

みんなで散歩する〈ゴミ箱ロボット〉の インタラクシオンデザイン

植野慎介^{†1} 濱耕輔^{†1} 川合喜己^{†1}
長谷川孔明^{†1} 岡田美智男^{†1}

群移動ロボットが社会性を持ったらどうなるだろうか？出会った人に挨拶したり，人を追いかけて群れから離れ離れになってしまったり，はぐれたロボットを探して互いに呼び合ったり，様子を見ていた人が思わずついて行きたくなったり，迷子のロボットを群れまで送り届けてくれるかもしれない．本発表では複数の〈ゴミ箱ロボット〉が散歩する場面において，ロボット同士，そしてロボットと周囲の人とのインタラクシオンデザインについて紹介する．

1. はじめに

街中を歩いているとふと〈ゴミ箱ロボット〉の群れがいることに気づいた．〈ゴミ箱ロボット〉達も私に気づいたようで，こちらを向いてみんなで「もこー！」と挨拶してくれた．通学中の小学生たちに挨拶された時のように元気をもらえた気がする．少し歩いて角を曲がると，そこにもう1体〈ゴミ箱ロボット〉がいた．こちらの〈ゴミ箱ロボット〉は，不安そうにアタフタと動きながら，「もこー！もこー！」と誰かを呼んでいるようだ．さては，先程の群れからはぐれてしまったのだろう．私は，こちらに近づいてきた寂しそうな〈ゴミ箱ロボット〉を，群れまで送り届けてあげることにした．私達が住む街では，通りかかった人には目もくれず淡々と作業をするロボットも多い．しかし，挨拶をしてくれたり助けてあげたいくなるロボットのほうが，同じ街に暮らす仲間という意識が芽生えるのではないだろうか．

家庭用掃除ロボットやペットロボットなどが普及し始め [1][2]，今後ますますロボットと共存するような場面が一般化すると考えられる．生活の中に遍在する人とロボットの関係は「一対一の関係」だけではない．グループとしての関係，つまり「ロボットのグループ内の関係」や「ロボットのグループと人との関係」でのインタラクシオンを考えてみるのもおもしろい．

本稿では〈ゴミ箱ロボット〉を用いて，社会性を備えた群行動ロボットが周囲の人やロボットとの間で取り得るインタラクシオンについて議論する．

2. 研究背景

(1) 〈ゴミ箱ロボット〉の関係論的行為方略

筆者らが研究している〈ゴミ箱ロボット〉はゴミを入れられる収容部を持ちながらも自らゴミを拾い上げるようなアームなどの機構を一切持たない．しかし，この〈ゴミ箱ロボット〉はゴミを拾うという一連の動作に周囲の人を巻き込み，強制することなく協力を引き出し，結果として目



図 1 3体で群れをなして動く〈ゴミ箱ロボット〉
Figure 1 Swarming Sociable Trash Box

的を達成してしまう「関係論的行為方略」を備えている．

この「関係論的行為方略」を備えるにはロボットが単なるモノや機械ではなく人と関係を築くことのできる存在だと認識されなければならない．アメリカの認知学者 D. C. Dennett によると，人がある対象の動作・行為について理解しようとする時，その対象が信念や欲求によって主体的に活動を選択する活動体であると捉えるような意識を「志向的な構え」としている [3]．〈ゴミ箱ロボット〉が周囲の人から志向的な構えを引き出すことは，人との関係を築くために必要となる．

(2) 群移動ロボット

単純な機能のみを有するロボットを複数体協調制御することで，より複雑なタスクの達成を実現する群移動ロボット (swarm robotics) は環境やタスクの変化に柔軟に対応できることから研究が盛んに行われている [4] [5]．

より複雑なタスクに対応するためには全てのロボットを集中制御する方式やロボットそれぞれが単純な行動決定モデルに従って動作する方式などがある．後者の方式を採用する松原氏のミツメムレツクリ [6] は非常にシンプルな機能・制御方式を持つが，ランダムに動きながら離散集合していく様はまるで意思があるかのような動きである．

^{†1} 豊橋技術科学大学 情報・知能工学系
Department of Computer Science and Engineering, Toyohashi University of Technology

(3) 本研究の位置づけ

群移動ロボットの研究において、1体のロボットでは成し得ないようなタスクを複数体のロボットの協調動作によって達成することを目標としている。ソーシャルなロボットにおいても、複数のロボットによる相互行為によってインタラクションの幅を広げられないだろうか。このような人との関りを軸とする社会性を群移動ロボットに付与した研究は少ない。本研究では、〈ゴミ箱ロボット〉をプラットフォームとして同じ〈ゴミ箱ロボット〉同士や人に誘引され群を形成する行動モデルを実装し、社会性を有する群移動ロボットが周囲との関り合いを通して取り得るインタラクションについて議論する。

3. 設計・実装するロボット

(1) ハードウェアデザイン

図3に本研究で使用するプラットフォーム〈ゴミ箱ロボット〉のハードウェア構成を示す。〈ゴミ箱ロボット〉はゴミ箱としての機能を有するが、能動的にゴミを拾い上げるためのアームのような機構は備えていない。

図4に示すように、〈ゴミ箱ロボット〉は移動機構を備える下部(図4(a)参照)とボディを捻ったりするための旋回部分を有する上部(図4(b)参照)の2つから構成される。図4(b)にあるように機体上部にはロボットのボディを左右に捻るためのサーボモータと傾くような動作をするためのサーボモータをそれぞれ1つずつ備える。また、図3に示すように機体最上部に位置するフレーム内部にはゴミの通過を検出するための赤外線センサを搭載している。また、人の顔や表情を検出するための画像処理機能を備えたカメラモジュールを機体側面に実装している。

機体下部には移動機構としてサーボモータ、タイヤ、従動輪となるフリーキャスターを備えている。システム全体の電力リソースとなるバッテリーおよび電源回路、制御のためのコンピュータも機体下部に収容している。また、システム全体の制御にはROS(Robot Operating System)を導入している。

(2) アニマシーを備える構造・振舞い

本研究において〈ゴミ箱ロボット〉がアニマシー(有生性、生き物らしさ)を備えることは、周囲の人から志向的構えを引き出すために必要である。そのため、〈ゴミ箱ロボット〉には3つの生物的要素を実装している。一つ目は機体上部にあるバネである。機体下部と上部をバネを介して接続することでボディを左右に捻った時やうなずいた時などの振舞いにあわせて機体上部がバネの弾性によって揺れ、どっしりとした機械のようなイメージを払拭する。二つ目は生物らしさの振舞いへの実装である。例えば移動の際、一般的な二輪ロボットのように目標速度に合わせて単調にホイールを回転させるのではなく、まるで乳幼児がヨタヨタと歩いているかのように左右の車輪を交互に動かす。このよ



図2 〈ゴミ箱ロボット〉の外観
Figure 2 An Appearance of Sociable Trash Box

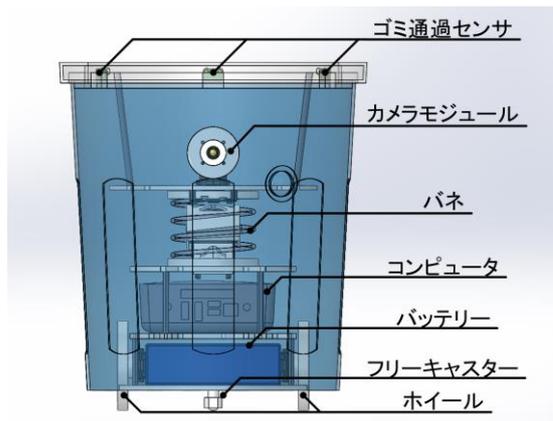
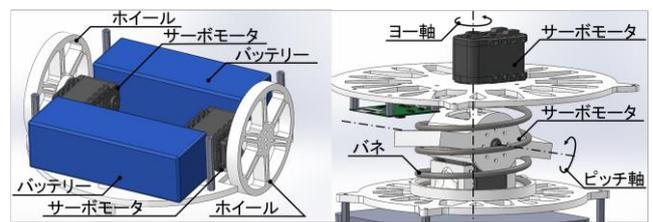


図3 〈ゴミ箱ロボット〉のハードウェア構成
Figure 3 Hardware structure of Sociable Trash Box



(a) 移動部分 (b) 上部旋回部分
(a) Rover part (b) turret part

図4 ハードウェア構成の詳細部分

Figure 4 A detail structure of Sociable Trash Box

うにして、おぼつかない歩行を模した振舞いを実装する。3つ目は身体的制約である。多くの場合、制約は目標に対する障壁として設計段階で回避する。しかし、高いところにあるものが取れずに困っている人を見かけると気になったり手助けしたくなるように、周囲からの関わりを引き出す要因として作用する側面も有する。〈ゴミ箱ロボット〉では、視野角に制限を設ける形で身体的制約を実装する。

(3) インタラクションデザイン

これまでに、〈ゴミ箱ロボット〉が人とインタラクションするための要素としてアニマシーを備えた構造・振舞いや志向性の表示、身体的制約などを掲げた。ここでは、〈ゴミ箱ロボット〉が具体的にどのような方略で周囲にインタラクションを引き出すかを議論し、想定するインタラクシ

ンの例について説明する。

(a) 相互志向性

廊下で知人を見つけ何気なく声をかける際、その相手から随伴的に返答が返ってくるとほっと安心することがある。このような場面において我々は、相手に志向を向けつつ挨拶をするのに合わせて、相手も応答的にこちらに志向を向け挨拶を返す。こうした相互に志向を向けあう随伴的なやり取りは「相互志向性」と呼ばれ、人と人の社会的関りの基本になると考えられる。

人と〈ゴミ箱ロボット〉、また〈ゴミ箱ロボット〉同士が志向を向ける場面においても、生き物らしいやり取りを実現するために「相互志向性」に注意しなければならない。例えば、周囲の人が〈ゴミ箱ロボット〉に向かって近づいてきた時に視線を返したり〈ゴミ箱ロボット〉からも人の方へ近づくような振舞いが挙げられる。また、〈ゴミ箱ロボット〉同士においても同様の振舞いが要求される。

(b) 内部状態の表出

人とソーシャルな関係を築くためには志向性を向け合う相互志向性の他に、相手が何を考えているのかを探れる手掛かりが重要な役割を果たす。従来の群移動ロボットではロボット間のやりとりは無線通信や中央制御のサーバ内で行われ、周囲の人からはどのようなやりとりが行われているのかが分からない。一方で、人同士のコミュニケーションでは、会話を例にとると相手の発話内容だけで相手の思考や感情を類推することは少なく、多くは発話内容に加えて相手の表情や身振り・手振り、抑揚など非言語的要素も加味して類推している [7]。

このようなことから、人とロボットとの関係においても相手が何を考えているのかを類推できる手掛かりはソーシャルな関係を築く上で必要だろうと考えた。例えば、〈ゴミ箱ロボット〉のカメラを目として考えればどの方向を向いているか、何に興味を持っているのかを推し量ることができる。その他に、「もこ!」「もっこもん!」のような非言語的で明確な意味を持たない〈モコモコ音〉 [8]を〈ゴミ箱ロボット〉が発することで意味の解釈を相手に委ねられるような内部状態の表示機構を実装する予定である。

(c) インタラクションの例

群れる機能を追加し「社会性のある群移動ロボット」とした〈ゴミ箱ロボット〉は、周囲の人や環境との関りのなかでどのようなインタラクションが期待できるだろうか。

例えば、周囲の仲間や人に興味を示し近寄っていく〈ゴミ箱ロボット〉が群れている環境で、グループ外のものに興味を持った個体が群れからはぐれてしまったような状況を考える。仲間を見失ってうろたえている〈ゴミ箱ロボット〉を見た人が可哀そう、手助けしてあげたいと感じ、迷子になった子供と一緒に保護者を探すように元の群れに戻るよう誘導してくれるかもしれない。

また、〈ゴミ箱ロボット〉の群れに挨拶してくれた人に対

し、〈ゴミ箱ロボット〉がみんなで「もこー!」と〈モコモコ音〉で挨拶を返してくれると子供たちが挨拶を返してくれた時のように心が和むような印象を受けないだろうか。

さらに、〈ゴミ箱ロボット〉の内部状態表示機構である視線や〈モコモコ音〉は、同じ〈ゴミ箱ロボット〉同士のやりとりにも用いる。これらの表示機構は、〈ゴミ箱ロボット〉の振る舞いを見た人が明確な意味を読み取れなくとも、独自に解釈ができるという特性を持つ。これは、〈ゴミ箱ロボット〉と人との関係だけでなく、〈ゴミ箱ロボット〉同士の関係にも人が参入できる余地があるということである。

このように、群移動ロボットが社会性を備えることで、ロボット同士のインタラクションに人が入り込める余地が生まれ、周囲の人を巻き込むことができるようになると考えられる。また、ロボットとの一対一のインタラクションでは起こらなかったロボットのグループと人との間でのインタラクションの発生が期待できる。

4. おわりに

ゴミ箱の機能を有したロボットでありながら、自らゴミを拾い上げることのできない〈ゴミ箱ロボット〉を人だけでなく同じロボットともインタラクションさせるとどのような関係性を築けるかを検討した。

今後は、フィールドワークや実験を通して複数体の〈ゴミ箱ロボット〉同士のやりとりが人と人のインタラクションや志向性の表示や解釈にどのような影響を与えるのか、またロボットが1体の場合との違いについて分析を行ってみたい。

謝辞 本研究の一部は、科学研究費補助金(基盤研究(B)18H03322, 若手研究 19K20376)の助成を受けて行われている。ここに記して感謝を申し上げたい。

参考文献

- 1) SONY, “aibo”: <http://aibo.sony.jp/>, (参照 2019-07-22).
- 2) iRobot Japan, “ロボット掃除機 ルンバ”: <https://www.irobot-jp.com/roomba/>, (参照 2019-07-22).
- 3) Dennett D. C, 土屋俊: 『心はどこにあるのか』, 草思社, (2016).
- 4) Şahin Erol: From Sources of Inspiration to Domains of Application, International Workshop on Swarm Robotics, Swarm Robotics, pp.10-20, (2004).
- 5) 鈴木 浩司卓, 漆原 史朗, 安野 恵実子, 桑原 明伸安野: 群移動ロボットによる協調搬送速度および軌道追従制御, 自動制御連合講演会講演論文集, 第 53 回自動制御連合講演会, pp.757-762, (2010).
- 6) 松原季男: 人間とロボット, 鉄と鋼, 65 巻, 13 号, pp.1963-1971, (1979).

- 7) 秋山俊夫, 鶴元春, 上野徳美: 『人間関係の心理と臨床』, 北大路書房, (1995).
- 8) 石川将輝, 西脇裕作, 塚本浩祐, 岡田美智男: 〈もこー〉〈もこもこ〉〈もこもん〉...は何を伝えるのか, ヒューマンエージェントインタラクションシンポジウム 2017,G-18, (2017).