

# 非生物型ロボットの生物的行動の獲得

北見工業大学 ○窪田浩也, 岩館健司, 鈴木育男

**Abstract** 本研究では非生物型ロボットを作成し、相互作用と Deep Q Network を利用し人間の理想的な行動を学習することで、生物らしさの向上、ロボットに対する好感と親近感を向上させることを目的とする。ロボットとの相互作用の有無がロボットに対する好感や親近感に影響を与えるという知見から、ロボットに対して「褒め」に相当する学習時の報酬を与えるという動作による相互作用を提案した。検証実験では、被験者にロボットの相互作用の方法を事前に提示したか・しないかという条件のもと、ロボットへの親近感を得られるかについてアンケートにより検証をした。結果として、設定条件による有意な差を得ることはできなかった。

## 1. 序論

近年、ルンバなどに代表されるお掃除ロボットなどが家庭で使われ始め、日常生活の中でロボットに触れる機会が確実に増加している。これらのロボットは機能に最適化した形状をしており、非生物型になっていることがほとんどである。また、これらのロボットの動きは、行う業務に合わせて最適化された動作になっている。これらの非生物型ロボットの動作の中に生物的な動きを取り入れた場合、人間に好感や親近感を持ってもらえるという効果が期待できる。これにより、ロボットが社会に浸透する際に、人間の感じる不安や忌避感を和らげる助けになることが期待される。

既存のペットロボットや人型ロボットの外見は本物同様のものがあるが、それらのロボットは動作した際に違和感を覚える。これは、外見が生物に似ていてもロボットの動きが実際の生物とギャップがあることで違和感を覚えているという「不気味の谷現象」[2]なのではないかと考えられる。

この不気味の谷を回避することを目的に、非生物型ロボットに対して躰を行うことでペットらしさの付与を目指した研究[1]がある。この研究は、非生物的な見た目であり非生物的な動作を行うロボットを相互作用のみでペットのように感じさせることを目的としている。結果として、相互作用は好意や親近感の向上になることを検証している。

本研究の目的は、非生物的ロボットの行動が人間に生物らしさを感じさせることにある。さらに、非生物的ロボットに人間の理想とする動きを学習させ、学習過程に相互作用を取り入れることにより、アニメーション知覚を刺激する動きを創出する手法を提案する。アニメーション知覚とは、人間が人工物や非生物に対して生物らしさを感じる知覚である。このアニメーション知覚を刺激する動きを非生物型ロボットに搭載できれば、非生物型ロボットに対しより好意や親近感を持ってもらえることが期待できる。

## 2. 提案手法

### 2.1 ハードウェアの構成

非生物型ロボットとしてボール型ロボットを目指す。ボール型ものは身近でありながら自発的に動くものが少く、ボール型ロボットから生物や、自発的に動くものは想像しにくいのではないかと考える。

本稿では、前段階として二輪走行ロボット(図1)を製作した。ロボットには、以下のセンサーを実装した。

- ✓ 超音波センサー
- ✓ ジャイロセンサー

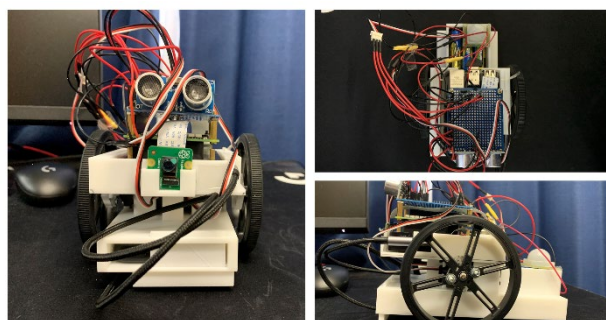


図1: 制作したロボット

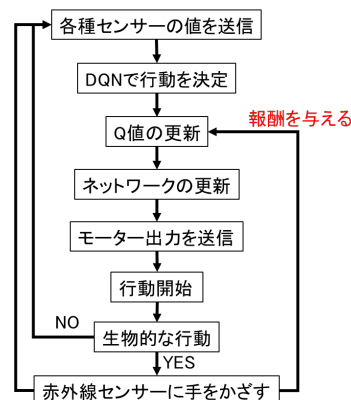


図2: 相互作用 (DQN) のフローチャート

- ✓ 加速度センサー
- ✓ 赤外線センサー
- ✓ カメラ

### 2.2 相互作用による親近感の創出

ロボットと人間が相互作用を通じて好意や親近感を作り出すために、本稿では深層強化学習を用いる。報酬をロボットの行動に対して、人間がリアクションを返すことで与え、人間にとって理想的な動きをロボットに学習させつつ、相互作用によって好意や親近感の向上を図る。また、理想的な動きを学習することで、人間のアニメーション知覚を刺激する動きが生まれることも期待される。

本稿では、DQNを用いることにより相互作用の効果を作り出す。DQNを構成するニューラルネットワークでは、8つの入力からQ値を出力する(図3)。超音波センサー、ジャイロセンサーのx軸、y軸、z軸方向の値、加速度センサー

の x 軸, y 軸, z 軸方向の値, カメラの 8 入力である. 行動決定は, 出力された Q 値をもとに, 各行動をとる確率が 0~1 のスケールの中で各々が占める範囲を求める. その後, 0~1 の乱数を 1 つ出力し, その乱数値が存在する範囲の行動をとる. ネットワーク構造は, 次のとおりである.

- ✓ 入力層:8
- ✓ 中間層:16,32 活性化関数: ReLu
- ✓ 出力層:5 活性化関数: softmax
- ✓ learning rate:0.01
- ✓ momentum:0.8

Q 値の更新には以下の式を用いる.

$$Q(s, a) = (1 - \alpha)Q(s, a) + \alpha(reward + \gamma Q(s', a')) \quad (1)$$

ここで,  $s$ :直前の状態,  $a$ :直前の行動,  $s'$ :現在の状態,  $a'$ :現在の行動,  $reward$ :報酬,  $\alpha$ :学習率,  $\gamma$ :割引率である. 1step 前の価値関数  $Q(s, a)$  を現在の状態  $s'$ , 行動  $a'$  を使って更新する.

### 3. 検証実験

提案手法の有効性について検証する. 具体的には, 相互作用を用いながら学習をさせることにより, 操作者が親近感を覚えアニメシー知覚を刺激することができるかについて, アンケート調査を交えて検証する.

#### 3.1 実験設定

被験者を 2 グループに分け対照実験を行う. 各グループ (① ②) にロボットの取る 5 つの行動を伝え, 3 分間ロボットと過ごしてもらい. また, 片方のグループ (②) には, 報酬を与える方法を伝え, 被験者がロボットの行動を見て好意的に感じた際に褒めるよう促す. その後, 各被験者にアンケートを行い, グループ間に有意な差があるかどうかを検証する.

DQN の各種パラメータは, 学習率  $\alpha=0.5$ , 割引率  $\gamma=0.99$ , 報酬で与える  $reward=3$  とする.

#### 3.2 アンケート調査

どちらのグループにも同じの質問を設定しアンケートを行った.

- Q1: ロボットの外見に対して(不快に/快く)思った
- Q2: ロボットの動きに対して(不快に/快く)思った
- Q3: ロボットの動きを見てロボットに意図があるように感じた
- Q4: ロボットの動きを見て生き物らしさを感じた
- Q5: ロボットに愛着を感じた
- Q6: ロボットに親近感を感じた

回答は 7 段階で設定し, Q1,2 に関しては 1:非常に不快に思った, 4:どちらでもない, 7:非常に快く思ったに, Q3~6 は 1:全く当てはまらない, 4:どちらでもない, 7:非常に当てはまるに対応させた.

#### 3.3 結果と考察

アンケートの集計結果を図 4 に示す. 棒グラフは, 各項目の平均値を示しており, エラーバーは標準偏差を示している. アンケートの結果に対して, 有意水準 5% で両側検定の t 検定 (表 1) を行った. 有意水準である 0.05 を下回っている p 値がないことが分かる. 以上より, Q1~Q6 において被

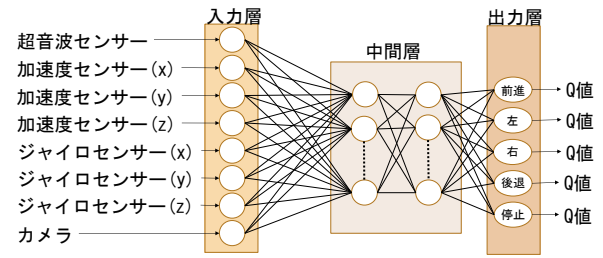


図 3: DQN のネットワーク構成

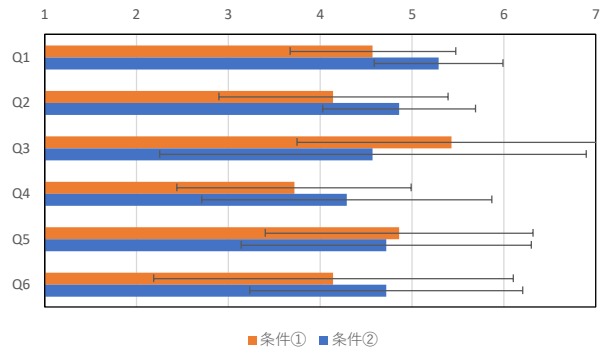


図 4: アンケートの集計結果

表 1: アンケートの検定 (t 検定における p 値)

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
p 値	0.15	0.27	0.48	0.50	0.87	0.58

験者グループ①②の間に有意な差がないことが分かる.

2 グループ間に有意な差が生まれなかった原因として, ロボットの行動が 5 種類に固定されており, 学習によって行動を創出するには適していなかったのではないかと考えられる. モーター出力を直接出力するネットワークを作ることができれば, 創出される動きの自由度が高まり, 動きを創出するための手段としてより適していると考えられる.

### 5. 結論

本研究では, 相互作用を利用しながら人間の理想的な動きを学習させることで, アニメシー知覚を刺激し, ロボットに対し親近感を向上させることを目的とした. 相互作用として DQN を提案し, 検証実験を行ったが十分な親近感を創出することはできなかった.

### 6. 今後の展望

ロボットの外見による先入観を取り払うため, ボール型ロボットの設計・作製を進めている. 特に移動機構について, オムニホイールを用いた三輪駆動のロボットの試作を行い, やわらかい動作を実現することを目指す. また, 相互作用の改良として, モーターを直接制御するために連続値を出力できる soft-actor-critic の手法を採用する予定である.

### 参考文献

- [1]. 渡邊裕太, 大西裕也, 田中一品, 中西英之, “髯インタラクションによる非生物型ロボットへのペットらしさの付与,” 2020.
- [2]. 森政弘, “不気味の谷,” 1970.