

弱さをチカラに:ゴミ箱ロボット(Sociable Trash Box)と 子どもたちとの関わりを探る

Power of Weakness : Concept and Field Studies on Sociable Trash Box interacting
with Children

山地 雄士¹ 三宅 泰亮¹ 吉池 佑太¹ 岡田 美智男¹
Yuto Yamaji¹, Taisuke Miyake¹, Yuta Yoshiike¹, and Michio Okada¹

¹豊橋技術科学大学 知識情報工学系

¹Department of Knowledge-based Information Engineering,
Toyohashi University of Technology

Abstract: Recently, researchers are incited to develop children's social interactions through attractive child-robot interaction. In this paper we propose a platform for sociable trash box that can collect the trash through the child-robot interactions. Through this interaction, the sociable trash box is capable to make sociable relationship and acquire child's assistance toward to collect the trash around their environment. The results of fieldwork showed variation in the interactive pattern of trash robot to evoke children's social interactions while collecting the trash in their environment.

1. はじめに

「ゴミを拾い集めるロボット」を実現しようとするとき、どのような方法があるだろうか。大きくは2つの方法が考えられるだろう。一つは、動画像処理やセンサなどを使って自分でゴミを見つけ、そのゴミをロボットの腕で拾い上げるという方法。もう一つは、近くにいる子どもたちに助けをもらいながら、一緒にゴミを拾い集めるという方法である。前者は「個体能力主義的な方略」に基づくもので、これまでのロボットの多くはこの方略に基づいて設計されてきた。一方、後者は他者からのアシストを得ながら結果として行為を実現する「関係論的な行為方略」に基づくものである。

後者の例は、乳幼児の行動に見ることができる。乳幼児は一人では何もできない弱い存在であるにもかかわらず、養育者のアシストを上手に引き出しながら、結果としてミルクや玩具を手に入れてしまう。これも、弱さをチカラとする関係論的な方略によるものだろう。

筆者らは乳幼児のもつ「関係論的な行為方略」を参考にしながら、一人では何もできないけれど、子どもたちのアシストを上手に引き出しながら、結果としてゴミを拾い集めてしまう「ゴミ箱ロボット(Sociable Trash Box)」(図1)を構築しながら、人との関係形成を指向する関係論的なロボットについて議

論をしてきた。

本稿では、このゴミ箱ロボット(Sociable Trash Box)のコンセプトや実装の概要について述べる。また、豊橋市のこども未来館「ここにこ」で行ってきたフィールドワークに基づいて、子どもたちとゴミ箱ロボットとの関わり、また複数の群れをなすゴミ箱ロボットたちと子どもたちとの関わりの様相について紹介する。

2. 弱さをチカラにする関係論的な ロボット



図1 ゴミ箱ロボットの外観

2.1. 弱さをチカラに

ヒトの乳幼児は「弱さ」を上手に利用しているようなところがある。普段は母親の胸の中に抱かれたまま、一人では何もできない「弱い存在」である。しかし、ぐずりながらも結果としてミルクを手に入れてしまう。母親のアシストを上手に引き出しながら、行きたいところへも移動してしまう。こうした周囲からの関与やアシストを上手に引き出す上で、乳幼児の生得的ともいえる「弱さ」は、結果として「チカラ」となっている。また、他者を上手に利用するような社会的知性 (=マキャベリ的な知性)やコミュニケーションのスキルを獲得する上での動因にもなっていると考えられる。

2.2. 相互構成的な関係

「手のかかる子どもほどかわいい」という言葉がある。例えば、花壇の草花に毎日本水をやり、手入れをして大切に育てているおばあさんがいるとする。草花はそのおかげで生きながらえることができる。一方で、おばあさんは「この草花の存在を支えている存在」として、草花の存在によって価値を与えられているともいえる。草花とおばあさんの間には、すでに相互の存在を価値付けあうような「相互構成的な関係」が築かれている。これに対して「一人で行動する」ことを目指して作られてきたロボットと私たちの間には、こうした社会的なカップリングが本質的に欠如している。

「一人では生きながらえない」という弱さを持つ草花は、おばあさんの関わりやアシストを自然な形で引き出し、おばあさんとの間で「一つのシステム」を作り、結果として、「他者の存在を予定した不完結なシステム」を形作る。これは「一人で何でもできる」ロボットが閉じたシステムを形作ることと対照的である。

2.3. 社会的な存在としての帰属

Dennett は、人がある対象の動作について理解するために、その動作対象が信念や欲求に従って動作するものであると捉えるような構えを、「志向的な構え (Intentional stance)」と呼んでいる^[2]。

ロボットが他者からアシストを引き出すためには、周囲の人から志向的な構えを引き出しつつ、意図を理解してもらうことが有効であると考えられる。著者らは、ロボットが人や物に関わろうとする振る舞いは、人にロボットの意図性を感じさせその意図を理解させることに効果があることを確認している^[1]。

しかし、1つのロボットが公共の施設などでトボトボ歩いている場合を考えたとき、そのロボットが

ただ歩く機械なのか、それとも近づけばこちらに気づき、話しかければ反応を返してくれるような、コミュニケーション可能な存在なのかは判断ができないかもしれない。それは、ロボットが自分にとってどういう存在であるかを確かめるために人が関わって、初めてその社会的な性質が明らかになるからである。

一方、複数のロボットたちがコミュニティを作りながら歩いている場合ではどうだろうか。神田らによると、ロボット同士の対話を観察させることにより、人はそのロボットを自然なコミュニケーションの対象とみなすようになることが実証されている^[3]。

ロボットたちがコミュニティを作り、関わりあう様子を観察することによって、人々はロボットたちを社会的な存在として捉え、コミュニティに何らかの意図性を感じ、解釈を引き出すことが予想される。

3. ゴミ箱ロボット — コンセプトと実装

3.1. 基本的なコンセプト

Sociable Trash Box(以下ゴミ箱ロボット)は、一人ではゴミを拾い集めることはできないけれど、子どもたちのアシストを上手に引き出しながら、結果としてゴミを拾い集めてしまうゴミ箱の形をしたロボットである。ゴミ箱ロボットは「自分ではゴミを拾えない」という機能的に不完全な存在であるが、他者からのアシストに支えられながら、結果として「ゴミを拾い集める」という機能が達成される。このような「関係論的な行為方略」を用いたロボットを議論するプラットフォームとしてゴミ箱ロボットを構築し、構成論的なアプローチから実験、実証を行う。

3.2. ハードウェア設計

ゴミ箱ロボットにおいては、一人では何も出来ない弱さは重要な意味を持っている。よって、人やゴミの認識は出来ても、一見して目の前のゴミは拾えないことが分かるデザインが必要である。ゴミ箱ロ

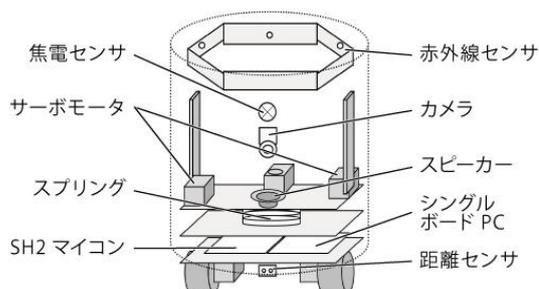


図2 ハードウェア構成

ボットは、アームなどのゴミを拾える機構は備えず、一人ではゴミを拾うことは出来ない。また、内部にバネを組み込み、乳幼児の動きを連想させるような、思わず手を差し伸べたくなるヨタヨタとした頼りない振る舞いをするように設計した。ロボットの外観とハードウェア構成を図1、図2に示す。

3.3. インタラクションデザイン

ゴミ箱ロボット単体の振る舞い

a) 歩行

志向姿勢を引き出すために、車のようにモータを同時に動かして進むのではなく、交互に動かしヨタヨタした歩き方をする。また、移動中に障害物が現れた場合は、距離センサを用いて回避をする。さらに、他のゴミ箱ロボットを認識できた場合は、距離を一定に保つように調節する。

b) 人や他のゴミ箱ロボットの認識

USBカメラを用いて他のゴミ箱ロボットを認識したり、人の動きや顔の認識を行う。さらに、焦電センサにより人の体温を検知し、人のいる方向に向かいすり寄る。また、カメラを物や人、他のゴミ箱ロボットに向けることにより志向性を表示する。

c) ゴミを入れてもらったことの検出

赤外線センサを用いて、ゴミを入れてもらったことを検出し、入れてもらった場合に頭を下げるような振る舞いをする。

d) 非分節音での発話

ゴミを入れてもらったときに喜びを表現したり、他のゴミ箱ロボットとコミュニケーションを行うために「モコモコ」という非分節音を発する。

e) 通信機能

ロボット間は無線LANを通じて周囲の情報を交換しており、他のゴミ箱ロボットの状態を知ることができる。また、通信機能を利用し上記の機能を遠隔操作することができる。

1つのコミュニティを構成しての振る舞い

3つのゴミ箱ロボットは常につかず離れず行動し、ロボットたちの中で独自のコミュニティを形成する。それぞれのゴミ箱ロボットは、距離センサやカメラによる画像認識を用いて、他のゴミ箱ロボットを認識し、距離を一定に保つように調節することにより、つかず離れずの距離を保ちながら移動する。

通信機能を用いて、他のゴミ箱ロボットにゴミを入れてもらったことを知ると、羨ましそうな非分節音を発し、ゴミを集めることを競い合ったり、ゴミ箱ロボット別にペットボトル専用、燃えるゴミ専用、空き缶専用など種類を定め分別を促したり、3つのゴミ箱ロボットの存在により、状況に合わせた様々なインタラクションのデザインが可能である。

また、コミュニティを形成するために、ゴミ箱ロボットたちは、互いの視線を合わせたり、同じ方向を見つめるといった視線の調節や、非分節音を発し合うことにより、ゴミ箱ロボット同士がコミュニケーションを取り合っていることをディスプレイしながら、ゴミを探して彷徨するように振る舞う。

4. フィールドワーク

構築したゴミ箱ロボットと子どもたちの関わりの可能性を探るために、公共の施設においてフィールドワークを行った。

4.1. フィールドワークの環境

フィールドワークは、休日の4日間にわたり、豊橋市のこども未来館「ここにこ」の広場にて行われた(図3)。広場はこども未来館の各設備に接しており、施設を利用する子どもと親が往来する場所である。また、当日は広場にて、子ども向けの講習が行われており、常時子どもや親が広場にいる状況であった。人々は広場を歩くゴミ箱ロボットと自由に関わることができた。

このフィールドワークは、研究目的にのみ利用するという条件のもとで、こども未来館の管理者や子どもの保護者の許可を得て行われている。

また、子どもたちの関わりに対して柔軟に振る舞うために、ゴミ箱ロボットたちは遠隔操作で動き、操縦は子どもたちから見えない場所で行った。

子どもたちとゴミ箱ロボットとの関わりは、ビデオカメラで撮影し記録した。なお、撮影は子どもから見えない場所で行っている。

4.2. フィールドワークの対象者と分類

こども未来館に訪れる来訪者は親子連れであり、訪れた子どもは幼稚園児から小学校高学年までの男女である。子どもたちがゴミ箱ロボットに対し、どのように関わったかを確認するために、振る舞いにより次の3つに分類した。



図3 フィールドワークの様子

a) C1: ゴミ箱ロボットに興味を持った子ども
 ゴミ箱ロボットを注視しつつ、その場に5秒以上滞在した子どもを C1 として分類した。なお、子どもとゴミ箱ロボットの距離については考慮しない。

b) C2: 近づいて関わりを持った子ども
 C1 に分類された子どもの中で、ゴミ箱ロボットに対して、話しかける、ゴミ袋の中身を覗き込む、カメラを覗き込む、行き先を通せんぼうするといった行動をとった子どもを C2 として分類した。

c) C3: 直接ふれあいを持った子ども
 C2 に分類された子どもの中で、ゴミ箱ロボットに対して、軽く触れる、ゴミ袋に手を入れる、たたく、蹴る、倒す、持ち上げるなどの行動を行った子どもを、C3 として分類した。

また、広場にいた子どもの数を C4、ゴミ箱ロボットを蹴った子どもを C5、ゴミを入れた子どもを C6、ゴミをゴミ箱ロボットから取り出した子どもを C7 として、C1, C2, C3 とは別にカウントを行った。

なお、ゴミ箱を覗き込んだが5秒以上足を止めなかった子どもは、通りすがりの子どもとして C1 にも C2 にも分類していない。ゴミを投げ入れた子どもについては、直接的なふれあいを持っていないので C2 に分類している。

4.3. フィールドワーク I

ゴミ箱ロボットと子どもたちの関わりの中で、どのような振る舞いが子どもたちのアシストを引き出すことができるだろうか。振る舞いを変えながらゴミ箱ロボットと子どもたちの関わりを観察し、それぞれの影響について考察する。

4.3.1. 手法

ゴミ箱ロボットのゴミや他のゴミ箱ロボットに関わる様子を観察したり、ゴミ箱ロボットが人に志向性を向けることは、子どもたちのゴミ箱ロボットに対する捉え方を変え、関わりに影響を与えようと考えられる。このゴミ箱ロボットの振る舞いを4つのパターンに分け、それぞれの振る舞いについて15分間の試行を行った。振る舞いのパターンは次の通りである。

a) パターン 1
 他のゴミ箱ロボットや人とは関わらず、ゴミを志向する。ゴミの前では、体を揺すったりしながら、オロオロとする振る舞いをし、ゴミが拾えないことを表現する。人が近づいてきても視線は向けず、叩かれたり蹴られたりしたときには嫌そうな声を発する。

b) パターン 2
 他のゴミ箱ロボットを志向し関わりあい群れをな

すが、人とは関わらない。ゴミ箱ロボット同士は、視線を合わせたり、声をかけ合ったりしながら、ゴミを志向する。

c) パターン 3
 他のゴミ箱ロボットとは関わらず、人を志向し積極的に関わる。人が近づいてきた場合は、視線を向け、声をかけ関わりを促す。ゴミが近くにあった場合は、人とゴミを交互に見て、ゴミを入れてほしいことをアピールする。

d) パターン 4
 他のゴミ箱ロボットと群れをなしながら、人と積極的に関わる。群れで人の方に近づき、ゴミが近くにある場合は、ゴミ箱ロボット同士で目を合わせたり、人とゴミを交互に見たりしながら、ゴミを入れてほしいことをアピールする。

フィールドに置くゴミ箱ロボットの数は、体数による差を減らすため、常に3つとする。また、ゴミの数は3つ置き、そのうち1つのゴミ箱ロボットは1つのゴミを志向する。なお、ゴミが入れられてなくなった場合は、適時補充した。

4.3.2. 結果と考察

記録した映像をもとに、フィールドワーク中に関わった子ども 111 人について分類を行った。表 1 に各条件について各カテゴリに分類された子どもの数を示す。また、C1, C2, C3 に分類された子どもの割合を図 4 に示す。

パターン 1 において、子どもたちの C3 が最も少なかった。子どもたちは、ゴミ箱ロボットがゴミだけを志向していることを理解してか、ゴミを遠くへ投げて、ゴミ箱ロボットに追いかけてさせるという遊びをする子どもが目立った。そのため、ゴミ箱ロボ

表 1 子どもの振る舞いに対する分類結果 1

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
パターン1	6	18	4	43	2	13	8
パターン2	6	13	11	58	0	12	8
パターン3	5	5	14	48	6	9	0
パターン4	4	15	10	30	0	6	0

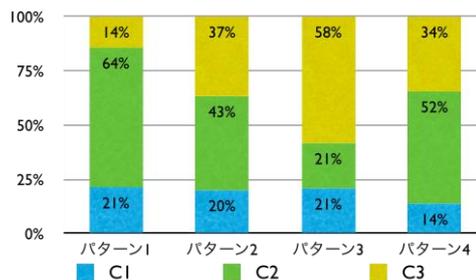


図 4 子どもの分類結果の割合 1

ットに直接関わるといよりは、ゴミを介してゴミ箱ロボットと関わっていたため C3 が減ったと考えられる。同じ単体での振る舞いだったのにも関わらずパターン 3 は最も C3 が多かった。直接的なふれあいが多いと同時に、ゴミ箱ロボットを蹴る子どもも多く、乱暴な扱いが目立った。自分の方に近づいてくるゴミ箱ロボットの意図が理解できず、どのようなロボットなのか確認する行為の一つとして蹴るという結果になったと推測される。同様の行為として、ゴミ箱ロボットのカメラを覗き込むなどの行為も多かった。パターン 1 とパターン 3 の結果より、ゴミと関わる様子を観察することは、子どもたちのゴミ箱ロボットに対する志向的な構え引き出していると考えられる。

群れで振る舞った場合は、分類の割合に大きな変化はない。しかし、ゴミを入れた子どもの数は 2 倍の開きがあり、人を志向しない方が多い。パターン 4 で、群れで近寄った場合、恐がり逃げる子どもが観察されている。また、3つのゴミ箱ロボットで囲うようにしてゴミを見ていたため、ゴミを守っているような印象を与えてしまった可能性がある。結果ゴミを入れる子どもが減ったと考えられる。一方で、パターン 2 では、群れを恐れる子どもはおらず、何度もゴミを入れる子どもや、ゴミでゴミ箱ロボットと遊ぶ子どもが多く観察された。複数の志向性がゴミに向けられたことで、意図を理解しやすいことや、ゴミ箱ロボット同士が関わることで社会性を感じやすいことなどが要因として考えられる。また、パターン 2 では、パターン 1 とは違いゴミを遠くに投げることはせず、ゴミ箱ロボットのカメラの前にゴミをかざす行為が多数見受けられた。ゴミをかざしたタイミングで体の向きを背けると、このゴミを嫌がっていると解釈したのか、3つに分別を始める子どももいた。このことから、このゴミが欲しいのか尋ねるような行為として行っていたのではないかと推測される。さらに、パターン 2 において、去り際に、「バイバイ」といいながら手を振る子どもが観察された。これは、一緒に遊んでくれた仲間として認識しているという可能性も考えることができる。パターン 1 でも、子どもたちはゴミを介してゴミ箱ロボットと遊んでいたが、そこには見られなかった行動である。

4.4. フィールドワーク II

先のフィールドワークで、ゴミ箱ロボットの振る舞いを変化させながら、子どもの関わりを観察した。その中で、群れている場合とそうでない場合において、群れていた方が関わりに距離があることがわかった。しかし、パターン 1 においては、ゴミがある

ことにより、関わりの性質が変わってしまい、その確認が出来なかった。そこで、ゴミがない状況において、群れた場合とそうでない場合に、子どもたちの関わりの距離がどのように影響するのか確認する。

4.4.1. 手法

ゴミ箱ロボットは広場を大きく回るように歩きながら、関わってくる人に対しては視線を向けたり、近づいたり、鳴いたりするなどの行動をした。ロボットが 3 つの場合はつかず離れずの距離で、群れて移動しながら同様の振る舞いをした。広場にゴミはおかず、また他にゴミはない状態であった。1 回の試行は 5 分とし、ロボットが 1 つの場合と 3 つの場合の 2 条件に対し各 2 回試行をした。

4.4.2. 結果と考察

フィールドワーク中に関わった子ども 60 人についてカテゴリに分類を行った。表 2 に各条件において各カテゴリに分類された子どもの数を示す。また、2 条件に対する分類の割合を図 5 に示す。

ロボットが 1 つの場合と 3 つの場合において、C1 には変化が認められない。ゴミ箱ロボットに興味を持った子どもが関わりに行くかどうかには、ゴミ箱ロボットの数に相関がないことがわかる。

各条件における C2 と C3 の割合には、顕著な違いがみられる。ロボットが 3 つの場合、子どもたちは直接的なふれあいを避ける傾向があることがわかる。

表 2 子どもたちの振る舞いによる分類 2

		C1	C2	C3
1体の場合	1回目	7	1	9
	2回目	5	2	5
	合計	12	3	14
3体の場合	1回目	6	4	6
	2回目	6	6	3
	合計	12	10	9

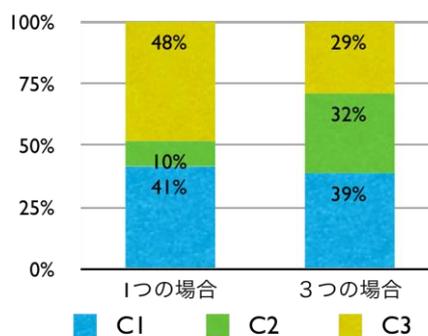


図 5 分類結果の割合 2

ゴミ箱ロボットが群れている場合には、ゴミ箱ロボットから距離を置きながら関わる子どもの様子が観察された。

Cheyne らによると、人と人の間に相互作用がある空間には他人の侵入を拒む性質があることが実証されている^[4]。子どもたちが距離を保ちながら関わったということから、ロボット間の相互作用により社会的な空間が形成されていたと考えられる。社会的な空間が構築できたということは、コミュニティが形成されており、コミュニケーション可能であることをディスプレイできていたといえる。また、コミュニティの中で社会的な振る舞いをするにより、社会的な存在としての帰属がなされることが期待される。

また、ロボットが1つで振る舞っていたときに比べ、3つで群れていたときには、子どもたちのロボットに対する乱暴な扱いが減ることが確認された。これは、ゴミ箱ロボットが他のゴミ箱ロボットに関わろうとする振る舞いにより、子どもに意図性を感じさせ、物としての扱いではなく、より生き物に近い扱いを引き出したからだと考えられる。

しかし、群れという性質から、縄張りのようなものが存在しており、子どもたちはそれを避けていた可能性が否定できない。乱暴に扱う行為が減ったということも、群れを恐れてのことかもしれない。これについては、さらに知見を得る必要がある。

5. 考察

2つのフィールドワークの結果より、ゴミ箱ロボットの振る舞いによって、子どもたちの関わり方に影響を与えることが確認できた。子どもたちとの関わりの中で、ゴミ箱ロボットがゴミや他のゴミ箱ロボットと関わりあう様子を観察させることは、ゴミ箱ロボットに志向性や社会性を感じさせ、子どもたちとの関係を築いていく上で有効であり、より様々な関わりを引き出すことができると考えられる。また、ゴミを入れてもらえたときに、視線を向けられない場合、ゴミを取り出されてしまったことから、感謝を返す互惠行為は相互構成的な関係を築く上でも重要であることが分かる。

また、子どもたちとの関係形成において「遊び」は欠かせない要因である。落ちていたゴミを介してゴミ箱ロボットと遊びながら関わり、関係を形成している様子が様々な場面で観察された。

このフィールドワークは短期間で行ったものであり、長期的な関係形成の過程を見ることはできないが、ゴミを見つけると何度もゴミ箱ロボットにゴミを入れたり、一度離れてまた戻ってくる子どもがいたり、長期的な関係の醸成につながりそうな関わり

りもあったことは無視できない。

6. まとめ

従来のロボット研究では、人に頼らず一人で機能を実現し、私たちの生活にとって役に立つものであることが暗黙の了解として存在していたように思われる。本研究では、このような前提について再検討し、一人では何もできないという弱さを起因とした関係論的な行為方略を用いたインタラクショナルデザインについて議論した。また、その応用として一人ではゴミを拾い集めることができないが、他者のアシストに支えられながら、結果としてゴミを拾い集めてしまうゴミ箱ロボット(Sociable Trash Box)を提案し、構築を行った。また、このようなゴミ箱ロボットが公共の施設に置かれたとき、子どもたちとどのような関わりがあるのかフィールドワークを通して探り、その結果について報告した。

今後の展望として、フィールドワークでは確認できなかった長期的な関わりを観察し、その関わりの中で相互構成的な関係を構築しながら、周囲の人と相互行為の間で、アシストを引き出す振る舞いを学習し社会的なスキルの獲得を行うモデルの提案を行っていききたい。また、その過程において「弱さのチカラ」はどのように働くのかについても議論していきたい。

謝辞

フィールドワークの場を提供くださり、様々なご支援をいただいたこども未来館「ここにこ」の皆様には厚く感謝申し上げます。また、本研究の一部は、科研費補助金(挑戦的萌芽研究 19650044, および基盤研究(B) 21300083)によって行われている。

参考文献

- [1] 吉田,吉池,岡田:Sociable Trash Box:子どもたちと一緒にゴミを拾い集めるロボット, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol.11, No.1, pp27-36 (2009).
- [2] Dennett, D.: Kinds of minds; Harper Collins Publisher, (1996)(土屋俊訳: 『心はどこにあるか』, 草想社 (1997)).
- [3] 神田,石黒,小野,今井,中津: 人-ロボットの対話におけるロボット同士の対話観察の効果, 電子情報通信学会誌, Vol.J85-D-I, No.7, pp697-700 (2002).
- [4] Cheyne, J.A. & Efran, M.G.: The effect of spatial and interpersonal variables on the invasion of group controlled territories., Sociometry, 35, pp477-489 (1972).