には、ロボットは正解用感情ベクトル $\vec{A}$ を用いて感情を表出し、学習者が問題に不正解であった場合には、不正解用感情ベクトル $\vec{B}$ を用いて感情を表出する。ここで、 $\vec{A}$ 、 $\vec{B}$ の大きさを L_A 、 L_B とし、 $\vec{A}$ 、 $\vec{B}$ と快-不快の軸とでなされる角を θ_A 、 θ_B とする。但し、 θ_A 、 θ_B は、快-不快の軸に対して覚醒側を正、眠気側を負とする。 $\vec{A}$ は $0 \leq L_A \leq 1.0$ かつ $-90^\circ \leq \theta_A \leq 90^\circ$ 、 $\vec{B}$ は $0 \leq L_B \leq 1.0$ 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[8]。

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)

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

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

$$\theta_B \leftarrow \theta_B - 15$$

共感表出法における感情ベクトルの長さや角度の変動具合は、従来研究[8]で示されているパラメータを使用した。従来研究[8]では、学習データを用いたシミュレーション実験を通してパラメータを決定したと報告している。学習データは、10名の学習者が、個々に学習システム上で問題を20問解いた際の、正解/不正解とその解答時間で構成されている。シミュレーション実験では、 $L \pm (0.2, 0.3, 0.4)$ と、 $\theta \pm (10^\circ, 15^\circ, 20^\circ)$ の各組み合わせで感情ベクトルが変動する共感表出法の「表出感情数」と「感情変化数」を調査している。表出感情数は、1回の学習(20問)において、各手法で表出された感情の種類数である。また感情変化数は、1回の学習において、表出される感情が一つ前の問題で表出された感情から変化した数である。

図4 身体動作を用いた感情表出

これら二つの数字が高いほど、学習者がロボットと学習する状況において、ロボットの画一的な感情表出を回避し、多様な感情を表出していることを表している。シミュレーション実験の結果、 $L \pm 0.2$ と $\theta \pm 15^\circ$ の組み合わせで感情ベクトルが変動する共感表出法は、他の組み合わせで感情ベクトルが変動する共感表出法に比べて、表出感情数と感情変化数が高いことが示された。このことから、 $L \pm 0.2$ と $\theta \pm 15^\circ$ の組み合わせで感情ベクトルが変動する共感表出法をロボットが用いることで、ロボットは多様な感情を表出することが可能であると報告している。そのため、本論文の共感表出法においても、従来研究と同様に感情ベクトルは、 $L \pm 0.2$ と $\theta \pm 15^\circ$ の組み合わせで変動する。

解答時間は学習者が問題を解くのに費やした時間であり、基準時間は従来研究 [8] に従い、学習者の一問前の問題における解答時間とする。従来研究 [8] において、基準時間もシミュレーション実験の結果を基に決定されているため、感情表出数と感情変化数が最も高くなる時間が設定されているただし1問目の問題の場合は、60秒とする。本実験では、身体動作または表情変化によって感情を表出する共感表出法の差を調査するために、実験で使用する全ロボットは同じ共感表出法を搭載する。

3. ロボット

本論文では、頭部がタブレットで構成されてい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、多様な表情変化を表出することができる。また、Tabotの身体部分は、首の自由度が3、片腕の自由度が5、脚部の自由度が1であり、合計で14の自由度を持つ。図3の数字（2から15）は

Tabotの可動部を示し、それぞれの番号の矢印が可動部の動き方を示す。また、回転方向の動きについては対称の回転を行うことができる。これにより、多様な身体動作が行える。これらの多様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を行うことが可能である。

本実験では、Russellの感情円環モデル上にある13種類の感情について、それぞれ強弱をつけた2種類ずつの感情を用いる。Tabotのタブレット上におけるエージェントの全表情変化は、ロボットやキャラクターの表情および全身のデザインを行っているプロのデザイナーによるデザインを依頼した。デザイナーには、感情円環モデル上に存在するすべての感情に対応した表情変化を、強弱の2種類ずつ作成するように依頼した。そして、そのデザインを基にエージェントを開発した。また、エージェントの表情変化による感情表出は、予備実験を通してロボットからユーザーに対して、こちらが意図した感情を的確に伝達できることを確認した [12]。予備実験では、23名の被験者にエージェントによる表情変化を見せ、どの感情を表出していると感じるかを答えてもらった。その結果、半数以上の被験者に対して意図した感情が伝達できることがわかった。これらにより、エージェントの表情変化は、意図した感情を表出できていると考える。一方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 [13, 14] を基に、感情円環モデル上に存在するすべての感情に対応した身体動作を、強弱の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それぞれ強弱を対応させながら組み合わせることで、感情円環モデル上のすべての感情に対応した、表情変化と身体動作を同時に行う感情表出を作成した。これらの身体動作による感情表出、表情変化と身体動作を組み合わせた感情表出は、複数回の予備実験を通してロボットからユーザー

図5 表情変化を用いた感情表出

図6 身体動作と表情変化を組み合わせた感情表出

に対して、こちらが意図した感情を的確に伝達できることを確認した [12]。表情変化、身体動作共に予備実験において感情を的確に伝達できることを示す条件として、「被験者に感情を表出している表情変化、身体動作を見せた際に、被験者の半数以上がその感情を伝達しようとしていると判断できること」とした。身体動作を用いた感情表出の一覧を図4、表情変化を用いた感情表出の一覧を図5、身体動作と表情変化を組み合わせた

感情表出の一覧を図6に示す。また、本実験において、ロボットの外見による作用をなくすために、実験には全て同じロボットを使用する。

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

図 7 学習時の Tabot の様子

テムを用いて、共感表出法を搭載したロボットと共に学習する。学習者は理系大学生及び大学院生 12 名（男性 11 名、女性 1 名）である。被験者の年齢は 22 歳から 24 歳である。また、被験者全員が Tabot に関する知識はなく、今回の実験において初めて Tabot を使用する。学習者は、身体動作を用いて感情を表出するロボット（図 4）と共に学習する「身体動作群」、表情変化を用いて感情を表出するロボット（図 5）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て感情を表出するロボット（図 6）と共に学習する「身体表情統合群」の全 3 群における学習を各 1 回ずつ行う。そのため、各群の被験者数は 12 名ずつとなる。また、ともに学習を行うロボットの順序効果による差の発生を避けるために、学習者は全 3 群に対してランダムな順番で学習する。学習者は各群において、SPI の非言語分野の問題 20 問をロボットと共に学習する。ロボットは頭部のタブレットの上側半分のエージェントによる感情表出、下側半分に SPI 学習システムによる問題・解答を表示する（図 7）。ロボットは学習システムにおける正誤判定時に共感表出法における感情ベクトルの動きによって決定された感情表出を行い、それ以外の場合は動作しない。なお、身体動作群においてロボットの表情は常に図 7 の表情を表出しており、表情変化群においてもロボットの身体部分は常に図 7 の状態である。

4.2 学習システム

被験者実験において、学習者とロボットが共に学習する学習システムは、就職における採用選考テストとして用いられる“Synthetic Personality Inventory 2(SPI2)”の非言語分野を用いた。SPI2 の非言語分野は、代金の支払いや損益算などの中学レベルの数学問題で構成される。また問題間において難易度の大きな差はない。大学生、大学院生を学習者とした際に既有知識による学力差は低いと考える。本実験では、SPI2 の非言語分野を学習するための SPI 学習システムを開発した。本システムの問題は、「2014 年度版就職活動の神様の SPI2 問題集」[15]を参考に作成した。

本システムの操作手順について説明する。まずログインすると学習項目と問題数を選択する画面が現れる（図 8(a)）。今回の学習システムでは、学習項目は「非言語」のみで構成される。学習項目の下の問題数で「20」を選択するとランダムに選ばれ

た 20 問で、「100」を選択すると全問題で学習を進めることになる。「20」を選択した場合、全問題を解き終わるまで異なる問題が出題されることになっている。本実験において、一回の学習において 20 問を解くため、学習者には「20」を選択するように指示した。学習項目と問題数を選択して「START」をクリックすると、図 8(b) のような学習画面が現れ、学習を始めることができる。学習者は問題を解き、選択してから解答を選択した後、「解答」をクリックする。解答後、図 8(c) のように、正解または不正解が表示される。この時、表示された問題とその解説も併せて表示される。「次の問題へ」をクリックすると次の問題の画面に遷移する。「結果」をクリックする、または 20 問を解答し終わると、図 8(d) のように正解数が表示される。図で「間違えた問題で勉強する」を選択すると、間違えた問題で学習することができる。また「もう一度勉強する」を選択すると、学習項目の選択ページ（図 8(a)）に戻る。

4.3 評価方法

異なる感情表出を行うロボットが学習者に与える心理効果を測定するために、印象の定量的評価方法である SD 法 [16] を用いた（図 9）。SD 法の項目は、「親しみやすい—親しみにくい」、「一緒にいて楽しい—一緒にいて楽しくない」、「感じの良い—感じの悪い」、「思いやりのある—思いやりのない」、「感情的な—理性的な」、「優しい—優しくない」、「愛想がある—愛想がない」、「私の気持ちをわかってくれる—私の気持ちをわかってくれない」、「私と感情の変化が似ている—私と感情の変化が似ていない」、「ともに喜んでくれる—ともに喜んでくれない」、「ともに悲しんでくれる—ともに悲しんでくれない」、「勉強がしやすい—勉強がしにくい」、「ロボットに興味をわく—ロボットに興味をわかない」、「勉強が楽しい—勉強が楽しくない」の 14 項目である。SD 法による項目は、図 9 の最左部にある「非常に」を 7 点、右へ行くにつれて -1 点とし、最右部を 1 点とすることで、1 点から 7 点により数値化する。また学習者には、SD 法によるアンケートの最後に自由記述による感想を記入してもらった。全 3 群において同様のアンケートを全被験者に対して、各群での学習の最後に行った。

4.4 結果

SD 法によるアンケートの結果を図 10 に示す。横軸が SD 法における質問項目、縦軸が各群における学習者全員の平均点を示す。「私と感情が似ている」、「勉強が楽しい」という項目では身体動作群の点数が最も高く、「勉強がしやすい」という項目では表情変化群の点数が最も高い。そして、「親しみやすい」、「一緒にいて楽しい」、「感じの良い」、「思いやりのある」、「感情的な」、「優しい」、「愛想がある」、「私の気持ちを分かってくれる」、「ともに喜んでくれる」、「ともに悲しんでくれる」、「ロボットに興味をわく」という項目では身体表情統合群の点数が最も高かった。

本実験では、3 群間において印象による差、印象に大きく関わる可能性のある質問をまとめ、分類することで、ロボットの印象に影響がある要素を見出すことを目的としている。そのため、各群における質問を見つけるのではなく、3 群間の中で共

図8 SPI学習システム

図9 SD法によるアンケート例

通する因子を見つけ分類する必要があると考える。そのため、全3群のSD法の結果をまとめて因子分析を行った。因子分析は、因子数を3とし、最尤法、プロマックス回転を用いた。因子分析の結果を表1に示す。各項目は絶対値が最大である因子に属すとして、項目を3グループに分けたところ、「親しみやすい」、「一緒にいて楽しい」、「感じの良い」、「感情的な」、「愛想がある」、「ロボットに興味がある」の6つの項目が含まれる第1グループ、「思いやりのある」、「優しい」、「ともに悲しんでくれる」の3つの項目が含まれる第2グループ、「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」、「ともに喜んでくれる」、「勉強がしやすい」、「勉強が楽しい」の5つの項目が含まれる第3グループの3つのグループに分けることができる。第1グループを「親密度」、第2グループを「共感度」、第3グループを「友情度」と定義する。

親密度、優しさ、友情度の各群の学習者全員の平均点を図11, 12, 13に示す。全グループにおいて身体表情統合群の平均点は、身体動作群と表情変化群に比べて高いことがわかる。各グループにおける各群間での平均点の差を比較するために、チューキーの方法[17]を用いて検定を行った。有意水準5%のときに有意差を認めるものとし、多重比較を考慮した検定を「親密度」、「優しさ」、「友情度」に対して1回ずつ、合計3回行う。本実験では3回の比較検定を行うので、ボンフェロー

表1 因子分析の結果

項目	第1因子	第2因子	第3因子
親しみやすい	0.74	0.08	0.09
一緒にいて楽しい	0.61	0.21	0.17
感じの良い	0.62	0.19	0.2
感情的な	0.66	0.14	-0.31
愛想がある	0.78	0.23	-0.18
ロボットに興味がある	0.76	-0.49	0.57
思いやりのある	0.18	0.72	0.02
優しい	0.21	0.6	-0.05
ともに悲しんでくれる	0.25	0.52	0.06
私の気持ちを分かってくれる	0.03	0.24	0.67
私と感情の変化が似ている	-0.15	-0.13	0.94
ともに喜んでくれる	0.4	-0.04	0.5
勉強がしやすい	-0.47	0.54	0.56
勉強が楽しい	0.09	0.13	0.59

ニ法を用いて実験全体の有意差の名義水準を $p < 0.0167$ に調整した[18]。検定の結果、親密度において表情変化群と身体表情統合群間に有意差が認められた。

5. 考察

実験結果から、身体動作と表情変化を組み合わせることで感情を表出する、共感表出法を搭載したロボットは、表情変化によって感情を表出する共感表出法を搭載したロボットに比べて、親密度を向上させることが可能であることが示唆された。また、有意差は認められなかったが、「親密度」、「優しさ」、「友情度」において身体表情統合群のロボットは、他群のロボットに比べて評点の平均点が高く、学習者に好印象を持たせる傾向があることを示した。

学習者に行った自由記述の感想を確認すると、表情変化群では「身体動作がない分、ロボットの表情に目が向きづらかった」という意見があった。Tabotは、タブレットの上側半分には

図 10 SD 法によるアンケート結果

図 11 親密度

図 13 友情度

図 12 優しさ

表情変化、下側半分に学習システムを表示している。表情変化によって感情を表出するロボットとの学習時において、学習者は学習システムの問題に集中しているため、ロボットの表情変

化を認識できず、ロボットが自分に共感しているということがわからなかったと考えられる。一方、身体表情統合群のロボットは、身体動作を行うので学習者はロボットの感情表出を認識でき、ロボットが自分に共感していると実感したのではないかと考える。そのため、身体表情統合群のロボットは、表情変化群のロボットに比べて、学習者に親密さを与えることができたと考える。

しかしながら、身体動作群のロボットと身体表情統合群のロボットによる共感表出法との間には印象において有意差が認められなかった。学習者に行った自由記述の感想を確認すると、学習者の中には、「一つ前のロボット（身体動作群）と今のロボット（身体表情統合群）との違いがわからなかった」という意見があった。このことから、学習者の中には、身体動作と表情変化を組み合わせ、感情を表出する共感表出法を搭載したロボットの表情変化を認識できなかったため、身体動作によって感情を表出する共感表出法を搭載したロボットとの違いがわからなかったと考えられる。そのため、身体動作群のロボット

と身体表情統合群のロボットとの間には、印象において差がなかったと考える。

また、問題の正解不正解に注目する。自由記述の感想から、正解時の反応として、身体動作群と身体表情統合群では、「喜んでくれるとこちらもうれしくなった」、「時間をかけて解いた問題があつていると、ロボットが「わーい」と反応してくれてうれしかった」という感想があつた。一方不正解時には、「動いているため、解説が読みづらい」、「すぐに解説が読めなくてもどかしい」という感想があつた。このことから、正解時の印象として身体動作は良い印象を与える傾向にあるものの、不正解時には悪い印象を与える傾向にあると考えられる。表情変化群については、「表情が目に入りにくかった」という感想があり正解不正解に関係なく印象をあまり与えることができなかったと考えられる。この結果より、正解時の快側の感情を抱いているときに快側の感情を身体動作により表出することは、学習者の学習意欲を掻き立てるような印象を与える可能性があると考えられる。一方で、不正解時に大きな身体動作を行ってしまうと学習者に悪い印象を与えてしまう可能性があると考えられる。

これらにより、教育支援ロボットが学習者にロボットが共感していると実感させるためには、表情変化ではなく、身体動作による感情表出が重要であると考えられる。但し、感情を表出する身体動作についての改善が必要であると考えられる。

6. おわりに

本論文では、身体動作と表情変化によって感情を表出するタブレット型ロボット「Tabot」を開発し、身体動作と表情変化によって感情を表出する共感表出法を搭載したロボットが学習者へ与える印象効果について、実験を通して検証した。本ロボットは、正誤判定時に共感表出法を用いて、学習者に共感するような感情を表出する。実験では、同じ共感表出法を搭載した感情の表出方法の異なる3種類のロボットの印象について比較を行った。具体的には、身体動作を用いて感情表出を行うロボット、表情変化を用いて感情表出を行うロボット、身体動作と表情変化を組み合わせる感情表出を行うロボットの3種類のロボットを用いた。実験により、身体動作と表情変化を組み合わせる感情を表出する共感表出法を搭載したロボットは、表情変化によって感情を表出する共感表出法を搭載したロボットに比べて、学習者に親密さを与えることができることを示唆した。また、有意差は認められなかったが、「親密度」、「優しさ」、「友情度」において、身体動作と表情変化を組み合わせる感情を表出する共感表出法を搭載したロボットは、身体動作単独によって感情を表出する共感表出法を搭載したロボットに比べて、学習者に好印象を持たせる傾向があることを示した。

今後は、身体動作、表情変化と学習システムの連携を改善し、長期実験における感情表出方法の違いによる学習効果やロボットの印象についての検討を行う。また、ロボットに対して飽きを感じるのかについて検討する。

No.16H02889)と公益財団法人内藤科学技術振興財団の補助を得て遂行された。

参考文献

- [1] T. Kanda, T. Hirano, D. Eaton, and H. Ishiguro: "Interactive robots as social partners and peer tutors for children: A field trial," *Hum-Comout. Interact.*, Vol.10, No.1, pp. 61-84, 2004.
- [2] O. H. Kwon, S. Y. Koo, Y. G. Kim, and D. S. Kwon: "Telepresence robot system for english tutoring," *IEEE Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts*, pp. 152-155, 2010.
- [3] 神田崇行: "コミュニケーションロボットによる学習支援, 人工知能学会誌, Vol.23, No.2, pp. 229-236, 2008.
- [4] K. Shinozawa, F. Naya, J. Yamato, and K. Kogure: "Differences in effect of robot and screen agent recommendations on human decision-making," *Int. J. of Human-Computer Studies*, Vol.62, No.2, pp. 267-279, 2005.
- [5] 小泉智史, 神田崇行, 宮下敬宏: "ソーシャルロボットを用いた協調学習実験," 日本ロボット学会誌, Vol.29, No.10, pp. 902-906, 2011.
- [6] ジメネスフェリックス, 吉川大弘, 古橋武, 加納政芳: "ロボットの正解率の変動が人との協調学習に及ぼす親密性への効果," 人工知能学会論文誌, Vol.32, No.5, pp.C_H13 1-10, 2017.
- [7] 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.
- [8] F. Jimenez, T. Yoshikawa, T. Furuhashi, and M. Kanoh: "Effects of a Novel Sympathy-Expression Method on Collaborative Learning among Junior High School Students and Robots," *J. Robot. and Mechatron.* Vol.30, No.2, pp. 282-291, 2018.
- [9] ジメネスフェリックス, 吉川大弘, 古橋武, 加納政芳: "感情表出モデルを持つロボットとの共同学習で起こる心理効果," 知能と情報, Vol.27, No.6, pp. 835-844, 2015.
- [10] J. A. Russell: "A circumplex model of affect," *J. of Personality and Social Psychology*, pp. 1161-1178, 1980.
- [11] 神田崇行, 鎌島 正幸, 今井 倫太, 小野 哲雄, 坂本 大介, 石黒 浩, 安西 祐一郎: "人間型対話ロボットののための協調的身体動作の利用," 日本ロボット学会誌, Vol.23, No.7, pp. 898-909, 2005.
- [12] 谷寄悠平, ジメネスフェリックス, 吉川大弘, 古橋武: "ロボットの表情変化と身体動作による感情表出法に関する印象実験," 第33回ファジィシステムシンポジウム, pp. 103-106, 2017.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 品川泰一: "2014 年度版就職活動の神様のSPI2 問題集," (株)ユーキャン 学び出版, 2012.
- [16] C. E. Osgood: "Studies on the generality of affective meaning systems," *American Psychologist*, Vol.17, pp. 10-28, 1962.
- [17] 金田行雄, 笠井理生, 古橋武: "統計・多変量解析とソフトコンピューティング 超多自由度系解析を目指して 改訂版," 共立出版, 2014.
- [18] N. Salkind: "Bonferroni test," *Encyclopedia of Measurement and Statistic*, Vol.1, pp. 103-107 SAGE Publications, 2007.

(2018 年 2 月 27 日 受付)

(2018 年 7 月 5 日 採録)

[問い合わせ先]

〒464-8603 愛知県名古屋市中千種区不老町

名古屋大学大学院工学部 3 号館 306 号室

谷寄 悠平

TEL: 052-789-2793

E-mail: tanizaki@cmplx.cse.nagoya-u.ac.jp

謝辞

本研究は、文部科学省科学研究費(基盤研究(B)),

—— 著 者 紹 介 ——

たにざき ゆうへい
谷崎 悠平 [非会員]

2017 年名古屋大学工学部卒業，同年，同大学大学院工学研究科博士前期課程進学現在に至る。Human-Robot-Interaction の研究に従事。

ジメネス フェリックス [正会員]

2016 年名古屋大学大学院工学研究科博士課程計算理工学専攻修了，2014-2016 年日本学術振興会特別研究員（DC1），2016-2018 年名古屋大学大学院工学研究科助教，2018 年 4 月愛知県立大学情報科学部助教，現在に至る。Human-Robot-Interaction の研究に従事。日本ロボット学会，人工知能学会，日本知能情報ファジィ学会，日本認知科学会各会員，IEEE などの会員。

よしかわ ともひろ
吉川 大弘 [正会員]

1997 年名古屋大学大学院博士課程修了。同年カリフォルニア大学バークレー校ソフトコンピューティング研究所客員研究員。1998 年三重大学工学部助手。2005 年名古屋大学大学院工学研究科 COE 特任准教授。2006 年 10 月同研究科准教授，現在に至る。主としてソフトコンピューティングとその応用に関する研究に従事。博士（工学）。IEEE，情報処理学会，人工知能学会，電子情報通信学会，日本知能情報ファジィ学会，進化計算学会各会員。

ふるはし たけし
古橋 武 [正会員]

1985 年名古屋大学大学院工学研究科博士後期課程電気系専攻修了。工学博士。2004 年名古屋大学大学院工学研究科計算理工学専攻教授，現在に至る。ソフトコンピューティング，感性工学に関する研究に従事。1996 年日本ファジィ学会論文賞受賞。IEEE，日本知能情報ファジィ学会，電気学会等の会員。

Impression Effects of Educational Support Robots using Sympathy Expressions Method by Body Movement and Facial Expression

by

Yuhei TANIZAKI, Felix JIMENEZ, Tomohiro YOSHIKAWA, and Takeshi FURUHASHI

Abstract:

Recently, more educational-support robots, which support learning, are paid attention to. However, the problem of these robots is that a user loses his/her interest in them. To solve this problem, the previous study proposed a sympathy expression method for educational-support robots to enable them to express sympathetic emotions when interacting with learners. The previous study suggested the robots which uses the sympathy expression method prompt learners to reduce losing his/her interest with robots in collaborative learning. Although the sympathy expression method expresses the emotions by changing robot's facial expression, the existing study of Human-Robot-Interaction suggested robot's body movement was effective for interaction with humans. We think that the sympathy expression method that expresses the emotions by robot's body movement and it's facial expression can give more good impression to learners than the sympathy expression method that expresses the emotions by only robot's facial expression. Thus, this paper investigates the impression effect of the robot using the sympathy expression method that expresses the emotions by robot's body movement and it's facial expression.

Keywords: human symbiotic system, Human-Robot-Interaction, educational-support robots, sympathy expression method, impression effect

Contact Address: Yuhei TANIZAKI

Room 306, Building No.3, Graduate School of Engineering Nagoya University
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi 464-8603, Japan
TEL: +81-52-789-2793
E-mail: tanizaki@cmplx.cse.nagoya-u.ac.jp