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†

ジメネス フェリックス*1・吉川 大弘*1・古橋 武*1・加納 政芳*2

ロボット関連の技術進展により、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。一方で、この問題点を防ぐために、Human-Agent-Interactionの分野では、エージェントが感情を持つかのように表情を表出する感情表出モデルが用いられている。実際、ランダムに感情表出するエージェントに比べて、感情表出モデルを持つエージェントは人との相互作用が続くという報告がある。そこで本稿では、感情表出モデルを基に表情の表出を行うロボットが、学習者と共に学習することによって及ぼす心理効果について検討する。

キーワード：Human-Agent-Interaction, 教育支援ロボット, 感情表出モデル, 心理効果, 飽き

1. はじめに

ロボット関連の技術進展により、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の優位性があること[4]や、心理的に難度の高いタスクを行う際には、エージェントよりもロボットがユーザに与える影響力が大きい[5]という報告がある。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、ロボットの持つ身体性が、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、学習者と共に学ぶパートナー型ロボットの二つに分かれる。教師型ロボットの研究事例として、Hanら[6]は、IROBOIという腹部

がモニターとなるロボットを用いて、ロボットが子どもに英語を教示する学習実験を行った。その結果、既存のe-learningや教科書を用いた学習手法に比べ、ロボットを用いた学習手法は、子供達の英語学習に対する集中度や学習効果を高めることができると示唆された。パートナー型ロボットの研究事例として、小泉ら[7]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出され、学習意欲の向上が示唆された。このように、ロボットを人が学習している状況に導入することで、学習効果や学習意欲を向上できるといった研究報告がされ始めており、近い将来、ロボットと人が共に学び合う社会が来ると想定されている[8]。

しかしながら、これらの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、ロボットとの相互作用に徐々に飽きてしまうという問題点がある。神田ら[9]は、コミュニケーションロボットRobovieを小学校に長期間導入し、子どもとの相互作用の関係を影響を調査した。その結果、最初、子どもたちはロボットと積極的に関わろうとする傾向が見られたが、日が経つにつれて、子どもたちとロボットとの相互作用は減少していくことがわかった。また、

† Psychological Effect in Collaborative learning with Robot using Emotion Expression Model
Felix JIMEMEZ, Tomohiro YOSHIKAWA, Takeshi FURUHASHI and Masayoshi KANO

*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
School of Engineering, Chukyo University

ジメネス・加納ら[10]が実施した大学生とロボットが共に学習する実験でも、学習初めは学生はロボットと相互作用するが、学習期間の終わりの方は、ロボットの動作に飽きてしまい、ロボットを無視するようになることを報告している。

このような飽きの問題を解決する方法として、ロボットが感情を持つかのように感情を表出する感情表出モデルを活用することが有効であると考えられる。Human-Robot-Interactionの研究では、ロボットが人とコミュニケーションをとる場合の重要な要素をロボットの感情の表出とし、ロボットに適応した感情表出モデルの提案[11]や、感情表出モデルを用いたロボットが与える影響[12]などの研究開発が行われている。また、和田・柴田ら[13]は、自律的に心や感情を持つかのように行動し、人と身体的に相互作用するペットロボットを開発しており、この相互作用によって、人に楽しみや安らぎなどの精神的効果を与える可能性を示している。さらにジメネスら[14]は、ロボットの直進歩行タスクにおいて、ユーザーがロボットの表情を読み取り、適切な休憩時間を与えることで、目的地までに短時間でたどり着くことを目的としたシミュレーション実験を実施した。その結果、ランダムに感情表出するロボットに比べて、感情表出モデルを持つロボットは、適切な休憩時間をユーザーから受け取るという相互作用を効果的に働かせるという結果を報告している。これらのように、ロボットが人とコミュニケーションをとる場合、ロボットが感情表出モデルを活用することで、人と効果的にコミュニケーションがとれると考えられる。しかしながら、感情表出モデルを用いた教育支援ロボットが、学習者にどのような影響を及ぼすかについては、これまで報告されていない。また、教育支援ロボットに活用できる効果的な感情表出モデルも提案されていない。

そこで本稿では、教育支援ロボットに活用できる感情表出モデルを提案するとともに、そのモデルを用いたロボットが、学習者と共に学習することによって及ぼす心理効果について検討する。感情表出モデルには、Russellの感情円環モデル[15]を用いる。この円環モデルは、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。従来研究において、学習システムで学習する際に、画面上のエージェントが解答の正否によって一緒に喜んだり、悲しんだりするなど、学習者に共感することで、学習者の学習意欲の向上を促すという報告がある[16]。そこで本稿では、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点の座標点を用いて感情表出する感情

円環モデルを提案する。具体的には、学習者が問題に正解した場合は正解用座標点を、不正解した場合は不正解用座標点を基に表出する感情を決定する。さらに、二つの座標点は座標位置を保持しながら、学習者の正否判定と問題の解答時間に応じて変動することで、学習者の学習経過に応じてロボットが異なる感情を変化できるように設定する。例えば、学習初め、学習者が問題を解くのに時間をかけ、不正解が多い場合には、不正解用の座標点が眠気側に移動し、ロボットが眠気かつ不快側の感情を表出することが多くなる。しかしながら、学習が進むにつれて学習者が短時間で正解することで、座標点が覚醒側へ移動し、ロボットが覚醒かつ快側の感情を表出していく。ロボットが学習者の正否判定や解答時間に応じて喜びや悲しみの感情を表出することで、学習者にロボットが自分の気持ちに共感しているように感じさせるとともに、共に学習していることを実感させ、ロボットとの共同学習において感じる飽きを軽減できると期待できる。

本稿では、初めに第2章でRussellの感情円環モデルを基にした提案モデルについて説明し、次に第3章において、シミュレーション実験を基に提案モデルがどのように感情を表出するかについて調査する。第4章で被験者実験を通して、提案モデルを用い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. 感情表出モデル

2.1 Russellの感情円環モデル

ロボットに適用された感情表出モデルの多くは、感情理論の一種であるアージ・システム[17]を応用した感情表出モデルである[18]。しかしながら、この感情表出モデルは、感情表出過程が確定的であるため、人のように変化していく感情の表出ができず、画一的な感情表出になってしまう。そのため、ユーザがロボッ

図1 Russellの感情円環モデル

トとの相互作用に飽きやすいという問題が生じる。これに対しこれまで、確率モデルを用いて感情を表出する感情表出モデル[19]や、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[15]を用いることで、多様な感情を表出する感情表出モデル[14]などが提案されている。本稿では、後者の Russell の感情円環モデルを利用する。この円環モデルは、人とロボット間における相互作用にも活用され、アージュ・システムを用いた感情表出モデルに比べて、効果的に相互作用が行えることが示唆されている[14]。

本稿では、従来の Human-Agent-Interaction 研究において用いられている、一点の座標点を基に感情表出を行う従来モデルと、二点の座標点を基に感情表出を行う提案モデルの二つをロボットに実装して、被験者実験を行う。それぞれのモデルにおいて、快-不快の軸は学習者の正解/不正解、覚醒-睡眠の軸は学習者の解答時間を基準とし、それぞれの基準を満たした際に座標点が2次元座標空間上を移動する。各軸の範囲は、ともに-1.0～1.0である。また、表出する感情は、座標点の角度 θ に応じて決定される。

2.2 従来モデル

このモデルでは、座標点 $A(X, Y)$ を用いて、円環モデル上における感情を決定する。 X は快-不快の軸、 Y は覚醒-睡眠の軸に対応し、以下のように座標点が変動する。

if(学習者が問題に正解)

$X \leftarrow X + 0.2$

else

$X \leftarrow X - 0.2$

if(解答時間<基準時間)

$Y \leftarrow Y + 0.2$

else

$Y \leftarrow Y - 0.2$

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85.5秒と設定した。これは、予備実験として、本学習システムにより解答を行ってもらった被験者18人の平均解答時間である。また、座標点の変動に用いられる座標の増減パラメータも、同じ予備実験において、座標点の移動頻度が最も高かった組み合わせを用いている。このモデルでは、図2に示されている感情の種類を使用する。各感情は15度間隔となっており、 $A(X, Y)$ の角度 θ に応じて、対応する感情を表出する。例えば、 $0 < \theta \leq 15$ の場合は「喜び」、 $15 < \theta \leq 30$ の場合は「幸福」の感情が表出される。感情の種類は、24種類である。

図2 従来モデルの概要

2.3 提案モデル

1章でも触れたが、従来研究において、協調学習を行う際に、エージェントが解答の正否によって一緒に喜んだり、悲しんだりするなど、学習者に共感することで、学習者の学習意欲の向上が促されるという報告がある[16]。そこでこのモデルでは、正解用座標点 $B(X, Y)$ 、不正解用座標点 $C(X, Y)$ の二点を用いて円環モデル上における感情を決定する。学習者が問題に正解した場合は B を、不正解であった場合は C の座標を基準に感情を表出する。 B は $0 \leq X \leq 1.0$ かつ $-1.0 \leq Y \leq 1.0$ 、 C は $-1.0 \leq X \leq 0$ かつ $-1.0 \leq Y \leq 1.0$ の範囲内で座標点を移動する。従来モデルと同様に、 X は快-不快の軸、 Y は覚醒-睡眠の軸に対応し、以下のように座標点が変動する。

if(学習者が問題に正解)

$X_B \leftarrow X_B + 0.2$

$X_C \leftarrow X_C + 0.1$

else

$X_B \leftarrow X_B - 0.1$

$X_C \leftarrow X_C - 0.2$

if(解答時間<基準時間)

if(学習者が問題に正解)

$Y_B \leftarrow Y_B + 0.2$

else

$Y_C \leftarrow Y_C + 0.2$

else

if(学習者が問題に正解)

$Y_B \leftarrow Y_B - 0.2$

else

$Y_C \leftarrow Y_C - 0.2$

図3 提案モデルの概要

従来モデルと同様に、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85.5秒と設定した。座標点の変動で用いるパラメータも、従来モデルと同様に設定した。また、このモデルでは、図3に示されている感情の種類を使用し、 $B(X, Y)$ 、 $C(X, Y)$ の角度 θ と位置に応じて、対応する感情を表出する。角度 θ で表出する感情の種類を、座標点の位置で感情の強弱を決定し、感情を表出する。具体的には、図3のように原点から半径0.5の円内に座標点がある場合は弱の感情を、円外にある場合は強の感情を表出する。各感情は30度間隔となっており、 $15 < \theta \leq 45$ の場合は「幸福」、 $45 < \theta \leq 75$ の場合は「興奮」の感情が表出される。感情の種類は、従来モデルと同

じ24種類(従来モデルの「喜び」が「幸福(弱)」に対応)であり、強の感情12種類、弱の種類12種類で構成される。

3. シミュレーション実験

3.1 方法

シミュレーション実験では、従来研究における、ロボットと学習者が共に学習している際のデータをテストデータとして用い、従来モデルおよび提案モデルを用いたロボットがどのような感情を表出するか検討する。テストデータは、学習者がロボットと共に学習システム上で英単語を18回学習したデータ(英単語データ)[10]と、基本情報技術者資格試験の内容を12回学習したデータ(基本情報データ)[20]の二つである。各テストデータは、それぞれ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る。

本シミュレーションでは、上述の各テストデータを用いて、各学習回数における従来モデルおよび提案モデルの「表出感情数」と「感情変化数」を測定し、比較する。表出感情数は、1回の学習(20問)において、各モデル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。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。

(a) 英単語データ

(b) 基本情報データ

図4 表出感情数の推移

(a) 英単語データ

(b) 基本情報データ

図5 感情変化数の推移

表1 表出感情数の平均と標準偏差

	(a) 英単語データ		(b) 基本情報データ	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
従来モデル	4.8	1.4	3.6	2.0
提案モデル	6.9	1.6	5.9	2.0

表2 感情変化数の平均と標準偏差

	(a) 英単語データ		(b) 基本情報データ	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
従来モデル	9.1	3.0	5.1	4.7
提案モデル	11.3	3.0	8.7	4.0

3.2 結果

図4(a), 図5(a)に, 英単語データにおける各学習回数での表出感情数と感情変化数の推移を, 図4(b), 図5(b)に, 基本情報データにおける各学習回数での表出感情数と感情変化数の推移を示す。また, 表1, 2に, 各学習における表出感情数と感情変化数の平均と標準偏差を示す。図4, 図5, および表1, 2から, 従来モデルに比べて, 提案モデルの表出感情数, 感情変化数はともに大きい傾向にあることがわかる。これらのことから, 提案モデルにおける二つの特徴が共に有効に働き, 学習者が提案モデルを用いたロボットと共に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, 多様な感情を表出できる可能性があると考えられる。

4. 被験者実験

4.1 方法

印象評価を調査するために, 学習者に提案モデルを実装したロボットと共に学習してもらい, 従来モデルを実装したロボットと共に学習した際に受けた印象, 及びランダムに感情を表出するロボットと共に学習した際に受けた印象と比較する。学習者は理系大学3~4年生18名(年齢:20~22)である。また, 男女比は, 男性16名, 女性2となっている。各学習者には, 提案モデルを実装したロボット(提案モデル群), 従来モデルを実装したロボット(従来モデル群), ランダムで感情を表出するロボット(統制群)と共に, 学習システムの問題をそれぞれ20問ずつ解いてもらった。統制群におけるロボットの感情の種類は, 従来モデル, 提案モデルで表出される感情と同じものであり, ロボットは学習者が正解した場合は軸の右側($0 \leq X$)から, 不正解した場合は軸の左側($0 > X$)から, それぞれランダムに感情を表出した。そのため, 統制群における表出感情数と感情変化数は, 正否判定に応じて感情を表出する提案モデルと同等数であると考えられる。また, 順序効果を防ぐため, 3人で構成されるグループを6つ作り, それぞれのグループは異なった順番でロボッ

図6 SPI学習システム

トと学習してもらった。

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には、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、代金の支払や損益算などの中学レベルの数学問題で構成されるため、大学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られる。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(図6)。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」[21]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6(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(20問×5セット)を解き終わるまで異なる問題が出題されるようになっており、学習項目内の問題を一通り行えるようにしている。学習項目と問題数を選択して「START」をクリックすると、図6(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、選択肢から解答を選択した後、「解答」をクリックする。解答後、図6(c)のように、正解または不正解が表示される。このとき、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、または全問題を解答し終わると、図6(d)のように正解数が表示される。図6(d)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を行うことができる。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6(a))に戻る。

4.3 ロボットの概要

ロボットには、教育支援ロボットとしても利用され、効果的に学習が行えるという事例[10]があることから、Ifbot(図7)を用いた。Ifbot内部に学習システムを実装することで、前述した学習システムと連動させることが可能となる。これにより、Ifbotと学習者はモニターに向き合って、共に問題を解いたり、考えたりして学習を進めることができる。

ロボットの感情表出が、学習者のロボットから受ける印象に変化を与えるかを検証するため、ロボットに

図7 Ifbotの外観

は音声認識など、学習者の意図理解に直接的に関わるような機能は使わず、学習システムの画面に応じて動作するものとした。ロボットには、「喜びの発話」、「悲しみの発話」を行う動作を設定し、正否判定(図6(c))が提示されたときにそれらを実行した。喜びの発話は12種類、悲しみの発話は12種類となっており、提案モデルおよび従来モデルにおける各感情に各発話を対応させた。具体的には、幸福の感情が表出されると、「すごい、正解したね。」や、悲しみの感情が表出されると「ああ、残念、間違えてしまったね。」などと発話する。他の発話例として、学習者が正解した場合、「おお、正解だ、やったね」、「すごい、正解だ、時間もそんなにかかってないね」などの発話がある。また、不正解した場合は、「ああ、不正解だね」、「時間かけたのに、間違えちゃったね」、「ああ、くそお、不正解か」などの発話がある。これらにより、学習者はロボットと共に学習していることを体感できると考えられる。

4.4 評価基準

ロボットの印象評価には、Osgoodらにより考案された、印象の定量的評価方法であるSD法を用いた[22]。SD法はHuman-Agent-Interactionにおいて、ロボットの印象を調査するのに最も多く用いられている評価手法である。第1章で述べたように、感情表出モデルを用いた教育支援ロボットが、学習者にどのような影響を及ぼすかについては報告されていない。そのため、感情表出モデルを用いたロボットがユーザーに好印象を与えるという従来研究の報告と同様の効果が、教育支援ロボットにおいても生じるかどうかは不明である。そこで本実験では、Russellの感情円環モデルを持つエージェントがユーザーに与える印象評価を調査した、従来研究[14]のSD法の項目を用いた。具体的には、「気持ちの良い」、「暖か」、「柔らかい」、「ユーモラスな」、「単純な」、「親しい」、「明るい」、「丸い」、「感情的な」、「面白い」の10対の形容詞である。

図8 SD法による印象評価

SD法は、学習者の負担軽減、および学習者に実験の意図が読み取られるのを防ぐために、各群におけるロボットとの学習終了後に実施した。SD法によるアンケート(図8)では、図8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。検定には二元配置分散分析を実施し、下位検定にはフィッシャーのPLSD法を適用した[23]。有意水準は5%とした。

4.5 結果

図9に、SD法によるアンケートで得られた評価値の平均値を示す。図において、数字は平均値、縦のバーは標準偏差を示している。図の各形容詞において、左が提案モデル群、中央が従来モデル群、右が統制群の平均点である。図9から、「気持ちの良い」、「ユーモラスな」、「単純な」、「丸い」、「感情的な」、「面白い」の評価値は、提案モデル群が最も高いことがわかる。各群間の印象評価を比較するため、二元配置分散分析を行った。第一要因を、提案モデル群、従来モデル群、統制群、第二要因をアンケートの各項目として分析を行った。その結果、表3に示すように、二次交互作用および要因2(各項目)での有意差は認められなかったが、要因1では有意差が認められた。そこで群間における印象評価を比較するために、要因1について下位検定であるフィッシャーのPLSD法を行った。その結果、表4に示すように、提案モデル群と統制群間において有意

表3 二元配置分散分析の結果

	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>p value</i>
A(各群)	4.48	2, 539	0.023
B(各項目)	2.30	2, 539	0.094
A*B 交互作用	0.60	2, 539	0.555

表4 フィッシャーのPLSD法の結果

	<i>T</i>	<i>p value</i>
提案モデル群*従来モデル群	1.02	0.31
提案モデル群*統制群	2.94	0.00
従来モデル群*統制群	1.93	0.06

差が認められた。このことから、統制群である、正解／不正解のみを考慮したランダムな感情表出と比較して、提案モデルによるロボットの感情表出方法が、高い印象評価を得ていたと考えられる。

5. 考察

前節において、二点の座標点を用いて感情表出する円環モデルを実装したロボットと学習者が共に学習することで、ランダムに感情を表出するロボットに比べて、学習者に好印象を与える傾向があることが示唆された。好印象を与えた要因として、正解と不正解用の二点の座標点を用いてロボットが感情表出することで、学習者にロボットが共感していると感じたことが要因の一つであったと考えられる。提案モデルを用いたロボットと共に学習した学習者から、「他のロボットと比べて、感情が豊かな気がした」、「このロボットは私と同じ感情を表出していたから、気持ちが良かった」という意見があった。一方で従来モデルを用いたロボットの場合は、「私が不正解しても、ロボットは喜んで感情を表出するから、嫌な気分になった」、「ロ

図9 アンケート結果

ボットは問題に正解した際に悲しみの表情、不正解の場合は喜びの表情を表出する時があり、とても複雑な感情をしていると思った」という意見があった。そして、ランダムに感情を表出するロボットの場合、「ロボットは同じような感情しか表出しないため、面白くなかった」という意見があった。これは、ランダムに感情を表出することで、学習者にとってはむしろ、「喜び」と「悲しみ」の2種類の感情表出と感じられたことを示唆している。従来モデルとは異なり、提案モデルでは、正解と不正解用の二点の座標点を用いて正否判定に応じて感情を表出する。また統制群のモデルとは異なり、二つの座標点は学習者の正解または不正解回数や解答時間に応じて円環モデル上を移動するため、学習者の学習状況に応じて感情を表出できる。これらのことにより、提案モデルを用いたロボットは、学習者に、感情が豊富であること、共感していることを実感させ、結果として学習者が、「気持ちの良い」、「感情的な」、「ユーモラスな」などの好印象をロボットから受けたと考えられる[13, 16]。

しかしながら、二点の座標点を用いて感情を表出する円環モデルを実装したロボットと、一点の座標点を用いて感情を表出する円環モデルを実装したロボットでは、学習者に与える印象評価に大きな違いは表れなかった。この原因として、座標点の角度が大きく変動しなかったことが要因と考えられる。提案モデルでは、座標点の角度に応じて表出する感情を決定している。しかしながら、座標点(X, Y)は問題の正否判定に応じて加減算で更新されるため、例えば、 X 座標の絶対値が大きいとき、 Y 座標が大きく変化しない限り、座標点の角度は大きく変動することはない。今回、学習者はSPIの学習経験はないため、学習中の正解率は15%であり、解答時間は158(± 13.5)と長かった。そのため、提案モデルにおける感情表出は、不正解用の座標点が基準となっていた。また、解答時間も長かったため、不正解用の座標点は X 方向に -0.2 、 Y 方向に -0.2 されることが多くなり、角度は45度付近の一定の値で固定されていたと考えられる。これにより、感情表出が画一的なものになり、一点の座標点を用いて感情を表出する円環モデルによる感情表出と大きな違いがなかったと考えられる。

6. おわりに

本稿では、教育支援ロボットに活用できる感情表出モデルを提案し、提案モデルを用いたロボットが、学習者と共に学習することによって及ぼす心理効果について検討した。本モデルは、Russellの感情円環モデル上で、正解と不正解用の二点の座標点を用いて感情

表出する円環モデルである。実験により、提案モデルを実装したロボットが学習者と共に学習した場合、ランダムに感情を表出するロボットと比べて、学習者に好印象を与える傾向があることが示唆された。しかしながら、従来モデルである、一点の座標点を用いて感情を表出する円環モデルを実装したロボットと比較した場合、学習者に与える印象評価に大きな違いは表れなかった。この原因として、座標点の角度が大きくは変動せず、画一的な感情表出となってしまうことが要因と考えられる。

この解決案として、座標点ではなく感情ベクトルを用いて、感情ベクトルの原点からの長さや角度を直接的に変動させる方法が考えられる。これにより、感情ベクトルが正解／不正解や解答時間に合わせて大きく変動し、画一的な感情の表出を防げることが可能になると考えられる。さらに、本実験での学習者から、「時間をかけて問題を解いた場合は、ロボットにもっと大きいリアクションをして欲しい」や、「いつも間違えている問題に正解した時は、ロボットにもっと喜んで欲しい」などの意見が挙げられた。これらから、学習中の感情変化の仕方は学習者によって異なっていることが推測される。そのため、事前アンケートなどにより学習者の性格や学習態度などを収集することで学習者の特徴を把握し、得られた特徴を考慮して感情を表出する感情表出モデルを構築していく必要があると考えられる。また本稿では、人とロボット、またはエージェント間における相互作用に最も活用され、従来研究[14]において、それまでの感情表出モデルに比べて、効果的に相互作用が行えることが示唆されている、Russellの感情円環モデルを用いた。しかしながら、教育支援ロボットに感情表出モデルを導入した事例はないため、どのような感情表出モデルが教育支援ロボットにおいて有効であるかは明確になっていない。そのため今後、他の感情表出モデルと比較しながら、提案モデルに対する検討を進めていく必要があると考えられる。

今後は、感情表出過程を改良しつつ、長期的な実験による印象評価と学習効果の検証、および連続して同じ感情表出をしないような確率的な操作を行った感情表出モデルとの比較実験の実施などを行い、提案モデルの教育支援ロボットとしての有効性について検討していく予定である。また、ロボットの印象評価について、ロボットの表情の豊かさや、学習者との共感性、ロボットへの飽きなどに対する印象評価なども行っていく予定である。

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," *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol.62, No.2, pp.267-279, 2005.
- [5] W.A. Bainbridge, J. Hart, E.S. Kim and B. Scassel-lati: "The effect of presence on human-robot interaction," *IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pp.701-706, 2008.
- [6] J.Han, M.Jo, V.Jones and J.H.Jo: "Comparative study on the educational use of home robots for children," *Journal of Information Processing Systems*, Vol.4, No.4, pp.159-168, 2008.
- [7] 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.
- [8] 三宅なほみ, 石黒浩: 人とロボットの協創へ向けて, *日本ロボット学会誌*, Vol.29, No.10, pp.868-870, 2011.
- [9] 神田崇行, 平野貴幸, ダニエルイートン, 石黒浩: 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*, Vol.22, No.5, pp.636-647, 2004.
- [10] F. Jimenez and M. Kanoh: "Robot that can promote learning by observing in collaborative learning," *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 2013.
- [11] 古田哲郎, 吉村枝里子, 土屋誠司, 渡辺広一: ラバン理論とプルチック感情モデルを用いたコミュニケーションロボットの動作生成方法, *電子情報通信学会技術研究報告*, Vol.112, No.477, pp.31-36, 2013.
- [12] 田島年浩: 感情をもったペット型ロボット, *映像情報メディア学会誌*, Vol.54, No.7, pp.1020-1024, 2000.
- [13] K. Wada and T. Shibata: "Robot therapy in a care house-its sociopsychological and physiological effects on the residents," *IEEE International Conference on Robotics and Automation* 2006, pp.3966-3971, 2006.
- [14] F.Jimenez, T.Ando, M.Kanoh and T.Nakamura: "Psychological effects of a synchronously reliant agent on human beings," *Journal of Advanced Com-putational Intelligence and Intelligent Informatics*, vol.17, no.3, pp.433-442, 2013.
- [15] J. A. Russell: "A Circumplex Model of Affect," *Journal of Personality and Social Psychology*, pp.1161-1178, 1980.
- [16] 中嶋宏, 森島泰則, 山田亮太, 川路茂保, S. Brave, H. Maldonado and C. Nass: 人間-機械協調システムにおける社会的知性: 心のモデルとパーソナリティによるエージェントの社会的応答について, *人工知能学会論文誌*, Vol.19, No.3, pp.184-196, 2004.
- [17] M. Toda: "Basic structure of the urge operations," *The Urge Theory of Emotion and Cognition*, Chapter 2, *SCCS Technical Report*, 1994.
- [18] T. Ando and M. Kanoh: Psychological Effects of a Self-sufficiency Model Based on Urge System, *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, Vol.14, No.7, pp.877-884, 2010.
- [19] 湯浅将英, 安村禎明, 新田克己: ペイジアンネットを用いた交渉エージェントの表情表出, *情報処理学会論文誌*, Vol.44, No.11, pp.2710-2717, 2003.
- [20] F. Jimenez and M. Kanoh: "Effect of collaborative learning with robot that prompts constructive interaction," *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 2014.
- [21] 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.
- [22] Osgood, C.E.: "Studies on the generality of affective meaning systems," *American Psychologist*, Vol.17, pp.10-28, 1962.
- [23] 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 超田自由度系解析を目指して, 共立出版, 2012.

(2015年 2 月 6 日 受付)

(2015年 7 月 28 日 採録)

[問い合わせ先]

〒464-8603 名古屋市中種区不老町
 名古屋大学大学院工学研究科
 ジメネス フェリックス
 TEL : 052-789-2793
 E-mail : felix@cmlpx.cse.nagoya-u.ac.jp

著者紹介

ジメネス フェリックス [学生会員]

2014年中京大学大学院情報科学研究科博士前期課程修了, 同年名古屋大学大学院工学研究科博士後期課程進学, 日本学術振興会特別研究員(DC1), 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.

かのう まさよし
加納 政芳 [正会員]

2004年名古屋工業大学大学院工学研究科博士後期課程電気情報工学専攻修了. 同年中京大学講師. 2010年准教授. 2015年教授. 現在に至る. 博士(工学). 感性・知能ロボティクス, インタラクションの研究に従事. 2006年日本感性工学会技術賞. 2010年日本知能情報ファジィ学会論文賞. 日本ロボット学会, 人工知能学会, 情報処理学会, 電子情報通信学会, IEEEなどの会員.

Psychological Effect in Collaborative learning with Robot using Emotion Expression Model

by

Felix JIMEMEZ, Tomohiro YOSHIKAWA, Takeshi FURUHASHI and Masayoshi KANO

Abstract :

With the growth of robot technology, more educational-support robots, which support learning, are paid attention to. However, there is a problem in these robots. The problem is that a user loses his/her interest in the robot. To solve this problem, some studies which focus on a model of emotional expressions have been reported in Human-Agent-Interaction. A model of emotional expressions is defined as the agent expressing his/her emotion as with autonomous emotions. These models were shown to be beneficial to effective interaction between an agent and a human. Thus, this paper examines how psychological effect of robot which expresses the emotion by using the model of emotional expressions can prompt learners in a collaborative learning.

Keywords : Human-agent-Interaction, Educational-support robots, Model of emotional expressions, Psychological effect, Losing interest

Contact Address : Felix JIMEMEZ

Graduate School of Engineering, Nagoya University
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, 464-8603, Japan
TEL : 052-789-2793
E-mail : felix@cmplx.cse.nagoya-u.ac.jp