

教育支援ロボットに活用できる感情表出モデルの提案

A propose of an Emotional Expression Model for Educational-Support Robot

ジメネス フェリックス^{1*} 吉川 大弘¹
Felix Jimenez¹ Tomohiro Yoshikawa²
古橋 武¹ 加納 政芳²
Takeshi Furuhashi¹ Masayoshi Kanoh²

¹ 名古屋大学大学院 工学研究科

¹ Graduate School of Engineering, Nagoya University

² 中京大学 工学部

² School of Engineering, Chukyo University

Abstract: With the growth of robot technology, more educational-support robots, which support learning, are paid attention to. However, users tend to lose their interest in these educational-support robots. To solve this problem, a model of emotional expressions have been proposed in human-agent interaction studies. Moreover, this model, in which the agent expresses his/her emotions as autonomous emotions, has been shown to be effective for interactions between agents and humans. Thus, this paper proposes an Emotional Expression Model that can be used in Educational-Support Robot. This paper also investigates the number of emotions that were expressed by the robot using the proposed model through simulation examination.

1 はじめに

ロボット関連の技術進展に伴い、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。例えば、小泉ら [3] は、子供たちが 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話し合いながら学ぶ状況に、「見守り役」としてロボットを導入した。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よう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、子供たちとの協調学習も活発化する傾向が見出され、子供たちの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、多種多様な方法で教育支援ロボットの研究開発が行われている。

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 [4] 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と影響を調査した。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、著者ら [5] が実施した大学生とロボットが共に学習する実験においても、学習初めは学生はロボットと相互作用するが、学習が進むにつれて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。実際、文献 [7] において、ランダムに感情表出することに比べて、感情表出モデルを持つロボットは効果的に相互作用を働かせるという結果を報告している。また、教育支援ロボットにおいても、ランダムに感情表出することに比べて、感情表出モデルを持つ教育支援ロボットが、学習者に好印象を与える傾向があることを報告している [8]。しかしながら、文献 [8] における教育支援ロボットに使用されている感情表出モデルは、モデル上の座標点に応じて感情を表出しているが、有効な座

*連絡先：名古屋大学工学研究科計算理工学専攻
〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町
E-mail: felix@cimplx.cse.nagoya-u.ac.jp

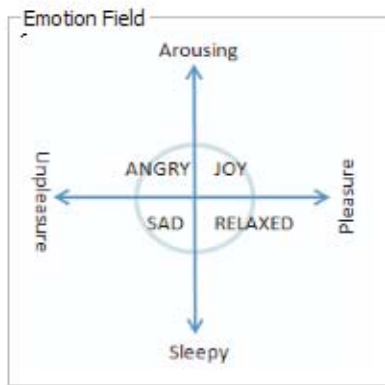


図 1: Russell の感情円環モデル

標点の変動基準が明らかになっていないため、座標点の移動範囲が狭く、表出される感情が画一的になりやすいという問題がある。

そこで本稿では、教育支援ロボットに活用できる新しい感情表出モデルを提案し、シミュレーション実験を通して、提案モデルを用いたロボットがどのように感情を表出するかについて検討する。提案する感情表出モデルには、Russell の感情円環モデル [9] 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。また従来研究において、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 [10]。そこで提案モデルでは、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つの感情ベクトルを用いて感情表出を行う。さらに文献 [8] においては、座標点の X 座標と Y 座標を学習者の正否判定と解答時間に応じてそれぞれ変動させ、座標点の角度に応じて表出する感情を決めていたが、結果として座標点が大きく変動せず、表出される感情が画一的になるという問題があった。そこで提案モデルでは、感情ベクトルの原点からの長さや角度を学習者の正否判定と解答時間に応じて変動させることで、画一的な感情の表出を防ぐ。

2 感情表出モデル

2.1 Russell の感情円環モデル

本稿では、ロボットが感情を持つかのように感情を表出する Russell の感情円環モデル [9](図 1) 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、従来の感情表出モデルに比べて、効果的に相互作用が行えると示唆されている [7]。モデル上における快-不快の軸を学習者の正解/不正解、覚醒-睡眠の軸を学習者の解答時間に対応させ、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。

文献 [8] においては、座標点の X 座標を学習者の正否判定、Y 座標を学習者の解答時間に応じて変動させ、座標点の位置と角度 θ に応じて表出する感情を決めていた。しかしながら、特に 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。そのため、ロボットが表出する感情が画一的になりやすいという問題がある。そこで提案モデルでは、X, Y 座標ではなく、感情ベクトルの原点からの長さ L を学習者の正否判定、角度 θ を学習者の解答時間に応じて変動させ、長さ L と角度 θ に応じて表出する感情を決定する。これにより、座標点が大きく変動することができ、画一的な感情表出を防ぐことができると考えられる。

本稿では、提案モデルの特徴である、(1) 二点の座標点による角度を基に感情表出を行う点、(2) 長さ L と角度 θ を基に感情表出を行う点の効果について検討するため、それぞれ比較モデル 1、比較モデル 2 とし、提案モデルと合わせて三つのモデルについて、シミュレーション実験により比較する。比較モデル 2 は、従来の Human-Agent-Interaction 研究において用いられている、一つの座標点を基に感情表出を行うモデルを基本としている。

2.2 比較モデル 1

従来研究において、協調学習を行う際に、解答の正否によってエージェントが共に喜んだり、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 [10]。そこでこのモデルでは、正解用座標点 $A(X, Y)$ 、不正解用座標点 $B(X, Y)$ の二点を用いて円環モデル上における感情を決定する [8]。学習者が問題に正解した場合は A を、不正解であった場合は B の座標を基準に感情を表出する。 A は $0 \leq X \leq 1.0$ かつ $-1.0 \leq Y \leq 1.0$ 、 B は $-1.0 \leq X \leq 0$ かつ $-1.0 \leq Y \leq 1.0$ の範囲内で座標点が移動する。 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の変動する。

```

if(学習者が問題に正解)
   $X_A \leftarrow X_A + 0.2$ 
   $X_B \leftarrow X_B + 0.2$ 
else

```

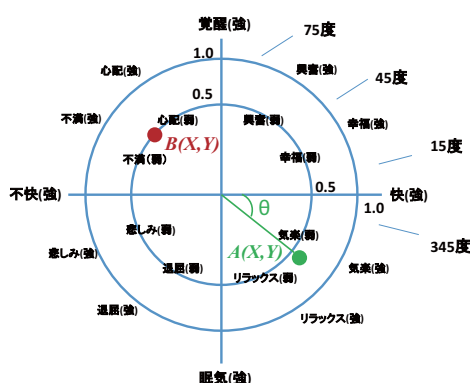


図 2: 比較モデル 1 の概要

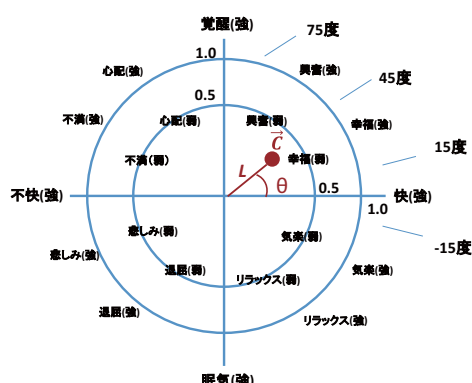


図 3: 比較モデル 2 の概要

$X_A \leftarrow X_A - 0.2$
 $X_B \leftarrow X_B - 0.2$
 if(解答時間 < 基準時間)
 if(学習者が問題に正解)
 $Y_A \leftarrow Y_A + 0.2$
 else
 $Y_B \leftarrow Y_B + 0.2$
 else
 if(学習者が問題に正解)
 $Y_A \leftarrow Y_A - 0.2$
 else
 $Y_B \leftarrow Y_B - 0.2$

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、基準時間は学習者の一回前の学習における平均解答時間とする。このモデルでは、図 2 に示されている感情の種類を使用し、 $A(X, Y)$, $B(X, Y)$ の角度 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 2 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、例えば $15 < \theta \leq 45$ 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、強の感情 12 種類、弱の種類 12 種類で構成されている。

2.3 比較モデル 2

このモデルでは、感情ベクトル \vec{C} を用いて、円環モデル上における感情を決定する。 $L \cos \theta$ は快-不快の軸、 $L \sin \theta$ は覚醒-睡眠の軸に対応し、 $-1.0 \leq L \leq 1.0$ かつ $-90 \leq \theta \leq 90$ の範囲内で以下のように座標点の変動する。

if(学習者が問題に正解)
 $L_{\vec{C}} \leftarrow L_{\vec{C}} + 0.2$
 else
 $L_{\vec{C}} \leftarrow L_{\vec{C}} - 0.2$
 if(解答時間 < 基準時間)
 $\theta_{\vec{C}} \leftarrow \theta_{\vec{C}} + 15$
 else
 $\theta_{\vec{C}} \leftarrow \theta_{\vec{C}} - 15$

比較モデル 1 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、基準時間は学習者の一回前の学習における平均解答時間とする。このモデルでは、比較モデル 1 と同じ感情の種類を使用し、 θ で表出する感情の種類を、 L で感情の強弱を決定することで感情を表出する。具体的には、図 3 のように座標点 C の L が $0.0 \leq L$ の場合は快側の感情を、 $L < 0.0$ の場合は不快側の感情を表出する。また、 $L \leq 0.5$ の場合は“弱”の感情を、 $0.5 < L \leq 1.0$ の場合は“強”の感情を表出する。比較モデル 1 と同様に、各感情は 30 度間隔、感情の種類は強、弱それぞれ 12 種類である。

2.4 提案モデル

このモデルでは、正解用感情ベクトル \vec{D} と不正解用感情ベクトル \vec{E} の二つ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 D を、不正解であった場合は E の座標を基準に感情を表出する。 D は $0 \leq L \leq 1.0$ かつ $-90 \leq \theta \leq 90$, E は $-1.0 \leq X \leq 0$ かつ $-90 \leq \theta \leq 90$ 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-睡眠の軸に対応し、以下のように座標点の変動する。

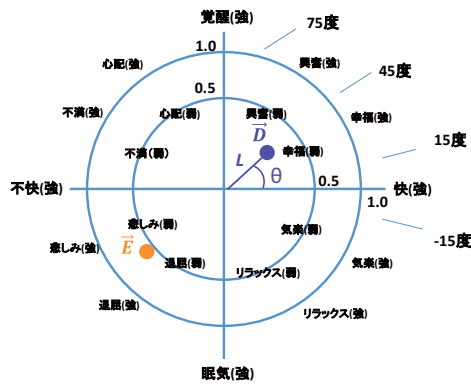


図 4: 提案モデルの概要

if (学習者が問題に正解)

$$L_{\bar{D}} \leftarrow L_{\bar{D}} + 0.2$$

$$L_{\bar{E}} \leftarrow L_{\bar{E}} + 0.2$$

else

$$L_{\bar{D}} \leftarrow L_{\bar{D}} - 0.2$$

$$L_{\bar{E}} \leftarrow L_{\bar{E}} - 0.2$$

if (解答時間 < 基準時間)

if (学習者が問題に正解)

$$\theta_{\bar{D}} \leftarrow \theta_{\bar{D}} + 15$$

else

$$\theta_{\bar{E}} \leftarrow \theta_{\bar{E}} + 15$$

else

if (学習者が問題に正解)

$$\theta_{\bar{D}} \leftarrow \theta_{\bar{D}} - 15$$

else

$$\theta_{\bar{E}} \leftarrow \theta_{\bar{E}} - 15$$

用いる感情の種類などは全て比較モデル 1, 2 と同様である。

3 シミュレーション実験

3.1 方法

本実験では、著者らの従来研究 [5][11] 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、比較モデル 1, 2 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 18 回英単語を学習したデータ (英単語データ) と、12 回基本情報技術者資格試験の内容を学習したデータ (基本情報データ) 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

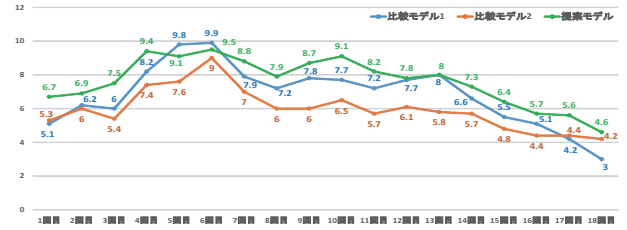


図 5: 英単語データにおける表出感情数の推移

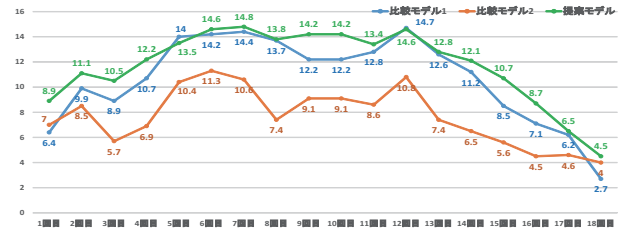


図 6: 英単語データにおける感情変化数の推移

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、各テストデータを用いて、各学習回数における比較モデル 1, 2 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。

モデルの基準時間は、学習者の一回前の学習における平均解答時間とした。具体的には、英単語データを用いる場合、2 回目の学習時の基準時間は 1 回目の平均解答時間とした。ただし、1 回目の学習時の基準時間は、予備実験などにより平均解答時間が推定できることを仮定し、1 回目の平均解答時間とした。

3.2 結果

図 5, 6 に、英単語データにおける各学習回数の表出感情数と感情変化数の推移を、図 7, 8 に、基本情報データにおける各学習回数の表出感情数と感情変化数の推移を示す。また、表 2, 1 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 5~図 7, および表 2, 1 から、比較モデル 1, 2 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

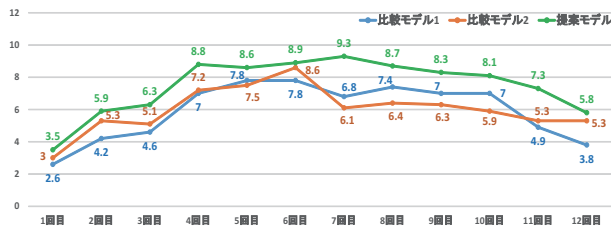


図 7: 基本情報データにおける表出感情数の推移

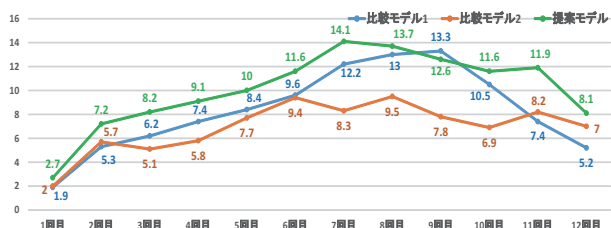


図 8: 基本情報データにおける感情変化数の推移

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 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、シミュレーション実験を通して、提案モデルを用いたロボットがどのように感情を表出するかについて検討した。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モデルである。従来モデルが学習者の正否判定と解答時間に応じて座標点の X と Y 座標を変動させるのに対して、提案モデルでは、二つの感情ベクトルの原点からの長さや角度を変動させることで、感情ベクトルが大きく変動する。シミュレーション実験の結果から、提案モデルにおける上記二つの特徴が有効に働き、表出される感情数とその感情の変化数が大きく、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ことを示した。

今後は、実際に提案モデルをロボットに実装して、長期的な実験による印象評価と学習効果を検証し、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。

表 1: 基本情報データにおける表出感情数と感情変化数の平均と標準偏差

	表出感情数		感情変化数	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
比較モデル 1	5.9	1.7	8.4	3.3
比較モデル 2	6.0	1.4	7.0	2.0
提案モデル	7.5	1.7	10.1	3.1

表 2: 英単語データにおける表出感情数と感情変化数の平均と標準偏差

	表出感情数		感情変化数	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
比較モデル 1	6.8	1.8	10.7	3.3
比較モデル 2	6.0	1.2	7.7	2.2
提案モデル	7.6	1.4	11.7	2.9

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," *Human-Computer Interaction*, 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] 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.
- [4] 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.
- [5] F. Jimenez and M. Kanoh: "Robot that can promote learning by observing in collaborative learning," *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 2013.
- [6] 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.
- [7] F.Jimenez, T.Ando, M.Kanoh and T.Nakamura: "Psychological Effects of a

Synchronously Reliant Agent on Human Beings ,” *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics* , vol.17 , no.3 , pp.433-442 , 2013.

- [8] 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教育支援ロボットが及ぼす心理効果, 第30回ファジィシステムシンポジウム, 2014.
- [9] J. A. Russell: “A Circumplex Model of Affect ,” *Journal of Personality and Social Psychology* , pp. 1161–1178 , 1980.
- [10] 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.
- [11] F. Jimenez and M. Kanoh: “Effect of collaborative learning with robot that prompts constructive interaction, ,” *IEEE International Conference on Systems , Man and Cybernetics* , 2014.