

プログラミング的思考を学ぶボードゲームで 共に遊ぶロボットの实用可能性

Possibilities of Robots Playing Together in a Board Game to Learn Programming Thinking

ジメネスフェリックス^{1*} 井上智貴² 加納政芳³ 大貫守⁴
Felix Jimenez¹ Tomoki Inoue² Masayoshi Kanoh³ Mamoru Onuki⁴

¹ 愛知県立大学情報科学部

¹ School of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

² 愛知県立大学大学院情報科学研究科

² Graduate School of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

³ 中京大学工学部

³ School of Engineering, Chukyo University

⁴ 愛知県立大学教育福祉学部

⁴ School of Education and Welfare, Aichi Prefectural University

Abstract: The importance of acquiring programming thinking has been emphasized in elementary schools, and programming-related board games have been introduced into educational settings. Board games are designed to be played with others, but programming thinking is a skill that elementary school students have a great deal of ability in. Therefore, it is difficult for them to learn continuously by playing board games. This study develops a robot that plays board games with students according to their abilities. Moreover, this study investigates the impressions that university students and elementary school students get from the robot.

1 はじめに

近年、文部科学省による学習指導要領改訂により、プログラミング教育が必修化した [1]。例えば、小学校ではプログラミング教育が各教科等の特質に合わせて計画的に実施されている。教材では、「プログラミング的思考」を学べるボードゲームが様々な教育機関で活用されている [2]。「プログラミング的思考」とは、「自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力」と説明されている [3]。

プログラミング初学者は、ボードゲームを用いて、友人と遊びながら「プログラミング的思考」を学ぶことが有効だと考える。そのため、プログラミング教育用ボードゲームは複数人で遊ぶことを想定して制作され

ている。学習者が単独でボードゲームを遊んでいる場合は、学習に対するモチベーションが減少する可能性もある。

本研究では、教育支援ロボットが学習者と共にボードゲームを遊ぶパートナーになりうると考えた。人の教育を支援する教育支援ロボットには、学習者と共に問題を解き合う「パートナー型ロボット」が存在する。そして、画面上のエージェントに比べて、実世界に存在するロボットのアドバイスは優位に働くことも報告されている [4]。そのため、パートナー型ロボットはプログラミングボードゲームでも有効に働くと考えた。

本稿では、プログラミング教育用ボードゲームを共に遊ぶパートナー型ロボットが大学生および小学生に与える印象を調査する。ロボットには、プログラミング教育用ボードゲームを基にした学習ソフトウェアが搭載されている。またロボットには、アージ・システムに基づく自己充足モデル [5] を搭載し、ボードゲームの対戦時における人のような感情を表出するように設定する。

*連絡先：愛知県立大学情報科学部
〒480-1198 愛知県長久手市茨ヶ廻間 1522 番 3
E-mail: jimenez@ist.acihi-pu.ac.jp

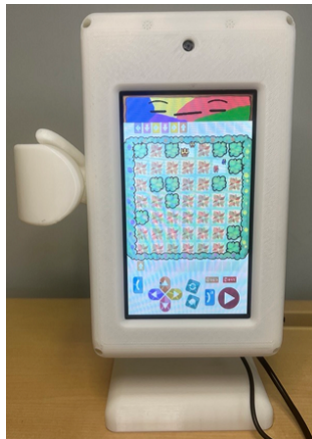
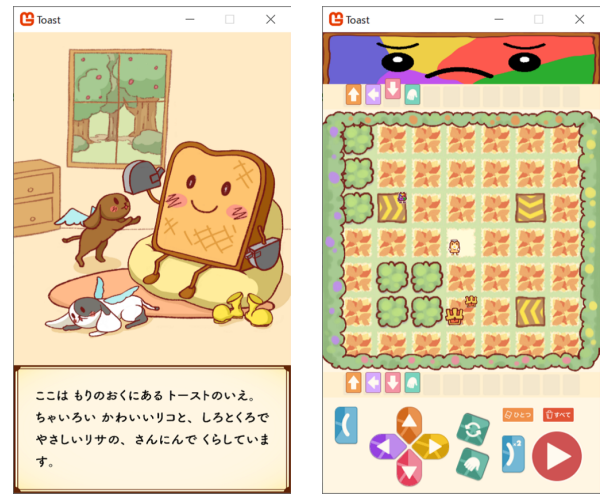


図 1: Rasby の外観



(a) ストーリー

(b) ステージ

図 2: 学習ソフトウェア

2 パートナー型ロボット

2.1 ロボットの外観

本研究では、ラズベリーパイを基にモニターで表情にて表出するロボット「Rasby」(図1)を開発した。Rasbyは対戦中、タブレット上部にエージェント画像を表示している。また、Rasbyの右手に相当する部分では、手のひらと親指が稼動する。

2.2 学習ソフトウェアの概要

上画面にはエージェントの表情、下画面が操作ボタン、中央画面がゲームボードになっている(図2)。本学習ソフトウェアは小学生向けに開発されているため、ゲームの進行中には紙芝居形式のストーリー(図2(a))が、対戦中にはボードゲーム形式の問題(ステージ)(図2(b))が表示される。問題はクリアすることで難易度が上がっていくように設定した。そして、ロボットの強さは勝敗によって増減する仕様となっている。またロボットは「負けないぞ!」などと発話して、対戦していることを学習者に実感させるふるまいをし、勝敗決定時には手のひらと親指部分を動作させる。

2.3 感情表出モデル

本モデルはアージ・システムによる自己充足モデル[5]を基に構築した。本モデルでは、Ekmanの基本6感情(怒り、驚き・恐れ・嫌悪・悲しみ・喜び)[6]を用いた。このうち、アージに分類できるのは「怒り・恐れ・驚き」の3つであり、「悲しみ・喜び」の感情は具

体的な行動を行わず、感情を表現するのみである。そのため、誇示アージに関連づけられる。また、ロボットの内部情報が悪化した時に表出される嫌悪は同じく内部情報を扱う生理的にアージに関連づける。図3に本ロボットに搭載した「アージの働き4相」の概要を示す。本ロボットは、対戦モード中においてアージの働き4相を繰り返し順次的に実行する。

起動相では、パラメータ $P(t), p(t), F(t), f(t)$ により、起動するアージを決定する。ロボットと学習者がそれぞれパラメータ $P(t), p(t)$ を所持しており、ロボットの $P(t), p(t)$ は $P_r(t), p_r(t)$ 、学習者の $P(t), p(t)$ は $P_u(t), p_u(t)$ と表す。 $P(t)$ はロボットもしくは学習者の疲労度もしくは進捗度を表している。 $F(t)$ はロボットの気分を表しており、 $F(t) < 0$ であればロボットの気分が悪く、 $F(t) > 0$ であればロボットの気分が良いことを表している。それぞれのパラメータ式を下記に示す。

$$P(t) = \alpha P(t-1) + p(t) \quad (0 < \alpha < 1) \quad (1)$$

$$p(t) = \begin{cases} 1 & \text{カードを並べた時} \\ 0 & \text{それ以外のとき} \end{cases} \quad (2)$$

$$F(t) = F(t-1) + f(t) \quad (3)$$

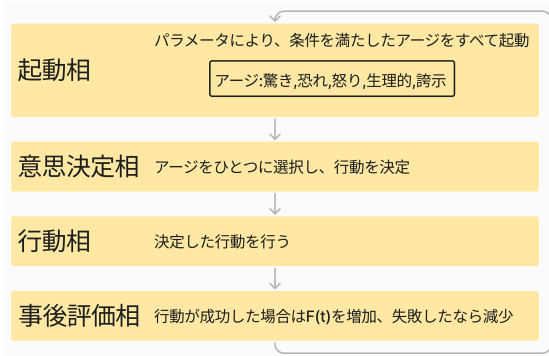


図 3: エージェントの働き 4 相

$$f(t) = \begin{cases} 1 & \text{事後評価相かつ} \\ & P_r(t) - P_r(t-x) > P_u(t) - P_u(t-x) \\ -1 & \text{事後評価相かつ} \\ & P_r(t) - P_r(t-x) \leq P_u(t) - P_u(t-x) \\ 0 & \text{それ以外} \end{cases} \quad (4)$$

本学習ソフトウェアのフレームレート (fps) は 60fps となっており、 t は 1 フレーム ($\frac{1}{60}$ 秒) ごとに 1 増加する。 x は行動相での行動時間を表す。 $f(t)$ は行動相における、ロボットの行動が成功したかどうかを表しており、 x 秒間のロボットの進捗が学習者の進捗を上回っている場合は成功、いない場合は失敗を表す。以下に各エージェントの起動条件を下記に示す。起動条件を満たしたエージェントはすべて起動状態にする。なお、各エージェントにおける θ は閾値を示し、任意で設定する。

驚きエージェント

ロボットが予想する 5 秒間の学習者のカードを並べる枚数とし、その予想を学習者が上回った場合、驚くような表情を表出する。

$$\sum_{i=t-300}^t p_u(i) > \theta_{\text{surprise}} \quad (5)$$

恐れエージェント

ユーザーの進捗度とロボットの進捗度の差が大きいときに、恐れているような表情を表出する。

$$P_u(t) - P_r(t) - F_r(t) > \theta_{\text{fear}} \quad (6)$$

怒りエージェント

恐れエージェントと同様、ユーザーの進捗度とロボットの進捗度の差が大きいときに、怒りの表情を表出する。ただし、 $\theta_{\text{fear}} > \theta_{\text{anger}}$ とする。

$$P_u(t) - P_r(t) - F_r(t) > \theta_{\text{anger}} \quad (7)$$

生理的エージェント

ロボットの疲労度が閾値を超えたときに、疲れているような表情を表出する。ただし、 $\theta_{\text{fear}} > \theta_{\text{anger}}$ とする。

$$P_r(t) > \theta_{\text{physiological}} \quad (8)$$

誇示エージェント

F_r が閾値を超えるもしくは下回ったときに、喜びもしくは悲しみの表情を表出する。ただし $\theta_{\text{sad}} < 0$, $\theta_{\text{happy}} > 0$ である。

$$F_r(t) < \theta_{\text{sad}}, \quad \theta_{\text{happy}} < F_r(t) \quad (9)$$

3 大学生実験

3.1 方法

実験では、大学生 16 名が「エージェント搭載」群と「エージェント非搭載」群におけるロボットと 1 回ずつ共に遊ぶ被験者内実験を実施した。エージェント搭載群のロボットは、前節した感情表出モデルが搭載されている。一方、エージェント搭載群のロボットは、前節した感情表出モデルが搭載されていない。各群において遊び後に、大学生は Godspeed Questionnaire[7] におけるロボットへの好印象を推定するアンケートを回答した。

3.2 結果

図 4 に、各群における好印象の平均評点を示す。図 4 から、エージェント非搭載群に比べてエージェント搭載群の平均評点は高いことがわかった。また、平均評点に対してウェルチの t 検定を実施したところ、有意差も認められた。これにより、エージェント・システムに基づく感情表出モデルを搭載したロボットとのボードゲームは、大学生に好印象を与えることが示唆された。

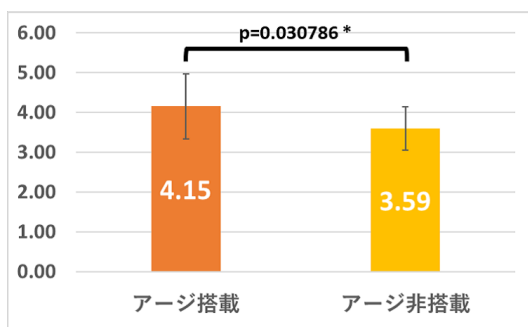


図 4: 各群における好印象の平均評点

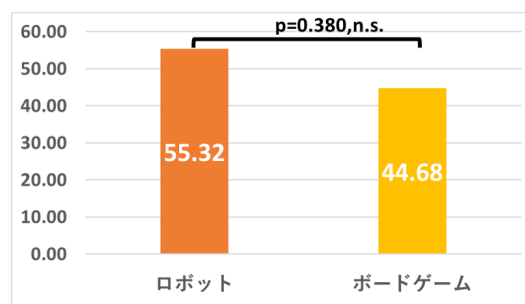


図 5: 各群における「楽しいのどっち」の回答割合

4 小学生実験

4.1 方法

実験では、小学6年生95名が本ロボットと共に遊ぶ「ロボット」群と、本ロボットの学習ソフトウェアと同様なボードゲームで遊ぶ「ボードゲーム」群を比較する被験者内実験を実施した小学生は各群にて1回ずつロボットもしくはボードゲームで遊ぶ。アンケートでは、「楽しいのはどっち?」という項目において「ロボット」か「ボードゲーム」のどちらかを回答するアンケートを実施した。

4.2 結果

図5に、各群における「楽しいのどっち」の回答割合を示す。図5から、ボードゲーム群に比べてロボット群の回答割合は高いことがわかった。しかしながら、母比率の検定を実施したところ、有意差は認められなかった。そのため、本ロボットとボードゲームにおいて小学生が感じる「楽しさ」に差はないと考える。

5 おわりに

本稿では、プログラミング教育用ボードゲームを共に遊ぶパートナー型ロボットが大学生および小学生に与える印象を調査した。ロボットには、プログラミング教育用ボードゲームを基にした学習ソフトウェアが搭載されている。またロボットには、アージュ・システムに基づく自己充足モデル [5] を搭載し、ボードゲームの対戦時における人のような感情を表出するように設定した。

実験結果から、本ロボットは大学生に好印象を与えることが示唆された。しかしながら、小学生が本ロボッ

トから感じる「楽しさ」についてボードゲームと差がないことも示唆された。本稿の実験では、大学生と小学生は本ロボットと1回のみと共に遊ぶ実験を実施した。今後は、5回以上と長期的に共に遊ぶ場合において、本ロボットがユーザに与える印象を調査していく。

参考文献

- [1] 文部科学省：「平成29・30・31年改訂学習指導要領（本文・解説）」、https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1384661.htm, (2023)
- [2] 文部科学省：「ボードゲーム「ALGOGLA」でプログラミング」、<https://www.mext.go.jp/miraino-manabi/content/335.html>, (2023)
- [3] 文部科学省：「小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について（議論の取りまとめ）」、https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm, (2016)
- [4] M. Fridin and M. Belokopytov: “Embodied Robot versus Virtual Agent: Involvement of Preschool Children in Motor Task Performance,” *International Journal of Human Computer Interaction*, vol.30, no.6, pp.459-469 (2014)
- [5] 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)
- [6] P. Ekman: 「表情分析入門」, 誠信書房 (1987)
- [7] C.Bartneck, D.Kulic, E.Croft, S.Zoghbi: “Measurement Instruments for the Anthropomorphism, Animacy, Likeability, Perceived, Intelligence, and Perceived Safety of Robots,” *International Journal of Social Robotics*, vol.1, pp.71-81 (2009)