

## アクションゲームにおける人間らしいゲーム AI の開発 Development of human-like game AI in action games

田中 寛汰郎<sup>†</sup>      新徳 健<sup>‡</sup>  
Kantaro Tanaka      Takeshi Shintoku

### 1. 研究の背景と目的

近年、様々なゲームで「強いゲーム AI」の研究が活発に行われている。その一方で、ゲーム AI には強さだけでなく、味方や対戦相手などの人間を楽しませることも求められている。そこで、人間らしい振る舞いをするゲーム AI の研究が現在注目されている。

人間らしい振る舞いを獲得できた研究の例として、藤井らの研究<sup>[1]</sup>と Temsirirkkul らの研究<sup>[2]</sup>がある。藤井らは、人間の「生物学的制約」に、Temsirirkkul らは、人間の「感情的行動」に着目したゲーム AI をそれぞれ作成し、人間らしい振る舞いの表現に成功している。つまり、それぞれ人間の身体的特徴と感情的特徴に注目している。しかし、人間がゲームをプレイしたときの特徴は、身体的特徴と感情的特徴のどちらかのみに影響を受けているものではなく、その両方の影響を受けているものだと考えられる。

そこで本研究では、人間の「生物学的制約」と「感情的行動」の 2 つの要素を取り入れた人間らしいゲーム AI の開発を目的とする。

### 2. Q 学習と DQN

#### 2.1 Q 学習

Q 学習とは、強化学習の手法の一つである。強化学習は、エージェントがある局面において何かしらの行動 (a) を取り、それによって得た状態 (s) と報酬 (r) を元に、次の報酬が最大となるように次の行動を決定するというものである。それに対して Q 学習では、報酬 (r) の代わりに「Q 値」という時系列の要素も含めた報酬を最大となるように行動を設定する手法となっている。しかし、Q 学習には複雑な局面など、状態 (s) の次元数が多くなりすぎるとメモリ空間が足りないという問題点もある。

#### 2.2 DQN(Deep Q-Network)

DQN は、Q 学習をニューラルネットワークで関数近似したものである。これにより、複雑な局面にも対応できるようになり、アクションゲームのような複雑な局面が多いゲームにも対応可能となっている。また、さらに様々な工夫を加えることによって学習制度を向上させている。

### 3. 研究の概要

#### 3.1 Infinite Mario Bros の仕様

本研究では対象ゲームとして、2D 横スクロール型アクションゲームである「Infinite Mario Bros」<sup>[3]</sup>を用いた。「Infinite

Mario Bros」は、「スーパーマリオワールド」を模したゲームであり、図 1<sup>[3]</sup>のような画面となっている。具体的な仕様は、「スーパーマリオワールド」と同様であり、Web から無償でダウンロードでき誰でも自由に使うことができる。また、「Infinite Mario Bros」には「アクションゲームの中でも行動の自由度が高く、特徴が表れやすい」、「世界的に有名なゲームを模している」という特徴もある。よって、ゲーム AI の開発に向けており、またアンケートも取りやすいということが考えられるため、本研究では「Infinite Mario Bros」を用いる。



図 1 Infinite Mario Bros の画面<sup>[3]</sup>

#### 3.2 生物学的制約について

生物学的制約とは、人間の「身体的な制約」と「生き延びるために必要な欲求」を考慮したものであり、「疲れ」、「遅れ」、「揺らぎ」、「訓練と調整のバランス」の 4 つがある。それぞれの概要について以下に述べる。

- ①疲れ
    - ・短時間に何度もキー操作を行うことによる疲れ。
  - ②遅れ
    - ・画面を見てからキー操作に移るまでの遅れ。
  - ③揺らぎ
    - ・敵などの座標を人間は完全には把握できない。
  - ④訓練と調整のバランス
    - ・失敗を繰り返していた場合で新たな行動に挑戦する。
- それぞれの要素を DQN の報酬や状態などに反映させることによって、生物学的制約を取り入れる。

#### 3.3 人間の感情的行動について

Temsirirkkul らは「安全」、「急ぐ」、「食欲」、「楽しむ」、「習慣」の 5 つの感情的行動にそれぞれ着目している。この感情的行動とは、人間の恐怖、不安、楽しさなどの感情に触発されて影響を受ける行動のことを指している。本研究では、この 5 つの中で最も人間らしいという評価を得られていた「安全」モデルとその「安全」モデルに対して出していた、「アイテムやコインを探す

<sup>†</sup> 鹿児島工業高等専門学校 専攻科 電気情報システム工学専攻

National Institute of Technology, Kagoshima College

<sup>‡</sup> 鹿児島工業高等専門学校 情報工学科

National Institute of Technology, Kagoshima College

などの人間らしい行動の一部が欠けている」という意見を参考に、「食欲」モデルを取り入れる。

「安全」モデルは、恐怖、不安などの感情に着目したモデルであり、「敵から距離を取ろうとする」などの振る舞いをする。また、敵や穴の周りに「危険領域」を導入することによって、上記の振る舞いを表現している。

「食欲」モデルは、人間が利益を得たときの楽しみを反映したものである。マリオにおける利益には、コインやアイテムが該当すると考えられるため、それらを取ることに報酬を与えることによって「食欲」モデルを表現している。

### 3.4 ゲーム AI の開発

本研究では、「人間らしい動きを取り入れていないゲーム AI」、「生物学的制約を取り入れたゲーム AI」、「生物学的制約と感情的行動を取り入れたゲーム AI (安全、食欲)」の計 4 つのゲーム AI を作成した。DQN アルゴリズムを用いて 30 万回学習させ、その中でスコアが最も高いものを保存した。

## 4. 研究の概要

それぞれのゲーム AI を 19、20 歳の男女 24 人に対して見せ、アンケートを取りその結果をもとに評価を行う。なお、アンケートは合計 3 回行った。「人間らしい動きを取り入れていないゲーム AI」を①、「生物学的制約を取り入れたゲーム AI」を②、「生物学的制約と感情的行動を取り入れたゲーム AI」を③とし、1 回目は①と②の比較を行い、本研究で作成した「生物学的制約を取り入れたゲーム AI」が本当に人間らしいという評価を得られるか確認した。2 回目は①、②、③ (安全) の比較を行った。3 回目は①、②、③ (食欲) の比較を行った。また、アンケートの内容は「どのゲーム AI が一番人間らしく感じたか」、「なぜそう感じたか」である。1 回目のアンケートの結果を表 1 に示す。

表 1 1 回目のアンケートの結果

	①	②
票数	2	22

#### ①を選んだ理由

- ・②は後ろを向いたりする無駄な行動が過度に多く、挙動不信任感がある。
- ・このぐらいのステージなら敵に対して距離を取ろうとしている方が不自然に感じる。

#### ②を選んだ理由

- ・敵を飛び越えるときに距離を取るために少し後ろに下がっていた。
- ・AI ではやらなそうな必要のないジャンプやたまに後ろに下がる挙動があった。

表 1 からわかるように、「生物学的制約を取り入れたゲーム AI」のほうが人間らしいという評価を得られた。2 回目のアンケートの結果を以下の表 2 に示す。

表 2 2 回目のアンケートの結果

	①	②	③
票数	2	7	15

#### ③を選んだ理由

- ・③が最も挙動不信任感がなく、機械的でもなかった。
- ・ダメージを受けておらず、安全に進もうとしているように感じた。
- ・反射している甲羅に対してタイミングを見て避けていた。

表 2 からわかるように、「生物学的制約と感情的行動 (安全) を取り入れたゲーム AI」が最も人間らしいという評価を得られた。しかし、③と回答した人のうちの 10 人は「強いて言うなら③」や「②との違いを言語化するのは難しいが、直感的に③」などであり、②と③の違いはあまり見受けられないという結果になった。3 回目のアンケートの結果を以下の表 3 に示す。

表 3 3 回目のアンケートの結果

	①	②	③
票数	1	6	17

#### ②を選んだ理由

- ・③はブロックを叩いていたが、叩くとしたら人間ならすべて叩くのではないかと感じた。

#### ③を選んだ理由

- ・アイテムを取っていた。

表 3 からわかるように、「生物学的制約と感情的行動 (食欲) を取り入れたゲーム AI」が最も人間らしいという評価を得られた (「強いて言うなら③」と答えた人は 3 人)。また、そう感じた理由として「アイテムを取っていた」と答えた人がほとんどであった。この結果から、アイテムなどの人間が利益を得たときの楽しみを反映した場合、人間らしくなることが分かった。

## 5. おわりに

実験結果より、「生物学的制約と感情的行動を取り入れたゲーム AI」が最も人間らしいという評価が得られた。また、表 2 と表 3 を比較した時に、③と回答した人が表 3 の方が 2 人多く、そのほとんどが明確な違いを感じていたことから、「食欲」を取り入れたゲーム AI の方が「安全」を取り入れたゲーム AI よりも人間らしいということも分かった。

表 2 において②と③の違いがあまり見受けられなかった原因として「生き延びるために必要な欲求」など、生物学的制約に「安全」に似た考え方が取り入れられていることが考えられる。

また、本研究では、「これ以上難しいステージを選ぶとゴール率が著しく下がってしまう、それによってアンケートの結果に影響が出てしまった」という課題点も残った。今回選んだステージでは、出てくる穴は 1 つ、1 画面に出てくる敵の数も多くて 2 体と比較的易しめのステージであり、これより敵や穴の数が多くなるとゴール率が著しく下がってしまった。また、ステージが簡単なことによって「このぐらいのステージならゆっくり進んでいると逆に違和感がある」という意見も出ていた。よって、今回用いた DQN よりも更に高度な強化学習のアルゴリズムを用いた実装し、より難しいステージでも高いゴール率を保つ必要がある。

## 参考文献

- [1] 藤井叙人, 人間らしい振る舞いを自動獲得するゲーム AI に関する研究, 2016 年関西学院大学大学院博士論文 (2016).
- [2] Sila Temsiririkkul, Huu Phuc Loung et al.. Production of Emotion-based Behaviors for a Human-like Computer Player. GAMEON, (2016), pp 49-53.
- [3] Mario AI Competition 2009, <http://julian.togelius.com/mariocompetition2009/advanced.php> (アクセス: 2022 年).