

**社会的受容性を志向するロブジェクト概念の提案と  
その教育分野への応用**

**(Proposal of the Robject Concept Oriented Toward Social  
Acceptability and Its Educational Applications)**

2026年1月

博士（工学）

本所 然

豊橋技術科学大学

(課程博士 (和文))

2026年 1月 6日

情報・知能工学専攻	学籍番号	第 193360 号	指導教員	北崎充晃 栗山繁 垣内洋平
氏名	本所然			

## 論文内容の要旨 (博士)

博士学位論文名	社会的受容性を志向するロボジェクト概念の提案とその教育分野への応用
---------	-----------------------------------

(要旨 1,200 字程度)

本論文は、身の回りにあるモノを起点としたロボット概念「ロボジェクト (Robject)」を提案し、その社会的受容性と教育分野への応用可能性を検討する。既存のソーシャルロボットは、人や動物を参照して社会性を「足し算」するデザインが中心であり、不気味の谷や過度な期待などの問題を抱える。本論文は、生活空間に遍在するモノに最小限の自律性と志向性のみを付与し、「モノとしての素朴さ」と「ミニマルな社会性表示」のバランスに着目した「引き算」によるインタラクティブデザインとしてロボジェクトを位置付ける。

ロボジェクトは、(1) 既存のモノをベースとし外観が大きく逸脱しないこと、(2) モノ状態とソーシャルロボット状態を行き来し得る可変的な社会性表示をもつこと、(3) 擬人化表現を抑えたミニマルな社会性を備えることを特徴とする。研究1では、ランプ型ロボジェクト〈Lumos〉、マイク型ロボジェクト〈Whimbo〉、ミスト型ロボジェクト〈Omboo!〉を実装し、インタビューと質問紙により評価した。その結果、モノらしい外観のままわずかな志向性のみを示すことで、安心感や生活空間へのなじみやすさ、適度なつながり感が生じること、またユーザのロボットへの構えや期待が受容性を左右することが明らかとなった。さらに、ミニマルな聞き手性をもつ〈Whimbo〉は「話を受け止めてくれるマイク」として自己開示を促し、社会性を過度に強めないことがコミュニケーション支援に有効である可能性を示した。

研究2では、おもちゃ箱型ロボジェクト〈Toi〉を用いて共生型 STEAM 学習環境を構築し、小学生を対象にフィールドワークを行った。子どもと〈Toi〉が教室での「共同生活」の中で、創造活動、プログラミング活動を行う学習デザインを実装し、アンケート、インタビュー、制作物等を分析した。その結果、〈Toi〉への愛着やケアの実践、弱さや困りごとへの想像と共生感、仕組みを探る試行錯誤、プログラミングや作品づくりを通じた主体的な表現など、STEAM 教育で重視される複数の側面でロボジェクトが学習の媒介として機能しうることが確認された。

以上より、ロボジェクトは、人とロボット、人とモノ、人と環境のあいだに生じる関係性を強制せず、ユーザの期待と文脈に応じて自然に受容される「ゆるやかな社会的存在」として位置付けられる。本論文は、社会性をあえて抑制し、人の解釈とケアを引き出すソーシャルロボットの新たなデザイン指針を提示するとともに、共生をキーワードとした STEAM 教育の学習環境デザインに対してロボジェクトという枠組みの有効性を示した。

(課程博士 (英文))

Date of Submission (month day, year) : January 6, 2026

Department of Computer Science and Engineering	Student ID Number	D193360	Supervisors	Michiteru Kitazaki Shigeru Kuriyama Yohei Kakiuchi
Applicant's name	Nen Honjo			

## Abstract (Doctor)

Title of Thesis	Proposal of the Robject Concept Oriented Toward Social Acceptability and Its Educational Applications
-----------------	---

Approx. 800 words

This study proposes a new robot concept, the "Robject," which takes everyday artifacts as its starting point, and examines its social acceptability and potential applications in educational settings. Conventional social robots are typically designed by "adding" social functions with humans or animals as reference models, and thus face issues such as the uncanny valley and overly inflated expectations. In contrast, this study positions the Robject as a "subtractive" interaction design that endows the ubiquitous things in our living environments with only minimal autonomy and directedness, focusing on the balance between the "simplicity as a thing" and "minimal expressions of sociality."

Robjects are characterized by (1) being designed on the basis of existing artifacts without radically departing from their original appearance, (2) possessing flexible social expressivity that can move between a mere-object state and a sociable-robot state, and (3) exhibiting minimal sociality with restrained use of language and anthropomorphic expressions. In Study 1, we implemented three Robjects—a lamp-type Robject Lumos, a microphone-type Robject Whimbo, and a mist-type Robject Omboo!—and evaluated them through interviews and questionnaires. The results indicate that presenting only slight directedness while maintaining an artifact-like appearance can elicit a sense of safety, ease of integration into everyday spaces, and a moderate feeling of connectedness, and that users' stances and expectations toward robots substantially influence their acceptance. Furthermore, Whimbo, which embodies minimal listener-like qualities, functioned as a "microphone that receives one's talk," facilitating self-disclosure and suggesting that not overemphasizing sociality can be effective for communication support.

In Study 2, we constructed a Cohabitative STEAM learning environment using a toy-box-type Robject, Toi, and conducted fieldwork with elementary school children. We implemented a learning design in which children and Toi "live together" in the classroom while engaging in creative and programming activities, and analyzed questionnaires, interviews, and artifacts produced by the children. The findings show that Robjects can mediate learning in multiple dimensions emphasized in STEAM education, including the development of attachment to and care for Toi, imagination about its weaknesses and difficulties and the resulting sense of co-living, exploratory trial-and-error to understand its mechanisms, and autonomous expression through programming and making.

Taken together, these findings position Robjects as "gently social entities" that do not im-pose particular relationships between humans and robots, humans and things, or humans and their environments, but are instead naturally accepted according to users' expectations and contexts. This study thus presents a new design guideline for social robots that deliberately attenuate overt sociality in order to elicit human interpretation and care, and demonstrates the potential usefulness of the Robject framework for designing STEAM learning environments centered on the notion of co-living.



# 目次

<b>第1章 序章</b>	<b>1</b>
1.1 はじめに	1
1.2 本論文の目的	2
1.3 論文構成	2
<b>第2章 研究背景</b>	<b>5</b>
2.1 ソーシャルロボット研究の流れ	5
2.2 Media Equation 理論	5
2.3 擬人化エージェント	6
2.4 不気味の谷と適応ギャップ	6
2.5 〈弱いロボット〉	7
2.5.1 解釈を引き出すデザイン方略	7
2.5.2 志向的な姿勢	8
2.5.3 主体性を尊重する行動変容戦略	8
2.5.4 ウェルビーイング	9
2.5.5 HRI 分野における〈弱いロボット〉の位置付け	9
2.5.6 〈弱いロボット〉研究の整理	10
2.6 本研究の位置付け	11
<b>第3章 ロブジェクト</b>	<b>13</b>
3.1 概要	13
3.2 ロブジェクトの定義	13
3.3 ロブジェクトの性質	13
3.4 ロブジェクトのデザイン方略	14
3.4.1 外観のデザイン方略	14
3.4.2 社会性表示のデザイン方略	15
3.5 「モノ」に着目した関連研究	15
3.6 本研究の目的	16
<b>第4章 ロブジェクトの社会的受容性に関する研究</b>	<b>17</b>
4.1 はじめに	17
4.2 ランプ型ロボジェクト〈Lumos〉	18
4.2.1 概要	18
4.2.2 ランプ型ロボジェクト〈Lumos〉の実装	18
ハードウェア構成	18
システム構成	19

---

インタラクシオンデザイン	20
4.2.3 実験概要	20
実験条件	21
半構造化インタビュー	21
実験の流れ	21
実験参加者	22
4.2.4 分析結果	22
分析手法	22
ストーリーラインと理論記述	23
4.2.5 考察	28
ユーザ A の理論記述に対する考察	28
ユーザ B の理論記述に対する考察	29
ユーザ C の理論記述に対する考察	30
質的分析から得られたロボジェットの性質	32
4.3 マイク型ロボジェット〈Whimbo〉	35
4.3.1 概要	35
4.3.2 ロボットとのコミュニケーション	35
4.3.3 自己開示と自己開示尺度	36
4.3.4 ロボットに対する自己開示	37
4.3.5 ミニマルな聞き手性	37
4.3.6 マイク型ロボジェット〈Whimbo〉の実装	37
ハードウェア構成	37
システム構成	39
4.3.7 評価実験	39
実験概要	39
実験方法	39
実験条件	40
質問項目	42
仮説	42
実験結果	42
4.3.8 考察	44
4.4 ミスト型ロボジェット〈Ombool!〉	47
4.4.1 概要	47
4.4.2 ミスト型ロボジェット〈Ombool!〉の実装	48
ハードウェア構成	48
システム構成	48
インタラクシオンデザイン	49
4.4.3 実験方法	49
実験概要	49

実験条件	50
実験の流れ	50
実験参加者	51
評価方法	51
仮説	52
4.4.4 アンケート結果・検証	52
分析結果	52
仮説検証	52
4.4.5 インタビュー結果・考察	54
ユーザの属性	54
ストーリーラインと理論記述	54
理論記述に対する考察	58
4.4.6 考察	60
社会的受容性	60
社会性	60
適応ギャップ	61
わずかなつながり感	61
4.5 本章のまとめ	61
<b>第5章 ロボジェクトの STEAM 学習への応用研究</b>	<b>63</b>
5.1 はじめに	63
5.2 背景	63
5.2.1 教育の ICT 化と STEAM 学習	63
5.2.2 社会構成主義と構築主義	64
5.2.3 ロボット教材を用いた先行研究	64
5.2.4 〈弱いロボット〉と STEAM 学習	65
5.2.5 共生型 STEAM 学習	65
5.2.6 ロボジェクトと共生型 STEAM 学習	66
5.2.7 研究目的	66
5.3 おもちゃ箱型ロボジェクト〈Toi〉の実装	67
5.3.1 コンセプト	67
5.3.2 ハードウェア構成	67
5.3.3 ソフトウェア構成	68
5.4 ワークショップデザイン	69
5.4.1 ブレインストーミング	69
5.4.2 ロボット制作	69
5.4.3 振る舞い制作	71
5.4.4 振り返り・まとめ	71
5.4.5 共同生活	71
5.5 フィールドワーク	71

---

5.5.1	目的	71
5.5.2	フィールドワーク 1（共同生活期間なし）	72
	概要	72
	フィールドワークの流れ	72
	フィールドワークの様子	72
5.5.3	フィールドワーク 2（共同生活期間あり）	74
	概要	74
	フィールドワークの流れ	74
	フィールドワークの様子	74
5.5.4	分析手法	75
	アンケート分析	77
	プログラム分析	77
	インタビュー分析	77
5.6	結果	78
5.6.1	アンケートの分析結果	78
5.6.2	プログラムの変遷	79
5.6.3	SCAT 分析	79
	インタビュー 1 の分析結果	79
	インタビュー 2 の分析結果	80
	インタビュー 3 の分析結果	82
	インタビュー 4 の分析結果	83
5.7	考察	83
5.7.1	本研究のリミテーション	83
5.7.2	アンケート結果に関する考察	84
5.7.3	プログラム結果に関する考察	85
5.7.4	質的分析に関する考察	86
	理論記述 1	86
	理論記述 2	86
	理論記述 3	87
	理論記述 4	88
5.8	本章のまとめ	88
<b>第 6 章</b>	<b>総合的なまとめと考察</b>	<b>89</b>
6.1	本論文のまとめ	89
6.1.1	序論	89
6.1.2	研究背景	89
6.1.3	ロブジェクトの提案	90
6.1.4	ロブジェクトの社会的受容性に関する研究	90
6.1.5	ロブジェクトの STEAM 学習への応用	91
6.2	総合的な考察	91

6.2.1	ロボジェクトの基本的性質	91
	性質1：モノとしての外観によるメンタルモデルの構築	91
	性質2：モノとしての外観から生じる正の適応ギャップ	92
	性質3：モノとしての要素による受容性の向上	92
	性質4：ミニマルな社会性により生じる解釈の余地	93
	性質5：ミニマルな社会性による受容性の向上	93
	性質6：ミニマルな社会性によるほどよい存在感	94
	基本性質のまとめ	94
6.2.2	ロボジェクトの新たな性質	95
	愛着	95
	ケアと学習	95
6.2.3	ロボジェクトの応用可能性	96
6.3	本研究のリミテーション	97
<b>第7章 結論</b>		<b>99</b>
<b>謝辞</b>		<b>101</b>
<b>参考文献</b>		<b>103</b>
<b>〈Lumos〉 実験における SCAT 分析</b>		<b>107</b>
<b>〈Ombool!〉 実験における SCAT 分析</b>		<b>117</b>
<b>〈Toi〉 フィールドワークにおける SCAT 分析</b>		<b>127</b>
<b>業績一覧</b>		<b>141</b>

# 目次

1.1	ロボジェクトの概念図	1
4.1	ロボジェクトのある暮らし	17
4.2	ランプ型ロボジェクト〈Lumos〉	18
4.3	ハードウェア構成	19
4.4	システム構成	19
4.5	実験の流れ	20
4.6	実験の様子	22
4.7	実験環境	22
4.8	マイク型ロボジェクト〈Whimbo〉	35
4.9	日本人用の自己開示尺度	36
4.10	ハードウェア構成	38
4.11	ソフトウェア構成	38
4.12	GodSpeed 質問項目の実験結果	43
4.13	GodSpeed 質問項目の実験結果	43
4.14	自己開示尺度の質問項目の実験結果	44
4.15	ミスト型ロボジェクト〈Ombool!〉	47
4.16	ハードウェア構成	48
4.17	システム構成	49
4.18	実験の流れ	50
4.19	実験環境	51
4.20	カテゴリ毎の分析結果	53
4.21	意思疎通に関する質問項目の分析結果	53
5.1	共生型 STEAM 学習のサイクル	66
5.2	おもちゃ箱型ロボジェクト〈Toi〉	67
5.3	ハードウェア構成	68
5.4	使用可能なセンサ例	68
5.5	micro:bit	68
5.6	ブレインストーミングの様子	70
5.7	MDF ボード	70
5.8	フィールドワーク 1- 各回のスケジュール	73
5.9	フィールドワーク 1 の様子	73
5.10	フィールドワーク 2- 全体のスケジュール	75
5.11	フィールドワーク 2- 各回のスケジュール	75

5.12	フィールドワーク2の様子 .....	76
5.13	1班プログラム経過 - 序盤 (6/18 時点) .....	80
5.14	1班プログラム経過 - 中盤 (7/9 時点) .....	81
5.15	1班プログラム経過 - 終盤 (7/18 時点) .....	81
5.16	8班のアセットプログラム .....	85

# 表目次

4.1	インタラクション実験の条件	21
4.2	各ユーザの属性	22
4.3	印象評価実験の条件	40
4.4	GoodSpeed 質問項目	41
4.5	ミニマルな聞き手性に関する独自質問項目	41
4.6	自己開示尺度の質問項目	41
4.7	Godspeed 質問項目における多重比較結果 (Bonferroni 法)	43
4.8	独自質問項目における多重比較結果 (Bonferroni 法)	43
4.9	教示したタスク	50
4.10	インタラクション実験の条件	50
4.11	独自に用意した質問項目	52
4.12	各ユーザの属性	54
5.1	アンケート項目	76
5.2	インタビュー項目	77
5.3	Q1-Q4 における二要因分散分析の結果	78
5.4	Q5-Q6 におけるマン・ホイットニーの U 検定結果	78
A.1	ユーザ A: インタビュー 1 の SCAT 分析過程	108
A.2	ユーザ A: インタビュー 2 の SCAT 分析過程	109
A.3	ユーザ A: インタビュー 3 の SCAT 分析過程	110
A.4	ユーザ B: インタビュー 1 の SCAT 分析過程	111
A.5	ユーザ B: インタビュー 2 の SCAT 分析過程	112
A.6	ユーザ B: インタビュー 3 の SCAT 分析過程	113
A.7	ユーザ C: インタビュー 1 の SCAT 分析過程	114
A.8	ユーザ C: インタビュー 2 の SCAT 分析過程	115
A.9	ユーザ C: インタビュー 3 の SCAT 分析過程	116
B.1	ユーザ A: インタビュー 1 の SCAT 分析過程	118
B.2	ユーザ A: インタビュー 2 の SCAT 分析過程	119
B.3	ユーザ A: インタビュー 3 の SCAT 分析過程	120
B.4	ユーザ B: インタビュー 1 の SCAT 分析過程	121
B.5	ユーザ B: インタビュー 2 の SCAT 分析過程	122
B.6	ユーザ B: インタビュー 3 の SCAT 分析過程	122
B.7	ユーザ C: インタビュー 1 の SCAT 分析過程	123

B.8	ユーザ C：インタビュー 2 の SCAT 分析過程	124
B.9	ユーザ C：インタビュー 3 の SCAT 分析過程	125
C.1	教員 A インタビューの SCAT 分析過程 1	128
C.2	教員 A インタビューの SCAT 分析過程 2	129
C.3	教員 A インタビューの SCAT 分析過程 3	130
C.4	教員 A インタビューの SCAT 分析過程 4	131
C.5	教員 A インタビューの SCAT 分析過程 5	132
C.6	教員 A インタビューの SCAT 分析過程 6	133
C.7	教員 A インタビューの SCAT 分析過程 7	134
C.8	教員 A インタビューの SCAT 分析過程 8	135
C.9	教員 A インタビューの SCAT 分析過程 9	136
C.10	教員 A インタビューの SCAT 分析過程 10	137
C.11	教員 A インタビューの SCAT 分析過程 11	138
C.12	教員 A インタビューの SCAT 分析過程 12	139



# 第 1 章

## 序章

### 1.1 はじめに

私たちの周りには「足し算のデザイン」があふれている。家電製品などはわかりやすい例で、毎年新商品が登場しては新機能が声高にうたわれる。新商品の登場により便利な商品を手に入れることができる一方で、他商品と差をつけるために次々と新たな機能が加えられ、操作が難解になってしまうこともある。これは、「なし崩しの機能追加主義」としてノーマンが指摘したことである [1]。このような足し算のデザインによる煩わしさは、人とロボットのインタラクションデザインにおいても起こり得ることだろう。

最近のコミュニケーションロボットにも「できる」ことが増えている。複雑なコミュニケーションがとれる AI 搭載のコミュニケーションロボット、多様な表情で豊かな感情表現ができるリアルなアンドロイドなど、技術の進歩とともにロボットのモダリティや社会性表示にも「足し算のデザイン」が生じたのである。これらの社会性表示は、人とロボットの関係構築における手がかりであり、従来のロボット研究・開発では生物に近づける形でデザインが行われてきた（図 1.1 右側）。実際、ロボットという未知の存在とのインタラクションにおいて身体という共通基盤を持つことは強力な手がかりを与える。例えば、ロボットが目や手足といった身体要素を持っていれば、ユーザはロボットがどこに意識を向けているのか、何をしようとしているのかなど多くのことを自身の経験に基づいて推測可能だからである。一方で、このようなロボットデザインには問題点も指摘されている。見た目が人間に近づくほどに違和感を感じさせてしまう「不気味の谷」の議論 [2] や、外見から期待する機能と実際の機能とが乖離してしまう「適応ギャップ」の議論 [3] などである。これらの問題点は技術が進歩していけば解決される可能性もあるが、現状のロボット技術ではインタラクションにおいてある種の「煩わしさ」へと繋がってしまう場合がある。

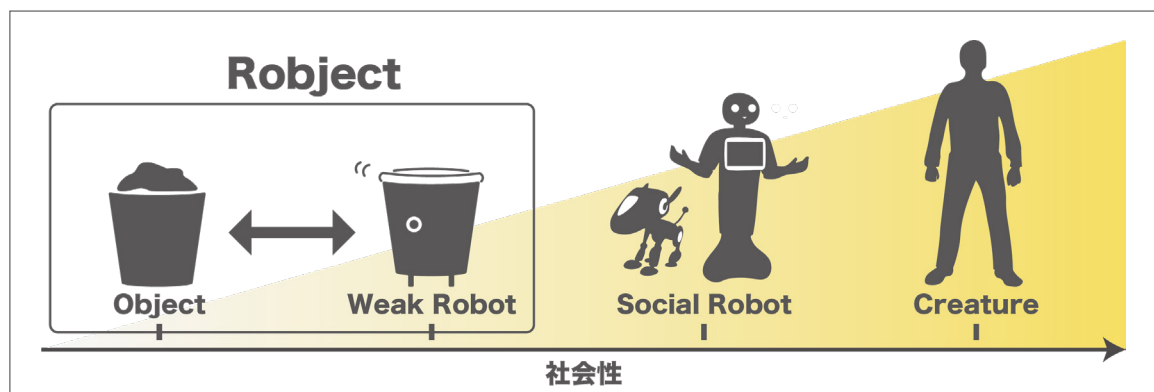


図 1.1 ロブジェクトの概念図

では、その一方で、ロボットのモダリティや社会性を「引き算」していくと最後に何が残るの  
だろう。スタンフォード大学のB.Rothによる定義では「ロボットとは人間や他の動物あるいは  
機械と連携して仕事をする機械であって、自動型と半自動型がある。ロボットとは他の自動機械  
との区別はあまりはっきりしておらず、かなり気まぐれ的で商業主義的なところがあり、また時  
間的にも意味は移り変わっている。」としている[4]。このようにロボットと機械（モノ）の区別  
は元来曖昧なものだといえる。ただし、人との関わりを主とするソーシャルロボット研究の観点  
では、社会性をそぎ落とすほどに機械（モノ）へと近づいていくことが考えられる。

そこで筆者はモノ、ロボット、生物などを「社会性の大きさ」という軸で捉えた際に、より社  
会性の小さい「モノ」から「ソーシャルロボット」の間に着目した（図1.1左側）。ロボットを  
生物に近づけていくのではなく、むしろモノとロボットという曖昧な領域に着目することでユー  
ザから積極的に解釈を引き出すことを目指したのである。このように、身体的な同型性とは異なる  
方向性のロボット・インタラクションデザインは、その社会的受容性を議論するうえで新たな  
切り口となる可能性がある。

## 1.2 本論文の目的

本論文の目的は、身の回りにある「モノ」を起点にした新たなロボット概念「ロブジェクト  
(Robject)」を提案するとともに、その関係性構築における性質や社会的受容性を調査すること  
にある。先行研究や経験的な知見に基づき議論されたロブジェクトの性質（第3章）を仮説とし、  
研究1および研究2を通してその検証と応用可能性を調査する。

研究1では、ロブジェクトの基本的な性質の検証や新たな性質の探究を目的とする。複数のロ  
ブジェクトを実装し、インタラクション実験を通じた評価を行う。

また、研究2では、ロブジェクトの応用可能性を調査することを目的とする。ここでは、  
STEAM学習に向けた教材を実装するとともに、小学生を対象としたフィールドワークの比較を  
通じた評価を行う。

## 1.3 論文構成

本論文は、以下の章で構成されている。

### 第1章：序論

本研究で提案するロブジェクトが目指すインタラクションデザインを共有するとともに、  
研究の目的と本論の構成を説明する。

### 第2章：研究背景

第2章では、ソーシャルロボット研究の大まかな流れについて整理するとともに、本研  
究との関連が深い〈弱いロボット〉についてまとめる。ロブジェクトは〈弱いロボット〉  
に内包される概念であるため、具体的な研究を提示しながら関連する理論や認知科学的な  
議論などについて詳述する。

### 第3章：ロボプロジェクト

第3章では、本研究において提案するロボプロジェクトについて述べる。ロボプロジェクトは、モノをモチーフにすることで生活空間に溶け込むことを目指したロボットデザインである。ロボットの社会性に関する要素を削ぎ落とすことで、ユーザ側の解釈を引き出しインタラクションにおける煩わしさを低減すると考えている。本章において提示する性質は、筆者らの研究グループで行ってきた議論をベースとした仮説であり次章以降の研究において検証し、新たな性質の探求を行う。

### 第4章：ロボプロジェクトの社会的受容性に関する研究

リサーチ・スルー・デザイン (RtD) [5] に基づき、複数のロボプロジェクトを実装・評価しながら仮説の検証や新たな性質の探索を行う。モノには様々な種類や用途があるため、モチーフとなるモノによりロボプロジェクトにも固有の性質が生まれる。これらを比較し共通項を洗い出すことでロボプロジェクトの持つ特性や社会的受容性について議論を行う。本章は、3つのロボプロジェクトを実装し、評価を行う。事例1では、ランプ型ロボプロジェクト〈Lumos〉を用い、ロボプロジェクトの様々な状態を比較しながら印象評価を行う。事例2では、マイク型ロボプロジェクト〈Whimbo〉を用い、コミュニケーションにおける効果（聞き手性）の評価を行う。事例3では、ミスト型ロボプロジェクト〈Omboo!〉を用い、エージェントの社会性や存在感をミニマルにした際の限界について評価を行う。また、これらの事例を比較・統合することでロボプロジェクトについての性質や社会的受容性について議論する。

### 第5章：ロボプロジェクトのSTEAM教育への応用研究

第5章では、ロボプロジェクトを教育分野へ応用した際に、学習にもたらす効果を調査したフィールドワークについて述べる。これにより、ロボプロジェクトの基本的な性質検証にとどまらず、実践例を通じてその有用性を確認する。ここでは、STEAM学習に向けておもちゃ箱型ロボプロジェクト〈Toi〉を用いた学習環境を構築を試し、実際に小学生を対象としたフィールドワークを実施・分析する。ロボプロジェクトの特徴である生活に溶け込む性質を生かすための学習環境として「共同生活期間」を用意し、その有無が学習に及ぼす変化を調査する。

### 第6章：総合的なまとめと考察

第6章では、4章および5章で述べてきた研究について総括するとともに、ロボプロジェクトの応用可能性について述べる。

### 第7章：結論

第7章では、本論文のまとめを行う。また、今後の展望について述べる。

なお、本博士論文の一部は、筆者がこれまでに発表した論文を基に、再構成および加筆修正を行ったものである。各章と既発表論文の対応関係は以下の通りである。

第4章：ロボットの社会的受容性に関する研究

本所然, 長谷川孔明, 大島直樹, 岡田美智男. 社会的受容性を志向するロボット概念の提案. ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.25, No.3, pp.203-218, 2023.

肥田木遼, 本所然, 長谷川孔明, 大島直樹, 岡田美智男. ミニマルな聞き手性を備えたマイク型ロボット〈Whimbo〉の提案. ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 25, No. 3, pp. 231-240, 2023.

第5章：ロボットのSTEAM教育への応用研究

本所然, 三宅将吾, 長谷川孔明, 岡田美智男. 弱いロボット〈Toi〉を用いた共生型STEAM学習環境の構築. 日本教育工学会論文誌, 論文ID 49036, [早期公開] 公開日 2026/01/23.

本論文は、これら個別研究を統合し、理論的枠組みの再整理および横断的分析を行うことで、一連の研究を体系的に位置づけ直している点に独自性がある。

## 第2章

# 研究背景

本章では、HRI 分野における研究の流れを概説するとともに、ロボジェクト概念に関わる研究や議論を整理する。

### 2.1 ソーシャルロボット研究の流れ

人工知能やロボティクスの発展に伴い、人とロボットの関係性は従来の「操作と応答」という一方向的な枠組みを超え、相互作用性・社会的関係性へと拡張されている。特に、ロボットが人間社会の中で支援者、教育者、介護者などとして機能する可能性が議論される中、ソーシャルロボット (social robot) の研究が重要性を増している。ソーシャルロボットは、単に作業や物理的タスクを遂行する機械ではなく、人との社会的インタラクションを通じて心理的・情動的関係を構築することを目的として設計された自律的存在である [6]。この概念は、1990 年代後半に Cynthia Breazeal が提唱した「sociable robot」の研究 [7] に端を発し、ロボットが人と感情的・社会的に関わることの可能性を示す重要な学術的基盤となった。Breazeal の研究において開発された Kismet は、顔表情、視線、発話などの社会的手がかりを備え、周囲の人間との情動的相互作用を可能にするロボットであり、人はこれに対して共感や愛着、協調的態度といった心理的反応を示すことが実証された。

### 2.2 Media Equation 理論

このようなロボットをめぐるインタラクション研究の背景には、Media Equation 理論 (メディア方程式理論) が存在する [8]。この理論は、人がメディア (コンピュータ、テレビ、ロボットなど) に対して、現実の人間と同様の社会的反応を示すことを明らかにしたものである。Reeves と Nass は多数の実験を通じて、人はメディアを「機械」ではなく「社会的パートナー」として扱う傾向をもつことを実証した。たとえば、参加者がコンピュータから質問を受け、その同じコンピュータで回答を評価する際に「礼儀正しく」振る舞うこと、あるいはコンピュータの音声か男性的か女性的かによって受け取る印象が変化することなどが報告されている [9]。このような現象は、人の脳が社会的刺激に対して自動的に反応するという進化的メカニズムに基づくものであり、現実と仮想を明確に区別する認知的仕組みを持たないことに起因するとされる。したがって、人は社会的手がかり (声、顔、表情、対話的行動など) をもつメディアを、無意識のうちに「社会的存在」として知覚し、そこに感情的・倫理的規範を適用するのである。

Media Equation 理論は、後に Nass と Moon によって CASA (Computers Are Social Ac-

---

tors) モデルとして体系化され、コンピュータやロボットに対する人の社会的反応を説明する実験的枠組みとして発展した。この理論的枠組みは、ソーシャルロボットの設計思想に大きな影響を与え、ロボットが人らしい外見や行動を示すことで、信頼・親近感・共感といった社会的要素を喚起できるという前提を支える理論的基盤となっている。すなわち、ロボットの社会的受容性や人との関係構築は、機能的性能のみならず、社会的知覚 (social perception) や擬人的理解 (anthropomorphic interpretation) によっても左右されることが示唆されている。

## 2.3 擬人化エージェント

Media Equation 理論は、ロボットだけでなく、擬人化エージェント (anthropomorphic agent) 研究にも直接的な影響を与えている。擬人化エージェントとは、仮想空間上やユーザインタフェース上において、人間に近い外見や行動特性を備え、ユーザとの社会的・情動的コミュニケーションを目的とする人工的存在である。これらのエージェントは、Media Equation が示す「人は社会的手がかりに反応する」という心理的傾向に基づき設計されており、ユーザがエージェントを人間的存在として知覚することで、自然かつ持続的な対話や協調関係の形成を可能にしている。実際、音声、表情、視線、身体動作などの多様な社会的手がかりを組み合わせることで、ユーザはエージェントに人格的特性を帰属し、感情的関与や意思決定への影響を受けることが示されている [10]。このように、ソーシャルロボット研究から Media Equation 理論、そして擬人化エージェント研究へと至る流れは、人が人工的存在を社会的対象として認知し、関係を構築する心理的メカニズムの解明という共通の問題意識のもとで一貫して発展してきたと位置付けられる。

擬人化エージェントを介した教育、医療、福祉、エンタテインメントなどの実環境応用が進むにつれて、Media Equation 理論に基づく社会的手がかり設計の重要性が一層高まっている。具体的には、ユーザがエージェントの人格的側面をどの程度受容し、共感や協調行動に結びつけるかは、音声の抑揚、表情の自然さ、対話タイミングなどの設計要素に大きく依存することが報告されている [11]。この点において、Media Equation 理論は単なる心理学的知見にとどまらず、ソーシャルロボットや擬人化エージェントの実践的設計としても議論が進められてきた。

## 2.4 不気味の谷と適応ギャップ

擬人化エージェントの研究が進展する一方で、その社会的受容性やユーザの心理的反応を理解するうえで重要な概念として、不気味の谷 (Uncanny Valley) が挙げられる。森が提唱したこの概念は、人間に似せて設計されたロボットやエージェントの外見や振る舞いがある程度のリアリティを超えると、ユーザに不快感や違和感を与える現象を指す [2]。すなわち、外見や行動が人間らしくなるほど好感度が増す一方で、完全に自然な人間らしさに至らない段階では逆に心理的拒絶が生じるという非線形的関係が存在することを示している。この現象は、擬人化エージェントのデザインにおいて、外見のリアリティや行動の自然さを慎重に調整する必要性を示唆しており、単に社会的手がかりを付与するだけではユーザの受容性が向上しないことを示す重要な指標である。さらに、擬人化エージェントの利用に関連して議論されるのが、適応ギャップ (Adaptation Gap) である。適応ギャップとは、ユーザがエージェントの社会的行動や人格表現に

適応する過程と、エージェントの振る舞いがユーザの期待する人間的行動との間に生じる心理的距離のことを指す [3]。特に、ユーザが初期に持つエージェントへの期待や先入観と、実際のインタラクションで得られる情報との間に乖離が生じる場合、違和感や不信感が誘発される。このようなギャップは、エージェントの擬人化度や行動の適応性、学習能力、対話の自然さなどに依存しており、長期的な関係性形成の妨げとなる可能性がある。不気味の谷と適応ギャップは、ともに擬人化エージェントが人の社会的認知や心理的メカニズムに適合する際の制約条件として理解できる。不気味の谷は主に外見や動作のリアリティに起因する即時的な違和感を示す一方で、適応ギャップは長期的なインタラクション過程における心理的適応の問題を表す。この二つの現象は、ユーザがエージェントを人間的存在として受容し、協調的・情動的関係を構築するための設計上の課題を明確にするものである。したがって、擬人化エージェントの研究においては、社会的手がかりの付与や人格的設計だけでなく、外見・行動のリアリティ調整やユーザ適応の段階的設計を考慮することが、社会的受容性を向上させる上で必要となる。

## 2.5 〈弱いロボット〉

前節までに述べた擬人化エージェントの受容性や心理的反応に関する議論は、エージェントがユーザに人間的な特性を備えて認知されることを前提としている。しかし、HRI (Human-Robot Interaction) 分野では、必ずしも高い自律性や完全な擬人化を目指すことが最適でない場合があることが指摘されている。この文脈で注目されるのが、〈弱いロボット〉の概念である。〈弱いロボット〉とは、従来の自律的・高性能なロボットとは対照的に、限定された能力や意図的な制約を持つことで、ユーザとの協調・補助関係を強化するロボットを指す [12]。具体的には、動作の範囲を意図的に制限したり、部分的な失敗や不完全さをあえて設計に組み込むことで、ユーザがロボットに対して支援的・共感的行動を取りやすくすることを狙いとしている。これにより、ユーザはロボットの能力を過信することなく、適切なインタラクションを維持しやすくなるとともに、心理的負荷を低減し、関係性を持続させやすくなると考えられる。

〈弱いロボット〉の設計は、前節で述べた不気味の谷 (Uncanny Valley) や適応ギャップ (Adaptation Gap) の問題とも密接に関連している。完全な人間らしさや高い自律性を追求することは、ユーザの期待値との乖離や不快感を招きやすいのに対し、あえて制約を設けた〈弱いロボット〉は、ユーザがロボットに対して適応しやすい環境を提供し、長期的な協調関係の形成を促進することが可能である。この観点から、〈弱いロボット〉は従来のロボット・エージェント研究とは異なる方向で社会的受容性と社会的協調性の両立を図る設計戦略として位置づけられる。本研究において提案するロボジェクトは〈弱いロボット〉の研究に内包される形で議論してきたため、以下では関連する理論について整理する。

### 2.5.1 解釈を引き出すデザイン方略

〈弱いロボット〉に関連する議論の一つとして、ロボットの外見やコミュニケーションにおけるミニマルデザインが挙げられる。近年では、デザイン業界やIT業界など様々な分野で、要素をそぎ落としてシンプルさを追求するミニマルデザインの考え方が取り入れられている。一般的にミニマルデザインはシンプルさを重視するものだが、同時に解釈の多様化を意図する側面も含

まれる。特に人とロボットの関係性をデザインする文脈において、この解釈の多様化は重要な意味を持つ。岡田らは、『ロボットとのコミュニケーションにおけるミニマルデザイン』において、「ミニマルな手がかり (minimal cues)」をもとに、相手の解釈を積極的に引き出すコミュニケーション形態を「関係論的なコミュニケーション」と定義し、このようなミニマルな手がかりをデザインする方法論の検討を行ってきた [13]。具体的には、ロボットの個体としての機能や表情表出を意図的に抑制することで、ユーザや周囲の環境との関わりの中で初めてオリジナルな意味や役割が生まれるように設計する。すなわち、ロボットが提示する手がかりから明確な意味をそぎ落とすミニマルデザインは、人や周囲の物体との相互作用を通じて意味が生成される構造を促すのである。

### 2.5.2 志向的な姿勢

また〈弱いロボット〉のインタラクションデザインにおいて重要な概念としてロボットに対する志向的な姿勢がある。デネットによれば、人がモノを認知するとき、その捉え方は3つに分類することができるという [14]。

1つ目は「物理的な構え」である。例えば、ゴミ箱が倒れている状況を目にしたとき、「ゴミ箱が疲れたから寝転がって休んでいる」と捉える人はいない。むしろ、「誰かがぶつかって倒したのだろう」などと捉えるのが自然である。このように、対象を物理法則にしたがい説明しようとする姿勢を物理的な構えと呼ぶ。2つ目は「設計的な構え」である。例えば、スマートフォンでアプリケーションを起動したとき、「OSからの指示プログラム通りにアプリケーションが起動された」と捉えるのが自然である。このように、対象を設計やプログラムなどのルールにしたがい説明しようとする姿勢を設計的な構えと呼ぶ。3つ目は「志向的な構え」である。例えば、散歩をしているときに鳥に近づいたら飛んでいくことがある。これは、「人が近づいてきたから、怖くて逃げたのだろう」と捉えることだろう。このように、ある意図の下で合目的的に動いていると捉える姿勢は志向的な構えと呼ばれる。

HRI研究の文脈では、志向的な姿勢がどの程度誘発されるかは、ロボットの外見、振る舞い、提示される手がかりの質などに大きく依存する。前節で述べた擬人化エージェントに関する議論や、不気味の谷および適応ギャップの問題は、ユーザが志向的な姿勢をとるか否かの閾値を左右し、ロボットの「心らしさ」の自然な受容を阻害する要因と捉えることができる。また、〈弱いロボット〉やミニマルデザインによって強調される、解釈の多様性やユーザ主体の意味生成過程は、ユーザが自らロボットの内的状態を推測しようとする認知的参与を促し、志向的な姿勢の発現を支えるものでもある。ロボットの能力をあえて制限する設計や、ミニマルな手がかりを提示するデザインは、ユーザに補完的行動や自律的判断を促し、ロボットの行動を意図的に解釈する契機を提供する。これにより、ユーザはロボットに対して心的状態を帰属させやすくなり、協働や関係性の形成において深い心理的関与が生まれやすくなると考えられる。

### 2.5.3 主体性を尊重する行動変容戦略

人間の意思決定や行動に対する環境設計の効果に関する議論として、ナッジ理論 (Nudge Theory) が注目されている [15]。ナッジ理論は、強制や規制を伴わずに、人々の選択や行動を

望ましい方向に誘導する設計手法の枠組みを提供する。すなわち、人の認知バイアスや意思決定の傾向を考慮し、環境や情報の提示方法を工夫することで、主体的な選択を尊重しつつ望ましい行動を促すことを目的としている。HRIにおいても、ナッジ的アプローチは重要な設計指針となり得る。特に、前節で述べた〈弱いロボット〉やミニマルデザインと組み合わせることで、ロボットの不完全性や意図的制約が、ユーザに主体的な関与や協働を促す「行動上のナッジ」として機能する可能性がある。例えば、〈弱いロボット〉の一つであるドライビングエージェント〈Namida0〉では経路を提示する際に、エージェントの視線方向や提案ベースでの誘導を行うことで運転者の主体性を担保しつつ、行動変容を促す [16]。このように、能力や表現に制限を加えたロボットやエージェントは、ユーザに自然な判断や補助行動を誘発し、単なる受動的操作に留まらない関係性を生み出す可能性がある。この観点から、ナッジ理論は単に行動誘導の手法としてだけでなく、社会的・心理的関与の強化という HRI 設計の目的と整合する概念として理解できる。ロボットの設計者は、ユーザの行動や認知に微妙な影響を与えることで、自然かつ自律的な協働関係を構築することが可能となる。〈弱いロボット〉やミニマルデザインと同様に、ナッジ的設計は、人とロボットの関係性を深化させ、ユーザの主体性や心理的関与を促す有効な枠組みとして位置づけることができる。

## 2.5.4 ウェルビーイング

人とロボットの関係性や心理的関与を考察する上で、自己決定理論 (Self-Determination Theory, SDT) は重要な枠組みとなる [17]。自己決定理論は、人の動機や行動を理解する理論であり、自律性 (autonomy)・有能感 (competence)・関係性 (relatedness) という三つの基本的心理的欲求が満たされることによって、主体的で持続的な動機づけが生まれると説明する。逆に、これらの欲求が阻害されると、外発的・受動的な行動に偏り、心理的関与や学習意欲が低下することが知られている。

〈弱いロボット〉のインタラクションデザインにおいて、単なる心理的介入や行動操作に留まらず、ユーザの主体性や自己決定感の向上を意図的に促す設計戦略として理解できる [18]。ロボットの能力を制限したり、ミニマルな手がかりを提示したりすることで、ユーザは自ら判断し、協働や補助を行う余地が生まれる。この過程で、ユーザは自律的に関与する感覚 (autonomy) や、協働によって課題を達成する経験を通じた有能感 (competence)、そしてロボットとの相互作用を通じた関係性 (relatedness) を得ることができると期待される。したがって、自己決定理論の観点からみると、〈弱いロボット〉やミニマルデザインは、ユーザの心理的欲求を阻害せずに主体的関与を促す有効な手法であることが理解できる。また、ナッジ的手法と組み合わせることで、ユーザが心理的に自律した状態で望ましい行動や協働関係を形成できる環境を提供することが可能となる。これにより、ロボットとのインタラクションは単なる操作体験に留まらず、ユーザの動機づけや関与を持続的に高める社会的・心理的場として機能することが期待される。

## 2.5.5 HRI 分野における〈弱いロボット〉の位置付け

HRI 分野において〈弱いロボット〉の概念は、従来のロボット研究が目指してきた高度化・自律化の方向性とは異なる、新しいパラダイムと位置付けられる。一般的なロボット開発では、環

---

境理解能力の向上、操作精度の改善、複雑なタスク遂行能力の強化が重視され、人と同等あるいはそれ以上の機能を実現することが技術的理想とされてきた。それに対して〈弱いロボット〉は、あえて身体的・認知的能力を限定し、タスクを完全には実行できない、あるいは人の補助を必要とするように設計される点に特徴がある。この「弱さ」は欠点として扱われるものではなく、人とのより豊かな協働関係や道徳的・情動的な関与を引き出すための積極的なデザイン戦略として捉えられている。

こうした〈弱いロボット〉のアプローチは、人がロボットをどのように知覚し、関係性を形成し、さらには援助やケア、教育といった文脈でどのような行動を取るのかを理解する上で重要な視点を提供する。ロボットが「弱い」からこそ、人はロボットに対し手助けを自然に行い、また共感や愛着を持つことができる。これは、人が主体的にロボットへ関与する余地が残されている点、すなわちインタラクション過程における人側の役割が拡大される点に由来する。強く自律したロボットではなく、どこか不完結で欠けた部分があることで、人はロボットの行動を補完し、自らの介入を意味づける機会を得る。この性質は、ケア領域や教育的支援といった、人の参加や主体性が重要となる領域で特に有益であると考えられる。

さらに〈弱いロボット〉は、ロボットの能力の限界を示すことで、人の過度な期待を抑制し、技術との関わり方を適正に調整する作用も持つ。これは、HRI 研究において問題視されてきた「過度な自律性への期待」や「ブラックボックス化したシステムへの不透明な依存」に対して、新たな方針を示唆するものでもある。弱さを内包する設計によって、ユーザはロボットの能力範囲を理解しやすくなり、技術を人間社会に適切に位置付けるための認知的枠組みが形成されやすくなる。

以上のように、〈弱いロボット〉研究は単なる技術的アプローチではなく、HRI における人間中心の視点を再考するための重要な理論的枠組みとして位置付けられる。強さ・自律性・効率性といった従来のロボティクスの価値観を相対化し、人の主体性や意味形成過程を重視する新たなデザイン思想を提示するという点で、〈弱いロボット〉は HRI 分野における独自の貢献を果たしている。

## 2.5.6 〈弱いロボット〉研究の整理

これまで様々な〈弱いロボット〉が開発されてきたが、インタラクションデザインの観点では大きく二つのグループに分類できる。一つは、人同士の関わりをロボットと人の関わりへと移し替えることで、複雑な相互行為を単純化して捉え直そうとするグループである。一緒に手を繋いで歩く〈マコにて〉や、物語を読み聞かせるが重要な単語を忘れてしまう〈Talking-Bones〉などがこれに該当し [19, 20]、これらは人同士の関係性をロボットとの関わりとして再構成することで、コミュニケーションを理解するための〈思考の道具〉となっている [21]。もう一つは、「モノ」の見た目や機能をそのまま活かしつつ、インタラクションデザインに落とし込んだグループである。自らゴミは拾えないものの、周囲の子どもたちの手助けを引き出しながらゴミを集める〈Sociable Trash Box〉や、ノックの音で意思疎通を図ろうとする〈Sociable Dining Table〉などがこれに該当する [22, 23]。これらの研究では、ロボットのデザインにおいて生物的な要素に拘らずともユーザに社会的な知性を感じさせることが示唆されている。

## 2.6 本研究の位置付け

以上に述べてきた一連の研究背景は、本研究で扱うロボジェクト概念の位置付けを理解するうえで重要である。従来の HRI 研究では、擬人化メディアや社会的インタフェースに関する知見を基盤に、ロボットの外見や振る舞いがユーザの知覚、感情、行動にどのような影響を及ぼすかが精緻に議論されてきた。しかし、この流れには高度な社会性を備えたロボットの実現を志向する方向性が強く、人とロボットの関係性を形づくるより多様な条件や、社会性をあえて引き算するような設計の可能性は、十分には検討されてこなかった。これに対して本研究で提案するロボジェクトは、ロボットを単なる自律エージェントとしてではなく、「モノ」と「社会的存在性」の中間に位置づける概念である。その外見は日用品や家具のように物質的であり、生活環境に自然に馴染む一方で、最小限の反応性や振る舞いを備えることで、ユーザにわずかな社会的関与を誘発する。このような位置付けは、不気味の谷や適応ギャップが指摘してきた「過度な擬人化」や「期待との不一致」が生じるリスクを避けつつ、人が対象物に意味づけを行う余白を意図的に残す点で重要である。言い換えれば、ロボジェクトは、人が本来備えている社会的認知の「過剰さ」を前提としつつ、それを過度に刺激しない範囲で立ち上がる社会性をデザインしようとする試みである。

またロボジェクトは、〈弱いロボット〉に内包される概念としても位置づけられる。本研究では、後者のグループに属する一連のロボットをロボジェクトという言葉で再定義し、その性質とデザイン方略を体系的に整理する。

以上を踏まえると、ロボジェクト研究は既存の HRI やソーシャルロボット研究の直接的延長線上にあるだけでなく、人の解釈・意味づけ・介入といった能動的な側面に焦点を当てた新たなデザイン・パラダイムを提示するものとして位置づけられる。ユーザがロボットを単なるツールでも、高度なエージェントでもなく、「関われる対象」として捉えるような設計を志向する点において、ロボジェクトは HRI の領域における重要な概念的拡張であると言える。



## 第3章

# ロボジェクト

### 3.1 概要

「ロボジェクト (Robject)」は、「ロボット (Robot)」と「オブジェクト (Object)」を組み合わせた造語である。この用語は HRI 分野の専門書 [24] において〈弱いロボット〉等を紹介する際に初めて用いられた。本論では、この用語を再定義し、新たなロボット概念として提案するものである。これまでロボットの社会性についての議論では、図 1.1 右側に示すように、外見のデザインや振る舞いを人間に近づける研究に代表されるような、社会性を足し算する方向での研究が多く行われてきた。これに対し、筆者の所属する研究グループでは図 1.1 左側に示すように、ソーシャルロボットから社会性を引き算することで、生活空間にあるゴミ箱やダイニングテーブルなどをモチーフとしたエージェント [22, 23] を構築し、「関係論的な行為方略 [13]」に基づくインタラクションデザインを提案してきた。本論ではこれまで構築してきた〈弱いロボット〉たちをロボジェクトという言葉のもとに改めて整理することで、これまでのロボットの概念に比べ、興味深い性質を持つことを見出すことができた。

### 3.2 ロボジェクトの定義

ロボジェクトは、モノをベースにデザインされたソーシャブルロボットである。ここでの「ソーシャブル」は、「ソーシャルロボット」に至る過程の存在という意味で用いており、図 1.1 に示すように、ソーシャブルロボットはソーシャルロボットよりも社会性が小さい存在となる。筆者は以下の条件を満たすものをロボジェクトと定義している。なお、定義中の「社会性表示」は人間との相互行為における自己表示の意味で用いている。

- (1) モノをベースにデザインされており、外観がベースとなったモノから逸脱しない。
- (2) モノ状態とソーシャブルロボット状態を持っており、社会性表示を調整することでそれらの間を行き来できる。
- (3) 明示的な表現を避け曖昧さを含む「ミニマルな社会性」による表示を行う。

### 3.3 ロボジェクトの性質

ロボジェクトはその特徴から興味深い性質を備えていると考えられる。その性質は、外観の特徴による性質、社会性表示の特徴による性質に大別できる。

#### 外観による性質

- (1) 外観からモノとしての役割が推測できる。
- (2) モノが志向性を持つ振る舞いをすることで正の適応ギャップが生じる。
- (3) モノとしての要素により社会的受容性が高い。

#### 社会性表示による性質

- (4) 社会性表示を抑えることで、豊かな想像を引き出す。
- (5) 解釈の余地のある振る舞いに対し、意味づけを行うことで受け入れやすくなる。
- (6) 人に対して関わることを押し付けない、程よい存在感をもつ。

## 3.4 ロブジェクトのデザイン方略

ロブジェクトは、独自のデザイン方略により構成されている。ロブジェクトのデザイン方略について、外観、インタラクションデザインの観点から述べる。

### 3.4.1 外観のデザイン方略

「ロボット」という語から、人々はしばしば手足や顔といった身体要素をもつ存在を想起する。これらは多くの場合、人間や犬などの生物を参照したデザインによって形成され、視覚的な手がかりがエージェント性や自律性を連想させる役割を果たしている。しかし、ロブジェクトと呼ばれるロボットは、そのような生物的特徴をほとんど備えていない点に特徴がある。ロブジェクトは「デザインしないデザイン」と言われるように、モチーフとなる日常物から外見的に逸脱しないことを重視して設計されている。

たとえば「ゴミを拾うロボット」を想像すると、一般的なロボット設計では、アームや距離センサなどの機構を付加し、自律的にゴミ収集ができるよう機能を積み上げていくことが想定される。これに対し、ゴミ箱をモチーフにしたロブジェクト〈Sociable Trash Box〉(STB) [22]には、顔はもちろん、ゴミを掴み取るためのアームも存在しない。にもかかわらず、STBがゴミを前にして所在なげに揺れ動く様子を示すと、周囲の人間は自然とその振る舞いを「助け」を必要としていると解釈し、ゴミを拾い集めてしまう。すなわち、ロブジェクトは外観および機構に対する制約（定義(1)）ゆえに、ロボットとしては不完結な構造をもつものの、その不完結性が人の介入を誘発し、人がロボットの弱さを補完する新たな相互作用様式を生み出すのである。

さらに、ロブジェクトの外観デザインは社会的受容性の向上にも寄与すると考えられる。小松らは、人がロボットの外見的特徴からメンタルモデルを形成し、そのモデルから逸脱した行動をロボットが示すと「適応ギャップ」が生じると指摘している[3]。一般的なロボットが生物をモチーフにする場合、人はその外観に基づき高度な社会性や認知能力を備えているかのようなメンタルモデルを抱きやすい。その結果、実際のロボットが限定的な機能しか示さない場合、期待との不一致が負の適応ギャップとして顕在化する。

一方で、ロブジェクトは日常的なモノをモチーフとしており、人はその外観に基づいて過度に高度なエージェント性を期待しない。したがって、ロブジェクトが最低限の社会的手がかりを示すだけでも、期待を上回る正の適応ギャップが生じやすい。このようなデザインアプローチは、

人々に「過度に人間らしいロボット」を押しつけるのではなく、素朴なインタラクションを通じて自然な受容を促す点で意義がある。とりわけ、人とロボットの共生が日常生活レベルで求められる状況において、ロボジェクトが示す「身近なモノとしてのロボット」という位置づけは、社会的受容性を高める有効な戦略の一つとなり得る。

### 3.4.2 社会性表示のデザイン方略

ロボジェクトにおける社会性表示の特徴は、明示的な表現を意図的に避ける点にある。例として「ゴミを拾うロボット」を考えると、一般的なインタラクションデザインでは、ロボットは言語を用いて意図を直接伝えることが想定される。「ゴミを見つけました。」「ゴミを拾います。場所を開けてください。」といった音声による指示である。言語的表現は理解しやすく、ロボットの意図をストレートに伝えられる一方で、人側からの反発やロボットいじめ [25] を誘発する可能性も指摘されている。

一方、〈Sociable Trash Box〉(STB) は、できることが人間やゴミを認識してその近くに寄る程度に限られている。それでも、人はSTBの振る舞いから意図を読み取り、自発的にゴミを拾い集めてしまう。もしSTBが明示的に「ゴミを拾ってください。」と音声で呼びかけた場合、逆にゴミを拾う人の数は減少する可能性がある。言語を用いることで、人はロボットに対して高度なメンタルモデルを構築してしまい、インタラクションにおいて負の適応ギャップが生じやすくなるためと考えられる。この点において、わずかなうなずきや志向性の表示（意志や関心を示す行動）など、シンプルでミニマルな社会性表示が持つ効果は大きい。表示を最小限に留め、解釈の余地を相手に委ねることで、人は自然にロボジェクトに対する関わりを引き出される。解釈の自由度が確保されているため、インタラクション中に関わりを強制されている感覚が軽減される。筆者はこのような社会性表示を「ミニマルな社会性」と呼んでいる。

さらに、ロボジェクトには「モノ状態」と「ソーシャルロボット状態」が存在し、社会性表示を調整することで両者の間を行き来できる。理想的には、ロボジェクトが人の行動や関心を観察し、関わり方を動的に変化させることにより、人間が関わりを求める際にはソーシャルロボット状態に、人が関わりを避けたい場合にはモノ状態に遷移する。この仕組みによって、ロボジェクトから関わりを強制されることがなく、人間にとって程よい存在感を提供することが可能となる。

## 3.5 「モノ」に着目した関連研究

ロボジェクトの関連研究として、本節では人工物（モノ）とのインタラクションに関する二つの研究を取り上げる。

第一に、身の回りの人工物に着目した擬人化研究として、ディスプレイロボットを用いて日用品を擬人化する取り組みが挙げられる [26]。この研究では、冷蔵庫や電子レンジなどの既存製品に人の目を模したパーツを取り付け、人工物そのものに主体性や社会的手がかりを付与する点が特徴である。エージェントを人工物に「追加」してインタフェースを構成する従来の擬人化とは異なり、人工物自体を社会的存在として扱おうとする姿勢はロボジェクトと共通している。一方で、社会性表示の手法には明確な相違がある。ディスプレイロボットは、目などの身体的要素

を付与し、言語を用いたコミュニケーションによってユーザと対話する構造を採用している。これに対し、ロブジェクトはモノとしての外観を保持しつつ、最小限の振る舞いのみで主体性を表現する点に特徴がある。すなわち、ロブジェクトは身体要素や明示的な言語表現に依存せず、行動の解釈可能性を通じて社会性を生成するデザインアプローチである。

第二に、Human-Object Interaction (HOI) 研究がある [27]。HOI は、人とモノとのインタラクション研究から発展し、モノの範疇にロボットを含めることで心理学的側面からの知見を提供している。HOI では、モノを丁寧に扱う「ケア」と、その経験を通じて礼儀や感謝などの姿勢を身につける「学習」という二つの因子が存在すると指摘されている。ロブジェクトとの関連においても、インタラクションによって「ケア」を引き出す点、また主体性をもつ存在として受け止められ得るため「学習」を促す可能性がある点で、概念的な共通性が見られる。他方、HOI 研究の多くは既存ロボットや人工物に対する印象評価に留まり、ロボットの種類や性質の違いが「ケア」や「学習」にどのように影響するかについては十分に検討されていない。そこで本研究では、HOI 研究で提起された二つの因子についても考慮しつつ、ロブジェクトに固有のデザイン特性が人の行動や認知にどのような影響を与えるのかを検証することを目的とする。

### 3.6 本研究の目的

本章で述べてきたロブジェクトの性質は、これまで〈弱いロボット〉研究を通して得られてきた経験的知識や議論をまとめ、体系化させたものである。そのため、研究背景において整理した〈弱いロボット〉研究の根底にある思想や議論はロブジェクトの基盤となっている。その意味で本研究は、「モノ × 弱いロボット × 人間」という新たな関係性デザインとして位置づけられる。本研究では、ロブジェクトやその性質について検証、新たな性質の模索を目的として複数のロブジェクトを用いたインタラクション実験を行う。また、教育分野への応用として STEAM 教材に向けたロブジェクトの開発とフィールドワークを通じた探索的研究を行う。

## 第4章

# ロボプロジェクトの社会的受容性に関する研究

### 4.1 はじめに

私たちは多くのモノに囲まれて生活している。ランプ、マイク、加湿器、そしてテーブルの下にはゴミ箱が置かれている。こうして無機質なモノに囲まれたなかで、ひとりぽつんと過ごすしていると時間が長く感じる。私たちはさまざまな便利なモノを作りだし、豊かな生活を送ることができているはずなのに、この孤独感はどうして生まれてしまうのだろうか。

もし、今まで動くはずのなかった部屋の中のモノたちが動き出したら。視線の先をランプが照らしてくれたら。マイクが「ボソッ」という私の独り言に対して、わずかにうなずきを示すなどの反応を返してくれたら。また、加湿器から噴き出すミストが意思を持つように揺れ動いていたら。それまでひっそりとしていたはずの部屋のなかに、〈相棒たち〉とともに暮らしているという共在感を生みだすことができるのではないか（図4.1）。

本章では、ロボプロジェクトの議論に基づく複数の実装事例やインタラクション実験の結果を提示することで、それぞれのロボプロジェクトが持つ特性を検証し、その社会的受容性について議論を行う。また、事例全体を通してロボプロジェクトの基本的な性質や特徴を整理・考察する。

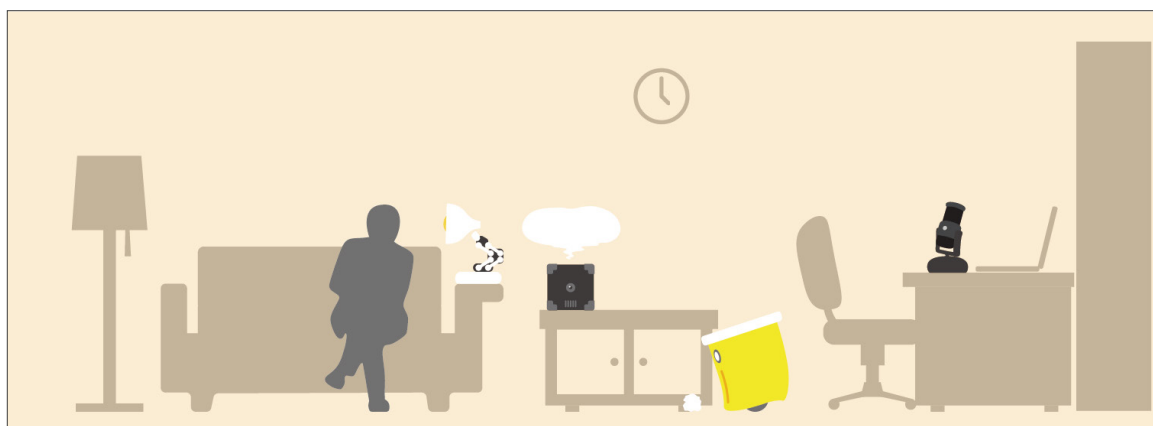


図 4.1 ロボプロジェクトのある暮らし



図 4.2 ランプ型ロボプロジェクト 〈Lumos〉

## 4.2 ランプ型ロボプロジェクト 〈Lumos〉

### 4.2.1 概要

〈Lumos〉(図 4.2) は、卓上ランプをモチーフにデザインしたロボプロジェクトである。卓上において本などを第三項としたノンバーバルコミュニケーションを想定して、ランプをベースとしたロボプロジェクトを構築した。ハードウェアのデザインは、Pixar Animation Studio の短編アニメーション作品に登場する Luxor Jr. [28] などに着想を得ており、アームに相当する部位に平行リンク機構を用いることでランプとしての外観を崩さずに動作を実現している。主にカメラから取得した情報を元に人や物体を認識し、追従によって志向性を示すことができる。また、ランプ色を変化させることにより感情表現が可能である。ランプ型ロボプロジェクト 〈Lumos〉 の事例では、生活空間に近い環境の中で「ミニマルな社会性」に基づくインタラクションが与える印象と新たなロボプロジェクトの性質を探索的に調査する。

### 4.2.2 ランプ型ロボプロジェクト 〈Lumos〉 の実装

#### ハードウェア構成

〈Lumos〉 のハードウェア構成を図 4.3 に示す。〈Lumos〉 には周囲の環境情報を取得するためのカメラ、アクチュエータとしてサーボモータを搭載しており、全体の制御を担うシングルボードコンピュータ (Raspberry Pi4) に接続されている。平行リンク機構のサーボモータによる前後の自由度、二つのサーボモータによる上下左右の自由度を有する。これら 3 軸の自由度によっ

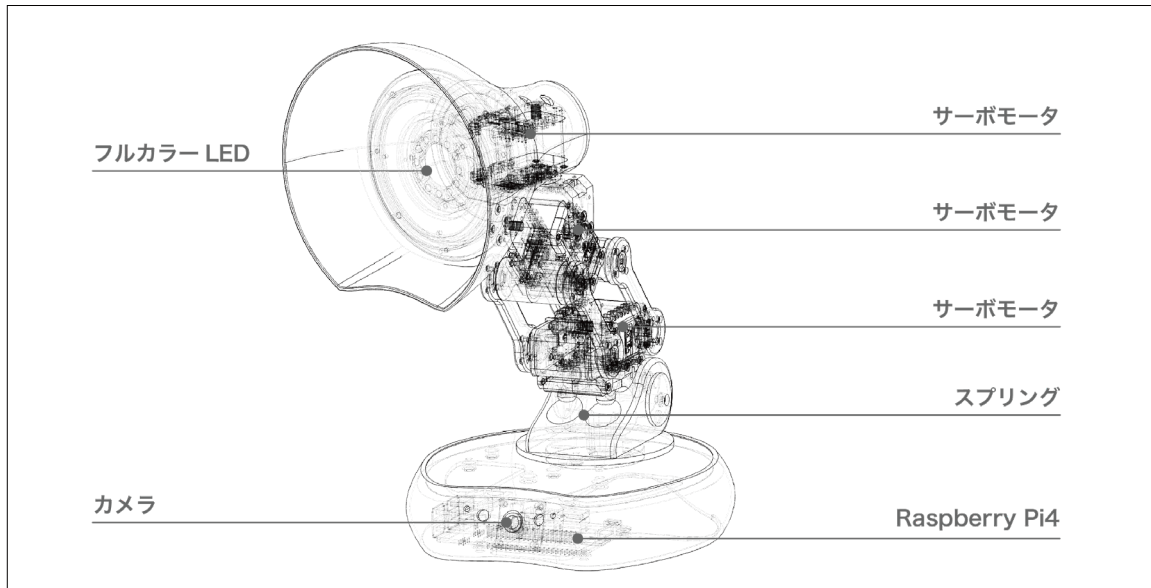


図 4.3 ハードウェア構成

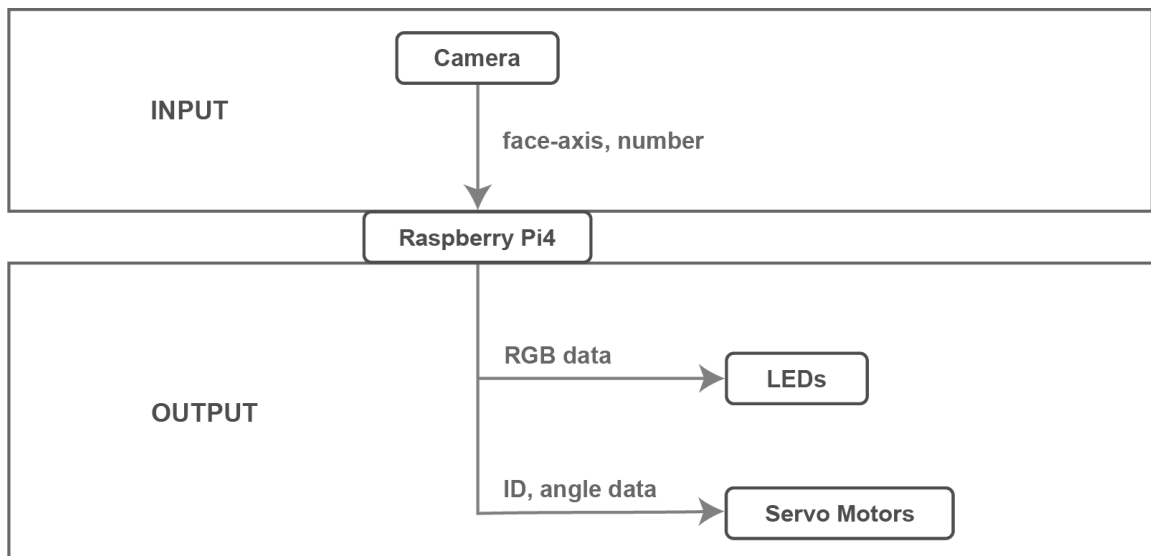


図 4.4 システム構成

て、ランプシェードを興味の対象に向けることで志向性を示す。また、組み込まれたバネによって体が揺れるようになっておりソーシャブルロボット状態でのバイオリジカルモーションを実現している。電球部分にはフルカラーLEDが搭載されており、ランプ状態での光源になるとともに、ソーシャブルロボット状態では内部状態にあわせ色を変化させることで表現の幅を広げている。

### システム構成

〈Lumos〉はROS (Robot Operating System) を用いてシステムを構成している。〈Lumos〉のシステム構成を図4.4に示す。カメラによる外界の情報をもとに、Raspberry Pi4で振る舞いを生成している。また振る舞いの表出には、3つのサーボモータとLEDを使用している。サー

ボモータは、Raspberry Pi4 から ID と角度情報に関する指令を出して制御を行う。また、LED はフルカラーシリアル LED を使用しているため、Raspberry Pi4 の GPIO を介して RGB による色指定を行い制御を行う。

### インタラクシオンデザイン

ロボットの特性は、モノ状態とソーシャブルロボット状態がシームレスに変化することである。カメラで人を認識していない場合、〈Lumos〉はモノ状態に遷移する。この状態では、一般的な卓上ランプと同様に、動かずに自身の前方を黄色 LED で照らす。また、長時間人を認識できない場合には、ランプを消灯してスリープ状態になる。人を認識すると〈Lumos〉はソーシャブルロボット状態に遷移し、取得した顔座標をもとに顔追従動作を行うようになる。また、ユーザが動かずにいる場合に、〈Lumos〉が顔を追従し続けることで静止してしまうことを避けるため、時々視線を外す動作を行う。本来、ユーザがインタラクシオンを望む場合にのみ、ソーシャブルロボット状態に遷移することが理想であるが、現状の実装では単純化するために顔認識の有無を状態遷移のトリガーとしている。また、ソーシャブルロボット状態ではランプの色を変化させて、感情を表現する。この時の色は、認識している顔の感情推定値を利用して決定しており、ポジティブの数値が大きいほど暖色系に、ネガティブの数値が大きいほど寒色系に変化する。

完成形の〈Lumos〉におけるインタラクシオンの場面想定として、図書館や書斎などの卓上に設置されることを考えている。ユーザが卓上で作業を行っているときはランプとして手元を照らし、ユーザの興味が〈Lumos〉に向いたときには、顔追従やランプ色の変化を交えて志向性を示す。

### 4.2.3 実験概要

本実験の目的は、これまで議論ベースであったロボットの性質について、〈Lumos〉との自由なインタラクシオンを通して調査を行うとともに、その印象や新たな性質を模索することである。印象評価アンケートなどの量的研究では実験の目的を果たせないため、本実験では半構造化インタビューとその質的分析による評価を行う。図 4.5 に実験の流れを示す。また、本実験は豊橋技術科学大学研究倫理審査委員会の審査・承認を受けて実施している。

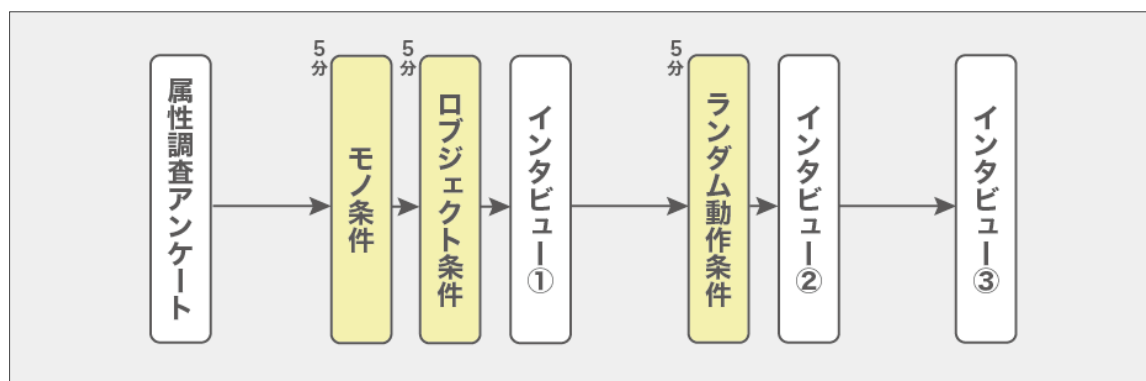


図 4.5 実験の流れ

表 4.1 インタラクシオン実験の条件

条件名	振る舞い
モノ条件	人を認識しても身体動作を行わず、ランプ色の変化もしない。
ロボット条件	人を認識すると顔追従動作を行い、ランプ色が変わる。 人を認識していない場合は、モノ状態に遷移する。
ランダム条件	ランダムに動作し、ランプ色もランダムに変化する。 モノ状態には遷移しない。

## 実験条件

ロボットとの性質や印象を調査するために、3つの条件を用意した。条件を表 4.1 に示す。なお、本実験ではメンタルモデルの構築が重要になることから、全ての実験参加者に対してモノ条件、ロボット条件、ランダム条件の順でインタラクシオン実験を行った。

## 半構造化インタビュー

本実験では、半構造化インタビューを3パートに分けて行う。それぞれの基本となる質問項目を以下に示す。

### インタビュー1

- (1) モノ条件とロボット条件のインタラクシオンではどのような違いがあったか。
- (2) モノ条件とロボット条件で印象はどのように変化したか。
- (3) 〈Lumos〉の動作から意思を感じたか。
- (4) ランプの色変化から意思を感じたか。

### インタビュー2

- (1) ロボット条件とランダム条件のインタラクシオンではどのような違いがあったか。
- (2) ロボット条件とランダム条件で印象はどのように変化したか。
- (3) 〈Lumos〉の動作から意思を感じたか。
- (4) ランプの色変化から意思を感じたか。

### インタビュー3

- (1) ランプの姿をしたものが動いていることに対してどのように感じたか。
- (2) 実験で触れ合った〈Lumos〉は、一般的なロボットと比べてどのように感じたか。

## 実験の流れ

本実験では、ロボットが生活空間の中での使用を想定していることを考慮し、無機質な実験環境ではなく、より生活空間に近い実験環境を用意した(図 4.6)。実験室に入室後、実験について口頭説明を行う。また、ロボットに関心を持っているかを調査するための属性調査アンケートに回答してもらう。その後、図 4.7 に示すような環境で、モノ条件、ロボット条件の順に5分間ずつインタラクシオンを行ってもらい、2つの条件を踏まえたうえで〈Lumos〉の印象に



図 4.6 実験の様子

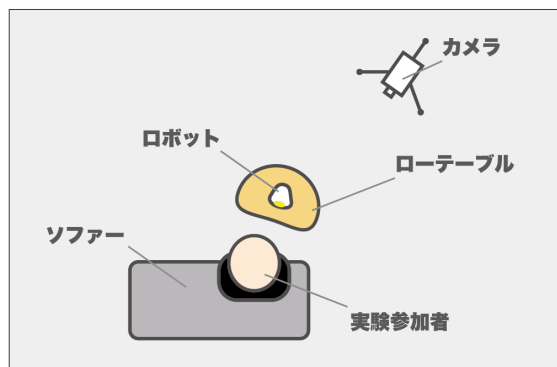


図 4.7 実験環境

表 4.2 各ユーザの属性

ユーザ	性別	年齢	ロボット	求める役割
ユーザ A	男性	21	持っていない / 購入意思あり	関わり
ユーザ B	男性	24	持っていない / 購入意思あり	利便性
ユーザ C	女性	20	スマートスピーカー	利便性

ついて、半構造化インタビュー 1 を行う。次に、ランダム条件で 5 分間のインタラクションを行ってもらい、ランダム条件での印象について、半構造化インタビュー 2 を行う。最後に、総括としてロボットについて半構造化インタビュー 3 を行い、実験を終了する。

教示では、〈Lumos〉に自由に触れ合うことができる旨のみを伝えた。また〈Lumos〉について説明などは一切行わず、タスクの指定がない自由なインタラクションを行って頂いた。

### 実験参加者

実験参加者には、日常生活レベルの日本語を理解できる 18 歳以上の方を対象に参加者を募った。また、実験参加者に、年齢、性別、ロボットに対する関心の傾向を把握するために下記の質問を行い、傾向が被らないこと、男性・女性を含むことを基準に選定した。本実験の参加者を表 4.2 に示す。

- (1) 家庭にロボットを所持しているか。
- (2) 所持している場合、購入する意思はあるか。
- (3) ロボットに対して、どのような役割を求めているか。

## 4.2.4 分析結果

### 分析手法

本実験では、半構造化インタビューの結果に対して質的分析を行う。質的分析は、言語記録を分析することで結論を得る研究である。その手法はいくつか開発されており、最も広範に用いられる手法が、グレイザーとシュトラウスが確立したグラウンデッド・セオリー・アプローチ (GTA)

[29]である。この手法は、データ採取から理論化までの研究デザイン全体を規定するフレームワークであり、あらゆる領域で世界的に用いられる優れた手法である。しかし、この手法は大規模のデータと長い研究期間を要するため、本実験の分析に用いることは難しい。そこで、本実験では、比較的小規模なデータにも適用可能な SCAT(Steps for Coding and Theorization)[30]を分析手法として採用した。SCATでは、マトリクスの中にセグメント化したデータを記述し、それぞれに対し、

- (1) データの中の着目すべき語句
- (2) それを言い換えるためのデータ外の語句
- (3) それを説明するための語句
- (4) そこから浮き上がるテーマ・構成概念

の順にコーディングを行うことでテーマを記述し、そこから理論を記述する手続きからなる分析手法である。ストーリーラインは、ステップ(4)のコードを、意味のつながりをもたせて一筆書きのように一筋につないだものである。コード間のつながりを吟味することで、ステップ(4)では見えてこなかった潜在的な意味を見出し、再文脈化を行っている。また、ストーリーラインを断片化することで理論記述が完成する。理論記述により導き出されるのは、普遍的で一般的に通用する原理のようなものではなく、「このデータから言えること」である。

## ストーリーラインと理論記述

本実験では、インタビュー1からインタビュー3を別けて分析している。以降にインタビューに対応する各ユーザのストーリーラインおよび理論記述を示す。なお、本論文では各ユーザに対する分析手順(1)から(4)を付録Aに示し、客観性を担保する。

### ■ ユーザA

ユーザAは、ロボットを所有していないが、購入意思がありロボットに関心を持っている。ロボットに求めることは癒しなどの関わりである。ユーザAの分析で得られたストーリーを以下に示す。

#### ストーリーラインA1

ユーザAは、モノ条件とロブジェクト条件のインタラクションを通して、モノにはない生命性を感じた。モノ条件では、ランプに近い外見をした〈Lumos〉に対して、無生物としてのランプと近いメンタルモデルを構築した。しかし、ロブジェクト条件で〈Lumos〉が動き出したことで、メンタルモデルが変化し、〈Lumos〉は主体性を持った他者となった。ロブジェクト条件では、ユーザAが〈Lumos〉に志向を向けると、〈Lumos〉も志向を向け返してくることに気づいた。また、ユーザAが顔をそらすと、〈Lumos〉はモノの状態に移したため、〈Lumos〉がユーザAと相互注視により非言語コミュニケーションをとろうとしているように感じられた。一方で、ランプの色については、〈Lumos〉が志向を向けるときに変化するという規則性には気づいたが、その色変化から〈Lumos〉の感情をくみ取るには至らなかった。

#### ストーリーライン A2

ユーザ A は、モノ条件、ロボット条件とランダム条件を比較し、〈Lumos〉の動作頻度が上昇していることに気づき、ロボット条件よりもさらに生命性が増したと感じた。ランダム条件では、ユーザ A が顔をそらしてみても、〈Lumos〉はモノ状態に戻ることなく動き続けた。ユーザ A は、〈Lumos〉が周辺視野で動作し続けることに對し、心理的負荷を感じ、志向を向けていないときには、〈Lumos〉がモノ状態になっていることで、心理的負荷が緩和されると感じた。ランプの色については、色表現の幅が広がっていることに気が付いたまた、色変化のもたらず情報量が増えたことで、ランダム条件の〈Lumos〉の社会性の拡大を感じさせた。

#### ストーリーライン A3

ユーザ A は、ランプの外見をしたものが動いていることに對し、不自然さを感じなかった。むしろ、モノにはない生命性やかわいらしい印象を与えた。さらに、モノとしての本質や機能が一貫していたことが、受容性を高めた。また、一般的なロボットでは、ユーザ A とロボットの継続的相互行為を前提とした設計になっていることが多いが、〈Lumos〉とは、ユーザのペースで関わることもできた。これにより、ユーザ A はペットに近い感覚をえた。

ストーリーラインから得られた理論記述を以下に示す。

#### 理論記述 A1

- A1-1 ランプに近い外見、照らすという機能により、無生物としてのランプと近い認識を持った。
- A1-2 顔追従など振る舞いにより、〈Lumos〉は無生物としてのランプから主体性を持つ他者へと変化する。
- A1-3 ロボット条件では、ユーザと〈Lumos〉の志向が一致する振る舞いにより、〈Lumos〉との相互注視により非言語コミュニケーション意志を感じさせる。
- A1-4 ロボット条件では、ランプの色変化は、感情を感じさせる要因には至らない。

#### 理論記述 A2

- A2-1 ランダム条件では、〈Lumos〉の動作頻度、ランプの色変化の要因により、さらに生命性を増す印象を与える。
- A2-2 ユーザの志向によらず動作する振る舞いは、心理的負荷を与える。
- A2-3 ランダム条件では、ランプの色変化によりユーザが得る情報量が増え、社会性の拡大を感じさせる。

### 理論記述 A3

- A3-1 ランプの姿をしたものが動作することに違和感を覚えず、モノにはない生命性やかわいらしさを感じさせる。
- A3-2 モノとしての本質や機能が一貫していることは、受容性を高める。
- A3-3 〈Lumos〉は継続的相互行為を必要としないため、ユーザに対してペットに近い感覚を与える。

### ■ ユーザ B

ユーザ B は、ロボットを所有していないが、ロボットをテーマにした研究に携わっている。ロボットに求めることは利便性である。ユーザ B の分析で得られたストーリーを以下に示す。

#### ストーリーライン B1

ユーザ B は、モノ条件において、初めて接する〈Lumos〉を前に、サーボモータなどの機構から一般的なランプとの違いに起因する好奇心をもった。その機構による動きへの期待を持ち観察をしたが〈Lumos〉が動かなかったため、ただのランプという認識を持った。ロボジェクト条件では、まず〈Lumos〉が動き出したことで驚きを感じた。ユーザ B は動きだした〈Lumos〉と触れ合う中で、〈Lumos〉から自身の顔に対する注視による志向性を感じた。そこで顔の位置を変化させる試行を通じ〈Lumos〉が自身の顔を追従してくるという性質への気づきを得た。また、〈Lumos〉が時折視線を逸らす気まぐれな動作に面白さを感じる一方で、ランプとしての機能面での使いづらさを感じた。ランプの色変化による〈Lumos〉の印象変化については、白色では「従順な感じ」、紫色では「興味が移り変わる子どものような感じ」などのように、色と〈Lumos〉の振る舞いを対応付けることで解釈が行われた。

#### ストーリーライン B2

ユーザ B は、ランダム条件において「見てくれる感じ」の減少など志向性の欠けた振る舞いから機械のような印象を受けた。ランプの色変化に対しては、予測できない振る舞いとランプの色が相まって不気味な印象を与えるなど、色変化が振る舞いに意味を付与した。また、〈Lumos〉が常に予測不能な振る舞いをすることでユーザの興味が減退し、周辺視野での動作を続けることで心理的負荷を与えた。ユーザ B は、ランダム条件で〈Lumos〉が志向を向けなかったことで壊れた機械のような印象を受けたため、ロボジェクト条件について振り返り志向性を伴う動作によるを感じた。

#### ストーリーライン B3

ユーザ B は、機構からランプが動作することをある程度予期していたが、それでもランプが自律動作するという常識に反する動作に驚きを感じた。ロボジェクト条件では、〈Lumos〉が注意を向けてくる場合は愛着を感じ、注意をはずす動作では愛着が薄れると感じた。また、ランダム条件のユーザによらない動作には心理的負荷を感じた。一般的

ロボットとの違いについては、人型でなかったため関わり方に戸惑いを感じたが、使う-使われるの関係であるモノとの新たな関係性に愛着や面白さを感じた。一方で、モノとしての機能面には使いづらいのではないかという疑問を持った。

ストーリーラインから得られた理論記述を以下に示す。

#### 理論記述 B1

- B1-1 機構部による動作の予測が生じるが、実際に動作を体験すると驚きが生じる。
- B1-2 注視による表示は、ユーザからインタラクションへの試行を引き出し、動作に対する解釈を行うきっかけを与える。
- B1-3 注視をはずす振る舞いは、予測できない面白さを与える一方で、モノとしての機能に疑問を感じさせる。
- B1-4 ロボット条件において、ランプの色変化と振る舞いを対応付けることで具体的なイメージが生まれる。

#### 理論記述 B2

- B2-1 ランダム条件では、志向性が欠けた振る舞いにより壊れた機械のような印象を与える。
- B2-2 ユーザの志向によらず動作する振る舞いは、心理的負荷を与える。
- B2-3 ランダム条件において、ランプの色変化は振る舞いに対して具体的なイメージを付与する。

#### 理論記述 B3

- B3-1 ランプの姿をしているモノが動いていることに対し驚きを感じる。
- B3-2 人型でないため、関わり方に戸惑いが生じる。
- B3-3 使う-使われるの関係性と異なる新しい関係性に面白さや愛着を感じる。

### ■ ユーザ C

ユーザ C は、スマートスピーカーを所有しているが、ほとんど使用していない。ロボットに求めることは利便性である。ユーザ C の分析で得られたストーリーを以下に示す。

#### ストーリーライン C1

ユーザ C はモノ条件において、近づく、手を振るなどのインタラクション試行を行ったが、〈Lumos〉が無反応だったため「普通のランプ」として認識した。ロボット条件では、近づく、離れるなどのインタラクション試行に対し、〈Lumos〉が顔追従動作を行ったことで、応答性への気づきを得た。また、ユーザ C は振る舞いから明確な意思を感じられなかったが、人を認識していない場合、〈Lumos〉が決められた状態へ遷移するという性

質に気がついた。また、意思疎通ができるため、モノからペットに近い印象へと変化した。

#### ストーリーライン C2

ユーザCは、ランダム条件において、ランプ色の種類が増えたことで変化がより明確になったと感じた。ランプの色からは何かを探すような意思を感じたが、〈Lumos〉が具体的に何を探しているかまではわからなかった。また、身体動作では首の動きが激しくなっていることに気が付いた。ユーザCは、この振る舞いに対して「忙しそう」という客観的な感想を持つ一方で、心理的負荷を感じることはなかった。また、〈Lumos〉の印象変化については、動作頻度が比較的低かったロボジェクト条件をネコ、動作頻度が比較的高いランダム条件をイヌで表現した。

#### ストーリーライン C3

ユーザCは、ランプの外見をしたものが動いていることに対し、すでに家族の一員として受け入れられつつある「ルンバに近い存在」と感じた。しゃべらないこと、ランプの色が表情として解釈できることが、生き物らしさにつながると述べている。また、ランプをモチーフとしていることで人間との同型性を含まない外見により、そのような生命体として、ありのままに受容することができると考えた。一方で、人に近い外見をしたロボットは、プログラムされた動きのように感じられるため、親しみづらいつと感じた。ロボットの顔などから人間と同等の機能を期待してしまい、ロボットが無表情であることで期待との乖離が生じる。

ストーリーラインから得られた理論記述を以下に示す。

#### 理論記述 C1

- C1-1 ランプに近い外見やインタラクション試行に無反応であったことから、「普通のランプ」と認識する。
- C1-2 〈Lumos〉の顔追従動作による応答性への気づき。
- C1-3 人を認識していない場合、決められた状態へ遷移する性質への気づき。
- C1-4 意思疎通ができることで、モノからペットに近い印象へ変化する。

#### 理論記述 C2

- C2-1 ランプ色の種類が増えたことにより変化が明確になり、何かを探す意思を感じる。
- C2-2 〈Lumos〉の振る舞いに対し「忙しそう」という客観的な感想をもつが、自身は心理的負荷を感じない。
- C2-3 ロボジェクト条件をネコ、ランダム条件をイヌで比喻する。

### 理論記述 C3

- C3-1 ロブジェクトは、家族の一員に受け入れられつつある「ルンバ」に近い存在である。
- C3-2 しゃべらない、ランプ色の解釈、人と異なる外見は、そのような生命体としてありのままに受容される。
- C3-3 人に近いロボットの振る舞いは、プログラムされた動きのように感じられ、また人と同等の機能を期待させる。

## 4.2.5 考察

各ユーザの理論記述をもとに、ロブジェクトの性質や特徴について考察する。

### ユーザ A の理論記述に対する考察

#### ■ インタビュー A1

インタビュー 1 では、モノ条件とロブジェクト条件についての質問を行った。理論記述 A1-1 より、ユーザ A はモノ条件のとき、ランプに近い外見や照らすという機能から無生物としてのランプという認識を持ったことがわかる。ロブジェクトでは、外見や機能面においては通常のモノとして認識してもらうことを目指しているため、振る舞いがない状態で「普通のランプ」という認識を獲得できたことは重要である。そしてロブジェクト条件で〈Lumos〉が顔追従動作を開始すると、理論記述 A1-2 で示されるように、〈Lumos〉に対するメンタルモデルが変化した。ユーザ A が〈Lumos〉から主体性を感じたとする根拠として、インタビュー中にユーザ A が〈Lumos〉を指すときに「この子」と表現したことがあげられる。モノに対して、目や手足などの身体的な同型性を付与せずとも、他者と認識できるような擬人化が生じていると考えられる。理論記述 A1-3 では、〈Lumos〉の顔追従による志向と、ユーザ A の〈Lumos〉に対する注視とが一致することで、〈Lumos〉からのコミュニケーション意思を感じさせたことがわかる。これはシンプルな身体動作（ミニマルな社会性）をユーザ A が解釈した結果と捉えることができる。一方で、理論記述 A1-4 からは、ランプの色変化から〈Lumos〉の感情を感じるに至らなかったことが示されている。インタラクションデザインの段階では、ランプの色変化により〈Lumos〉の振る舞いに対する解釈が生じると考えていたため、この理論記述は想定外の結果である。ロブジェクト条件でのランプ色の決定には、ユーザの表情推定値を利用しているため、推定結果だけでは色があまり変化しない可能性も考えられる。インタラクションの様子は動画による記録を行っていたが、ユーザの表情や視線を観察しやすいよう、〈Lumos〉の背面側から映像記録していたため、事実確認はできなかった。

#### ■ インタビュー A2

インタビュー 2 では、ランダム条件についての質問を行った。理論記述 A2-1 では、〈Lumos〉の動作頻度が上昇したこと、ランプの色が変化したことを要因として、〈Lumos〉の生命性が増したことが示されている。植田らによるアニメシー知覚の研究 [31] では、観察者の場合、対象

の目標指向性が高いほど生き物らしさが増すことが示されている。本実験に置き換えた場合、目標指向性が高いのはユーザに対する顔追従動作を行うロボット条件だと考えられるが、理論記述で得られた結果ではランダム条件の方が生命性が高いという結果になっている。インタラクションの録画データを確認してみると、〈Lumos〉がユーザ A の顔のほうを向く様子が何度か見られた。ランダム動作がユーザの動きとかみ合った結果、モノ状態に戻ることがないランダム条件の生命性が高く感じられてしまった可能性が考えられる。理論記述 A2-2 では、〈Lumos〉がユーザとは関係なく動作しつづけることで、心理的負荷を感じたことが示されている。この理論記述は、先のアニメシー知覚の内容とも関連があり、目標指向性（ユーザに対する興味）が失われたことで、ユーザが心理的負荷を感じたとも考えられる。また、理論記述 A2-3 ではランプの色変化回数が増えたことが言及されており、情報量の増加が、より生命性を感じさせる要因になったと考えられる。

### ■ インタビュー A3

インタビュー 3 では、ロボットについてどのように感じたかの質問を行った。理論記述 A3-1 では、ロボットに対して生命性やかわいらしさを感じたことが示されている。ロボットは、モノと同様の外見をしているため、かわいらしさや生命性は振る舞いによってもたらされたと考えられる。また、理論記述 A3-2 では、モノ状態とソーシャルロボット状態でモノとしての機能的部分が一貫していたことが受け入れやすく感じた原因だと示されている。モノ状態で照らすという機能を担っていたランプ部分が、そのままソーシャルロボット状態での自己表現に使われていることで、ソーシャルロボット状態にも違和感なくなじめたと考えられる。理論記述 A3-2 では、ロボットからペットに近い感覚を得たことが示されている。一般的なペットロボットとは異なり、モノをモチーフとした外観やミニマルな社会性による表示を行うロボットが「ペット」という表現を引き出したことは大きい。言葉で何かを命令したり、操作をする必要がなく、そばにいても存在を主張しすぎない関係性が「ペットのような存在」と感じさせたのではないだろうか。

## ユーザ B の理論記述に対する考察

### ■ インタビュー B1

インタビュー 1 では、モノ条件とロボット条件についての質問を行った。理論記述 B1-1 では、ユーザ B は機構部分から〈Lumos〉が動き出すことを予想したが、モノ条件で〈Lumos〉が動かなかったため、「ただのランプ」という認識を持った。しかし、ロボット条件で動き出したことで、機構からある程度予測はあったが「実際に動いたらビックリとした」と述べている。〈Lumos〉に対する急激なメンタルモデルの変化により、驚きが生じたと考えられる理論記述 B1-2 では、〈Lumos〉からの注視を受けて、顔の位置を動かすなどの試行により、〈Lumos〉の行動を理解しようとする様子が見られた。また、理論記述 B1-3 では〈Lumos〉が顔追従の途中に視線を外す点に触れている。ユーザ B はこの動作に対して、予測できない面白さを感じる一方で、ランプとしては予測できないことが問題だと感じた。ユーザ B は、ロボットに対して利便性を求めているためだと考えられる。ランプの色については、理論記述 B1-4 に示される

ように、具体的なイメージを得ている。「白は従順な感じ」、「紫は興味が移り変わる子どものような感じ」というように、そのときの動作の様子とランプの色から受けるイメージを手がかりに意味づけを行っていることがわかる。実装上は、色ごとに振る舞いが変化しているわけではなく、ユーザのこのような意味づけは〈Lumos〉に対して「志向的な構え」をとっていることを示唆している。

### ■ インタビュー B2

インタビュー 2 では、ランダム条件についての質問を行った。理論記述 B2-1 では、顔追従動作がないことでユーザ B は壊れた機械のような印象を受けた。人に対する目標志向性が失われたことで、〈Lumos〉の行動意図が読めず、設計的な構えになってしまったと考えられる。また、ユーザ B は興味を失ってしまうが、視界の端で〈Lumos〉が動き続けることで、理論記述 B2-2 に示されるように心理的負荷を与えてしまった。このように、ユーザが興味を持っていないときにも関わりを求めることや、自己主張をしてしまう状況は一般的なロボットにも存在する。例えば、コミュニケーションロボットがユーザの興味に関わらず話しかけ続けてしまう状況などがこれにあたる。このような「インタラクションの押しつけ」は、ユーザに対して鬱陶しさを感じさせ、ロボットの社会的受容性を下げってしまう要因になると考えられる。また、理論記述 B2-3 にあるように、ランダム条件においてもランプの色変化は〈Lumos〉の動作へ意味を付与している。インタビューでは、意図の読めない動作と薄暗いピンクのランプ色が相まって怖い印象を受けたと回答している。

### ■ インタビュー B3

インタビュー 3 では、ロボジェクトについてどのように感じたかの質問を行った。理論記述 B3-1 からは、ランプ(モノ)の姿をしたものが動き出したことへの驚きが強かったことがわかる。インタビューでも、ランプはあまり動く印象がないということの原因として挙げている。また理論記述 B3-2 では、〈Lumos〉が人型でないことに対して戸惑いを感じたことが示されている。ユーザ A に対してはロボジェクトの受容性が高かった点を考慮すると、ロボットに利便性を求めるタイプのユーザにとっては、ロボジェクトを受容することに抵抗があるとが推察できる。利便性の象徴たる道具に対し、自ら利便性を損なうような主体性を持たせていることが抵抗を感じる原因だと考えられる。

## ユーザ C の理論記述に対する考察

### ■ インタビュー C1

インタビュー 1 では、モノ条件とロボジェクト条件についての質問を行った。理論記述 C1-1 では、ユーザ C は、〈Lumos〉に対して「普通のランプ」という認識を得た。また、理論記述 C1-2 では、〈Lumos〉が顔追従動作により、ユーザ C に応答して動作することに気が付いた。ここまでは、ユーザ A と近い理論記述であるが、理論記述 C1-3 ではモノ状態の存在にも言及している。人を認識していない状態において、〈Lumos〉が決められた状態(モノ状態の姿勢)に戻ることに気づいたのである。ユーザ A、ユーザ B は、ロボジェクト条件での振る舞いにつ

いて、ソーシャルロボットとして動作している状態に注目していた。あまり目立たないモノ状態に気づいたことは、ユーザCがロボプロジェクトを、モノとソーシャルロボット両方の側面から観察していたことを示唆している。また、理論記述C1-4では、ただのモノとは異なり意思疎通が可能であるため、「ペット近い印象」という表現が使われている。理論記述A3-3と同様に、一般的にペットロボットと呼ばれる存在より、はるかにシンプルな内部実装と、生物に寄せていない外見をしたロボプロジェクトが「ペット」という表現を引き出したことの意義は大きい。

## ■ インタビュー C2

インタビュー2では、ランダム条件についての質問を行った。理論記述C2-1では、ユーザCはランプの色変化が豊かになったことで〈Lumos〉から何かを探そうとする意思を感じた。また、ランダム動作による忙しない振る舞いについては、客観的な立場から「忙しそう」という感想を持ったが、自身は心理的負荷を感じなかった。ユーザA、ユーザBはランダム条件でのインタビューにおいて心理的負荷を感じたと述べている。もしこれが、〈Lumos〉から忙しない動作が伝搬したものと捉えられるなら、〈Lumos〉に対する成り込み[32]であると言える。「成り込み」は、鯨岡の研究において用いられている、相手と感情・身体的に共感する間身体的現象を表す用語である。この意味では、ユーザCは〈Lumos〉とのインタラクションにおいて、一步引いた立ち位置から観察を行っていると考えられる。また、理論記述C2-3では、動作頻度が比較的良かったロボプロジェクト条件の〈Lumos〉をマイペースなネコのイメージに、せわしなく動作するランダム条件の〈Lumos〉を活発な子犬のイメージに例えていると考えられる。ユーザCは、自身に対する志向性の減少に対して、活発な子犬という意味づけを与えることで納得感を得ていると推察できる。同じランダム条件においても、ユーザBでは「壊れてしまった機械」、ユーザCでは「活発な子犬」というように、正反対の意味づけが生じていることから、ロボプロジェクトに広い解釈の幅があることがわかる。

## ■ インタビュー C3

インタビュー3では、ロボプロジェクトについてどのように感じたかの質問を行った。理論記述C3-1では、ロボプロジェクトをルンバで表現している。現状製品化されているロボットの中で、ロボプロジェクトと最も近い存在は「ルンバ」(iRobot)といえるかもしれない。日本語で会話する機能を持つルンバも存在するため、言い切ることは難しいが、黙々と部屋の中を動き回るルンバにもロボプロジェクトに該当するような要素が存在する。まず、外見的デザインには、人間などの生物的な要素が含まれない円盤状をしている。また、ゴミを収集するモノとしての要素、そして部屋中を気ままに動き回ることにより、ユーザに対して志向的な構えを引き出すと考えられる。また、理論記述C3-2では、明示的に言語をしゃべらないこと、ランプ色により解釈ができること、モノとしての外見をもっていることで、ユーザCからありのままに受け止められたことが示されている。モノともロボットとも違う、「ロボプロジェクト」として受け入れられたと言える。ここからロボプロジェクトが社会的受容性を持つことが示唆される。また、理論記述C3-3に示される内容は、擬人化における適応ギャップの問題点と合致する。このような状態をさけるためにも、ロボプロジェクトは有効であると考えられる。

## 質的分析から得られたロボジェクトの性質

前述の考察を踏まえ、筆者が考えるロボジェクトの性質 (1) から性質 (6) について考察を行う。

### ■ 外観による性質

性質 (1) 「外観からモノとしての役割が推測できる。」について、全てのユーザからこれを支持する理論記述が得られている。理論記述 A1-1 や理論記述 C1-1 では、〈Lumos〉を「無生物としてのランプ」や「普通のランプ」として認識したことが示されている。理論記述 B1-1 では、初めて〈Lumos〉の動作を見た際に驚きが生じたことが示されており、ここから〈Lumos〉をランプと認識していたと推測できる。

性質 (2) 「モノが志向性を持つ振る舞いをすることで正の適応ギャップが生じる。」について、ユーザ A とユーザ C から支持する理論記述が得られている。理論記述 A3-1 では、「モノにはない生命性やかわいらしさを感じさせる。」としており、正の適応ギャップが生じていると考えられる。また、理論記述 C1-4 では、「モノからペットに近い印象へ変化する。」としており、ロボジェクトのミニマルな社会性表示がペットに近い感覚を引き出していることから正の適応ギャップが生じていると考える。2名のユーザからペットなどの「生命性」に関わる表現がなされていることから、ロボジェクトの性質について、アニメーションに関係する要素も存在する可能性が示唆されている。一方で、理論記述 B1-3 では「モノとしての機能に疑問を感じさせる。」というように、生き物としてではなく、ランプとして捉えた場合の使いづらさに言及している。〈Lumos〉が動作を始めたことに対して、必ずしも印象が良くなっているとは言えないため、ユーザ B においては、正の適応ギャップが生じていると言い切れない。

性質 (3) 「モノとしての要素により社会的受容性が高い。」について、ユーザ A とユーザ C から支持する理論記述が得られている。理論記述 A3-2 では「モノとしての本質や機能が一貫していることは、受容性を高める。」としており、モノ状態だけでなくソーシャルロボット状態においても〈Lumos〉の照らすという機能が一貫していることで受容性を感じたことが示されている。また、理論記述 C3-1 では「ロボジェクトは、家族の一員に受け入れられつつある「ルンバ」に近い存在である。」となっている。ルンバは一般の生活環境に広く受け入れられていることから、「ルンバ」に近い存在と認識されたロボジェクトにおいても受容性を感じていると考えられる。一方で、理論記述 B3-2 では、「人型でないため、関わり方に戸惑いが生じる。」となっており、身体的同型性がないことと社会的受容性の関係が指摘される形となった。このように、ユーザごとに受け取り方が異なる理由について「構え」の違いが考えられる。

### ■ 社会性表示による性質

性質 (4) 「社会性表示を抑えることで、豊かな想像を引き出す。」について、全てのユーザから支持する理論記述が得られている。理論記述 A1-3 では〈Lumos〉の顔追従動作から非言語コミュニケーションを取ろうとする意志が、理論記述 B1-4 ではランプの色や振る舞いから具体的なイメージが得られたことが示されている。また、理論記述 C2-1 では、周囲に注意を向ける動作から何かを探る意志を感じたことが示されている。それぞれのユーザは独自の解釈を行っており、社会性表示を抑えることが豊かな想像を引き出すことに繋がると考える。

性質 (5) 「解釈の余地のある振る舞いに対し、ユーザが意味づけを行うことで受け入れやすく

なる。」について、全てのユーザから支持する理論記述が得られている。性質(5)は、ミニマルな社会性(解釈の余地がある振る舞い)に対しユーザ側が意味づけを行うことで、設計的な構えに陥ることを防ぐ(受け入れやすくなる)ことを意図した性質であり、この観点で分析結果を振り返る。理論記述A1-2より「顔追従などの振る舞いにより、〈Lumos〉は無生物としてのランプから主体性を持つ他者へと変化する。」としている。ここでは、ミニマルな社会性の表示により、〈Lumos〉を主体性を持った他者と認識するまでに至っているため、振る舞いに対する納得感があると考えられる。理論記述B3-3では「使う-使われるの関係性と異なる新しい関係性に面白さや愛着を感じる。」としている。ユーザBでは、ミニマルな社会性をもたらす新しい関係性により愛着などの受容性が生じていると考えられる。理論記述C3-2より「しゃべらない、ランプ色の解釈、人と異なる外見は、そのような生命体として受容される。」となっており、ロボジェクトの外観の性質やミニマルな社会性に触れ、そのような生命体として受容されることが示されている。

性質(6)「人に対して関わることを押し付けない、ほどよい存在感を持つ。」について、ユーザAとユーザCから支持する理論記述が得られている。理論記述A3-3では「〈Lumos〉は継続的相互行為を必要としないため、ユーザに対してペットに近い感覚を与える。」としている。ユーザAが〈Lumos〉とのインタラクションにおいて関わっても関わらなくてもいい存在と感じていることから、ほどよい存在感があると考えられる。理論記述C2-2では「ロボジェクトは、家族の一員に受け入れられつつある「ルンバ」に近い存在である。」としている。基本的に「ルンバ」はコミュニケーションロボットではなく、関わることを強制されることはない。また、時折足にぶつかってくるなど、明示的に関わることなくとも傍にいる感覚(ほどよい存在感)があると考えられる。「ルンバ」に近い存在とされるロボジェクトにも同様の存在感があるのではないだろうか。一方で、理論記述B3-2では「人型でないため、関わり方に戸惑いが生じる。」としており、人型であることを重要視しているユーザBでは程よい存在感を感じていない可能性が考えられる。また、理論記述B1-3では「モノとしての機能に疑問を感じさせる。」などの表現が含まれており、ロボジェクトを既存の知識・経験に当てはめて説明しようとする設計的な構えによって、ほどよい存在感が損なわれていると考えられる。

## ■ ロボジェクトの新たな可能性について

各ユーザの考察から浮かび上がったロボジェクトの新たな性質の可能性についての考察を行う。志向的な構えとロボジェクトの関係性ユーザAとユーザCのインタビューでは、ロボジェクトを生き物に例える表現が多く見られた。ユーザAでは「ペットに近い感覚」という表現を使っており、ユーザCではさらに犬や猫など、振る舞いの頻度に応じて具体的な例えを用いている。これらはロボジェクトに対して志向的な構えによる理解を試みていると考えられる。そして、先述のロボジェクトの性質においても、ユーザAとユーザCは全ての性質について支持する理論記述が見られている。一方で、ユーザBのインタビューでは、ロボジェクトをロボットとして見た場合の考え、モノ(ランプ)として見た場合の考えが述べられている。これらはロボジェクトに対して設計的な構えにより理解を試みていると考えられる。そして、ロボジェクトの性質については比較的当てはまらない性質が多い。以上のことから、志向的な構えとロボジェクトの性質に関係性があることが示唆される。

### ■ 愛着とロブジェクトの関係性

ユーザBのインタビューでは、「愛着」という単語が度々登場する。ロブジェクト条件についての印象では、〈Lumos〉の志向性に向ける動作について、「普通のランプより愛着を感じる」と述べている。ここで、「かわいいらしさ」や「親しみ」といった表現ではなく「愛着」と表現したことは注目すべき点だと考える。愛着は人以外の存在に対する感情的結び付きのことであり、感性工学分野では、モノへの愛着を対人関係へのメタファーの観点から分析した研究が行われている [33]。しかし、〈Lumos〉とユーザBの関わりにおいて「愛着」を第三者へのメタファーとして説明することは難しい。そこで、愛着がどのようにして生まれるかに目を向けてみる。ミハイらは愛着が生まれてくる過程について「涵養」や「能動的解釈」という言葉を用いて説明している [34]。それによると愛着は、自身にとってのモノの潜在的意味を（能動的に）見出していくこと、つまり「モノに対して独自の解釈を見つけること。」により生じるという。これをロブジェクトに当てはめると、ミニマルな社会性表示が積極的な解釈を引き出すことにより、愛着が生じたということも考えられる。これまでロブジェクトの議論において、愛着という要素が俎上に載ることはなかったが、今後は愛着という観点でもロブジェクトの性質について議論を深めていく予定である。



図 4.8 マイク型ロボジェクト 〈Whimbo〉

## 4.3 マイク型ロボジェクト 〈Whimbo〉

### 4.3.1 概要

マイク型ロボジェクト 〈Whimbo〉 (図 4.8) はマイクロフォンを模したロボジェクトである。人から話しかけてもらうというインタラクションを想定し、身近なモノや家電の中で話しかける対象であるマイクロフォンに着目し、これをベースにロボジェクトを構築した。モノに近い存在であることを示すため、外見はモチーフとしている置き型のマイクロフォンから逸脱しないようにし、明示的に目や腕に見えるような擬人化しやすい要素はあえて採用していない。人の発話に応じてマイクロフォン部分が前後左右に動くことで、頷いたり首を振ったりといったミニマルな社会性を表示し、話を聞いてくれている印象を与えられ、モノに話しかけるとミニマルな反応で発話を受け止めてくれるという、人とマイクロフォンにおけるインタラクションを実現するロボジェクトである。マイク型ロボジェクト 〈Whimbo〉 の事例では、傾聴場面を想定した実験を通して、ロボジェクトが表出する「ミニマルな聞き手性」が、話し手の感じる話しやすさや自己開示に与える影響について明らかにする。

### 4.3.2 ロボットとのコミュニケーション

私たちはロボットに向けてどういった内容の発話をするのだろうか。内田らは、人の聞き手とロボットの聞き手それぞれに対し、どのような種類の話をするのかを調査した [35]。その結果、人相手には趣味の話や人生の目的に関する話をしたがる傾向がみられる一方で、ロボットに対し

ては孤独に関する話など、よりネガティブな話題を展開したがる傾向があることが明らかになっている。このような、私たちがどういった人間であるかを他者に知ってもらうために自身をあらわにする行動を自己開示と呼び、ロボットは人の聞き手とは異なる話し手の語りを引き出す能力を備えている可能性があると考えられている [35]。

現在、世の中に普及しているソーシャルロボットは、表現が複雑になるほどその理解に意識を向けすぎたり、人からロボットに向けて話しかけなければいけないといった発話義務 (speaking obligation[36]) を感じてしまうことがある。むしろ、ロボットからの表示を最小の手がかり (minimal cues) に抑えることで、聞き手の様子を意識しすぎることがなくなり、話し手の自然な発話を引き出すことに繋がると考えられる。そこで、一般的なソーシャルロボットよりもモノに近い存在であり社会性の表現力が小さいロボプロジェクトが、聞き手としてミニマルな社会性を反応として返すことで、話し手から発話を引き出すことを目指している。

### 4.3.3 自己開示と自己開示尺度

私たちがどういった人間であるかを他者に知ってもらうために自身をあらわにする行動を自己開示と呼ぶ。Jourardによると、自己開示はパーソナリティ健康に貢献するとしており、その関係性は様々な研究で明らかにされている [37, 38]。特に、ネガティブな内容に関して自己開示することで、抑うつや身体症状を軽減する効果があるとされている [39, 40, 41]。内に秘めた本心を外に開示することで話し手の自己肯定感を上昇させ、不安の解消などに繋がると考えられる。しかし、このようなネガティブな話題を聞き手に開示する行為が積極的に行われるとは言い切れない。その根拠として、ネガティブな内容に関する情報を開示することで自身の相対的立場を下げる可能性がある [42] ことが挙げられる。そのため、こういった内容の自己開示を話し手から引き出すことは決して容易ではない。丹羽らは自己開示の深さに対応したレベルを想定し、このレベルが深くなるにつれて、自身の否定的な面や自己を象徴する特性に関係するという考えに準拠し尺度化を図った [43]。作成された日本人用の自己開示尺度を図 4.9 に示す。この尺度は深さが異なる4段階のレベルの自己開示を測定でき、開示する聞き手との関係性によって深さが変化することを識別できることが確認されている。

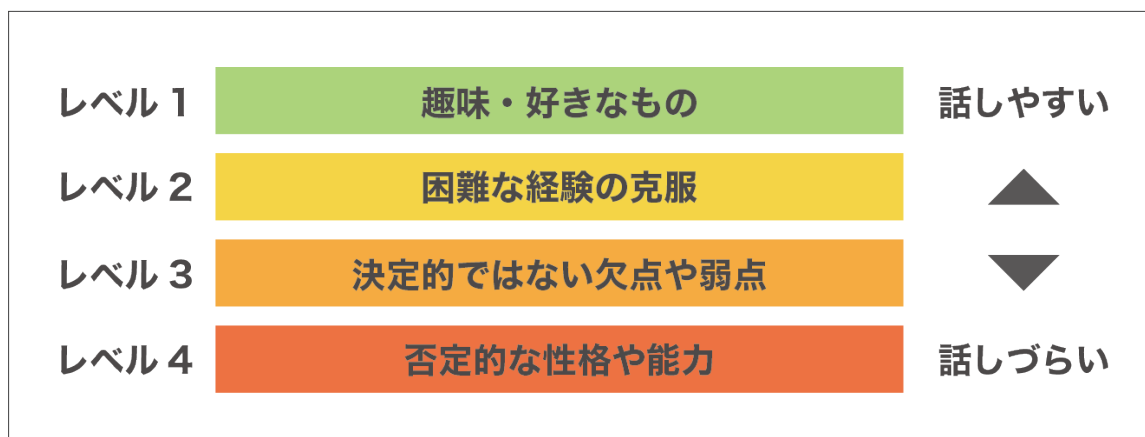


図 4.9 日本人用の自己開示尺度

#### 4.3.4 ロボットに対する自己開示

人に話しづらい話題を代わりに聞いてもらう存在として、聞き手にロボットを採用することが議論されている。内田らは、人とロボットに対する被験者の自己開示傾向について検証を行った [35]。ロボットの聞き手としてアンドロイドと小型ロボットを採用しており、人相手も含め3条件で比較した実験が行われた。その結果聞き手としてのロボットが自己開示に関する発話を人と同程度に引き出すことが示唆されている。またその自己開示項目に関して、ロボットが人の聞き手と比べて情緒的側面に関する自己開示を引き出しやすい傾向があることが示されている。このように、人が聞き手の場合とロボットが聞き手の場合とで自己開示の傾向が異なることは明らかとなっている。一方で、ロボットがよりモノに近いような存在の場合に自己開示の傾向がどのようになるのかは明らかとなっていない。

#### 4.3.5 ミニマルな聞き手性

聞き手としての社会性の大きさとして「聞き手性 (hearership)」が挙げられる。話し手は、聞き手が表示している「聞き手性」を手がかりにしながら自身の発話行為を調整している [44]。聞き手性とは会話内で、聞き手が話し手に対し「今、あなたの話を確かに聞いていますよ」といった社会的表示のことであり、視線やうなずき、相槌などを用いて表される。その表示は自身が発話に反応している聞き手であることを伝える効果があり、発話に対する関心や理解の具合といった心的状態を話し手が意味付けする判断材料となっている。このように、聞き手性は視線やうなずき、相槌などを用いて表される。ロボットやバーチャルエージェントの分野においても、エージェントにうなずき動作のような聞き手性を追加することにより身体的インタラクションが促進したり [45]、人の表出する聞き手性に応じてロボットが発話や身振りを出ることが、聞いてくれているという印象の向上につながると報告されている [46]。このように、聞き手性の一部を表出するだけでも話し手に影響を与えるといえる。本研究ではロボジェクトの特徴であるミニマルな社会性の観点を聞き手性に取り入れた考え方として「ミニマルな聞き手性 (minimal hearership)」を提案する。「ミニマルな聞き手性」とは、前述した聞き手性の手がかりとなり得る要素を、話を聞いていることが伝わる範疇で可能な限り少なくした社会的表示のことであり、具体的には、明確な意味を推測しやすい言語行動を用いず、非言語行動である身体動作に限定することで聞き手性の表示をミニマルにすることを目指す。発話への応答として一般的な身体動作であるうなずきをミニマルな聞き手性を示す動作として採用する。本論文では、マイク型ロボジェクト〈Whimbo〉を提案し、そのコンセプトとインタラクションデザインの詳細を示す。さらに、傾聴の場面においてロボジェクトが表出する「ミニマルな聞き手性」が、話し手の感じる話しやすさや自己開示に与える影響について、実験を通して明らかにする。

#### 4.3.6 マイク型ロボジェクト〈Whimbo〉の実装

##### ハードウェア構成

〈Whimbo〉のコンセプトを実現するにあたり、構成したハードウェアと各部のサイズを図 4.10

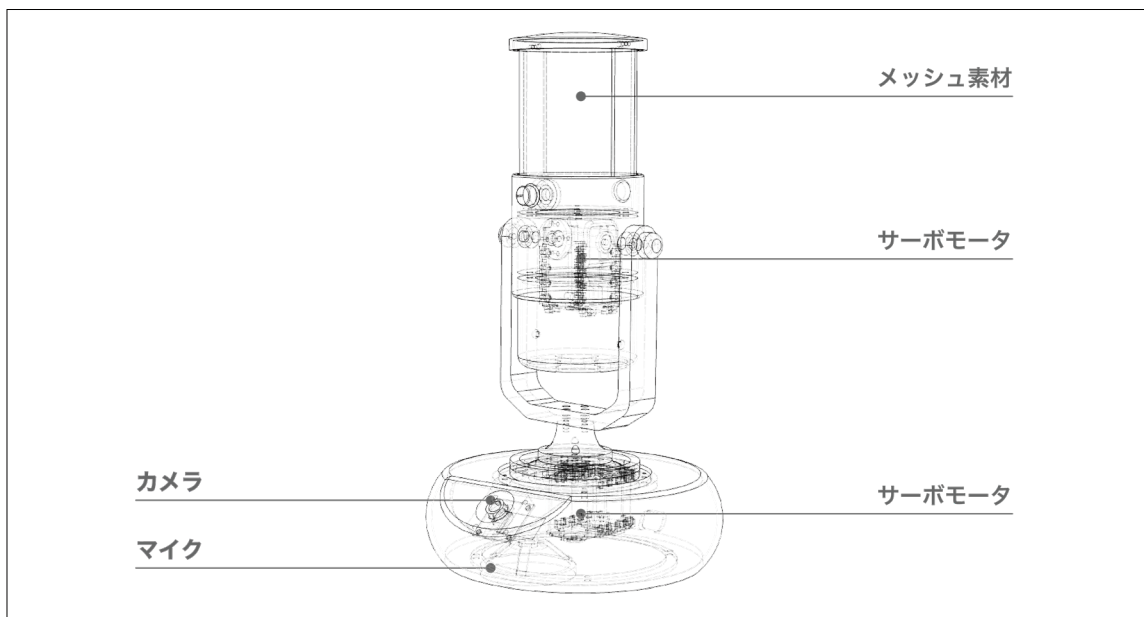


図 4.10 ハードウェア構成

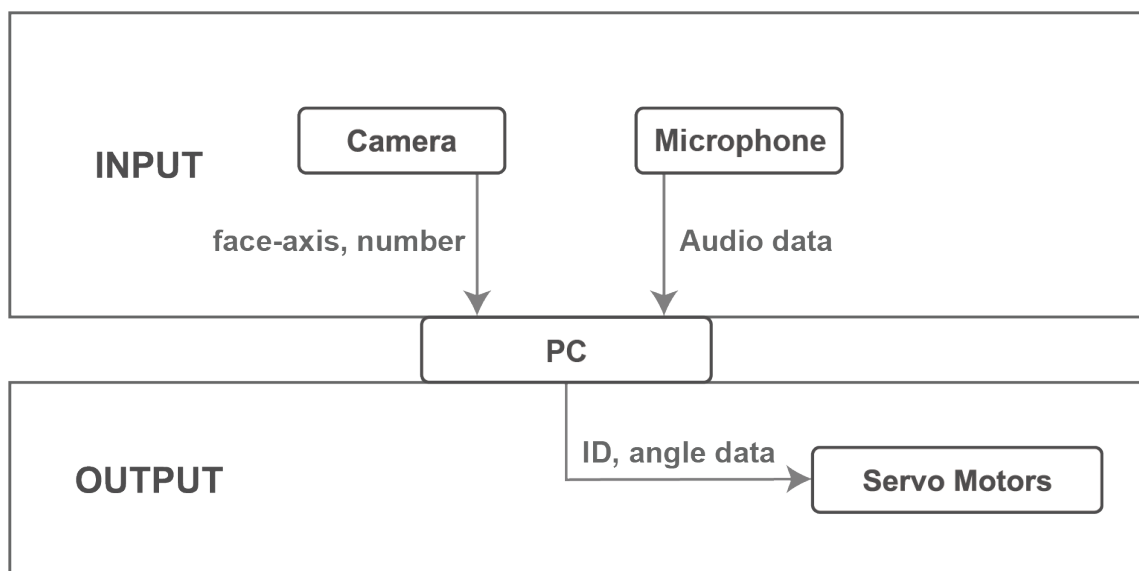


図 4.11 ソフトウェア構成

に示す。〈Whimbo〉はマイク部と土台部の2つに大きく分けられる。マイク部と土台部はどちらも円筒形状であり、マイク部にはアクチュエータであるサーボモータを組み込んであり、マイク部における前後の可動域を確保している。また、土台部に組み込んでいるもう1つのサーボモータでマイク部における左右の可動域を確保している。外装部品は3Dプリンタを用いて成形したABS樹脂素材であり、表面をマットな質感の黒色スプレーで塗装している。マイク部の円筒には黒色のメッシュ素材の布を貼り付けることで、実際のマイクのヘッドカバーに質感を近づけている。合計2軸の自由度で、人に向ける志向性の表示や聞き手性を示すための各種振る舞いを実現している。土台部にはセンサとして、顔認識用カメラモジュール（HVC-P2）と、実際に音

声を取得するためのマイクロフォンを内蔵している。制御はこれらモジュールと有線接続した外部の PC で行っている。

## システム構成

〈Whimbo〉の動作を制御しているシステムの構成を図 4.11 に示す。〈Whimbo〉がセンサとして備える顔認識用カメラモジュール (HVC-P2) で人の顔を検出したとき、顔の位置の座標データを取得し、その値を基に土台部のサーボモータの角度制御を行う。これにより、〈Whimbo〉の正面を人の方を向けたり、気まぐれに向き合った状態から背けたりする動きを実現して志向性を表出する。また、マイクロフォンで拾得した発話音声を確認し、検知した発話の区切りでマイク部と土台部に搭載してある 2 つのサーボモータの角度制御を行い、うなずく、首を左右に振るなど言語を用いず話を聞いていることを示す振る舞いを実現している。うなずき動作はマイク部を前方に約 0.4 秒で 15° 傾け、約 0.2 秒静止した後に後方に約 0.4 秒で 15° 傾け元の角度に戻す動作である。また、左右の首振り動作はマイク部を約 0.4 秒で 15° 右に動かし、約 0.1 秒静止、その後約 0.8 秒で 30° 左に動かし約 0.1 秒静止、約 0.4 秒で 15° 右に動かし元の角度に戻す動作である。音声認識には Intel が提供する Realsense SDK の SpeechRecognition を使用しており、一連の動作は全て C# で実装している。

## 4.3.7 評価実験

### 実験概要

本実験では〈Whimbo〉が備えていると考えるミニマルな聞き手性に着目し、反応の有無や構成要素の違いが発話内容に与える影響や、話し手にどのような印象を与えるか調べることを目的とする。実験参加者は振る舞いのみ異なる合計 3 つの条件の〈Whimbo〉に対して話しかけるといったインタラク션을体験する。なお、この条件の順序は実験参加者毎にランダムに割り当てるものとする。それぞれの試行終了後、ロボットの印象評価に関する質問紙に答えてもらい、最後に口頭のインタビューを実施する。実験参加者は計 13 名 (20~24 歳 / 男性 12 名, 女性 1 名) を対象とし、被験者内計画を採用する。また、本実験は著者らの所属大学の研究倫理審査委員会の審査・承認を受けて実施している。

### 実験方法

実験参加者は机の上に置かれた〈Whimbo〉と対面した位置に着席してもらい、その場で提示した質問用紙に対する答えを考えてもらう。この質問用紙の項目は丹羽らによって作成された日本人用の自己開示質問項目 [43] の中から、趣味に関する質問群 (レベル 1) に沿った内容の質問を合計 9 つ用意する。これを 3 つずつ 3 組に分けて実験参加者毎にランダムな順番で提示し、その質問の答えを〈Whimbo〉に向けて話してもらい、このとき、実験参加者には各質問に対する回答を拒否してもよいということと、実験の様子をビデオで撮影する旨を伝えている。また、〈Whimbo〉以外の聞き手が存在することで実験参加者の発話内容に影響が出ることを考慮し、実験者は各インタラクシオンが終了するまで室外で待機する。今回趣味に関する質問群 (レベル 1) を選んだ理由は、自己開示質問項目のうち他者に打ち明ける難易度が他のレベルと比較して

表 4.3 印象評価実験の条件

条件名	振る舞い
モノ条件	動作なし
ミニマルな聞き手性条件	うなずき
聞き手性条件	うなずき + 相槌

相対的に低く、回答がもらえないことによるインタラクションの不成立を可能な限り無くしたいと考えたためである。本実験で提示した質問項目と組分けを以下に示す。

#### パターン 1

- (1) 好きな食べ物と好きになったきっかけ
- (2) 休日の過ごし方
- (3) 趣味にしていることとそれを始めたきっかけ

#### パターン 2

- (1) 好きな音楽と好きになったきっかけ
- (2) 最近夢中になっていること
- (3) これから楽しみにしているイベント

#### パターン 3

- (1) 好きな場所と好きになったきっかけ
- (2) 最近楽しかったできごと
- (3) これから趣味としてやってみたいこととそれを知ったきっかけ

実験参加者が〈Whimbo〉に対して3つの質問の答えを話し終わった後、質問紙への回答を行ってもらう。この一連の試行を3条件分実施し、最後に口頭で条件による振る舞いの変化に対する認識を確認するインタビューを行う。

### 実験条件

本実験では〈Whimbo〉の備える聞き手性を段階的に変化させた状態で比較するため、3条件（モノ条件、ミニマルな聞き手性条件、聞き手性条件）を用意した（表 4.3）。

#### ■ モノ条件

モノ条件は〈Whimbo〉による聞き手性の表示を完全に無くしており、モノと同じで全く動作しない状態である。この状態では、実験参加者の発話に一切反応することはない。

#### ■ ミニマルな聞き手性条件

ミニマルな聞き手性条件は〈Whimbo〉による聞き手性の表示を最小限にしており、マイク部を前後に動かすうなずき動作のみを実行する状態である。この状態では、実験参加者の発話の区切り毎にうなずく振る舞いを行う。

表 4.4 GoodSpeed 質問項目

指標名	番号	評価軸群
擬人化	Q1	偽物のような - 自然な
	Q2	意識を持たない - 意識を持っている
	Q3	人工的な - 生物的な
生命性	Q4	活気のない - 生き生きとした
	Q5	不活発な - 対話的な
	Q6	無関心な - 反応のある
好ましさ	Q7	嫌い - 好き
	Q8	親しみにくい - 親しみやすい
	Q9	不愉快な - 愉快的な
知性の知覚	Q10	無責任な - 責任のある
	Q11	知的でない - 知的な

表 4.5 ミニマルな聞き手性に関する独自質問項目

番号	質問内容
Q1	〈Whimbo〉があなたの話をよく聞いてくれていると感じたか
Q2	〈Whimbo〉にまた話を聞いてもらいたいと思ったか
Q3	〈Whimbo〉があなたの話に関心を持っていると感じたか
Q4	〈Whimbo〉に対して話しやすいと感じたか
Q5	〈Whimbo〉に話しかけることを強制されていると感じたか
Q6	〈Whimbo〉の反応の仕方に違和感があると思ったか
Q7	〈Whimbo〉の反応が多すぎると感じたか

表 4.6 自己開示尺度の質問項目

番号	質問内容
Q1	〈Whimbo〉に興味に関する話を話せるか (レベル 1)
Q2	〈Whimbo〉に困難な経験に関する話を話せるか (レベル 2)
Q3	〈Whimbo〉に決定的ではない欠点や弱点に関する話を話せるか (レベル 3)
Q4	〈Whimbo〉に否定的な性格や能力に関する話を話せるか (レベル 4)

### ■ 聞き手性条件

聞き手性条件は〈Whimbo〉の聞き手性の表示を 3 条件の中で一番大きく設定しており、ミニマルな聞き手性条件で行っていたうなずきの動作に加えて、音声による相槌を行う状態である。相槌は「へえ」「それで、それで」「そうなんだ」「なるほど」といった話の同意や受付、展開の意を表す 4 種類を選択する。ATR の合成音声ソフトである WizardVoice を用いて生成したこれらの相槌の音声ファイルを、発話の区切りにランダムに再生することで相槌を実現する。

## 質問項目

インタラクションを通して実験参加者が各条件の〈Whimbo〉に感じた印象を評価するため、Bartneck らの Godspeed 質問法 [47] を参考に、「擬人化」「生命性」「好ましさ」「知性」という構成概念を選択し、代表される形容詞対として表 4.4 に示す 11 項目を用い、相反する印象のどちらにより近いかわかめるため、5 件法による評価を行った。さらに、ミニマルな聞き手性の表示という観点においてより詳細な印象を調べるため、表 4.5 に示す 7 項目の質問を用意し、同じく 5 件法 (1: そう思わない～5: そう思う) で評価した。また、振る舞いの違いにより話せる内容が変化するかを調べるため、自己開示尺度に基づいた各レベルに関する話題 (表 4.6 に示す 4 項目) を〈Whimbo〉に話すことができるかどうか 2 件法 (話せる、話せない) で調査した。

## 仮説

話を聞いていることを最小限の振る舞いで伝えるミニマルな聞き手性の表示には、聞き手の反応を期待しない話し手の一方的な語りを引き出しやすい効果があると考えている。そこで、以下の仮説を立てた。

仮説 1. ミニマルな聞き手性条件では、聞き手に向けて話さなければいけないという発話義務を低減させ、話しかけることを強制されていると感じず、最も話しやすく感じる。

仮説 2. 聞き手性条件では、話し手の発話に対する興味を最も表出でき、話をよく聞いてくれる、話に関心を持ってもらえていると感じる。

仮説 3. ミニマルな聞き手性条件では、聞き手の様子や反応を気にする必要がなく、より踏み込んだ自己開示レベルが深い話ができる。

## 実験結果

ロボットに対する印象評価質問の回答より、一元配置分散分析 (ANOVA) 及び事後検定として Bonferroni 法で多重比較を行い、有意差の有無を調べた。Godspeed 質問項目を分散分析した結果、すべての項目で有意差を確認した (擬人化,  $F(2, 114) = 18.11, p < .001, \eta^2 = .24$ ; 生命,  $F(2, 114) = 113.00, p < .001, \eta^2 = .66$ ; 好ましさ,  $F(2, 114) = 18.96, p < .001, \eta^2 = .25$ ; 知性の知覚,  $F(2, 75) = 10.24, p < .001, \eta^2 = .21$ )。用意した質問項目を分散分析した結果、Q5 以外の各項目で有意差を確認した (Q1,  $F(2, 36) = 21.50, p < .001, \eta^2 = .54$ ; Q2,  $F(2, 36) = 2.96, p = .064, \eta^2 = .14$ ; Q3,  $F(2, 36) = 20.85, p < .001, \eta^2 = .54$ ; Q4,  $F(2, 36) = 7.62, p = .002, \eta^2 = .30$ ; Q5,  $F(2, 36) = .84, p = .44, \eta^2 = .04$ ; Q6,  $F(2, 36) = 3.99, p = .027, \eta^2 = .18$ ; Q7,  $F(2, 36) = 20.70, p < .001, \eta^2 = .53$ )。自己開示尺度の質問項目について  $\chi^2$  検定 (イエーツの補正あり) を行った結果、すべての項目で有意差は見られなかった (Q1,  $\chi^2(2) = 2.23, p = .33, V = .24$ ; Q2,  $\chi^2(2) = .87, p = .65, V = .15$ ; Q3,  $\chi^2(2) = 1.88, p = .39, V = .22$ ; Q4,  $\chi^2(2) = 3.00, p = .22, V = .28$ )。Bonferroni 法で多重比較を行った結果のグラフを図 4.12, 図 4.13 に、各項目の p 値を表 4.7, 表 4.8 にそれぞれ示す。図 4.12, 図 4.13 において棒グラフは平均値を示し、エラーバーは標準偏差を表す。自己開示尺度の質問項目についての結果を図 4.14 に示す。棒グラフ内の数字は各項目について「話せる/話せない」と回答した

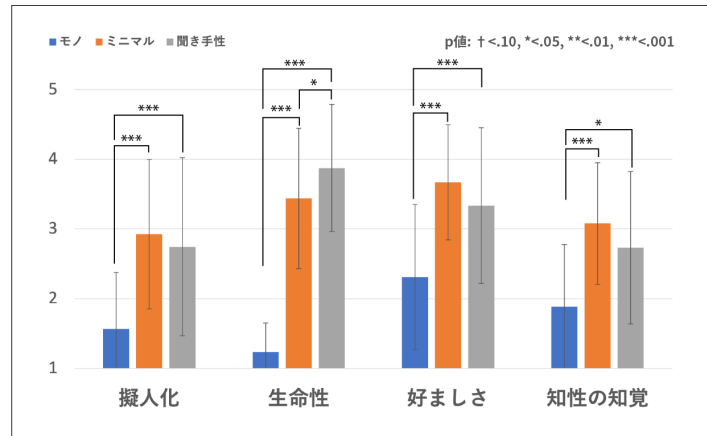


図 4.12 GodSpeed 質問項目の実験結果

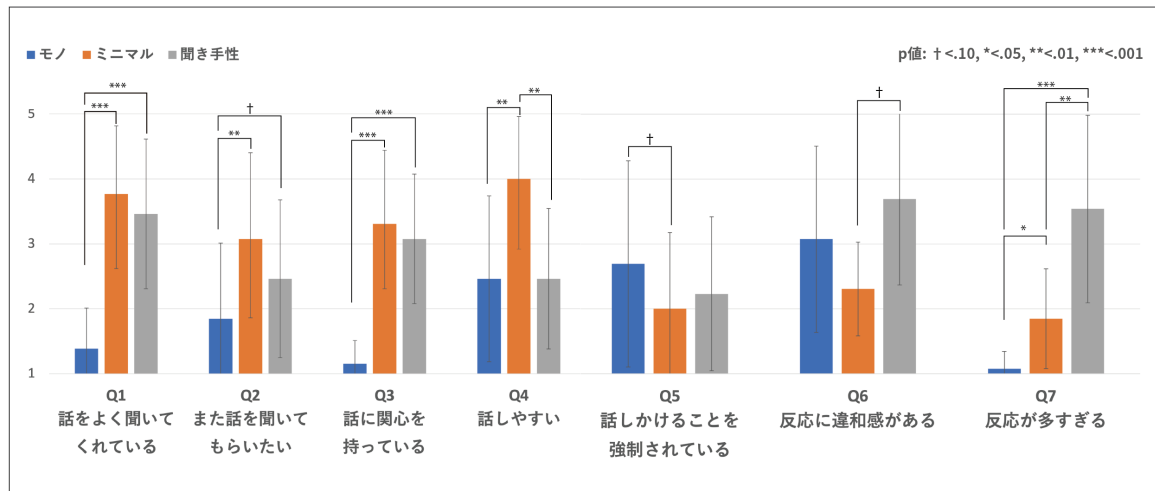


図 4.13 GodSpeed 質問項目の実験結果

表 4.7 Godspeed 質問項目における多重比較結果 (Bonferroni 法)

番号	p 値			
比較条件	擬人化	生命性	好ましさ	知性の知覚
モノ - ミニマル	<.001 ***	<.001 ***	<.001 ***	<.001 ***
モノ - 聞き手性	<.001 ***	<.001 ***	<.001 ***	.015 *
ミニマル - 聞き手性	.840 n.s.	.028 *	.221 n.s.	.641 n.s.

表 4.8 独自質問項目における多重比較結果 (Bonferroni 法)

番号	p 値						
比較条件	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7
モノ - ミニマル	.001 ***	.011 **	<.001 ***	.009 ***	.066 †	.225 n.s.	.018 *
モノ - 聞き手性	<.001 ***	.076 †	<.001 ***	1.00 n.s.	1.00 n.s.	1.00 n.s.	<.001 ***
ミニマル - 聞き手性	.793 n.s.	.496 n.s.	1.00 n.s.	.004 **	.004 **	.054 †	.008 **

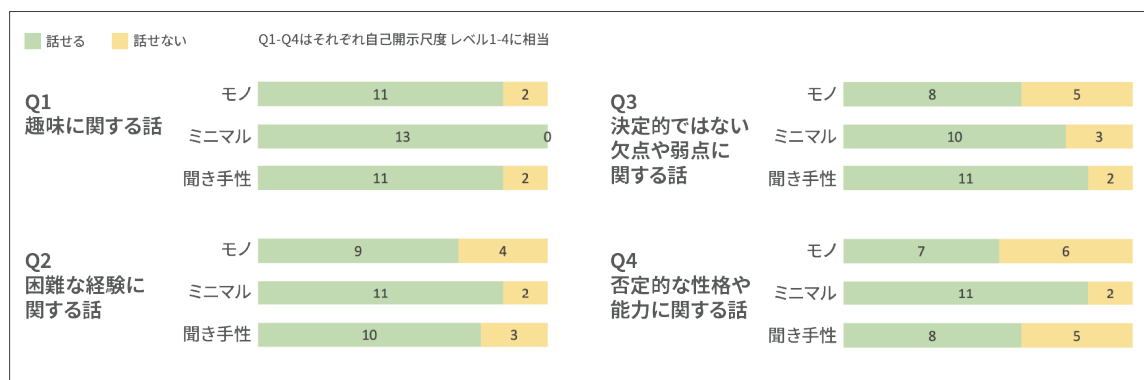


図 4.14 自己開示尺度の質問項目の実験結果

人数を表す。

### 4.3.8 考察

図 4.12 の Godspeed 質問法の結果から、モノ条件と比較してミニマルな聞き手性条件の評価が高くなった。このことから、普段動くことがないマイクにうなずきというミニマルな聞き手性の表示が加わるだけであっても、実験参加者は〈Whimbo〉をただのモノではなく生き物らしさや生命のある存在として捉え、好ましさを感じていたと考えられる。また、「生命性」の項目におけるミニマルな聞き手性条件と聞き手性条件の間で見られた有意差から、相槌のある反応によりさらに生命性を感じやすくなったといえる。

仮説 1 に関して、図 4.13 の Q4 「話しやすと感じた」の項目から、ミニマルな聞き手性条件が他の 2 条件と比べて最も話しやすと感じるという結果となった。仮説 1 では、この要因として「ミニマルな聞き手性により話しかけることを強制されていると感じない」ことが関わると予想していたため、Q5 「話しかけることを強制されていると感じた」の結果に着目すると、ミニマルな聞き手性条件と比較してモノ条件では強制されている感じが増加する傾向がみられた。モノ条件での発話の強制感の増加傾向は、実験上での指示として実験参加者に〈Whimbo〉に対する発話を半ば強制しており、反応の無いモノに対して発話する必要があったことが原因と考えられる。一方で、ミニマルな聞き手性条件と聞き手性条件の間には強制感についての差は見られなかった。そのため、ミニマルな聞き手性により発話の強制感が少ないことが話しやすさに繋がったとはいいがたい。Q6 「反応の仕方に違和感があった」と Q7 「反応が多すぎると感じた」の項目において、ミニマルな聞き手性条件と比べて聞き手性条件のほうが反応に違和感がある傾向があり、反応が多すぎると感じられるという結果となった。このことから、Q4 で聞き手性条件よりもミニマルな聞き手性条件が話しやすと感じられる結果となった要因として、聞き手性条件の相槌が好意的に受け取られなかったことが推察できる。また、この点に関して口頭インタビューをもとに考察する。ミニマルな聞き手性条件では「自分のペースで話すことができた」「聞かれてはいるが、それを意識しすぎず話すことができた」といった回答があり、うなずき動作で聞いていることを示しつつも話し手の発話ペースを阻害していなかったため話しやすと感じたと考えられる。一方で、聞き手性条件では「話している途中で声による相槌があり、それで話を止めてしまう」「幼稚園児に話しかけるようにゆっくりと、自分のペースではなくこのロボットの

ペースに合わせて話しかけた」といった回答があり、音声による相槌が発話を妨げたり、ロボットのペースに発話を合わせる必要があることが話しやすさの低減につながったと考えられる。また、聞き手性条件に関して、「次の話題に行こうとしたら『それで』と言われて、まだ（この話題で）喋らないといけないのかと感じた」というインタビューの回答があった。相槌の種類は話題に関わらないものを選んだが、相槌のタイミングによっては文脈と合わない場合もあり、違和感に繋がったと考えられる。これらの理由が、ミニマルな聞き手性条件が最も話しやすく感じる結果となった要因と考えられる。

仮説2に関して、Q1「話をよく聞いてくれていると感じた」Q2「また話を聞いてもらいたい」Q3「話に関心を持っていると感じた」の項目で、モノ条件と比べて他の2条件は高い評価となったが、ミニマルな聞き手性条件と聞き手性条件の間には差が見られなかった。そのため、聞き手性条件で最も「話をよく聞いてくれる」と感じられるとはいえない結果となった。仮説1の考察であげたように、相槌が発話を妨げたり話し手のペースを乱したため、聞き手性条件での「話をよく聞いてくれている」という印象が得られなかった可能性がある。また、口頭インタビューでは、聞き手性条件について「子どもに話しかけているみたい」というように〈Whimbo〉をより人に近い存在と感じる実験参加者がいる一方で、モノ条件やミニマルな聞き手性条件について「ロボットではなくマイクとしてみれるから話しやすい」と回答する実験参加者もいた。そのため、マイクというモノを模しているロボジェクトであるが故にモノであることを重視し、相槌のような聞き手性の大きい要素の追加が好印象につながらない人もいると考えられる。

仮説3に関して、自己開示尺度のすべての質問項目で有意差は見られなかった。ただし、実験参加者数が13人と少ないことを考慮して効果量に着目すると、Q4の効果量 $V = 0.28$ が中程度の効果量( $V = 0.30$ [48])に近い点と図4.14に示した「話せる」と回答した人数から、Q4に関してミニマルな聞き手性条件が他の条件と比べて話せる人数が多い可能性が示唆される。このことから、ミニマル聞き手性の表示により、話すことに抵抗がある内容の語りを引き出す可能性があると考えられる。これは、モノ条件と比べてミニマルな聞き手性条件は反応があることで話しやすくなることが要因であると考えられる。また、口頭インタビューで「人には不快になるような愚痴は言いたくないが、聞くだけのロボットであったなら言っても良いかなと思う」「自分が悪口や恥ずかしい話などを話しても、ロボットが自分に向ける感情を持たないと考えているので話しやすい」といった、ロボットが人のように返答をしないことや感情を持たないことが話しやすさにつながることを示唆する回答があった。そのため、聞き手性条件よりもミニマルな聞き手性条件のほうが、音声での返答はせずに生命性も低いいため自己開示レベルが深い話題について話しやすいことに繋がったと考えられる。

以上をまとめると、仮説1に関しては「ミニマルな聞き手性条件では、最も話しやすく感じる」という部分については正しいが、「発話義務を低減させ、話しかけることを強制されていると感じない」という要因ではなく、聞き手性条件の相槌に違和感があることで上記の結果となった。また、仮説2は仮説とは異なる結果となり、聞き手性条件とミニマルな聞き手性条件が同等に話に関心を持ってもらえていると感じることが明らかとなった。仮説3については明確には支持されたと言えないが、ミニマルな聞き手性条件でより踏み込んだ自己開示レベルが深い話ができる可能性が示唆された。

本論文の結果は、モノをベースとしたロボットであるロボジェクトにおいて、聞き手性の表示の大きさを変化させ傾聴を行うという限定的な場面で、話し手が感じる印象や自己開示を評価し

たものである。そのため、傾聴を行う存在が人の場合や、ロブジェクトよりも人に見た目や機能が近い一般的なソーシャルロボット、バーチャルエージェントの場合などと、ロブジェクトの場合で印象や自己開示の傾向が異なるのかについて今後評価を行う必要がある。また、本論文で提案したミニマルな聞き手性を、一般的なソーシャルロボットやバーチャルエージェントに適用した際に、ロブジェクトと同じ結果が得られるのかも不明であるため検証の余地がある。また、この実験では自己開示レベルの評価に関して、実験参加者が各レベルについて話せるか話せないかを回答するに留まっており、実際に自己開示を行っているわけでは無かった。そのため、〈Whimbo〉に対して実際に深いレベルの自己開示を行うどうかは明らかとはなっていない。



図 4.15 ミスト型ロボプロジェクト 〈Omboo!〉

## 4.4 ミスト型ロボプロジェクト 〈Omboo!〉

### 4.4.1 概要

ミスト型ロボプロジェクト 〈Omboo!〉 (図 4.15) はミストを模したロボプロジェクトである。ミストという文字通り空気に溶け込むような儚い存在感に着目し、これをベースにしたロボプロジェクトを構築した。〈Omboo!〉の事例では、エージェントの本体はあくまでミストである(加湿器ではない)点がポイントとなる。そこで、加湿器らしい見た目をベースにするのではなく、あくまでミスト発生器として目立たせないことを意図した設計を行った。〈Omboo!〉の特徴として以下の4つが挙げられる。

〈Omboo!〉の特徴

- (1) 身体がミストであることから社会的受容性が高い。
- (2) ミニマルなエージェント・社会性を持つ。
- (3) ただのミストが志向性を示すことで、正の適応ギャップが生じる。
- (4) わずかなつながり感を得られる。

これらにより、気づく人にしか気づかない程度のわずかな存在感を持ったロボプロジェクトとして生活空間に溶け込み、ほどよいつながり感を感じさせることを目指す。ミスト型ロボプロジェクト 〈Omboo!〉の事例では、社会性を削ぎ落としていくことでエージェントの限界や最低限の要素などについて議論する。なお、本実験では便宜上 〈Omboo!〉のミストをエージェントと呼ぶ。

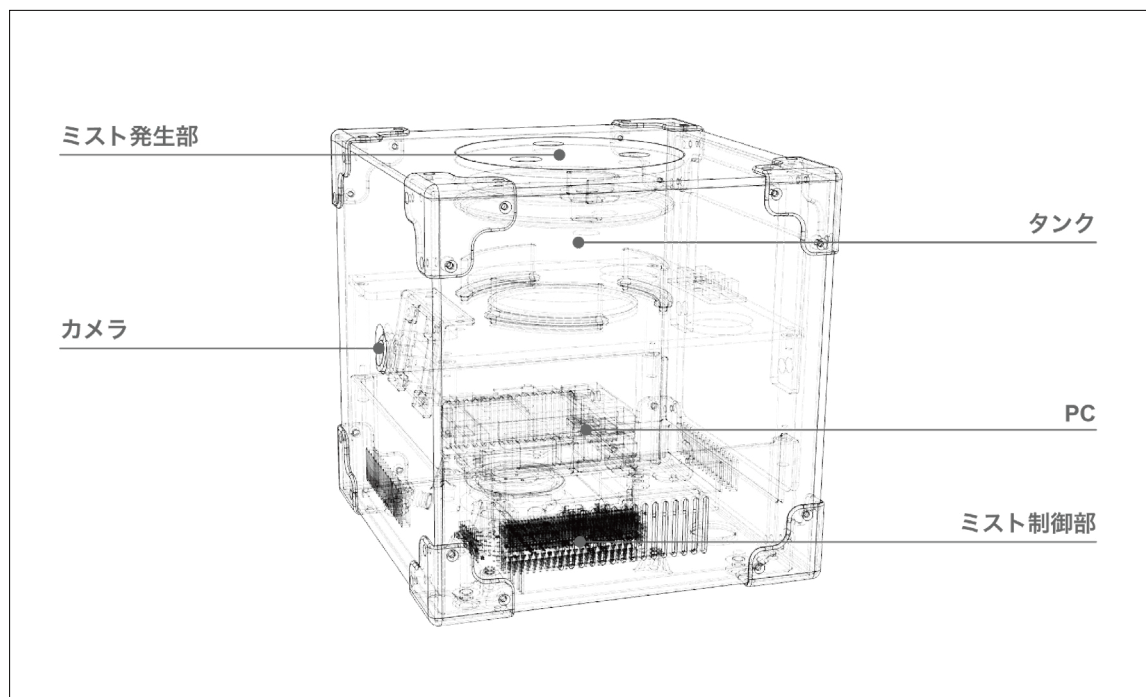


図 4.16 ハードウェア構成

## 4.4.2 ミスト型ロボットの〈Omboo!〉の実装

### ハードウェア構成

ミストを発生させる装置のハードウェア構成を図 4.16 に示す。前方に顔認識用のカメラと音声認識用のマイクが搭載されている。PC では、センサからの入力を基にエージェントの振る舞いを生成している。また、ミスト発生モジュールは「ミスト制御部」と「ミスト発生部」から構成される。ミスト制御部で生成するミスト発生パターンの指令を、ミスト発生部へ送ることでミストの振る舞いを変化させる。内部には、ミストの発生に必要な水が入ったタンクが搭載しており、ミスト発生部とつながっている。

### システム構成

システム構成を図 4.17 に示す。〈Omboo!〉のシステムには主に、Robot Operating System2(ROS2)[49]とシリアル通信が用いられている。音声認識ノードでは Google 社の Speech-to-Text AI(音声認識 API)[50]を用いて音声の入力を行う。音量測定ノードでは、マイクから入力された音の大きさを測定している。顔認識ノードでは、カメラで受け取った顔の位置座標やサイズ等の顔認識情報を取得する。これらの、「音声認識ノード」、「音量測定ノード」、「顔認識ノード」で得られた情報を core ノードに送信する。そして、受信した情報を基に core ノードでエージェントの振る舞いを生成し、ミスト発生モジュールにシリアル通信している。受信した振る舞いを基にミスト制御部でミスト発生パターンの指令をミスト発生部へ送ることで、ミストの出るリズムが変化する。

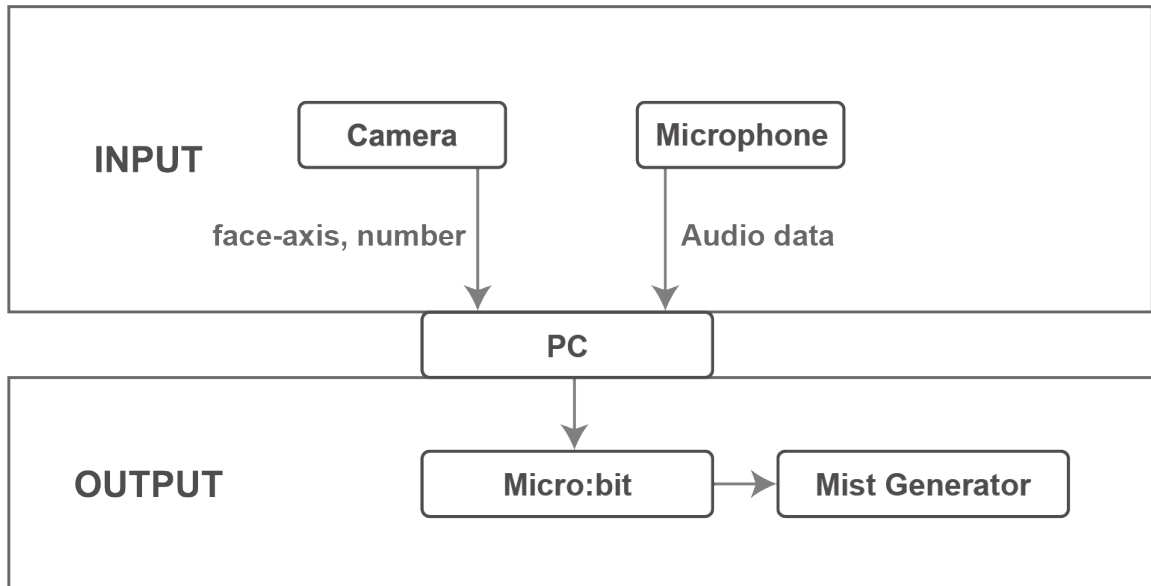


図 4.17 システム構成

## インタラクショndeザイン

〈Omboo!〉の特徴は、少し臆病でありながらも、人と関わろうとするところにある。いつもは、一定のリズムでミストがふき出ている。コップを置いた音等、周囲で物音が鳴るとミストがふき出てこなくなる。そして、一定時間経つと元のリズムに戻る。また、人を認識すると、認識した顔のサイズから人との距離を推定する。そして、一定の距離以上であれば、ミストの出るリズムが変化し、通常の状態に比べて、ミストの出ている時間が短くなる。一定時間経つと徐々にミストの出ている時間が長くなり、最終的に元のリズムに戻る。それ以降に、人の声を認識すると、声の長さに合わせて3箇所からふき出るミストのリズムが変化する。また、認識している顔のサイズが一定の距離以内になると、ミストの出るリズムが変化し、周期が短くなる。〈Omboo!〉におけるインタクションの1例としては、部屋の中の目立たないところに置いてあり、休憩の際にふと声をかけることで、〈Omboo!〉が反応してくれることによってリラックスできると考えられる。

### 4.4.3 実験方法

#### 実験概要

本実験の目的は、ミスト型ロブジェクト〈Omboo!〉の特性をユーザとのインタクション実験を通して調査するとともに、ユーザに与える印象や可能性を考察することである。実験の流れを図4.18に示す。〈Omboo!〉はミストが本体であるため、限られた時間の中でユーザがミストとの関わりに気付けない可能性がある。そのため、日常的に行うであろう行動をタスクとして教示し、インタクションのための手がかりを与えた。教示したタスクを表4.9に示す。

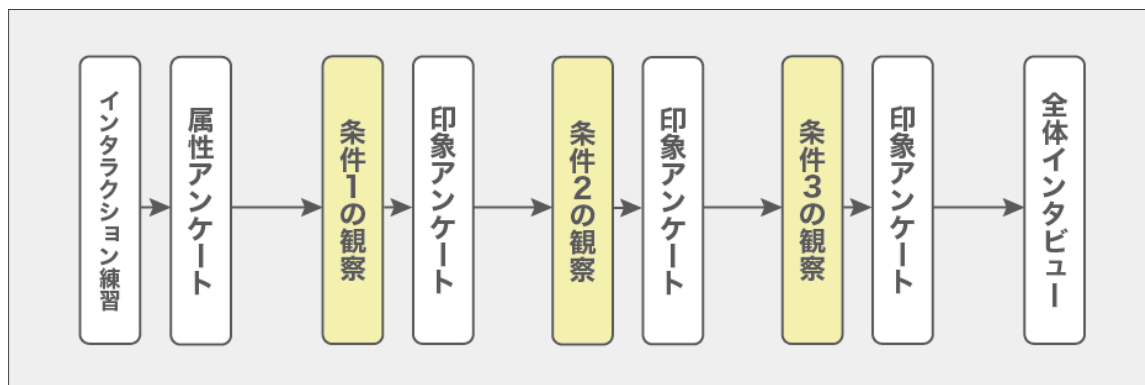


図 4.18 実験の流れ

表 4.9 教示したタスク

番号	タスク
1	ミストを見つめる
2	加湿器の周囲を見渡す
3	ミストに「こんにちは」と声をかける
4	コップを持ち上げて机に戻す
5	ミストに顔を近づける

表 4.10 インタラクション実験の条件

条件名	振る舞い
単調条件	ミストが変化なくふき出し続ける条件
ロブジェクト条件	周囲の音やユーザに反応しミストのふき出し方が変化する条件
ランダム条件	ミストのふき出し方がランダムに変化する条件

## 実験条件

3つの条件を1分間観察してもらい、それぞれの観察後に印象評価のアンケートに答えてもらう。観察中はインタラクション練習で行った行動や、それ以外にも自由に動いてもらい、その時の〈Omboo!〉の変容を観察してもらい、最後に、全体を通したインタビューを行う。表 4.10 に3つの条件における振る舞いを示す。

## 実験の流れ

本実験では、ミストを観察してもらう都合上、ミストが見えやすいように明るさを暗めに調整した部屋で実験を行った。実験環境を図 4.19 に示す。入室後に実験の概要を口頭で説明し、インタラクション練習をしてもらう。次に属性アンケートで「ロボットに求める役割」と、「モノを購入する際に機能と見た目どちらを重視しているか」を質問し、各ユーザの持つ属性を調査する。その後、前述の実験条件を各1分間観察してもらい、各観察が終わるごとに印象アンケートに答えてもらう。観察してもらう条件の順序は、順序効果を考慮しその都度入れ替える。3回目の観察を終えた後に実験全体を通しての総括インタビューを行う。なお、実験の教示では場面

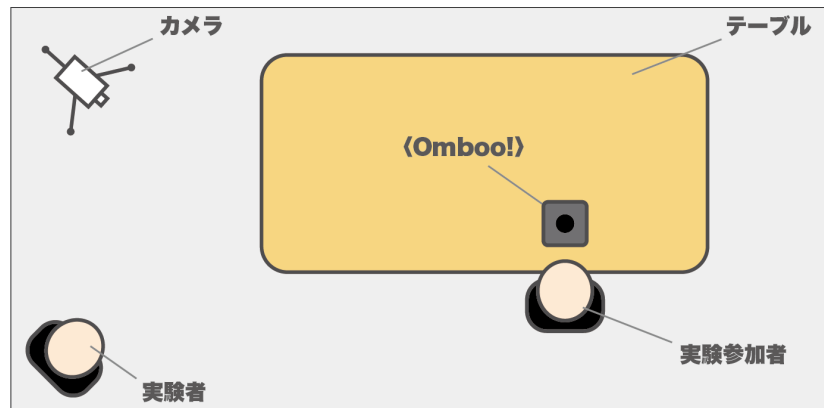


図 4.19 実験環境

設定を「休憩中にミストを観察している」と説明し、インタラクション練習で行ったタスク等を手がかりにミストの変化を観察してもらった。

### 実験参加者

本実験は、研究室外の18歳以上を対象に参加者を募った。参加者は15名(男性10名、女性5名、平均年齢22.44歳、標準偏差1.79)であった。

### 評価方法

各条件に対する評価は、「1:まったくそう思わない」から「7:とてもそう思う」(Q8のみ「1:期待外れだった」から「7:期待以上だった」)の7段階のリッカート尺度の主観評価と、条件間に対する半構造化インタビューで行った。

#### ■ アンケート項目

実験参加者が、「エージェントと認識し、コミュニケーションを行うことができてたか」、「適応ギャップの有無」、「エージェントの受容性」についての主観評価を得るために、5つカテゴリを用意した。そして、カテゴリ毎を評価するために、独自に11項目の質問を用意した(表4.11)。

#### ■ 半構造化インタビュー

本実験では、3パートに分けて半構造化インタビューを行う。それぞれの基本となるインタビュー内容を以下に示す。

##### インタビュー1

- (1) 生き物らしさを感じた順番はどうだったか。
- (2) 人と関わろうとする意思を感じた順番はどうだったか。

##### インタビュー2

- (1) このミストを見て最初にどのように感じたか。
- (2) それぞれ最初に抱いたイメージとどのような違いを感じた。

表 4.11 独自に用意した質問項目

	質問項目	カテゴリ
Q1	ミストの振る舞いに生き物らしさを感じた	生命感
Q2	* ミストの振る舞いが無機質に感じた	
Q3	ミストが私と関わろうとする意志を感じた	志向性
Q4	ミストの振る舞いに何か意図を感じた	
Q5	ミストの気持ちをくみ取れた	疎通性
Q6	ミストの気持ちをくみ取れた	
Q7	ミストが自分の気持ちをくみ取ってくれた	
Q8	お互いに気持ちをくみ取りコミュニケーションをとることができた	適応ギャップ
Q9	ミストに対するあなたの期待を 4 としたときミストの振る舞いはどうだったか	好感度
Q10	このミストが日常的にいたら嬉しい	
Q11	* このミストとあまり関わりたくない	

note \* がついている質問項目は逆転項目を示す。

### インタビュー 3

- (1) もし日常生活の中に今回触れ合ってもらったミストのような存在がいたらどのような場面でいてほしいか。

### 仮説

〈Ombool!〉の持つ特性を基に立てた仮説を以下に示す。

- H1: 外観がミストでもエージェントとして受け容れられる
- H2: ミストに志向性をもたせることで正の適応ギャップが生じる
- H3: 気づく人にしか気づかないぐらいのわずかな存在感となる

## 4.4.4 アンケート結果・検証

### 分析結果

実験参加者による印象評価により、一元配置反復測定分散分析及び事後検定として Holm 法による多重比較を行い、3 条件の有意差を調べた。カテゴリ毎の箱ひげ図及び、分析結果を図 4.20 に示す。全てのカテゴリにおいてロブジェクト条件が他の 2 つの条件より有意に高いことがわかる。

### 仮説検証

#### ■ 仮説 H1 について

図 4.20 において、「生命感」「志向性」がロブジェクト条件が他の 2 条件よりも有意に高いことから〈Ombool!〉が無機質なモノではなく、何か意思を持ったエージェントとして認識されたことがわかる。また、「好感度」においてもロブジェクト条件が有意に高いこともわかる、これ

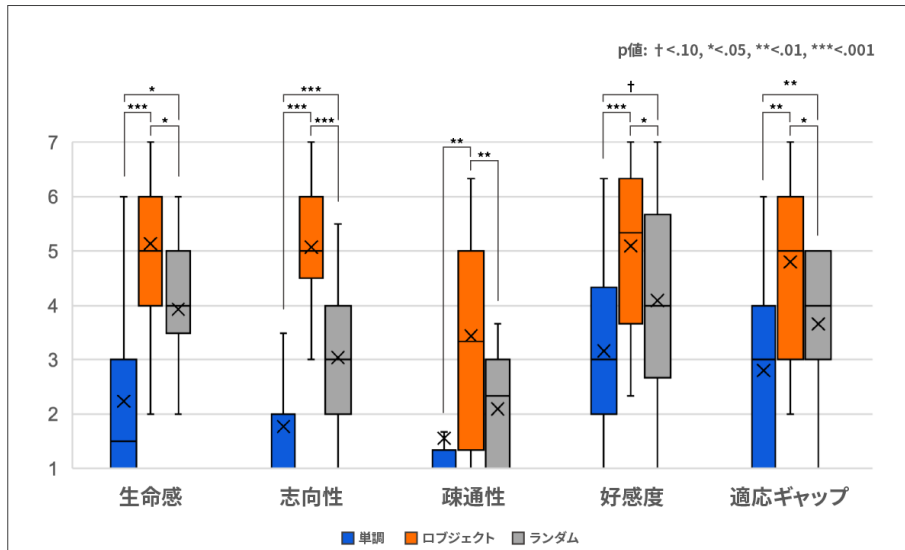


図 4.20 カテゴリ毎の分析結果

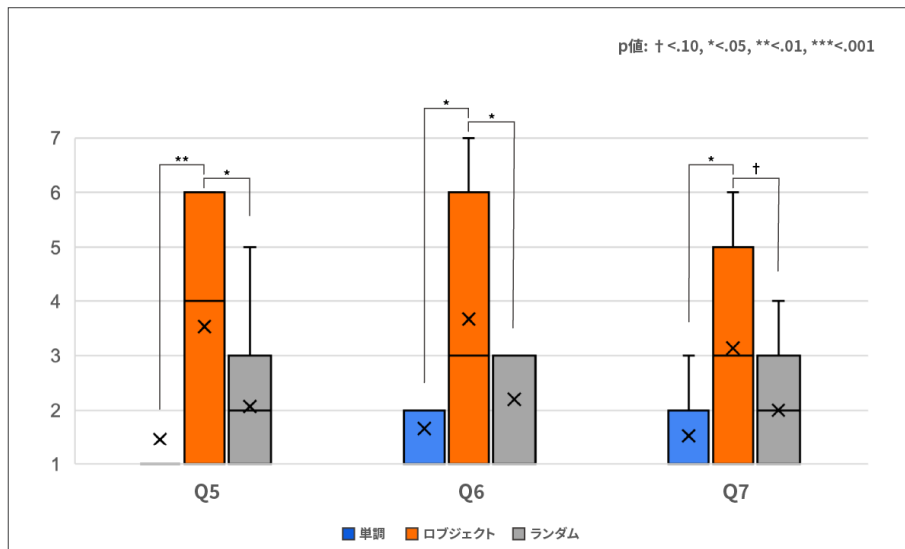


図 4.21 意思疎通に関する質問項目の分析結果

らを踏まえ、ミスでありながらも志向的な振る舞いによってエージェントと認識され、受容されているといえる。

### ■ 仮説 H2 について

図 4.20 の「適応ギャップ」において、まず単調条件よりロボジェクト条件、ランダム条件が有意に高いことからミスに何かしらの動きを持たせることでユーザの期待以上になることがわかった。加えて、ランダム条件とロボジェクト条件を比較し、ロボジェクト条件が有意に高いことがわかる。これらを踏まえ、ミスが志向的な振る舞いをすることでユーザの期待以上となり、正の適応ギャップが生じたと考えられる。

表 4.12 各ユーザの属性

ユーザ	性別	年齢	パーソナルロボットに求める役割	重視する点
ユーザ A	男性	23	目的があるときに使える	機能
ユーザ B	女性	25	雑談などの目的がないとき	デザイン
ユーザ C	男性	20	雑談などの目的がないとき	デザイン

### ■ 仮説 H3 について

「疎通性」における質問項目の分析結果を図 4.21 に示す。まず、疎通性の全ての質問項目においてロボットの条件が他 2 つの条件よりも有意に高いことから、ロボットの条件においてコミュニケーションを取ることができていることがわかる。また、ロボットの条件の箱ひげ図に着目すると、他の条件に比べて幅広く分布していることがわかる。従って、意思疎通できた人と、できなかった人がいることがわかる。この分布の広がりから、気づく人にしか気づかないわずかな存在感であることが示唆された。

## 4.4.5 インタビュー結果・考察

### ユーザの属性

本稿では、インタビュー結果からランダム条件とロボットの条件の違いに対して、理解度の異なる 3 名の実験参加者を例に挙げ、ユーザ毎のストーリーラインと理論記述を述べる。この 3 名をそれぞれユーザ A, B, C とする。実験参加者に、年齢、性別、パーソナルロボットに求める役割、物を購入するときに機能とデザインどちらを重視するかの属性アンケートを行った。ユーザ A, B, C の属性アンケートに対する結果を表 4.12 に示す。

### ストーリーラインと理論記述

本実験では、半構造化インタビューを 3 つのパートに分けて行った。以下に、インタビュー毎にストーリーラインおよび理論記述を示す。なお、SCAT 分析のコーディング過程を付録 B に示すことで分析の客観性を担保する。

#### ■ ユーザ A

ユーザ A は、ランダム条件とロボットの条件の違いをあまり理解できていなかった。ユーザ A の分析で得られたストーリーラインを以下に示す。

##### ストーリーライン A1

ユーザ A は 3 条件のインタラクションを比較して、特にロボットの条件で自身の声かけに対して「ふき出した感」から「生き物っぽい感」を得た。しかし、ロボットの条件とランダム条件を比較し、反応がミストのふき出方の違いのみしかなく、手がかりの少なさから、声かけに対する反応の因果性を明確に感じられなかった。そのため、ユーザの動きに対して反応しているか不明瞭に感じ、反応への疑惑から 2 状態を同一視していた。

また、ユーザ A は周期性の違いから 2 条件の差異を示唆している。

#### ストーリーライン A2

ユーザ A は、外観から加湿器として認知し、モノとしてのメンタルモデルを形成した。そこで、ミストが常時出ているという機能性を期待していたが、ミストが出てこなくなるタイミングがあることで、期待している機能以下に感じてしまい、負の適応ギャップが生じてしまった。そのため、常時ミストがでている単調条件が一番良いという評価になった。

#### ストーリーライン A3

ユーザ A は一人で製品を利用するときは機能面を重要視をしている。しかし、〈Omboo!〉のように声かけに対して反応があることで、友人とのコミュニケーションの際に、そのエージェントを話題としての第三項になりえると示唆している。また、ユーザ A は他のコミュニケーションロボットと比較し、ミストの加湿をする以外の機能に対する可能性を感じていないため、一人で使用するときに〈Omboo!〉に対して反応があることを期待していない。

ストーリーラインから得られた理論記述を以下に示す。

#### 理論記述 A1

A1-1 声かけに対しての反応から生命性を感じられる。

A1-2 手がかりが少ないことでエージェントの振る舞いとユーザの声かけとの因果性が不明瞭となる。

A1-3 ミストのふき出る周期性の違いを比較することで、ランダム条件とロボジェクト条件との違いに気づけることが示唆される。

#### 理論記述 A2

A2-1 機能性を期待した場合、ミストの出方が変化することで期待した機能以下と感じてしまう。

#### 理論記述 A3

A3-1 〈Omboo!〉が第三者とのコミュニケーションを行う時の第三項になることが示唆される。

A3-2 機能を期待しているため、1 人である時に反応があることを期待しない。

### ■ ユーザ B

ユーザ B は、ランダム条件とロボジェクト条件の違いに気づきはしたが、理解度は低かった。ユーザ B の分析で得られたストーリーラインを以下に示す。

#### ストーリーライン B1

ユーザ B は 3 条件のインタラクションを通して生命性の違いを感じていた。特に、ロボジェ

クト条件では声かけに対して反応があったように感じ、ユーザの動きに応じた振る舞いの変化から「意思疎通・反応してくれた感」が得られた。ユーザBは、初めはタスクに対する反応のわかりづらさ、つまり解釈の多義性から練習の時とのギャップを感じ、インタラクションへの不安感を持っていた。しかし、各条件のタスクに対する反応の差異によってロブジェクト条件とのインタラクションで「反応してくれていた感」があったことを想起した。また、ミストの出方のバリエーションの違いからエージェントの意思の知覚もできた。

#### ストーリーライン B2

ユーザBはミストの第一印象として実験説明から予想しており、何かしらの動きがあると振る舞いへの期待をしていた。単調条件では、インタラクション練習の時と同じミストの出方をしていることで、反応があると期待していた。しかし、タスクをすることで期待する反応が得られなかったため、機械的な印象を抱き、「机に話している感」を得た。ランダム条件とロブジェクト条件ではミストの共通の出なくなるタイミングから意図を読み取る難解さを感じていた。しかし、ロブジェクト条件におけるタスクに対する反応の規則性によって、意図の明瞭さを感じていた。

#### ストーリーライン B3

ユーザBは一人での作業中で、休憩の際にロブジェクト条件のように志向性を持ったエージェントとのインタラクションに対する期待をしている。そこには、自分のしたことに対して反応してくれることで、何かを訴えかけてくれる嬉しさであったり、「目の前にいてくれている感」を得られるためである。また、休憩の時に電話でのコミュニケーションでは時間の消費になってしまうため、ちょっと一息つきたいときに〈Omboo!〉が居てほしいと思っている。

ストーリーラインから得られた理論記述を以下に示す。

#### 理論記述 B1

- B1-1 ユーザの動きによって振る舞いの変化することで、意思疎通・反応してくれた感を感じられる。
- B1-2 ミストの出るリズムの変化のみでは解釈が多義的になる。
- B1-3 ミストの出方にバリエーションを持たせることでエージェントの意思を知覚できる。

#### 理論記述 B2

- B2-1 実験説明からもエージェントの振る舞いを予想している。
- B2-2 エージェントの反応がないことで機械的な印象を抱く。
- B2-3 反応に規則性があることでエージェントの意図が明瞭になる。

### 理論記述 B3

B3-1 ユーザの行動に対して反応があることで嬉しさを感じられる。

B3-2 身近な存在(目の前にいてくれる感)を感じられる。

B3-3 短時間のコミュニケーションをとるのに適している。

### ■ ユーザ C

ユーザ C はランダム条件とロブジェクト条件の違いに対する理解度が高かった。ユーザ C の分析で得られたストーリーラインを以下に示す。

#### ストーリーライン C1

ユーザ C は、ロブジェクト条件において、エージェントとの距離や声かけによってミストの出方の差異を知覚しており、そこでエージェントがユーザの動き・声かけに反応することで「喜んでる感」を発露していると感じられた。そこで、加湿器というモノに対するパラダイムシフトが起こり、ユーザ自身にポジティブ感情の発生が起こった。また、手を近づけたり等のエージェントに対して多角的試行を行ったが、反応に対する解釈の不明瞭さを感じていた。しかし、こちらの動きに対して反応があったことで、ユーザの動きに対するエージェント側の感じ方が違うという疎通性が示唆された。

#### ストーリーライン C2

ユーザ C は、まず第一印象としてモノと時のメンタルモデルを形成していた。そのため、インタラクションを通してランダム条件とロブジェクト条件のように動きがあることにギャップを感じていた。ランダム条件では、ミストの出る場所の違いやリズム性があるといった振る舞いへの特異性を感じており楽しいと感じていた。単調条件では、振る舞いの変化を感じとれず、最初にイメージした通りに感じた。ロブジェクト条件ではユーザの動きに対する反応の明瞭さを感じており、モノとして使っていたものに違いが生まれるという日常への変化に好印象を抱いている。また、ランダム条件ではユーザの動きと振る舞いとの因果性の不明瞭さを感じており、ロブジェクト条件での振る舞いの因果性が明瞭で好印象を抱いた。

#### ストーリーライン C3

ユーザ C は、インタラクションを通して、ミストをただ加湿してくれる存在から人とのインタラクションが可能であるエージェントへと、ミストに対するパラダイムシフトが起こり、メンタルモデルが変容した。また、〈Omboo!〉とのインタラクションへの愉しさを感じており、〈Omboo!〉のような存在と共生し、共愉的なかわりによって日常の変化への期待を感じていた。

ストーリーラインから得られた理論記述を以下に示す。

#### 理論記述 C1

- C1-1 ユーザの動きや声かけに対する反応から、エージェントが感情の発露をしていると感じられる。
- C1-2 インタクションを通して加湿器に対するパラダイムシフトが起こり、ユーザに好印象を与える。
- C1-3 ユーザによる多角的試行に対する反応の意図が不明瞭である。
- C1-4 ユーザの動きに対して反応があることでエージェントに疎通性が備わっていることを示唆している。

#### 理論記述 C2

- C2-1 ミストをモノとしてメンタルモデルを形成するため、動きがあることにギャップを感じられる。
- C2-2 ランダム条件では、その振る舞いの特異性からユーザに楽しいと思わせる。
- C2-3 ロボジェクト条件では、反応の明瞭さと加湿器からエージェントへの変容によって、日常に変化をもたらす。
- C2-4 ユーザの動きとエージェントの振る舞いとの因果性の明瞭さでユーザに好印象を与える。

#### 理論記述 C3

- C3-1 インタクションを通して、ミストに対してパラダイムシフトとメンタルモデルの変容が起こる。
- C3-2 ユーザ C は〈Ombool!〉のような存在との共働的なかわりから日常の変化を期待している。

### 理論記述に対する考察

各ユーザの理論記述を基に〈Ombool!〉の性質や特徴について考察する。

#### ■ ユーザ A

理論記述 A1-1 より、ユーザの声かけに対してエージェントが反応することで、エージェントに生命性を感じられることがわかった。しかし、理論記述 A1-2 からミストの出るリズムの変化のみでは、振る舞いの変化とユーザの動きとの因果性が不明瞭となることがわかった。その中でも、理論記述 A1-3 からミストの出る周期性の違いから、振る舞いの意図を推察できると示唆している。このことから、ミストの出るリズムの変化のみでは、振る舞いの変化の意図を読み取ることが難しいとわかる。

理論記述 A2-1 より、ユーザがモノに対して機能を期待している場合、ミストが出てこなくなる等のモノとしての機能以外の振る舞いがあることで、期待した機能以下になってしまうという

負の適応ギャップが生じてしまうことがわかった。

二者の間で共通な物や事象がある関係を「三項関係」と呼ぶ [51]。そこで、理論記述 A3-1 より、〈Omboo!〉を、コミュニケーションを行うためのエージェントではなく、第三者とのコミュニケーションを行うための第三項になる可能性があることがわかった。また、A3-2 よりモノに対して機能を求めているユーザにおいて、〈Omboo!〉の志向的な振る舞いが受容されないことがわかった。このことから、ユーザがモノに求めるものによって、受容される場に違いが生まれると考えられる。

### ■ ユーザ B

理論記述 B1-1 より、エージェントとコミュニケーションをとるまでには至らないが、ユーザの動きに反応していると理解していることはわかる。しかし、理論記述 B1-2 より、その反応の解釈が多義的で、意図をくみ取るまでは至らなかったと考えられる。また、理論記述 B1-3 より、ユーザ B はエージェントの意思をミストの出るリズムの変化から感じとっていたことがわかる。これらは、ミストの出るリズムのみで社会性を示しているため、解釈の幅が広がっていることが示唆される。

理論記述 B2-1 より、実験であることからミストに対してただのミスト以上の期待を持つことがわかった。そこで、理論記述 B2-2 から単調条件に対しては、反応がないことからエージェントに対して機械的な印象を抱き、いわゆる期待外れだといえる。それに対し、理論記述 B2-3 では、ランダム条件とロブジェクト条件の違いは、ユーザの動きに対する反応の規則性であることがわかった。そして、規則性があることでエージェントの意図をくみ取れることがわかった。しかし、ストーリーラインからロブジェクト条件でのインタラクションの難しさが読み取れるように、ユーザが最初に抱いた期待よりも本来の機能が高いとはいえない。

理論記述 B3-1 からユーザは日常の中で、自分に反応してくれる存在が居てくれることが嬉しいと感じることがわかる。また、理論記述 B3-2 より、ユーザは〈Omboo!〉が居ることで「目の前に居てくれている感」を感じられ、そこから、〈Omboo!〉との「ほどよいつながり感」を覚えられることを示唆している。また、理論記述 B3-3 から、〈Omboo!〉とのインタラクションは一息つくとき等に適していることがわかる。このことから、好きな時に関わられるという、エージェントが関係性を押し付けていないといえる。このことから、〈Omboo!〉の社会的受容性が高いといえる。

### ■ ユーザ C

理論記述 C1-1 から、エージェントとのインタラクションを通して、エージェントの反応から感情を感じとれることがわかる。そして、理論記述 C1-2 のようにミストを加湿してくれる存在からエージェントへと認識が変化し、エージェントに対するユーザの印象も変化していくことがわかる。このことから、モノが志向性を示すことで、ユーザに良い印象を与えられられる。また、理論記述 C1-3 ではエージェントの振る舞いの変化に対する意図が、不明瞭であるとしているが、理論記述 C1-4 から、ユーザの動きに反応があることで、〈Omboo!〉の疎通性について示唆している。意図が不明瞭であるのは、〈Omboo!〉の持つミニマルな社会性によって、振る舞いの変化から受け取れる解釈の幅が広がっているためであると考えられる。

理論記述 C2-1 では、ミストをモノとして期待することで、ランダム条件、ロブジェクト条件

の2条件でミストに動きがあり、期待以上に感じる事がわかる。理論記述 C2-2 より、ランダム条件ではエージェントとのコミュニケーションを行うことで得られる楽しさというより、振る舞いの特異性を見て、楽しさを感じる事がわかった。また、理論記述 C2-3 では、ランダム条件に比べてロボジェクト条件の反応がわかりやすいことを言及している。このことから、理論記述 C2-3 で示しているように、反応の意図が理解できる（解釈できる）ことでユーザに好印象を与える事がわかった。従って、ランダム条件に比べて反応の意図を理解できるロボジェクト条件において正の適応ギャップが生じていると考えられる。

理論記述 C3-1 より、インタラクションを通して、ミストに対するイメージが変化しているのがわかる。また、理論記述 C3-2 より、〈Omboo!〉と共生することで共働的なかわり合いが生まれると考えられる。インタビューでは、ユーザが見てないときにも反応をしてほしいと回答も得られており、このことから、ユーザはエージェントとのわずかなつながり感を覚えていると考えられる。

### 4.4.6 考察

印象評価及び質的分析結果から筆者が考える〈Omboo!〉の性質についての考察を以下に示す。

#### 社会的受容性

図 4.20 に示されるアンケート結果の好感度の項目においてロボジェクト条件が他の2つの条件より有意に高い。このことから、社会的受容性は十分に高いと考えられる。また、理論記述 A3 では、第三者とのコミュニケーションの際に受容される可能性を言及している。それに対し、理論記述 B3 と理論記述 C3 では、1人でのときや日常での〈Omboo!〉の持つ受容性について言及している。この結果の要因として考えられるのは、理論記述 A2-1 に示されているように、ユーザがモノに対して求めるものが違うためであると考えられる。属性アンケートの「身の回りのものを購入する時にどちらを重視しているか」に対して、ユーザ A は「機能」と回答し、ユーザ B、ユーザ C は「見た目」と回答している。これらから、ユーザの属性によって〈Omboo!〉の受容される場が変化すると考えられる。

#### 社会性

図 4.20 に示されるアンケート結果の生命感と志向性の項目においてロボジェクト条件が他の2つの条件より有意に高い。このことから、〈Omboo!〉が何か意思を持った存在であるとユーザが認識している事がわかる。理論記述 B3-3 では、〈Omboo!〉がショートタイムでのコミュニケーションに適しているといえ、好きな時に関われるという関係性が示唆される。また、ストーリーライン C3 では、〈Omboo!〉との共生における日常への影響について言及している。これらから、〈Omboo!〉の持つ「ミニマルな社会性」によって、エージェントがユーザに関係性を押し付けることなく、日常生活に溶け込みかかわることができるといえる。

理論記述 A1-1、理論記述 B1-2、理論記述 C1-3 より、ミストの出入リズムの変化から、振る舞いの変化に対する意図を読み取っている事がわかる。また、その意図が明瞭なものではなく、解釈をユーザに委ねていることもわかる。また、理論記述 C1-1 に示すように、ユーザがエージェントの感情を自由に解釈している事がわかる。図 4.21 に示される疎通性のアンケート結

果から、エージェントの気持ちをユーザに押し付けていなかったことが読み取れる。これらから、〈Omboo!〉の持つ「ミニマルな社会性」によって、エージェントの振る舞いに対するユーザの解釈の幅を広げていると示唆される。

### 適応ギャップ

図 4.20 に示したアンケート結果で適応ギャップにおける項目に着目すると、ロボジェクト条件がユーザの期待以上の振る舞いであるとわかる。また、理論記述 B2-3 と理論記述 C3-4 より、エージェントの振る舞いの意図や規則性の明瞭さが適応ギャップに影響を与えていることがわかる。従って、〈Omboo!〉の特徴 (3) 「ただのミスが志向性を示すことで、正の適応ギャップが生じる」を支持していると示唆される。しかし、理論記述 A2-2 で示されるように、ユーザによっては機能性の違いも適応ギャップに影響を与える可能性がある。

### わずかなつながり感

図 4.21 に示される疎通性のアンケート結果において、ロボジェクト条件に着目すると、幅広く分布している。このことから、ユーザに意思を押し付けていないといえる。また、理論記述 B3-2 では、〈Omboo!〉に対して「目の前にいてくれる感」を感じられるとしており、理論記述 C3-2 では、〈Omboo!〉との共働的なかわりについて言及している。これらから、〈Omboo!〉を身近な存在であり、ゆるく依存した関係性であったとユーザが認識していたことがわかる。従って、〈Omboo!〉の特徴 (4) 「わずかなつながり感を得られる」を支持していると考えられる。

## 4.5 本章のまとめ

本論文では、人間とモノのあいだに新たな関係性を創出する概念として「ロボジェクト」を提案し、そのデザイン方略、社会的機能、およびユーザとの相互行為に関する一連の研究成果を示した。三つの研究を通して、ロボジェクトが従来のソーシャルロボットとは異なる「ミニマルな社会性」や「解釈の余地」を備えた存在として位置づけられ得ること、そしてこの特性が人との関係構築や受容性に独自の影響を及ぼすことを明らかにした。

第一の研究では、ランプ型ロボジェクト〈Lumos〉を対象としたインタラクション実験と半構造化インタビューの分析により、ロボジェクトの外見やミニマルな社会性がユーザの解釈や関係性形成にどのように影響するかを明らかにした。とくに、ロボジェクトの性質が全てのユーザに一律に適合するわけではなく、ユーザのロボットに対する構えや期待する用途が受容性を左右する点を確認された。また、従来の議論には見られなかった「愛着」といった要素がロボジェクトに対しても生成し得ることが示唆され、ロボジェクト研究の理論的射程を拡張した。

第二の研究では、「ミニマルな聞き手性」を備えるマイク型ロボジェクト〈Whimbo〉を提案し、傾聴場面におけるロボジェクトの社会的機能を検証した。無応答条件、うなずきのみを行うミニマル条件、うなずき+音声相槌条件という三条件の比較実験の結果、ミニマルな聞き手性が最も話しやすさを促進することが明らかになった。また、高レベルの自己開示に関しても、ミニマルな聞き手性が開示行動を支え得る可能性が示された。本研究は、ロボジェクトが人との対話における負担を最小化しつつ関係性形成を促すという、新たなコミュニケーション支援の可能性を提示した点で意義が大きい。

第三の研究では、〈Omboo!〉を対象としたインタビュー分析を通じて、ロブジェクトの受容性とユーザ属性との関係を検討した。ユーザが目の前のモノに何を期待するかがロブジェクトの社会的評価に大きく影響することが明確化された。加えて、〈Omboo!〉がミニマルな社会性を有しているがゆえに、過剰な社会的ふるまいによる関係性の押し付けが生じず、むしろユーザ自身が関係性の距離感を調整できるという特性が示された。さらに、振る舞いの意図が明確に提示されないことが、ユーザに解釈を委ねる余地を生み、ロブジェクトの「ミニマルな社会性」を表現している点も確認された。

以上の三つの研究成果から、ロブジェクトは、人間とモノのあいだに生まれる関係性を強制的に構築する存在ではなく、ユーザの期待や文脈に応じて自然に受容されうる「ゆるやかな社会的存在」と位置づけられる。本論文の知見は、従来のソーシャルロボット研究が前提としてきた高い社会性や明示的な社会性とは異なるアプローチの有効性を示し、HRI 分野における新たなデザイン指針および理論的枠組みの構築に寄与するものである。

## 第5章

# ロボジェクトの STEAM 学習への応用研究

### 5.1 はじめに

「ソーシャルなロボット」と子どもたちとの関わりは、非常に興味深いテーマである。好奇心旺盛な子どもたちはロボットを見ると目を輝かせ、その動きや仕組みに積極的な関心を示す。ロボットと触れ合いながら試行錯誤を繰り返す子どもたちの姿は、ピアジェが「小さな科学者」と表現したように、自ら学び、探究しようとする姿勢そのものといえる [52]。このように、ロボットは子どもたちにとって魅力的な存在であり、学びのデザイン次第で、より主体的な学びを引き出す可能性を秘めている。

筆者らはこれまで、生き物らしさや社会性を備えたソーシャルなロボットとして、〈弱いロボット〉やロボジェクトの提案を行ってきた [12, 53, 54]。〈弱いロボット〉は、自らの力だけでは十分な力を発揮できず、人の助けを必要とする関係論的な存在である。そのため、子どもたちが自然に関わりを持ち、助けたいという気持ちを引き出す特性を備えている。このような関係論的なロボットが学びの場に入り込むことで、技術的な学びだけに留まらず、「非認知能力」と呼ばれる優しさや共感、助け合いといった「人間らしさ」に繋がる情緒を育むことも期待できる。また、日常生活に溶け込み、子どもたちに身近な相棒として継続的な学びを実現する可能性も考えられる。

本研究では、このような〈弱いロボット〉の概念を STEAM 教育に応用する試みとして、ロボットの組み立てやプログラミングにとどまらず、子どもたちと共に生活しながら成長するおもちゃ箱型ロボジェクト〈Toi〉を提案する。また、提案する学習デザインを仮説と見立て、小学校等で行ったフィールドワークを通じて得られたアンケート評価やプログラムの経過分析、教員へのインタビュー結果をもとに、検証と新たな可能性の探索を試みる。

### 5.2 背景

#### 5.2.1 教育の ICT 化と STEAM 学習

2020 年以降、文部科学省は GIGA (Global and Innovation Gateway for All) スクール構想を推進し、小中学校において児童・生徒一人に一台の端末を整備した [55]。ICT の導入は、使用者の学習に対するエンゲージメントを高め、学習成果の向上にも寄与することが報告されている [56, 57]。

こうした教育の ICT 化と並行して注目されているのが、STEM/STEAM 学習である。STEAM 学習とは、科学 (Science)、技術 (Technology)、工学 (Engineering)、芸術・リベラルアーツ (Arts)、数学 (Mathematics) を統合的に学ぶ理念であり、従来の STEM 学習に Arts を加えたものである [58]。Arts の解釈は時代や文脈によって幅があるが、本研究では芸術・語学・哲学など理系以外の科目を広く含むリベラルアーツとして位置づける。

STEAM 学習は、課題発見力、創造的・多面的な問題解決力、新たな価値を生み出す力を育むことを目的とし、その背景にはピアジェからの流れをくむ構成主義的学習観がある。

## 5.2.2 社会構成主義と構築主義

教育における学習観は、大きく客観主義と構成主義に分けられる。客観主義 (objectivism) は知識を外から注入されるものと捉える立場であり、従来の学校教育もこの立場に基づき、教師から伝達される知識を蓄積することが学習とみなされてきた [59]。これに対し構成主義 (constructivism) では、知識は与えられるものではなく、学習者が世界や他者との関わりの中で構成していくものと捉える [60]。

さらに、ヴィゴツキーはこの考えを社会的な次元に拡張し、知識をコミュニケーションにより共同体の中に共有される「間主観的」なものとして位置づけ、社会的構成主義 (social constructivism) を提唱した [61]。こうした視点は、協働的な学びを重視する STEAM 学習に不可欠であり、教員養成においても理解が求められるとされる [62]。

また、構成主義の流れを受けて、パパートは構築主義 (constructionism) を提唱した [63]。構築主義では、学習者が作品やプログラムなどの人工物を創り出すことを通じて知識を構成することを重視する。Scratch や LEGO mindstorms などこの理念に基づいており、ロボット教材を用いたモノづくり・プログラミング教育の先駆けとして大きな影響を与えた。

## 5.2.3 ロボット教材を用いた先行研究

国内においてもロボット教材を活用した教育の検討がなされている。古田らは、中学校技術科において LEGO mindstorms を用いたロボット製作教材の学習効果に着目している [64]。教材条件の違いが生徒の理解や意欲にどのような影響を及ぼすかを分析し、教材の構造や操作性が学習者の理解や技能習得に密接に関係することを示した。また、金田ら (2001) は、ロボット製作を通じたグループ学習の過程と成果を分析している [65]。ロボットの完成度が高いグループほど学習効果や自己評価が高いことが示され、仲間との協働が学習を促進する役割を果たすことが明らかになった。

これらの研究では、ロボット教材が技能習得や協働的学習の促進に有効であることを示しており、STEM 学習の知見として非常に有用である。一方で STEAM 学習への応用を考える場合、先行研究は技術的要素に偏重しており、リベラルアーツ科目に発展する余地が少ないと言える。そこで、本研究ではリベラルアーツを含む分野横断的な学びに向けて「ソーシャルなロボット」を用いた STEAM 学習を検討している。

## 5.2.4 〈弱いロボット〉と STEAM 学習

本研究では教材となるソーシャルなロボットとして、〈弱いロボット〉を用いる。〈弱いロボット〉とは、様々な制約による「弱さ」や「不完全さ」をプラスに捉え、他者の手助けを引き出し、他者の手助けを借りてしまうロボットのことであり、〈弱いロボット〉の例として、自身ではゴミを拾うことができないが周りの人の手助けを借りてゴミを拾い集めてしまう〈ゴミ箱ロボット〉[22]や、拙い発話によって人から会話の手助けを引き出す〈Muu〉[66]などがある。

〈弱いロボット〉を STEAM 学習に導入する意義として、リベラルアーツ科目との相性の良さがある。ロボットの組み立てやプログラミングなどの構築主義的な要素に加えて、ポイントとなるのが弱さのデザインである。〈弱いロボット〉の振る舞いを考える際には、人との関わりの中で弱さを想像する必要があり、優しさ、共感性、助け合いなどの非認知能力が育まれる可能性がある。また、他者と関わることを志向するロボットの性質から、子どもたちの間でロボットが媒介となり、コミュニケーションや学習が促進されることも考えられる。さらに〈弱いロボット〉が国語の教科書の題材として取り上げられていること、ロボットの外観を自由にデザインできることから、リベラルアーツの要素も含む STEAM 学習への発展が期待される。

## 5.2.5 共生型 STEAM 学習

また、〈弱いロボット〉に適した学習環境の枠組みとして共生型 STEAM 学習を提案する。先行研究も含め一般的な STEM/STEAM 学習では、教材の組み立て、プログラミング、競技課題という形式をとる場合が多い。課題に向けたロボット制作は教授する側の意図した内容を学ぶ上で効率的ではあるが、学習の発展性や独自性を抑制してしまう可能性がある。これに対し共生型 STEAM 学習は、競技課題ではなく「共同生活期間」を用意している(図 5.1)。この期間、子どもたちは自ら制作したロボットと実際に触れ合いながら、日常生活を共にする。共生型 STEAM 学習には以下に示す 3 つの特徴があると考えている。

第一の特徴は、子どもたちによる主体的な課題発見と分野横断的な学びである。共同生活期間における触れ合いは、ロボット制作過程だけでは捉えきれない多様な課題への気づきをもたらす。また、生活の中に存在する様々な要素はヒントでもあり、それらを取り込みながらロボットのブラッシュアップを行うことができる。

第二の特徴は「愛着」による継続的な学びである。教材である〈弱いロボット〉は人との関係を志向する特性を持っており、触れ合いを通じて愛着が形成されていく可能性がある。子どもたちはペットを育てるような感覚で愛着を持ってロボットの開発を行い、他の子どもたち、教師、保護者等にロボットを見せてフィードバックをもらうことができる。このような交流が学習のモチベーションを高め、継続的な学びにつながると思われる。

第三の特徴は、社会的構成主義の学びである。小学校での共同生活期間は昼休みや放課後などの自由時間に相当する。授業時間と異なり自由時間では遊び感覚でロボットを制作でき、子どもたちの好奇心や遊び心が十分に発揮されると考えられる。また、自由な雰囲気の中でロボットと触れ合うことは子どもたち同士のコミュニケーションを活性化し、社会的構成主義の学びにつながると思われる。

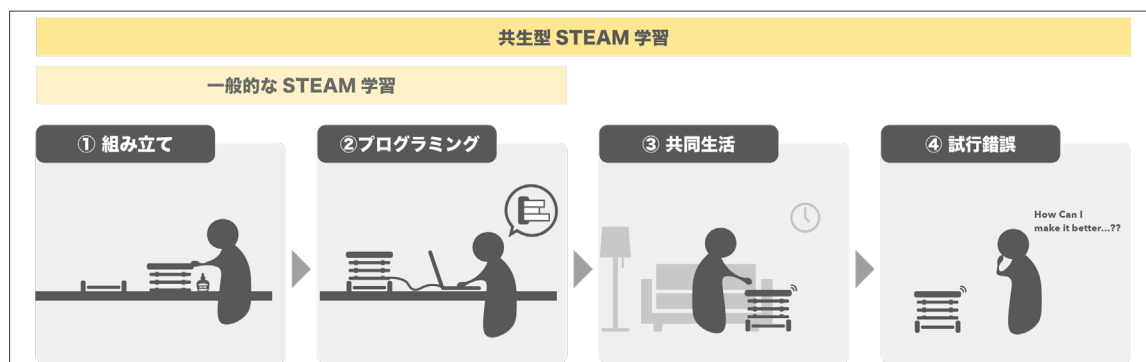


図 5.1 共生型 STEAM 学習のサイクル

## 5.2.6 ロボットと共生型 STEAM 学習

本研究では〈弱いロボット〉の中でもロボットを用いて共生型 STEAM 学習の環境デザインを行う。前節で述べた共生型 STEAM 学習の三つの特徴と対応づけて考えると、第一の特徴に対しては、ロボットがもつ生活環境に溶け込みやすい性質が有効に働く。ロボットが「モノ」の外観をもつことで生活中での様子をイメージしやすく、課題への気づきにつながると考えられる。第二の特徴に関しては、研究 1 で示唆されたロボットの「愛着を引き出す性質」により、継続的な学習につながると考えられる。第三の特徴に関しては、ミニマルな社会性をもたらす解釈の余地が、子ども同士の交流を媒介しうる。また、身体動作による社会性表示を主とするミニマルな社会性は、比較的容易に実装することができるためプログラミング初学者にとっても扱いやすい題材となる。

なお、研究 2 では、〈弱いロボット〉という用語を一定程度認知している小学生を対象としてフィールドワークを行った。そのため、本章では用語の混乱を避ける観点から、ロボットを〈弱いロボット〉の一形態として位置づけ、総称として〈弱いロボット〉の語を用いて議論を進める。

## 5.2.7 研究目的

ここまで述べてきたように、〈弱いロボット〉と共生型 STEAM 学習は高い親和性を持っている。両者を組み合わせることで、リベラルアーツを含む分野横断的な学びや、子どもたちが楽しみながらアイデア・知識を共有する新たな STEAM 学習環境の実現が期待できる。そこで本研究では、〈弱いロボット〉を用いた共生型 STEAM 学習を提案する。また、小学生を対象としたフィールドワークの比較を通じて、共同生活期間を起因とする主体的な学びが実際に生起するか、愛着による継続的な学びが実際に生起するか、ロボットを媒介とした社会的構成主義の学びがどのように展開されるか、に着目して分析を行う。さらに、共生型 STEAM 学習が教育現場にもたらす効果について探索を試みる。



図 5.2 おもちゃ箱型ロボプロジェクト 〈Toi〉

## 5.3 おもちゃ箱型ロボプロジェクト 〈Toi〉 の実装

### 5.3.1 コンセプト

本研究で提案する〈Toi〉は、子どもたちと生活を共にしながら、新たな「問い」を生み出し一緒に成長していくことをコンセプトとした〈弱いロボット〉である(図 5.2)。外観はおもちゃ箱をモチーフにデザインされており、子どもたちが〈弱いロボット〉を制作するための骨格となる。〈Toi〉はセンサモジュールや外装デザインが拡張できるように設計されており、子どもたちのアイデアやレベルに応じた学習を提供することができる。また、動作制御にビジュアルプログラミングを用いることが可能であり、振る舞いのデザインを通じてプログラミングを楽しみながら学ぶことを目指す。

### 5.3.2 ハードウェア構成

〈Toi〉の基本となるハードウェア構成を図 5.3 に示す。〈Toi〉は MDF (中質繊維材) と呼ばれる合成木材製のパーツから構成されている。先述のように、〈Toi〉は子どもの創意工夫や遊び心によって変化していくことをコンセプトとしているため、基本となる筐体はフレームだけで構成されている。ロボット上部にある 3 層のフレーム間はスプリングで結合されており、移動に合わせてヨタヨタと揺れることでバイオロジカル・モーションを実現している。また、最上段のフレームの前後には紐が結び付けられており、巻取り機構によってスプリングで連結された上体を前後に傾ける(お辞儀や見上げ動作に該当)ことが可能である。下部には駆動用のサーボモーター

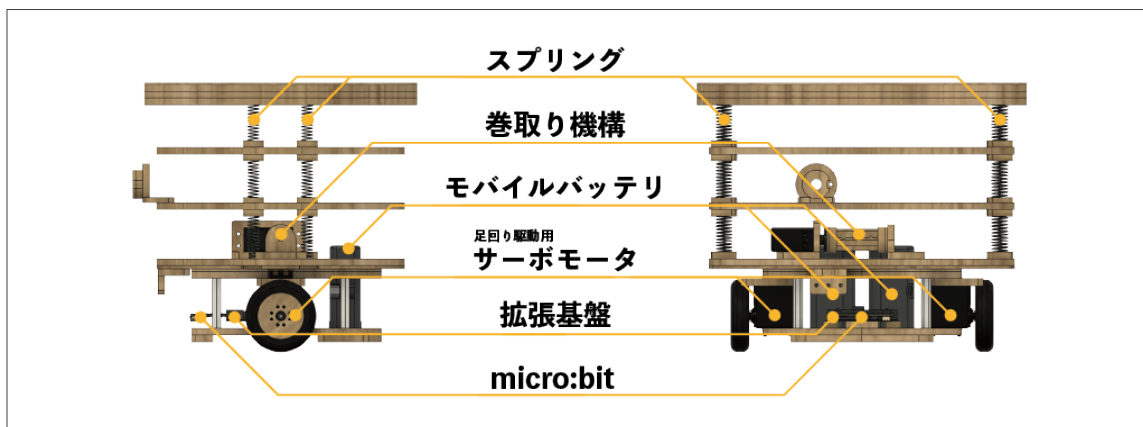


図 5.3 ハードウェア構成



図 5.4 使用可能なセンサ例

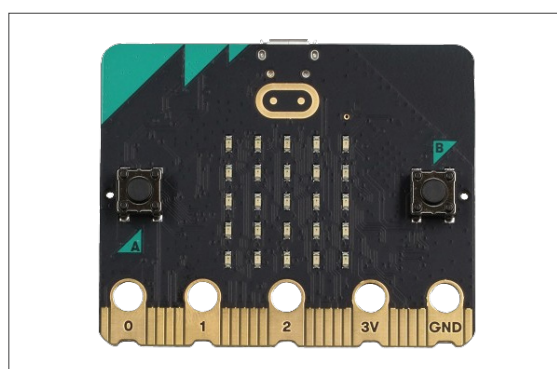


図 5.5 micro:bit

タが搭載されており、〈Toi〉の移動を可能にしている。左右のサーボモータ間には制御ボードとして micro:bit (Micro:bit 教育財団) とその拡張基板が配置されており、各種アクチュエータやセンサ類の制御を行う。〈Toi〉の背部にはモバイルバッテリーが2本搭載されており、micro:bit や各アクチュエータへの給電を行っている。

また、〈Toi〉にはセンサ類を固定するための取り付け孔が多数設けられており、子どもたちのアイデアに応じてセンサなどを組み合わせることで、ロボットの振る舞いをデザインすることができる。使用可能なセンサの一覧を図 5.4 に示す。

### 5.3.3 ソフトウェア構成

〈Toi〉の制御には、イギリスの BBC が主体となって開発したマイコンである micro:bit (図 5.5) を用いた。micro:bit はビジュアルプログラム (Microsoft 社の MakeCode) によって制御が行えるため、小学校高学年の児童でも比較的容易に取り組むことができる。本研究では、〈Toi〉のアクチュエータ制御や AI カメラ制御のための専用ブロックを用意している。専用ブロックの中身を理解せずとも扱えるため、直感的なプログラミングが行えるようになっている。

## 5.4 ワークショップデザイン

本章では、〈Toi〉を用いたワークショップの基本となるデザイン方針について述べる。〈Toi〉ワークショップではグループワーク形式を採用しており、1台の〈Toi〉に対して4、5名の子どもたちがチームとなり開発を行う。グループワーク形式は、本研究で着目する社会的構成主義の学びを促すための重要な要素と言える。また、各チームには活動の補助を行うファシリテーター (facilitator)[67] が1人つくことで活動を円滑に進めるための手引きを行う。〈Toi〉ワークショップでは対象が児童ということもあり、ファシリテーターは議論の橋渡しや技術的なサポートを行うなど重要な役割を果たす。ただし、あくまでも「支援」が目的であり、子どもたちの主体性や気づきをすくい取りながら進行することを徹底した。〈Toi〉ワークショップは、ブレインストーミング、ロボット制作、振る舞い制作、振り返り・まとめ、共同生活の5つのステップで構成されている。以下に、各ステップの詳細を示す。

### 5.4.1 ブレインストーミング

〈Toi〉ワークショップでは、子どもたちが様々なアイデアを持ち寄れるようにブレインストーミング [68] を実施する。ブレインストーミングは、アレックス・F・オズボーンが提唱したアイデアを創出するための討議法のひとつであり、複数人で特定のテーマについて自由奔放に意見やアイデアを出しあう会議形式の一種である。オズボーンによれば、ブレインストーミングは次に示す4つの一般原則が定められている。

- (1) 批判厳禁：どんな意見が出てきても、良い悪いの批判をしない。
- (2) 自由奔放：自由奔放な発想を歓迎する。
- (3) 質より量：アイデアの量が多ければ多いほどいい。量が多いと質の良いアイデアが生まれる。
- (4) 結合改善：出てきたアイデアの改善と結合を求める。

〈Toi〉ワークショップにおいてもこの原則に従い、具体的なブレインストーミングの実施方法は参加者やファシリテーターに任せている。ただし、必ず模造紙を1枚机の中央に用意しており、各参加者がペンなどで書き込みながら自らの意見を整理し、他者に伝える際の補助として利用することを推奨している (図 5.6)。

### 5.4.2 ロボット制作

〈Toi〉の基本となるパーツはMDFという板材をレーザー加工機で加工したものである。ワークショップではパーツを取り外さず板の状態に準備した (図 5.7)。これは、準備時の取り回しの良さやパーツの紛失を防ぐという運用上の都合に加えて、加工の際に出る端材が子どもたちの創意工夫を引き出す役割を果たしている。子どもたちは本来不要な端材を面白がり、ロボットに取り付けて本体の一部にしてしまうことも多い。こうした遊び心を制作の一部として取り込むことで、子どもたちの主体的な姿勢が引き出されると考える。組み立ては、木工用ボンドを用いた

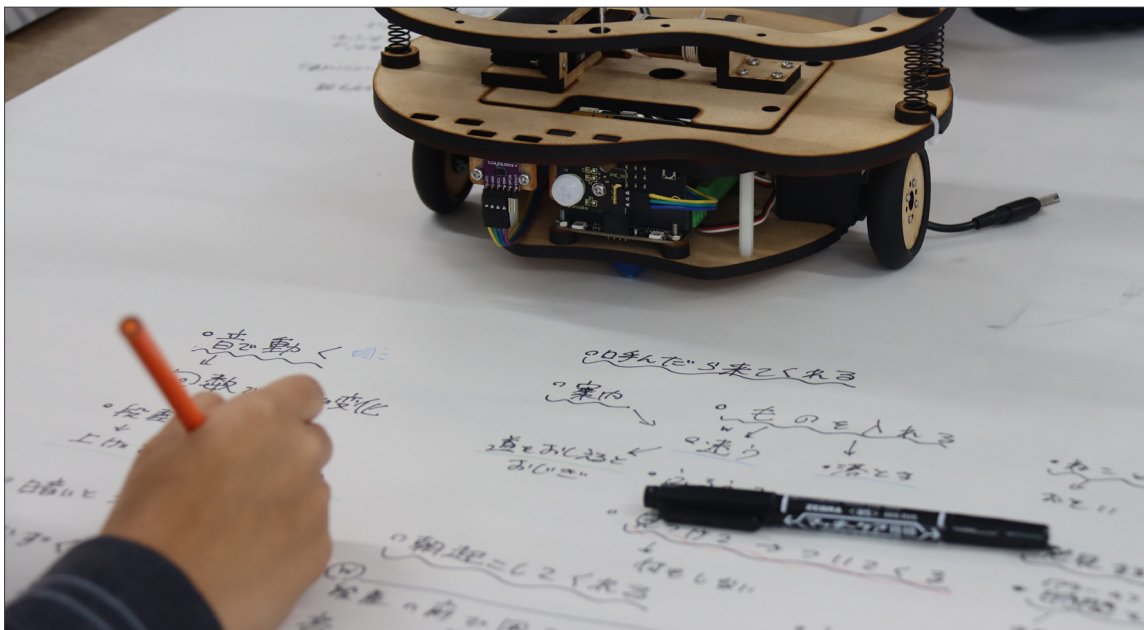


図 5.6 ブレインストーミングの様子

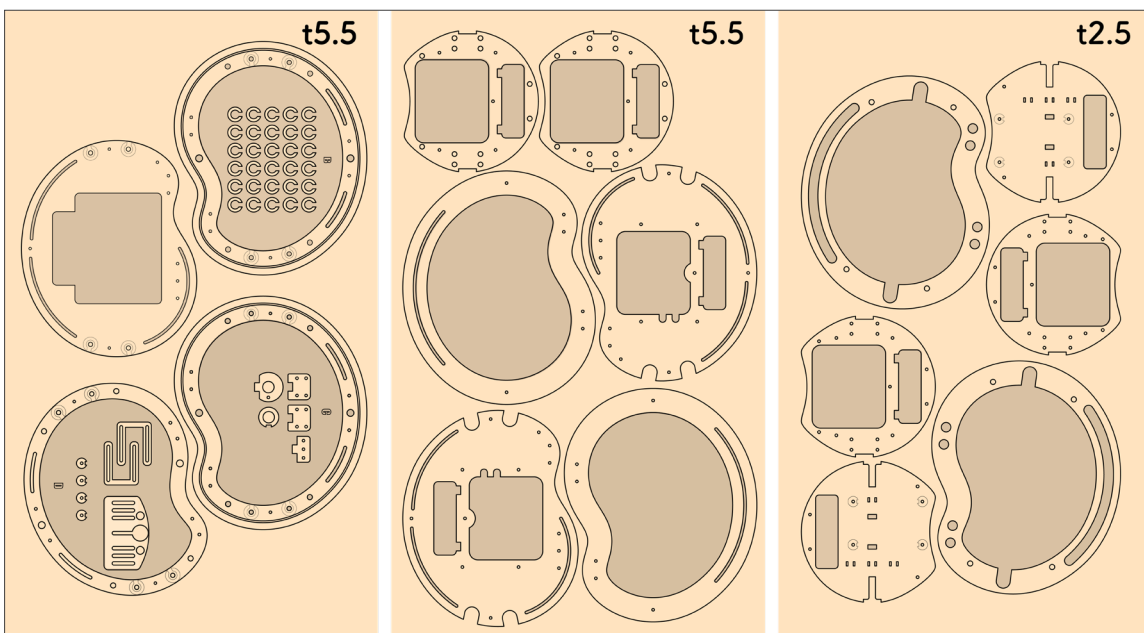


図 5.7 MDF ボード

木材パーツの接着，結束バンドを用いたスプリングの固定など，比較的容易な作業から始まり，次第にネジを使用した固定，サーボモータやセンサの結線など，難易度の高い作業へと移行していく。

### 5.4.3 振る舞い制作

〈Toi〉ワークショップでは、「〈弱いロボット〉の動作を作ろう」というテーマでプログラミングを行う。これは一般的なプログラミング教育の課題とは異なり、他者との競争や正解が存在しないテーマ設定となっている。そのため、チームメンバーがそれぞれの知識や技術を持ち寄り、アイデアを出し合いながらプログラミングを進めていくことが求められる。ただし、何もない状態からプログラミングを始めるわけではなく基本となる動きを集めたプログラム例（以後、アセット）が多数用意されており、子どもたちはそれらを参考にし、組み合わせることで少しずつプログラミングに取り組んでいく。また、アセットは班ごとに異なる要素（センサやプログラム文法）を加えたものが用意されており、他班との議論や交流を通じて新たな学びを獲得する仕組みとなっている。このように〈Toi〉ワークショップは、STEAM 学習において社会的構成主義 [69] を取り込んだ構成となっている。

### 5.4.4 振り返り・まとめ

内容のまとめと振り返りを目的として他グループに向けた発表を実施している。ここでは、ワークショップでの議論や学んだことを一度整理し、各グループで実装した〈Toi〉についてデモ発表を行う。また、他グループの発表を聞くことで、取り入れられそうなアイデアや技術が得られた場合には、それらを積極的に活かしながら実装を進めていく。

### 5.4.5 共同生活

〈Toi〉ワークショップ最大の特徴は、ワークショップデザインにロボットとの共同生活期間が組み込まれていることである。一般的に、ロボットを用いた STEAM 学習ではより効率的にプログラミング等のテーマを学ぶことを目的とした学習デザインがなされている。このような場合、ロボットの役割はあくまでも子どもたちが学ぶための道具（教材）であり、一度ワークショップや授業が終わると、子どもたちの興味は失われてしまうことが多い。一方、〈Toi〉ワークショップではプログラムを学ぶために〈Toi〉を用いるのではなく、〈Toi〉との関わりをデザインするためにプログラミングを学ぶという逆転が起きる可能性がある [63]。これにより受け身の学習姿勢から主体的に学ぶ姿勢へ変化し、継続的な学びが期待できる。

## 5.5 フィールドワーク

### 5.5.1 目的

本フィールドワークは、〈Toi〉を用いたワークショップを実践するとともに、共同生活期間において子どもたちの間で起こる学習を調査する。特に、共同生活期間を起因とする主体的な学びが実際に生起するか、愛着による継続的な学びが実際に生起するか、ロボットを媒介とした社会的構成主義の学びがどのように展開されるか、に着目して分析を行う。

## 5.5.2 フィールドワーク 1（共同生活期間なし）

### 概要

フィールドワーク 1 は、中部地方の「子ども向けコミュニティセンター」において実施した。参加者は事前応募制により募集し、小学 6 年生 7 名、小学 5 年生 12 名、小学 4 年生 1 名、小学 3 年生 1 名の計 21 名が参加した。参加者のうち 3 名はワークショップ 1 回のみでの参加であったため、有効アンケート数は 18 名分とした。実施日は 2024 年 6 月 15 日、6 月 29 日、7 月 6 日の計 3 日であり、共同生活期間は設けていない。なお、フィールドワーク 1 は、個人情報の適切な取り扱いおよび、研究上の倫理的配慮を行い、参加者本人と保護者に説明し同意を得て実施した。

### フィールドワークの流れ

フィールドワーク 1 におけるタイムスケジュールを図 5.8 に示す。基本的な実践内容とその狙いは 4 章において示した内容に準拠している。

フィールドワーク 1 では参加者を 4 班に分け、各班に 5、6 名を割り当てて実施した。なお、1 班あたりの人数が 4 章で提示した人数より 1 名増えているのは、欠席による不足を補うためである。各班の作業机は 2 つの長机を向かい合わせる形で構成し、机上にブレインストーミング用の方眼紙を貼り付けた。また、各班に〈Toi〉を構築するためのキット、組み立て用の道具、開発環境 (MakeCode) 構築済みのプログラミング用 PC および組み立て・プログラミング資料を用意した。第 1 回ワークショップでは、〈Toi〉の組み立てを中心とした作業を行った。概要説明では、各回に実施する内容の説明や、〈弱いロボット〉に関する簡単な説明などを行った。また各班で互いに自己紹介を行ってからロボット制作を始めた。組み立ては、参加者が説明書を読みながら行ったが、難しい部分に関してはファシリテーターが補助しながら作業を進めた。また、参加者の創造性を活かすため〈Toi〉の挙動に影響しない箇所については自由に変更を加えてもらった。ブレインストーミングでは、〈Toi〉の振る舞いについてアイデアを出し合った。振る舞いは〈弱いロボット〉を構築する重要な要素であるため、自身の「弱さ」や「失敗」などから連想するかたちで話し合いを進めた。第 2 回、第 3 回ワークショップでは、プログラミングを中心とした作業を行った。第 1 回のブレインストーミングの内容や各班に用意されたアセットを参考にプログラミングを行った。なお、アセットは各班で異なるプログラミング要素が使用されており、交流を通じて学習が進むことを狙っている。振り返り・まとめでは、参加者が会場の中央に集合して輪を作り、各班が制作した〈Toi〉を動かしながら発表を行った。これは、参加者がフラットに意見を共有・交換することを目的としている。

### フィールドワークの様子

ロボット制作において、作業が始まると参加者はすぐに打ち解け、協力しながら組み立てを行っていた (図 5.9)。フィールドワーク 1 が募集制であったためか、手先が器用な参加者が多く、各班ともスケジュールを上回る早さで〈Toi〉が完成していた。また、班ごとに独自性が見られ、パーツにイラストを描く班、MDF の端材を貼り付けて顔を表現する班、天板をつけて〈Toi〉の上部を覆ってしまう班などがあった。ブレインストーミングでは、組み立てた〈Toi〉のハードウェ

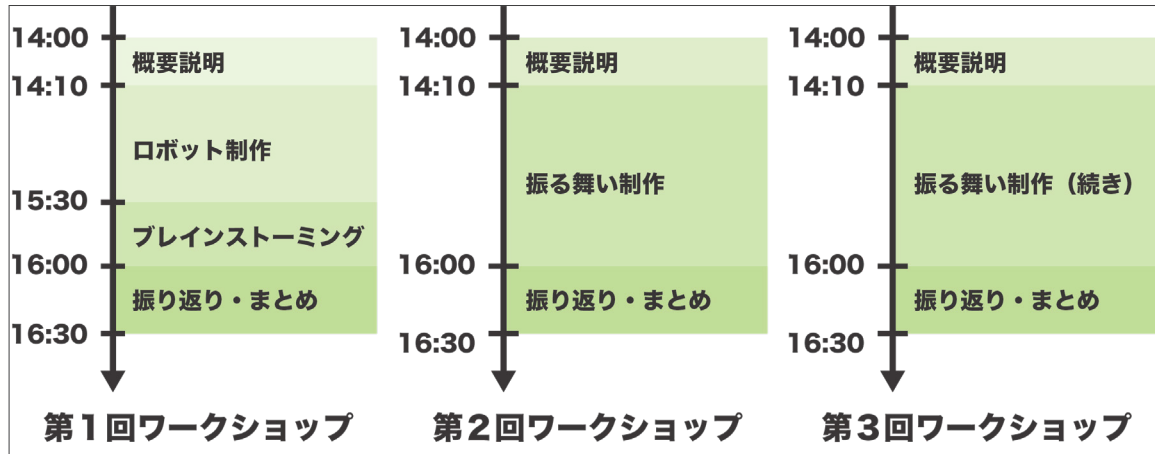


図 5.8 フィールドワーク 1-各回のスケジュール



図 5.9 フィールドワーク 1 の様子

アの特徴に合わせて弱さの議論を行う班がある一方で、「弱さ」に関連しない振る舞いに議論が逸れてしまった班もありファシリテータが軌道修正を行った。また、アイデアを書き出す、矢印で内容に関連づける、図やイラストで表現するなど模造紙を活用して議論が行われていた。プログラミングでは、アセットをベースする班、ブレインストーミングの結果に沿ったプログラムを行う班などがあった。ただし、参加者同士の関係性が深くないためか、他班との交流は想定していたほど活発なものにはならなかった。振り返り・まとめでは輪になって発表を行うため、実演中に〈Toi〉が近づいてくると笑顔が生まれていた。

### 5.5.3 フィールドワーク 2（共同生活期間あり）

#### 概要

フィールドワーク 2 は中部地方の市立小学校で実施した。実施期間は 2024 年 6 月 18 日から 2024 年 8 月 9 日までの約 2 ヶ月間である。対象は当該小学校 5 年生の 1 クラスで、36 名が参加した。なお、参加者のうち 2 名はクラス外からの特別参加だったため、有効アンケート数は 34 名分とした。フィールドワーク期間中、6 月 18 日および 7 月 9 日の小学校の「総合的な学習の時間」にワークショップを実施した。なおフィールドワーク 2 は、個人情報適切な取り扱いおよび、研究上の倫理的配慮を行い、当該小学校の校長と担任教員に説明を行った。また、保護者に対しては担任から説明を行い、その後協力を断る申し出はなかった。

#### フィールドワークの流れ

フィールドワーク 2 のスケジュールを図 5.10、図 5.11 に示す。基本的な実践内容とその狙いは 4 章において示した内容に準拠している。フィールドワーク 2 を実施するにあたり、参加者は〈弱いロボット〉をテーマにした国語の授業を受けた。この単元は本来 3 学期に予定されていたが、前倒しして本文の内容や動画による学習を行った。フィールドワーク 2 では、参加者を 8 班に分け、各班に 4、5 名を割り当てて実施した。また各班に〈Toi〉を構築するためのキット、組み立て用の道具、および組み立て・プログラミング資料を用意した。第 1 回ワークショップでは、組み立てを中心とした作業を行った。概要説明は通常教室で実施し、各回に実施する内容の説明や、〈弱いロボット〉に関する簡単な説明などを行った。ロボット制作は、教室を移動し図工室で実施した。組み立ては、参加者が説明書を読みながら行うが、難しい部分に関してはファシリテーターが補助しながら作業を進めた。ブレインストーミングでは、〈Toi〉の振る舞いについてアイデアを出し合った。なお、アイデアをまとめるための用紙は、学校での扱い安さに配慮し A4 用紙を用いた。ブレインストーミングが終わった班はパソコン室にて、アセットを参考にしながらプログラミングを行った。また、第 1 回ワークショップ後に〈Toi〉を小学校に設置し、これを共同生活期間としている。第 2 回ワークショップは、振る舞い制作の続きとして、共同生活期間中に生じた問題点をファシリテーターと共に解決した。共同生活期間における試行錯誤により参加者の理解度を高め、またファシリテーターの補助によって学びが発展することを狙いとしている。振り返り・まとめでは、参加者がパソコン室の中央に集合して輪を作り、各班が制作した〈Toi〉の振る舞いを実演しながら発表した。

#### フィールドワークの様子

第 1 回ワークショップではクラスメイトということもあり、楽しみながら組み立て・プログラミングを行っていた（図 5.12）。ブレインストーミングでは、各班でロボットに名前をつけている様子が確認された。また、ロボットの振る舞いの背景となるストーリーを考える班や、「怖がる」という感情に着目する班など「弱さ」に関連したアイデアが多数見受けられた。共同生活期間において〈Toi〉は教室・パソコン室に設置され、昼休み・放課後などの自由時間に活動が実施された。プログラミング、外装のデザインだけにとどまらず、他クラスの子どもたちにロボットを見せてあげる活動なども行われたようである。

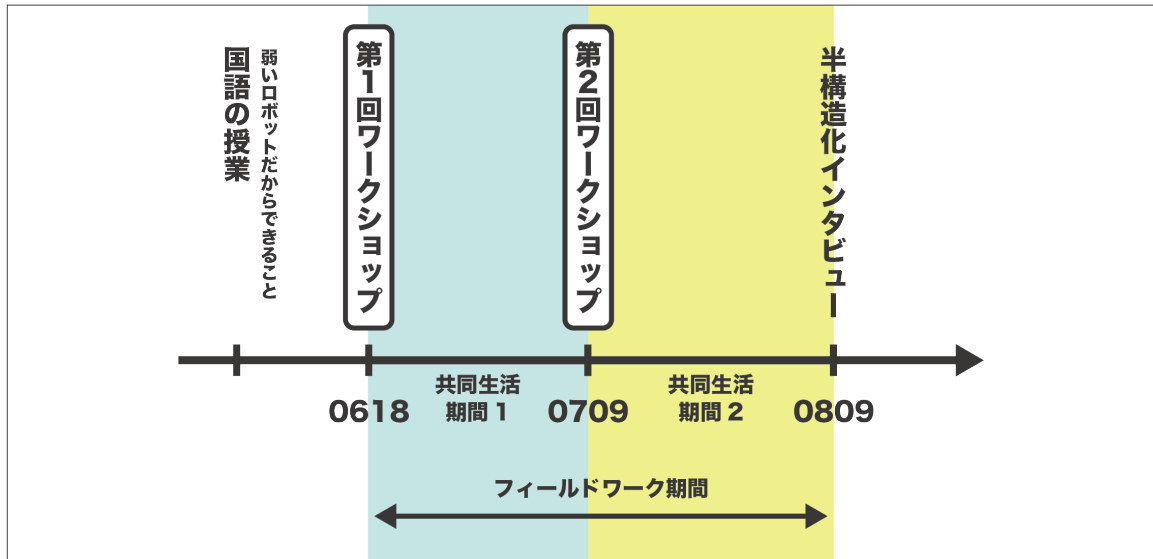


図 5.10 フィールドワーク 2- 全体のスケジュール

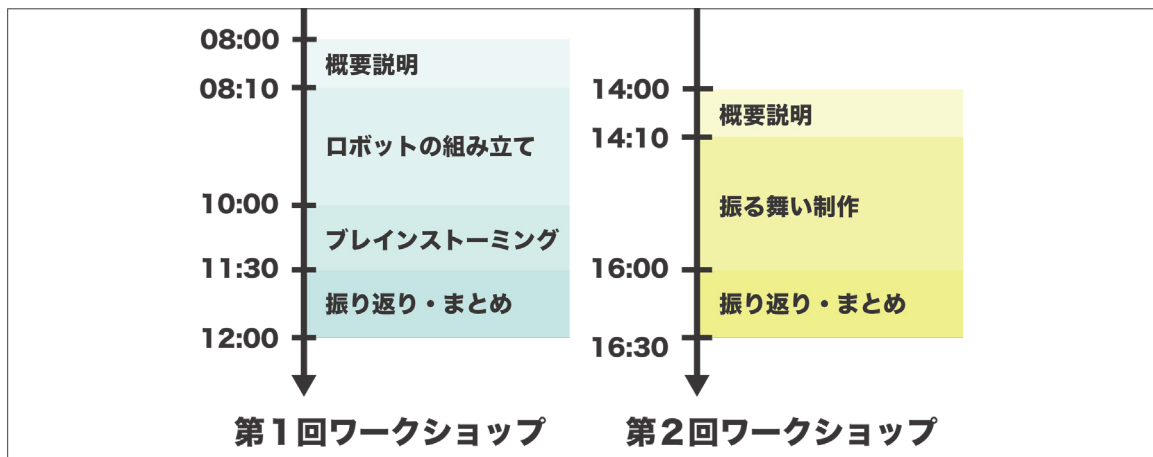


図 5.11 フィールドワーク 2- 各回のスケジュール

共同生活期間後の第2回ワークショップでは、筆者が用意した素材以外にフェルトやモールを使用するなど外装上の大きな変化が見られた。プログラミングでは、共同生活期間を経て他班のアセットの要素をプログラムに取り込む様子などが見られた。この点についてはプログラムの分析結果に詳細を示す。一方で、ほとんどの班でプログラミングやセンサの配線などに問題を抱えておりファシリテーターがいない状況での開発の難しさも窺い知ることができた。振り返り・まとめでは、他班の発表に感想や意見を述べるなど、積極的かつ楽しみながら発表を聞く様子が見られた。

#### 5.5.4 分析手法

本フィールドワークでは、子どもたちを対象としたアンケート、子どもたちが制作したプログラムデータ、担任教員への半構造化インタビューを対象として分析を行った。



図 5.12 フィールドワーク2の様子

表 5.1 アンケート項目

番号	質問内容	回答尺度
Q1	〈Toi〉の組み立てはどれくらい難しかったですか	1 = 簡単だった 2 = 少し簡単だった 3 = 普通
Q2	〈Toi〉のプログラミングはどれくらい難しかったですか	4 = 少し難しかった 5 = 難しかった
Q3	今回のワークショップはどれくらい楽しかったですか	1 = つまらなかった 2 = 少しつまらなかった 3 = 普通 4 = 少し楽しかった 5 = 楽しかった
Q4	〈Toi〉の組み立てやプログラミングに夢中になれましたか	1 = あきた 2 = 少しあきた 3 = 普通 4 = 少し夢中になった 5 = 夢中になった
Q5	〈Toi〉に愛着を感じましたか	1 = 感じなかった 2 = あまり感じなかった 3 = 普通
Q6	〈Toi〉を家庭に持ち帰って一緒に暮らしたいと感じましたか	4 = 少し感じた 5 = 感じた

表 5.2 インタビュー項目

番号	インタビュー内容
Q1	教員の立場として本フィールドワークに関わった感想
Q2	第1回ワークショップに至るまでの背景と第2回ワークショップ前までの共同生活期間における子どもたちの活動の様子
Q3	第2回ワークショップからインタビュー日(8月9日)までの共同生活期間における子どもたちの活動の様子
Q4	当該小学校における新たな学習に関する取り組みとSTEAM学習について

### アンケート分析

表 5.1 に示す 6 項目 (Q1–Q6) を 5 段階リッカート尺度により評価し、各フィールドワーク内外での取り組み姿勢の変化を統計的に検証する。なお、各アンケート項目は独自質問となっている。Q1, Q2 では組み立て・プログラミングの難易度感を把握することで、学習継続性との関係を検討する項目として用意している。Q3, Q4 では情動的要因 (楽しさ・没入感) が学習動機を高め、協働・対話的活動を活性化することから、社会的構成主義の学習との関連を検討する項目として用意している。また、Q5, Q6 では〈Toi〉に対する愛着度合いと家庭内など授業外での学習継続の可能性を調査する項目として用意している。

### プログラム分析

共同生活期間におけるプログラミング学習過程や試行内容を明らかにするため、子どもたちが作成したプログラムデータの分析を行う。この目的のため、分析対象は共同生活期間を用意しているフィールドワーク 2 のみを対象とする。分析では、時間経過によるプログラムデータの変化を観察することで、実際に社会的構成主義の学びがどのように展開されているかを明らかにしようとしている。このため、どのようなプログラム技術が使用されたかを評価するのではなく、その技術がどのようにもたらされ、どのように活用されたのか、またどのような試行錯誤が生まれたのかについて考察・推察を行う。分析対象として選定したのは、フィールドワーク 2 の 1 班のプログラムである。1 班を代表例とした理由は、共同生活期間におけるプログラムデータが完全に保存されていたためである。他班ではデータ欠損が見られたことから、プログラムが揃っている 1 班を分析対象とした。

### インタビュー分析

本フィールドワークでは、実験者が直接観察することの難しい小学校における共同生活の様子を調査する必要がある。そこで、当該クラスの担任である教員 A に対して半構造化インタビューを実施し、共同生活の様子や教員としての意見を収集する。小学校において教員 A は理科などの科目を担当している。インタビュー項目を表 5.2 に示す。

本研究では収集したインタビュー結果に対して質的分析を行う。質的分析は、言語記録を分析することで結論を得る研究である。その手法はいくつか開発されており、最も広範に用いられる手法が、グレイザーとシュトラウスが確立したグラウンデッド・セオリー・アプローチ (GTA) である [29]。この手法は、データ採取から理論化までの研究デザイン全体を規定する優れた手法である。しかし、この手法は大規模のデータと長い研究期間を要するため、本フィールドワー

表 5.3 Q1-Q4 における二要因分散分析の結果

		Q1		Q2		Q3		Q4		
		N	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
FW1	初回	18	3.500	0.857	2.944	0.639	4.611	0.778	4.222	0.808
	最終回	18	3.333	0.594	3.333	0.970	4.333	0.907	4.333	0.840
FW2	初回	34	3.735	0.963	2.912	0.793	4.824	0.521	4.324	0.806
	最終回	34	3.618	0.853	3.941	0.814	4.912	0.379	4.882	0.409
			p	$\eta^2$	p	$\eta^2$	p	$\eta^2$	p	$\eta^2$
FW の主効果			.214	0.021	.125	0.024	<b>.009</b>	0.086	.069	0.044
実施回の主効果			.314	0.006	<b>&lt;.001</b>	0.145	.375	0.005	<b>.004</b>	0.047
交互作用			.862	<0.001	<b>.035</b>	0.030	.090	0.018	<b>.046</b>	0.021

note. 分散分析は p 値を示し、有意差がある場合は太文字で示している。なお、有意水準は 5% 未満とした。FW1 = フィールドワーク 1, FW2 = フィールドワーク 2

表 5.4 Q5-Q6 におけるマン・ホイットニーの U 検定結果

		Q5			Q6			
		N	中央値	平均	標準偏差	中央値	平均	標準偏差
FW1		18	4	3.944	1.211	4.5	4.222	0.943
FW2		34	5	4.824	0.387	5	4.765	0.606
			p	r	p	r		
U 検定			<b>.002</b>	0.438	<b>.009</b>	0.346		

note. マン・ホイットニーの U 検定値は p 値を示し、有意差がある場合は太文字で示している。なお、有意水準は 5% 未満とした。

クのインタビュー分析に用いることは難しい。そこで、比較的小規模なデータにも適用可能な SCAT (Steps for Coding and Theorization)[30] を分析手法として採用する。SCAT 分析では、インタビューデータに対して 4 ステップのコーディングとテーマを記述し、そこから理論を記述する手続きを取る。本論では、コーディング過程を付録 C に示すことで SCAT の客観性を担保しつつ、ストーリーラインおよび理論記述を用いて考察を行う。

## 5.6 結果

### 5.6.1 アンケートの分析結果

Q1- Q4 では、フィールドワーク要因 (FW1, FW2) × 実施回要因 (初回, 最終回) に関する混合計画の二要因分散分析を行った。結果を表 5.3 に示す。なお、フィールドワーク 1 では初回と最終回の両方に参加した 18 名のデータ分析に使用した。また、フィールドワーク 2 では初回と最終回の両方に参加した 34 名のデータを分析に使用した。このように、各フィールドワーク内のデータは対応ありデータ群であるため、混合計画の二要因分散分析を用いている。また、フィールドワーク 1 (N = 18) とフィールドワーク 2 (N = 34) を比較するため、type III 平方和を用いた。この結果、Q2 では実施回的主効果 (F (1, 50) = 23.098, p < .001) と交互作用 (F (1,

50) = 4.711,  $p = .035$ ) が認められた。Q3 では、グループの主効果 ( $F(1, 50) = 7.426, p = .009$ ) が見られたが、交互作用は認められなかった。Q4 では実施回的主効果 ( $F(1, 50) = 9.379, p = .004$ ) と交互作用 ( $F(1, 50) = 4.189, p = .046$ ) が認められた。交互作用がみられた Q2, Q4 では、単純主効果の検定を行った。Q2 では、実施回要因が最終回の場合にフィールドワーク要因が有意だった ( $F(1, 50) = 5.739, p = .020$ )。フィールドワーク要因がフィールドワーク 2 の場合にも実施回要因が有意だった ( $F(1, 33) = 32.160, p < .001$ )。また Q4 では、実施回要因が最終回の場合にフィールドワーク要因が有意だった ( $F(1, 50) = 10.119, p = .003$ )。フィールドワーク要因がフィールドワーク 2 の場合にも実施回要因が有意だった ( $F(1, 33) = 19.061, p < .001$ )。Q5, Q6 の項目は最終回アンケートのみに含まれるため、フィールドワーク間 (対応のないデータ群) の比較を行う。またデータに対する正規性の検定 (Shapiro-Wilk test) を実施したところ、 $p < .001$  と正規分布に従わないことが示唆された。そこで、Q5, Q6 ではマンホイットニーの U 検定を用いた。分析結果を表 5.4 に示す。Q5 の結果 ( $U = 172.0, p = .002$ ) および Q6 の結果 ( $U = 200.0, p = .009$ ) よりフィールドワーク 2 のスコアが有意に高かったことがわかる。

## 5.6.2 プログラムの変遷

フィールドワーク序盤に 1 班に割り当てられたアセットを図 5.13 に、フィールドワーク中盤 (第 2 回ワークショップ直前) に作成されたプログラムを図 5.14 に、フィールドワーク終盤に作成されたプログラムを図 5.15 に示す。

## 5.6.3 SCAT 分析

教員 A に対して実施したインタビューの質的分析結果を示す。

### インタビュー 1 の分析結果

分析から得られたストーリーラインは以下の通りである。

#### ストーリーライン 1

教員 A は、新たな教材〈Toi〉を用いた【指導に対する不安】を感じ【手探り状態での活動開始】となったが、活動を通して【子どもたちの能力が発揮】されることで【ブームとして認識】するに至った。また、【ロボットのソーシャルメディア的役割】により【チーム内の結束力が向上】し、【教員に頼りすぎない自律的な活動】が引き出された。現在は【子どもたちからの積極的な働きかけ】に応じて【課外活動としての時間を確保】して〈Toi〉の制作・プログラミング等を行っており、子どもたちの間で【計画性、役割意識、規範意識が醸成】されている。また、教員 A は【技術的要素に対する理解の不完全性】を感じていたが、子どもたちによる【資料を用いた主体的な学びや試行錯誤】を観察することで、〈Toi〉プロジェクトへの【指導に関するパラダイムシフト】が生じ、【「教え導く立場」から「学びを見守る立場」への変化】が生まれた。さらに、子どもたちは【問題に対する試行錯誤】を通じて、教員 A の【想定を超える力を発揮】した。

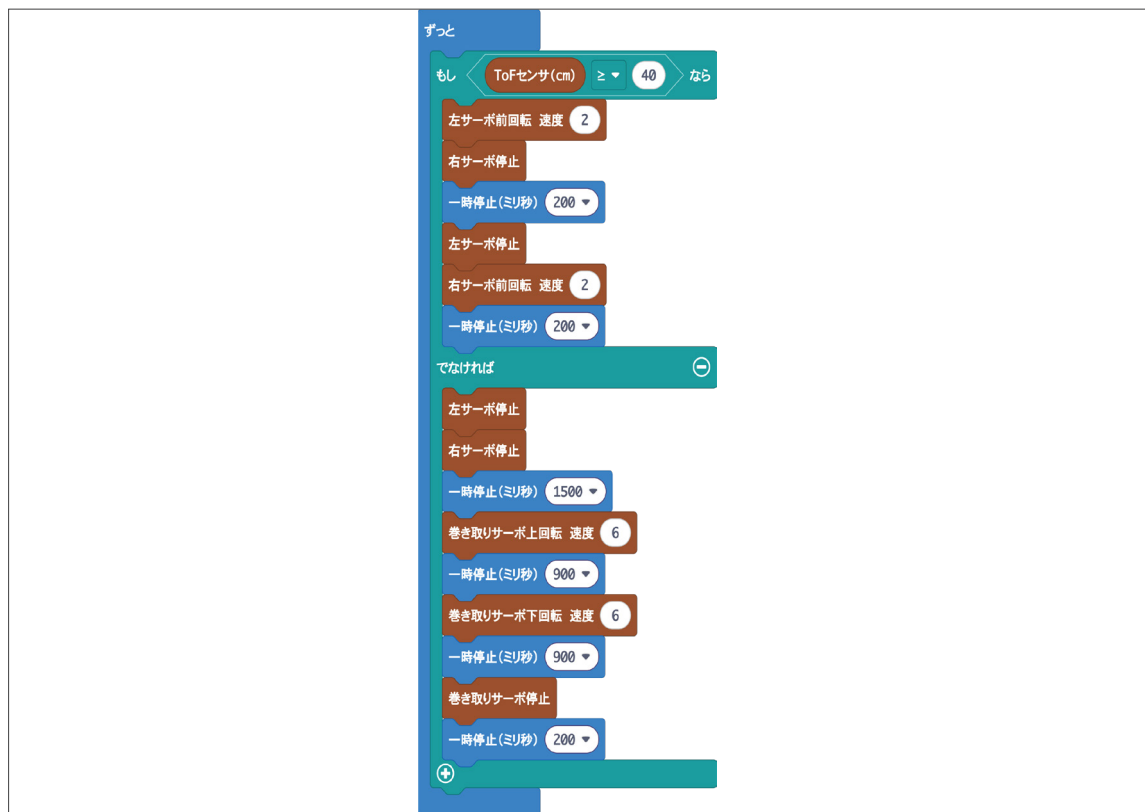


図 5.13 1 班プログラム経過 - 序盤 (6/18 時点)

ストーリーライン 1 から導かれた理論記述を以下に示す。

#### 理論記述 1

- 1-1 新たな教材〈Toi〉を用いた指導に対する不安は、活動を通して子どもたちの能力が発揮されることで緩和され、子どもたちのブームとして認識するに至った。
- 1-2 ロボットのソーシャルメディア的役割によりチーム内の結束力が向上するとともに、子どもたちの積極性が引き出されることで計画性、役割意識、規範意識が醸成された。
- 1-3 子どもたちの資料を用いた主体的な学びや試行錯誤の観察により、教員 A の立場が「教え導く立場」から「学びを見守る立場」へと変化した。

### インタビュー 2 の分析結果

分析から得られたストーリーラインは以下の通りである。

#### ストーリーライン 2

当該小学校では、【学校行事として見学に訪れた兄弟からの間接情報】により、【〈弱いロボット〉に関する一定の認知度】を有している。このような背景から事前に行われた国語授業「〈弱いロボット〉だからできること」では【テーマに関する子どもたちの関心は高く】、

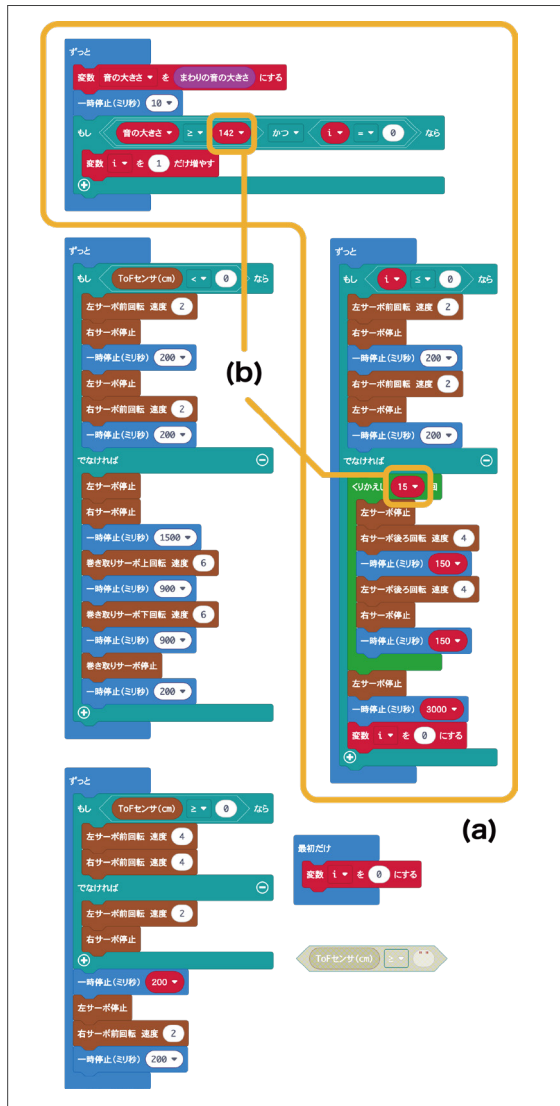


図 5.14 1 班プログラム経過 - 中盤 (7/9 時点)

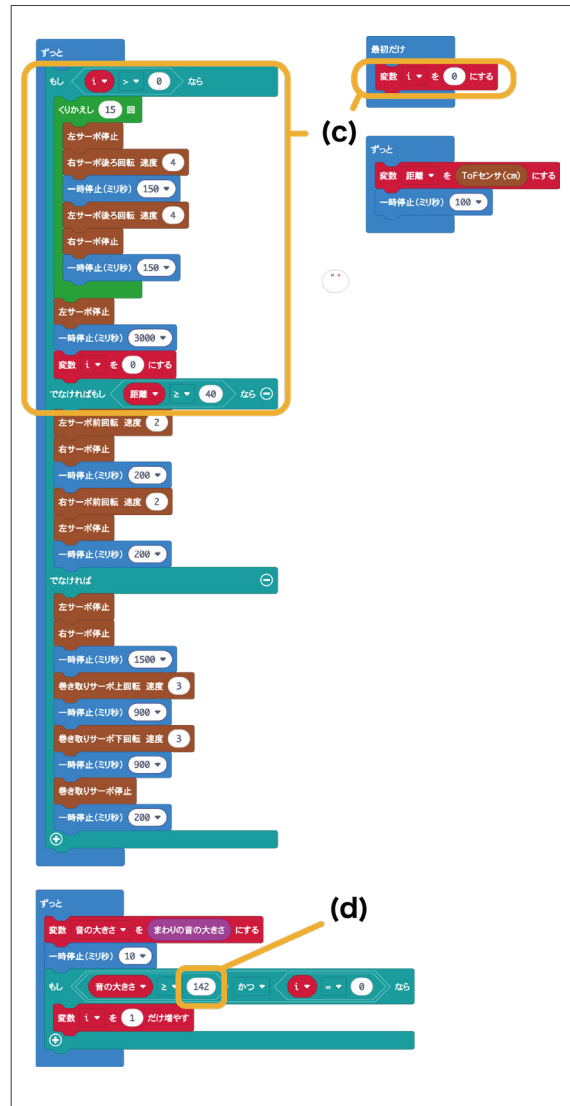


図 5.15 1 班プログラム経過 - 終盤 (7/18 時点)

また【普段は行わない映像紹介を中心とした授業】により特別授業に対する【子どもたちの興味やモチベーションが引き出された】。第 1 回特別授業について、教員 A は【小学校でのチーム学習の取り組み】を踏まえ、【チーム（ファシリテーター 1+ 児童 4）で活動を行う形式】による【参加度の向上を評価】した。【普段消極的な児童に対しても豊富な参加機会が提供】されることや、【見るだけでなく「触って実際に作る」体験】による【構築主義的な学習活動】を通して【エンゲージメントが発現】した。また内容については【難易度の高さ】を指摘しつつも、【ファシリテーターの手助けにより達成可能という「発達の最近接領域」的な認識】を持った。【第 1 回特別授業時点では方向性が不透明】であったが、【「日常的なプロジェクト活動」を通して問題点が顕在化】した。浮かび上がった問題点に対し、【試行錯誤と失敗を繰り返す中で次第に方向性が明確化】し、【第 2 回特別授業における学びの促進】につながった。また、【活動を通して思考する機会が提供される】ことで【教員と児童が一緒に試行錯誤する「並ぶ関係」へと変化】した。活動の中でプレー

カーが落ちるハプニングが生じた際には、【失敗として終わりにせず運用方法を工夫】することや【他教科の学びへと発展】させることなど【付随活動にも教育的価値が発生】し、それらが【教育環境における子どもたちの喜びや情熱】につながった。

ストーリーライン2から導かれた理論記述を以下に示す。

#### 理論記述2

- 2-1 学校では、過去に学校行事として見学に訪れた兄弟からの間接情報により〈弱いロボット〉に関する認知度が高く、映像を中心とした授業によって子どもたちの興味やモチベーションが引き出された。
- 2-2 チーム学習や構築主義的学習などの要素によってエンゲージメントが発現すると共に、ファシリテーターの手助けによって最近接領域的な学びが展開された。
- 2-3 日常的な活動から生まれる付随活動には他教科への発展可能性があり、教員と児童が一緒に試行錯誤することで「並ぶ関係」への変化が起きた。

### インタビュー3の分析結果

分析から得られたストーリーラインは以下の通りである。

#### ストーリーライン3

第2回特別授業では、【AIカメラなど高度な要素の追加】により【子どもたちのモチベーションの向上が主体的な学びを引き出した】。その中で教員Aは子どもたちの活動を傍で観察し、時には【子どもたちからも教えてもらうことで「共に学ぶ関係」へと変化】した。子どもたちは【〈Toi〉に対する擬人的認識や愛着感】を持つようになり、【クラスの一員としての仲間意識】が形成された。「中学校まで一緒に行きたい。」と話す児童のエピソードからも、【愛着心や共生意識】が見られる。プロジェクトに参加している児童は、〈Toi〉と【日々時間を共有しながら開発や装飾に取り組んでいる】ことから強い愛着意識が醸成され、他者に共有したいという欲求も生まれた。休み時間にはロボットの「可愛らしさ」から繰り返し見学に訪れる他クラスのファンも現れ、【〈Toi〉を中心としてクラス間交流が促進】されている。教員Aは子どもたちが【〈Toi〉に対して持つ愛着心】や【「悪さができる対象ではない」という安心感】から【自由な活動を尊重】しており、【自主性やルール遵守の精神が養成】されたことで【子どもたちに委ねることの重要性】を認識した。活動は基本的には毎日2回程度実施している。また活動の中では、【班同士で影響を及ぼし合う】ことで〈Toi〉の【外観が変遷】し、【協同的な活動の中での衝突】を通して【情緒的教育の機会を得た】。またチームでの活動は【他人任せにできないという当事者意識を芽生えさせる一方で、モチベーションの差も発生】した。

ストーリーライン3から導かれた理論記述を以下に示す。

### 理論記述 3

- 3-1 子どもたちは〈Toi〉に対する愛着感や親近感からクラスの一員としての仲間意識を持つと共に、自分たちで作上げた〈Toi〉に対する誇りと他者に共有する意欲が生じた。
- 3-2 自由な活動を尊重することで自主性やルール遵守の精神が養成され、子どもたちに委ねることの重要性が認識された。
- 3-3 班同士が互いに影響を及ぼしあうことで〈Toi〉も変化し、活動中の衝突を通して情緒的教育の機会が生まれた。

### インタビュー4の分析結果

分析から得られたストーリーラインは以下の通りである。

#### ストーリーライン4

近年、当該小学校では【チーム学習を実践】しており、特に教員Aのクラスでは【先進的な取り組み】として、【普段から机を向かい合わせたチームでの学習活動】を行っている。取り組みの効果として【参加度向上やコミュニケーションの活発化などの面白さ】を挙げており、一方で【チーム編成における人間関係への配慮も必要】としている。また、STEAM学習については研究会で取り上げられ始めている段階であり、【将来的な取り組みとしての認識】を持っている。今回の活動については〈Toi〉の【近接可能性を重要視】しており、【活動に付随し様々な教育資源が提供】されたと考えている。特に、今回の取り組みでは【STEAM学習に道德要素が追加された新規性のある取り組み】と認識しており、【共同生活と日々の試行錯誤】がその要因となった。

ストーリーライン4から導かれた理論記述を以下に示す。

#### 理論記述4

- 4-1 教員Aのクラスではチーム学習に関する先進的な取り組みを行っており、参加度の向上やコミュニケーションの活発化などが見られた。
- 4-2 教員Aは〈Toi〉について近接可能性のある共同生活と日々の試行錯誤により、STEAM学習に道德的要素が追加された新規性のある取り組みと認識した。

## 5.7 考察

### 5.7.1 本研究のリミテーション

本研究では、フィールドワークの比較を行っているが、フィールドワーク間で対象となる参加者の年齢、人数、フィールドワークの回数などの厳密な統制は取れていない。また、参加者同士の関係性（クラスメイト、初対面など）も学習に大きな影響を与えられ考えられるが、この点に

についても統制が取れていない。以降では、これらの限界を踏まえた上で考察を行う。

## 5.7.2 アンケート結果に関する考察

フィールドワーク 1、フィールドワーク 2 のアンケート結果を比較することで、共同生活期間における学びを考察する。「ロボット制作の難易度」に関する Q1 では、フィールドワーク要因、実施回要因ともに主効果の有意差が確認できなかった。両フィールドワークとも、最終回にかけて平均値が低下しているが、これはロボット組み立てを初回フィールドワークに実施していたためである。ただし、初回ワークショップ以降もロボット制作（改良など）を続けている班もあり、結果が有意に低下しなかったと考えられる。「プログラミングの難易度」に関する Q2 では実施回の主効果とともに交互作用が確認された。単純主効果の検定では、フィールドワーク 2 の初回から最終回にかけて子どもたちの体感する難易度が有意に高くなっていったことがわかる。これは、共同生活期間における試行錯誤が影響している可能性もある。単純主効果の検定で最終回におけるフィールドワーク 2 の結果が、フィールドワーク 1 と比べて有意に高くなっている点もこの可能性を示唆している。「ワークショップの楽しさ」に関する Q3 の結果ではフィールドワーク要因の主効果が認められた。フィールドワーク 2 における共同生活期間の活動経験などが「楽しさ」に影響を与えている可能性がある。一方で、「楽しさ」の要素としてリミテーションで述べた参加者同士の関係性なども含まれている点には注意する必要がある。フィールドワーク 2 では同じ小学校かつ同じクラスの児童が参加しているため、楽しむための土壌がすでに完成していると言える。一方フィールドワーク 1 では様々な小学校から集まった児童が参加していることで、気軽に楽しむことができなかった可能性も考えられる。「組み立てやプログラミングに夢中になれたか」に関する Q4 の結果では、フィールドワーク 2 の初回から最終回にかけてスコアが有意に高くなっていることがわかる。ここで Q2 の結果を踏まえて考えてみると、フィールドワーク 2 では体感する難易度が上昇したにも関わらず、熱心に活動に取り組んでいることがわかる。難易度が高くなることで、子どもたちの興味が失われてしまうのではなく、熱中度合いも共に上昇していく様子は、「ライフロング・キンダーガーデン」[70]において言及されている「ハード・ファン」的な学びだと言える。「〈Toi〉に対して愛着を感じたか」に関する Q5 では、フィールドワーク 2 のスコアが有意に高くなっている。フィールドワーク 2 では共同生活期間を設けているため、この期間に触れ合いを通して愛着が高まった可能性がある。また、フィールドワーク 2 では、各班で〈Toi〉に名前をつけていること、教員 A のインタビューにおいても愛着について言及されることなど、結果を裏付ける質的データは多い。以上のことから、リミテーションを考慮したとしても、フィールドワーク 2 では〈Toi〉に対する愛着が形成されていると考えられる。「〈Toi〉と家庭と一緒に暮らしてみたいか」に関する Q6 でもフィールドワーク 2 においてスコアが有意に高くなっている。家庭というよりパーソナルな空間での使用に対しても有意な結果が出ていることから、フィールドワーク 2 では〈Toi〉が身近に感じられていると考えられる。また、この結果は〈Toi〉を用いた家庭学習など継続的な学びにつながることを示唆している。以上のように、アンケート結果ではフィールドワーク 2 において、有意な結果が多くみられた。リミテーションについては考慮する必要があるものの、共同生活期間がもたらす愛着や継続的な学びは、STEAM 学習に対する新たな可能性を示していると言える。

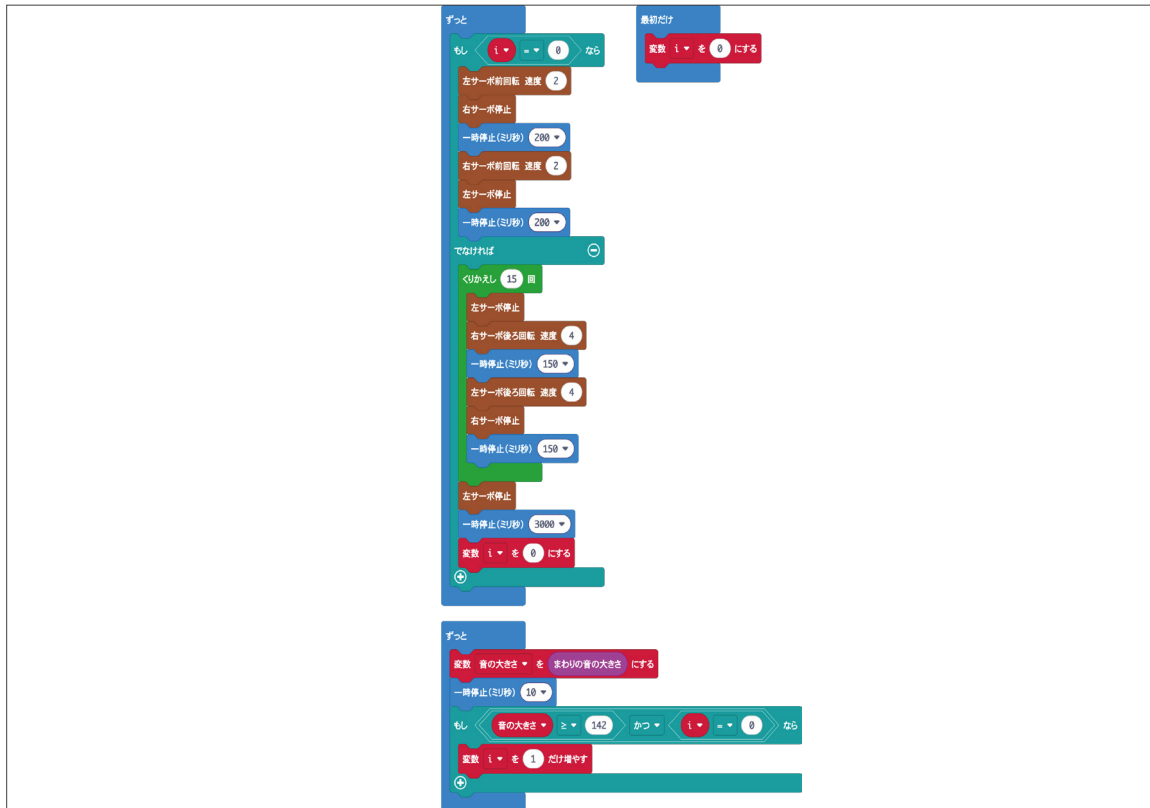


図 5.16 8 班のアセットプログラム

### 5.7.3 プログラム結果に関する考察

プログラム分析では、子どもたちが実際に作成したプログラムの意図や背景などを読み取りながら、社会的構成主義の学びを考察する。図 5.13 に示すように序盤はアセットを中心に開発を始めている。序盤のプログラムは前方によたよたと歩いていき、人を感知すると上を見上げるプログラムとなっている。ファシリテーターの学生によれば、第 1 回ワークショップ時点では、アセットに使用されている基礎的なプログラミング技術（逐次、繰り返し、分岐）を教えたようである。続いて共同生活期間 1 の後半（第 2 回ワークショップ直前）のプログラム（図 5.14）を確認してみると、コードが一気に複雑化している。具体的な変化としては、8 班に配布したアセット（図 5.16）を参考にしていることが読み取れる（図 5.14 - (a)）。ここから共同生活期間において他班とプログラムに関するやり取りがあったことがわかる。その結果、自班のみでは辿り着くことのできなかった技術を得ることができ、新たな学びへとつながった。また、ファシリテーターが教えていない並列処理を取り込もうとしている点からも、調べながらプログラミングに挑戦した痕跡が窺える。一方、他班のプログラムを参考にする過程で、本来数値を直接入力しなければならぬ部分に文字列を入力するなど（図 5.14 - (b)）の、想定していた動作が実現できなかったこともわかる。これは、変数の扱い方を十分に理解しないまま、見よう見まねでプログラムを作成したためだと考えられる。このように、子どもたちだけで試行錯誤を行うには限界がみられた。第二回フィールドワークでは、ファシリテーターが適切な支援を行うことにより、子どもたちの理解が深まった可能性がある。実際に終盤のプログラムでは、ファシリテーターの

指導を受けたことで変数の使い方が修正されており、センサ値を取得するプログラムが実現されている(図 5.15 - (c))。また、サーボモータを並列処理で動かしていた箇所は、1つのブロックへまとめて処理するように変更されており、より適切な使い方に近づいていることがわかる(図 5.15 -(d))。このように、子どもたちだけでは実現が困難であった動作が、ファシリテーターの適切な支援によって実現できた。以上のように、共同生活期間は子どもたちの試行錯誤を引き出し、互いに技術を交換し合う社会的構成主義の学びにつながることを示唆される。また、ファシリテーターが加わることで、発達の最近接領域 [61] に働きかける学びとして、プログラミング教育に寄与する可能性が考えられる。

#### 5.7.4 質的分析に関する考察

教員 A に対する質的分析の結果から、共同生活期間において実際に起きていた学びを読み解く。

##### 理論記述 1

インタビュー 1 では、教員 A の立場から本フィールドワークに関わった感想について尋ねた。理論記述 1-1 から、教員 A はフィールドワーク開始時期に〈Toi〉を用いた教育指導に対して、不安を抱いていたことがわかる。こうした問題は〈Toi〉ワークショップに限らず STEAM 学習の導入における課題であり、教員の技術的知識や ICT 活用能力の向上が求められている。ただし、〈Toi〉ワークショップでは「子どもたちの能力が発揮」されることで教員 A が導入時期に感じていた不安感が緩和されたことがわかる。これは、子どもたちが〈Toi〉ワークショップに熱中し、能力が発揮されたことで教員 A に依存しすぎない形で活動が展開されていた可能性がある。理論記述 1-2 からは、〈Toi〉がチーム内での活動の媒介となることで結束力を高めるとともに、計画性や役割意識といったプロジェクト活動に必要な能力が養われていることがわかる。これらは、受け身で活動を行っているとは身につかない能力であることから、子どもたちの主体的な学びが引き出されていたと考えられる。理論記述 1-3 は理論記述 1-1 で述べられた内容と関連しており、教員 A が〈Toi〉ワークショップに関わる際の立場の変化が現れている。技術面に不安を抱えながらも「教え導く立場」であろうとした教員 A であったが、子どもたちの主体的な学びや試行錯誤を観察することで、次第に「学びを見守る立場」へ変化したのである。これは先に述べた STEAM 学習導入の課題に対する一つの可能性になると考える。教員があれもこれもと全てを教えるのではなく、ときには少し身を引いて子どもたちの主体性に任せてみる。〈弱いロボット〉研究の言葉で表すなら教員側の「弱さ」を少しだけさらけ出してみることで、子どもたちの積極的な姿勢が引き出されることもあるのではないだろうか。また、今回のケースでは子どもたちが主体的に学びたいと感じたときに、用意していた資料が活用された。このように、必要な時に、その知識にアクセスできる環境を整えておくことが重要だと考えられる。

##### 理論記述 2

インタビュー 2 では、第 1 回ワークショップに至るまでの背景と第 2 回ワークショップ前までの共同生活期間における子どもたちの活動の様子について尋ねた。理論記述 2-1 からは、小学校の背景として児童が〈弱いロボット〉に対して一定の認知度を持っていたことがわかる。ストーリーライン 2 にもあるように、当該小学校では以前に学校行事の一環として〈弱いロボット〉

の見学を訪れており、当時の児童から情報が伝達されたことで〈弱いロボット〉の認知度が上昇していた。このような状況の中で、〈Toi〉ワークショップに向けて実施された国語の授業「〈弱いロボット〉だからできること」では、教科書だけでなく、〈弱いロボット〉に関する映像を活用した授業が行われ、子どもたちの関心が高まったことがわかる。これらをSTEAM学習的な観点から考えると、国語の授業を起点として算数、理科、図工といった複数の教科を〈Toi〉が媒介となり統合させていたと捉えることもできる。理論記述 2-2 では、第 1 回ワークショップに関する教員 A の評価が述べられており、チーム学習的な実施形態や教科書を読むだけでなく、実際に触れて作る体験の重要性が挙げられている。〈Toi〉ワークショップではプログラミングに限らず、センサや AI カメラなど小学 5 年生には難易度が高いコンテンツも含まれている。しかし、ファシリテーターの手助けによってこの壁を乗り越え、ロボット制作が行われている。この点において、〈Toi〉ワークショップはヴィゴツキーの「発達の最近接領域」に該当する STEAM 学習デザインとなっている可能性がある。理論記述 2-3 では、〈Toi〉との日常的な活動（共同生活期間）を通して直面した困難や失敗にも教育的価値が生まれたことがわかる。教員 A と子どもたちは〈Toi〉との活動の場の確保や、充電器の扱い方など、日常の中で〈Toi〉と関わるための様々な問題へ向き合い、共に「考える機会」を得た。また、充電器の問題ではブレーカーが落ちる等の失敗を経験しながらも、理科の電気に関する学びに関連づけるなど、〈Toi〉に付随する活動が教育的資源へと変化した。

### 理論記述 3

インタビュー 3 では、第 2 回ワークショップからインタビュー日 (8 月 9 日) までの共同生活期間における子どもたちの活動の様子について尋ねた。理論記述 3-1 から、子どもたちは〈Toi〉をクラスの一員として捉えるほどに親近感を抱いていることがわかる。インタビュー中では〈Toi〉に対して独自の名前をつけ、〈Toi〉について話す際にはその名前と呼ぶエピソードなどが強調されており、強い愛着感を持っていることが窺える。また、子どもたちは自らの手で組み立て、振る舞いのデザインを行った〈Toi〉に誇りを持っており、インタビュー中には、長放課 (昼休み) の時間を使い他クラスの児童に制作した〈Toi〉を紹介していることが述べられている。このように、〈Toi〉を用いた活動は当該のクラス内にとどまらず、クラス間交流を媒介する存在にもなり得ると考えられる。理論記述 3-2 では、教員 A が〈Toi〉ワークショップとの関わりを振り返る中で、子どもたちに自由な活動を許すことの重要性を再確認したことがわかる。活動を子どもたちに委ねることで、自主性やルールを遵守する意識が養成された可能性がある。理論記述 3-3 では、共同生活期間に起きた出来事として班同士で影響を及ぼし合っていたことが述べられている。ワークショップでの振り返りや日々の活動を通じて他班の〈Toi〉を見る機会が少なからずあり、相互に学び合うことが促進されたと考えられる。このように、各班が面白い振る舞いや新しい技術の使い方を相互に取り入れることで、〈Toi〉のチームとしてだけでなくコミュニティ全体としても成長していく学びが期待される。また、共同生活期間の活動を通して衝突が起こっていたことが確認できる。教員 A はこれを情緒的教育の機会として捉え、学習の一環として活用している。このようにロボットを用いた STEAM 学習において情緒的教育に結びつける教材はなく、新規性があると考えられる。

## 理論記述 4

インタビュー 4 では、小学校で取り組まれている教育方針と STEAM 学習について尋ねた。理論記述 4-1 にあるように、小学校ではチーム学習に関する取り組みを進めている。特に教員 A のクラスではチーム学習を用いた先進的な取り組みとして、普段の生活から机を向かい合わせた配置にしてチーム単位で活動を行っている。〈Toi〉ワークショップでは教員 A のクラスでの班をそのまま班編成に用いており、普段から活動を共にするチームであったことがプラス要因として働いたと考えられる。その意味では、チーム学習や〈Toi〉ワークショップのように共同生活を取り入れた教育デザインは相性が良い可能性がある。理論記述 4-2 では、教師 A が〈Toi〉ワークショップについて「STEAM 学習に道德要素が追加された新規性のある取り組み」と認識していることがわかる。共同生活期間がもたらす利点として道德的な要素が含まれる STEAM 学習デザインは他にはない特徴だと考えられる。また STEAM 学習における A (Arts) の定義に関する議論ではリベラル・アーツとして捉える見方が広がりつつあり、その意味では A の倫理的・道德的要素が強調された STEAM 学習デザインであると言える。

## 5.8 本章のまとめ

本研究では、おもちゃ箱型ロボジェクト〈Toi〉を用いた共生型 STEAM 学習デザインを検証するフィールドワークを通じて、ロボジェクトが教育に与え得る影響や新たな可能性の探索を試みた。アンケート、制作プログラム、およびインタビュー記録の分析から以下の知見が得られた。

第 1 にアンケート結果の分析から、共同生活期間を通じて教材（ロボジェクト）に対する愛着が引き出されることや、プログラミングに対する没入度が向上したことが示唆された。特に、共同生活期間を伴うフィールドワーク 2 では、試行錯誤が愛着の形成や継続的学習につながる可能性がある。

第 2 にプログラムの経過分析から、子どもたちは共同生活期間中に他班の技術要素を取り入れながら試行錯誤を繰り返したことがわかる。またファシリテーターの手助けも借りることで〈Toi〉のプログラムを完成させていった。これは、発達の最近接領域に働きかける学びとしてプログラミングスキルの向上や、創造的な問題解決能力の発達にも寄与したことを示唆している。

第 3 に教員インタビューの分析から、共同生活期間が情緒的な学びの機会を提供する可能性が示された。子どもたちは〈Toi〉との関わりを通じて、単なる技術習得にとどまらず、他者との協力や葛藤を経験しながら社会的・倫理的な学びを得ていた。また、〈Toi〉を「仲間」として認識し、名前をつけるなどの愛着形成が観察されたことは、ロボジェクトと人間の関係性が学習において新たな価値をもたらす可能性を示唆している。

以上の結果を総合すると、おもちゃ箱型ロボジェクト〈Toi〉を用いた共生型 STEAM 学習は、単なる技能習得を超えた包括的な学習体験を提供する可能性がある。特に、共同生活期間の導入によって、主体的学習の持続性、愛着による継続的な学び、非認知能力に関係する情緒的な学び（道德などのリベラルアーツ）が促進されることが示唆された。

## 第 6 章

# 総合的なまとめと考察

本章では、研究 1 および研究 2 で得られた結果を総合し、本論文で提案したロボジェクトの性質について改めて検討する。まず 6.1 節では、第 3 章で仮説として示した 6 つの性質を、各ロボジェクトの実験結果に照らして再考する。次に 6.2 節では、実験過程で新たに見出されたロボジェクトの特徴として、「愛着」と「HOI」との関係から整理する。最後に 6.3 節では、本研究で扱ったロボジェクトの応用可能性とともに、本研究の限界と今後の課題について述べる。

## 6.1 本論文のまとめ

### 6.1.1 序論

第 1 章では、本論文全体の問題意識と目的を示した。現代の製品・インタフェース設計においては、「足し算のデザイン」による機能追加が、「便利さ」の向上と引き換えに、操作の煩雑さや認知的負荷を生み出していることを指摘した。これは家電製品に限らず、人と社会的に関わることを志向するソーシャルロボットにおいても同様に、当初の目的である「人との豊かな関係構築」が、むしろ過剰な社会性表示によって妨げられる可能性がある。さらに、人間に近づける方向でデザインされたロボットが直面する問題として、「不気味の谷」や、外見から期待される機能と実際の能力とのあいだに生じる「適応ギャップ」を取り上げた。これらの議論を踏まえ、人の側がロボットを社会的存在として扱う力そのものに着目し、社会性を「足す」だけでなく、むしろ「引き算」することで生まれる新たな関係性に光を当てる必要性を示した。そのうえで、本論文の目的として、(1) 身近なモノをモチーフとした新たなロボット概念「ロボジェクト (Robject)」を提案し、(2) その性質と社会的受容性をリサーチ・スルー・デザインによって実証的に検討し、(3) 教育分野、とくに STEAM 学習への応用可能性を探索することを掲げた。

### 6.1.2 研究背景

第 2 章では、本研究を位置づけるための理論的背景と関連研究を整理した。まず、ソーシャルロボット研究の流れを概観し、ロボットが単なる作業代行機械から、対話や共同作業を通じて人と関係を結ぶ「社会的存在」として捉えられるようになってきた経緯を述べた。Breazeal による sociable robot をはじめとする研究は、人に似せた外観や、豊かな表情・音声表現を用いることで、ロボットを親しみやすく理解しやすい存在として設計する方向性を示してきた。次に、Reeves と Nass による Media Equation 理論と CASA モデルを取り上げ、人がコンピュータ

やメディアに対しても無意識に社会的規範や礼儀を適用してしまうことを確認した。これは、人が本来もっている社会的認知の「過剰さ」が、ロボットや人工物とのインタラクションにも自然に広がることを示している。さらに、擬人化エージェント研究、不気味の谷や適応ギャップの議論、〈弱いロボット〉の研究、Human-Object Interaction (HOI) 研究などを参照し、「人はモノにも社会性を見いださうが、そこには期待の過剰や違和感も同時に生じうる」という両義性を指摘した。これらを踏まえ、「モノ」と「ソーシャルロボット」のあいだにある未踏の領域に着目することで、新たなインタラクションデザインの可能性が開けることを示した。

### 6.1.3 ロブジェクトの提案

第3章では、本論文の中心概念であるロブジェクトを定義し、その性質とデザイン方略を整理した。ロブジェクトとは、モノをベースにデザインされたソーシャルロボットであり、ソーシャルロボットよりも社会性の度合いが小さい存在として位置づけた。本論文では、ロブジェクトを次の条件を満たすものとして定義した。

- (1) モノをベースにデザインされており、外観がベースとなったモノから逸脱しない。
- (2) モノ状態とソーシャルロボット状態を持っており、社会性表示を調整することでそれらの間を行き来できる。
- (3) 明示的な表現を避け曖昧さを含む「ミニマルな社会性」による表示を行う。

これに基づき、外観と社会性表示に関わる性質として、「モノの外観に基づく素朴なメンタルモデル」「モノが志向性をもつことで生じる正の適応ギャップ」「人に関わりを押し付けない程よい存在感」などを列挙した。また、〈弱いロボット〉研究や HOI 研究との比較を通じて、ロブジェクトが「モノ × 弱いロボット × 人間」の三者関係をデザインする枠組みであることを明らかにした。

### 6.1.4 ロブジェクトの社会的受容性に関する研究

第4章では、3種類のロブジェクト〈Lumos〉〈Whimbo〉〈Omboo!〉を実装し、インタラクション実験を通じてロブジェクトの社会的受容性と性質を検証した。

ランプ型ロブジェクト〈Lumos〉では、卓上ランプをモチーフに、首振り動作や光量変化といった最小限の振る舞いを設計し、社会性表示の有無・強さが印象評価に与える影響を検討した。その結果、過度に人間らしい振る舞いを付加するよりも、ささやかな志向性と控えめな反応にとどめた方が、安心感や生活空間へのなじみややすさ、正の適応ギャップを生みやすいことが示唆された。

マイク型ロブジェクト〈Whimbo〉では、「ミニマルな聞き手性」に着目し、気まぐれで控えめな聞き手としての振る舞いが話し手に与える影響を検証した。実験の結果、積極的に相づちや言葉を返す聞き手よりも、ときおり小さな反応を返す程度のロブジェクトの方が、「責任を感じずに話せる」「独り言と対話の中間のように話せる」といった感覚を生み、話しやすさや自己開示の契機となりうることを確認された。

ミスト型ロボプロジェクト〈Omboo!〉では、存在感と社会性をさらにミニマルにした場合の下限を探索した。音声や強い動きは用いず、ミストのパターンやわずかな揺らぎのみで内的状態を表出した結果、「ただのミスト以上の気配」を感じる一方で、社会性があまりに弱くなるとエージェントとしての意図が読み取りにくくなり、単なる機器として扱われる危険も示された。

これら3事例の比較・分析を通じて、ロボプロジェクトの社会的受容性は、「モノとしての素朴さ」と「ミニマルな社会性表示」とのバランスの上に成り立つことが示された。

### 6.1.5 ロボプロジェクトのSTEAM学習への応用

第5章では、ロボプロジェクトを教育分野に応用する試みとして、おもちゃ箱型ロボプロジェクト〈Toi〉を用いた共生型STEAM学習環境を提案し、小学生を対象としたフィールドワークによってその可能性と課題を検討した。〈Toi〉は、おもちゃ箱という日常的なモチーフをもち、子どもの遊びや生活に自然に紛れ込むことを目指したロボプロジェクトである。本研究では、子どもと〈Toi〉が一定期間「共同生活（共生）」するフェーズと、その後に〈Toi〉を題材とした創作・プログラミング活動（micro:bit等）を行うSTEAMワークショップを組み合わせた学習デザインを構築した。フィールドワークでは、アンケート、インタビュー、プログラムを収集し、それぞれの分析を行った。その結果、(1)〈Toi〉に対する愛着やケアの実践、(2)〈Toi〉を通じた「弱さ」への想像や共生感、(3)繰り返し観察・試行錯誤しながら仕組みを探る姿勢、(4)作品づくりやプログラミングを通じて自分なりの表現を追求する姿勢など、STEAM教育で重視される複数の側面において、ロボプロジェクトが学習の媒介として機能しうることが示された。一方で、ロボプロジェクトへの過度な擬人化や愛着の個人差、教師・保護者による支援のあり方、短期のフィールドワークでは捉えきれない長期的な学習効果など、今後検討すべき課題も明らかとなった。

## 6.2 総合的な考察

### 6.2.1 ロボプロジェクトの基本的性質

ロボプロジェクトの提案にあたり、筆者はロボプロジェクトには6つの性質が存在すると仮定した。これらの性質は、HRI分野における先行研究および、筆者の所属する研究グループで蓄積されてきた〈弱いロボット〉に関する議論を踏まえて導出されたものである。本節では、研究1における〈Lumos〉〈Whimbo〉〈Omboo!〉の結果を基に、各性質について改めて考察する。

#### 性質1：モノとしての外観によるメンタルモデルの構築

性質1は、「ユーザがロボプロジェクトをモチーフとなったモノとして認識する」という性質である。一般的なロボットデザインとは異なり、ロボプロジェクトはモノをベースにデザインされているため、ユーザが外観を観察した際にロボットとしてではなくモノとしてメンタルモデルを構成するかは重要な論点である。

〈Lumos〉実験では、インタビュー分析の結果、参加者全員が〈Lumos〉を「ランプ」として認識していたことが確認された。一部の参加者は、モータなどの付加要素に着目し、「そのうち動き出すのではないかと想像する場面も見られたが、一定時間動作しない状態が続くこと

で、次第に「普通のランプ」としてのメンタルモデルへと落ち着いていく過程が観察された。〈Whimbo〉実験では、Godspeed 質問紙の「擬人化」や「生命性」の項目において、モノ条件が他条件と比べて有意に低い値を示した。この結果は、モノ条件の〈Whimbo〉が、無生物的存在として捉えられていたことを示唆する。またインタビューでは、「ロボットというよりマイクとして見られるから話しやすい」との言及があり、〈Whimbo〉がマイクとして認識されている可能性も高い。〈Omboo!〉実験においても同様に、「生命感」や「志向性」の項目で単調条件が有意に低い値を示した。各条件の違いは主としてミストの噴霧パターンに限られていたにもかかわらず、単調な噴霧のみを行う単調条件は「ただの加湿器」として認識されていたと考えられる。以上から、モチーフとなるモノ本来の機能がある程度担保されていれば、外観に多少の違和感があったとしても、ユーザはロブジェクトをモノとして捉え、そのメンタルモデルを構築することが示唆される。

## 性質2：モノとしての外観から生じる正の適応ギャップ

性質2は、「モノとして構築されたメンタルモデルに対し、ロブジェクトが社会性をわずかに増加させることで、正の適応ギャップが生じる」という性質である。

〈Lumos〉実験では、ロブジェクト条件において〈Lumos〉が動作を開始すると、参加者は「かわいらしい印象」「モノからペットに近い印象」といった感想を述べていた。ロブジェクト状態における顔追従などのシンプルな動作からも生命性が感じられており、モノとしての想定を「良い意味で裏切る」正の適応ギャップが生じていたと解釈できる。一方で、ランダム動作条件では「壊れた機械のような印象」をもつ参加者もあり、生命感がむしろ低下している可能性が示された。このことから、単に動作を追加すればよいわけではなく、ユーザの動きに応じて挙動が変化するなど、意図を帰属しうる最低限の手がかりが必要であると考えられる。〈Whimbo〉実験では、モノ条件と比較してミニマルな聞き手条件の「擬人化」「生命性」「好ましさ」が有意に高くなった。また〈Omboo!〉実験でも、ロブジェクト条件における「生命性」「志向性」「好感度」の得点が、単調条件より有意に高かった。これらの結果は、モノとしてのメンタルモデルが構築されている状況において、ごくシンプルなインタラクションデザインであっても、生命性や意図性が感じられ、好感度が高まりやすいことを示している。

## 性質3：モノとしての要素による受容性の向上

性質3は、「ロブジェクトがモチーフとするモノの外観や機能によって、生活空間における受容性が高まる」という性質である。ロブジェクトは、生物的身体ではなく、ユーザにとって馴染みのあるモノをモチーフとしている。そのため、初対面のロボットに対して感じがちな警戒感や緊張感が相対的に小さくなり、日常生活の一部として受け入れられやすいと考えられる。

〈Whimbo〉実験では、インタビューにおいて「ロボットと話すより、マイクに向かって話している方が自然に感じる」といった回答が見られた。これは、マイクというモチーフが「話すための対象」として既に文化的・社会的に共有されており、ロブジェクトとのインタラクションに入る敷居を下げている可能性を示している。〈Omboo!〉実験では、日常生活の中での使用を想定した「好感度」の項目において、単調条件よりもロブジェクト条件が有意に高かった。加湿機能という基本的な役割を維持したまま、わずかに社会性を付加することで、「置いておきたい存在」としての受容性が高まっていると解釈できる。一方で、〈Lumos〉では、ランプとしての基

本機能（照らし方）がユーザの期待と大きく異なる場合に、受容性が損なわれる可能性も示された。以上より、ロブジェクトのインタラクショントデザインにおいては、モノ本来の機能を損なわないことが、安心感・安定感をもたらす、受容性を支える重要な条件であると言える。

#### 性質4：ミニマルな社会性により生じる解釈の余地

性質4は、「ロブジェクトの社会性表示において最小限の手がかりを用意することで、ユーザの積極的な解釈を引き出す」という性質である。

〈Lumos〉実験のインタビューでは、参加者がランプの色変化や微妙な動きに対して、「子どものよう」「落ち着きがない」「何かを探しているようだ」など、さまざまな感情や性格を投影している様子が観察された。また、「自分に話しかけようとしている」「何かを伝えたいのではないか」といった、コミュニケーションの意図を読み取る発話も見られた。〈Whimbo〉実験においては、「話をよく聞いてくれる（Q1）」、「話に関心を持ってきている（Q3）」といった項目で、ミニマルな聞き手性条件および聞き手性条件の得点が高くなっていた。インタビューでも、「悪口や恥ずかしい話をして、ロボットが自分に感情を向けてくるわけではないので話しやすい」といった回答が得られており、「あまり多くを語らない聞き手」であることが、かえって話しやすさにつながっていることが示唆された。〈Omboo!〉実験では、「ミストの気持ちをくみ取れた（Q5）」、「ミストが自分の気持ちをくんでくれた（Q6）」、「互いに気持ちをくみ取りコミュニケーションをとることができた（Q7）」といった疎通性に関する項目を設定した。いずれの項目もロブジェクト条件が他条件より有意に高い一方で、平均値は3～4程度と必ずしも明確な意思疎通が取れていたとは言い難い。しかし、回答の分布は広く、参加者によって評価が大きく分かれていた。このことは、〈Omboo!〉のミニマルな社会性が、ユーザによる多様な解釈を許容していることを示している。以上を総合すると、ミニマルな社会性による解釈の余地は、モチーフとなるモノの種類やインタラクショントデザインの細部に大きく依存するものの、適切に設計された場合には、ユーザの想像力を喚起し、ロブジェクトを「自分なりの見方で理解できる存在」として位置づけることに寄与すると考えられる。

#### 性質5：ミニマルな社会性による受容性の向上

性質5は、「ミニマルな社会性に対してユーザが解釈を行うことにより、ロブジェクトに対する受容性が高まる」という性質である。

〈Lumos〉実験のSCAT分析からは、「しゃべらない、ランプ色の解釈、人と異なる外見は、そのような生命体として受容される」といった理論記述が得られている。ここで言う「しゃべらない」「ランプ色の解釈」は、まさにミニマルな社会性の表現であるが、参加者はそれを不気味なものとしてではなく、「そういう生き物」として受け入れている点が重要である。〈Whimbo〉実験では、「話しやすさ」に関する項目において、ミニマルな聞き手性条件の得点が他条件より有意に高かった。聞き手としての主張が小さいことは、一見するとコミュニケーションの不足のようにも思えるが、実際には「自分のペースで話せる」「相手の反応を過度に気にしなくてよい」といった、話し手側の解釈・意味づけを通じて、むしろポジティブに受け止められていた。〈Omboo!〉実験でも、一部の参加者は〈Omboo!〉のミストの出方や揺れ方から、「落ち着いている」「機嫌がよい」「少し元気がない」といった状態を読み取り、自分なりの意味づけを行っていた。これらは、ロブジェクトが単に「動くモノ」としてではなく、「意味を読み取るに値する

存在」として位置づけられた可能性がある。このように、ロボットの曖昧な振る舞いに対してユーザが主体的に意味づけを行うことが、受容性の向上に寄与していると考えられる。社会性を過度に具体化するのではなく、あえて解釈の余地を残すことが、ロボットのデザインにおいて重要な役割を果たしている。

### 性質6：ミニマルな社会性によるほどよい存在感

性質6は、「ロボットが人に関わりを押し付けない、ほどよい存在感をもつ」という性質である。

〈Lumos〉実験における理論記述には、「人に対して主張しすぎないため、ペットに近い感覚を与える」といった理論記述が含まれていた。ペットは、多くの家庭において日常生活に自然に入り込んでいる存在であり、そのメタファが用いられるということは、ロボットが「常に強い関わりを求めてくるわけではないが、そばにいてくれる存在」として捉えられていることを示唆する。〈Whimbo〉実験では、「話しかけることを強制されたか (Q5)」「反応が多すぎると感じたか (Q7)」といった項目を設定した。Q5では、モノ条件と比較してミニマルな聞き手性条件の方が、「強制されている感覚」が低下する傾向が見られた。またQ7では、ミニマルな聞き手性条件に比べ、聞き手性条件の方が「反応が多すぎる」と感じられる傾向があった。いずれも傾向レベルではあるが、主張を抑えた聞き手としての存在感が、話しやすさにつながっている可能性がある。〈Omboo!〉実験では、「〈Omboo!〉が第三者とのコミュニケーションの媒介 (第三項) として機能する」といった回答が得られている。これは、〈Omboo!〉が人と人とのあいだに位置する「場の一部」として、過度な主張をせず存在感をもちつつ、コミュニケーションを促す役割を担うことを示している。以上より、「ほどよい存在感」は定量的に捉えにくい概念ではあるものの、インタビューなどの質的データからは、ロボットが「いても邪魔にならないが、いなくなると少し寂しい」ような存在として受け止められていることが示唆される。

### 基本性質のまとめ

6.1節では、第3章で仮説として設定した6つの性質について、研究1の結果を踏まえて再考した。その結果、

- (1) モノとしての外観に基づくメンタルモデルが構築されること
- (2) モノとしての機能が受容性の基盤となること、
- (3) ミニマルな社会性が解釈の余地を生み出すこと、
- (4) その解釈プロセス自体が受容性を高めること、
- (5) モノとしての機能が受容性の基盤となること、
- (6) 主張しすぎない「ほどよい存在感」が継続的な共在を支えること、

が、いずれも一定の範囲で支持されたと言える。一方で、これらの性質はモチーフとなるモノの種類やインタラクションデザインに強く依存しており、すべてのロボットに一概に当てはまる普遍的性質とまでは言えない。今後は、より多様な事例を蓄積しながら、ロボットの基本性質を精緻化していく必要がある。

## 6.2.2 ロボジェクトの新たな性質

### 愛着

本研究を通して得られた知見の一つとして、ロボジェクトに対して参加者が抱く愛着の形成が挙げられる。ここでいう愛着とは、単にロボジェクトが「便利である」ために好まれるのではなく、「気になる」「世話をしたくなる」「一緒に過ごしたい」といった感情的な結びつきのことである。研究1における〈Lumos〉や〈Whimbo〉、〈Omboo!〉に対するインタビューでは、「かわいらしい」「ペットのような感じがする」「机のそばに置いておきたい」といった発話が複数みられた。これらは、ロボジェクトが単なる道具としてではなく、主体性を兼ね備えた存在として位置づけられていることを示唆している。特に〈Lumos〉については、「使う-使われるの関係性と異なる新しい関係性に面白さや愛着を感じる。」という言及もあり、モノからユーザに対する働きかけが愛着に影響を及ぼす可能性がある。研究2における〈Toi〉との共同生活およびワークショップでは、愛着の形成がより顕著に観察された。子どもたちは、〈Toi〉に名前をつけたり、学校生活を共にし、〈Toi〉をクラスメイトの一部と認識するに至った。また、〈Toi〉を用いた創作活動においても、「〈Toi〉のための衣装作成」「〈Toi〉の可愛い動きの作成」などがみられ、愛着がロボジェクトの機能設計や表現のアイデアにも影響を与えていることが分かった。

人工物への愛着に関する先行研究としては、チクセントミハイらによる「モノへの愛着」を膨大なインタビューを通して分析した研究[34]がある。この研究では、人が人工物に対して抱く感情的な結びつきが、「記憶やエピソード」「自分なりの価値や意味づけがあること」「ケアやメンテナンスの経験（涵養）」などの要因によって形成されることが指摘されている。本研究におけるロボジェクトとの関わりも、これらの要因と整合的である。すなわち、(1)一定期間の共同生活や繰り返しの使用を通じてロボジェクトとの歴史が蓄積されること、(2)ロボジェクトのミニマルな社会性に対してユーザが解釈を与えること、(3)ロボジェクトを「世話する」「壊さないように気をつける」といったケア行為が介在すること、などが、愛着の形成に寄与していると考えられる。ここで重要なのは、ロボジェクトが人間型ロボットのような「強い人格」や「高度な対話能力」を備えていないにもかかわらず、むしろモノとしての素朴さとミニマルな社会性の組み合わせを通じて、人と継続的な関係を結びうる点である。ロボジェクトは、「完全な他者」としてのロボットではなく、「日常的にそばにいるモノ」でありながら、そこに感情的な意味づけを生じさせる存在として、新たな形で愛着関係を開いている可能性がある。

### ケアと学習

ロボジェクトの特徴をより広い枠組みから捉えるためには、人と人工物との関係性に焦点を当てた Human-Object Interaction (HOI) 研究との関連を検討することも有効である。HOI 研究では、人がモノとどのように関わり、その過程でどのような感情・態度・価値観が形成されるのかが扱われており、ロボットを含む人工物全般を対象としうる包括的な視点を提供している[27]。先行研究では、人とモノとの関係性を記述する上で、とくに「ケア」と「学習」という二つの側面が重要であることが指摘されている。ここでいうケアとは、モノを丁寧に扱ったり、故障しないように気遣ったりする行為を通じて、人がモノに対して責任感や思いやりを向ける側面である。一方、学習とは、モノとの関わりを通じて、礼儀や感謝の念、環境や他者への配慮といっ

た価値観を身につける側面を指す。HOIの枠組みでは、これら二つの因子が、人とモノとの関係性を理解する上での重要な指標として位置づけられている。

本論文で扱ったロボジェクトは、このHOIの枠組みと親和性が高い。例えば、研究2における〈Toi〉との共同生活では、子どもたちが〈Toi〉のために衣装を用意したり、置き場所や扱い方を工夫したりするなど、明らかに「ケア」と呼べる行為が観察された。また、〈Toi〉を通じた学習活動においては「ロボットが助けてもらうにはどうしたらいいか」といった問いを子どもが自発的に立てる場面があり、ロボジェクトが他者や周囲との関係を考える契機となっていた。このように、ロボジェクトはHOIにおけるケアと学習の両側面を同時に引き出しうるデザインであるといえる。研究1の〈Lumos〉、〈Whimbo〉、〈Omboo!〉についても、同様の構造が見られる。〈Lumos〉や〈Omboo!〉は、日常生活の中で「邪魔にならないが、気にかけてくれる」程度の存在感を保つことで、ユーザが設置場所、扱い方を意識するきっかけを与えていた。これらはいずれも、ロボジェクトが行動の対象であると同時に、態度や価値観の学習を媒介する対象になっていることを示唆している。HOI研究との関係から見ると、ロボジェクトは単に「愛着をもてる人工物」というだけでなく、「ケアを通じて関係が形成され、その関係を通じて学びが生まれる人工物」として位置づけられる。すなわち、ロボジェクトは、HOIが提示するケアと学習という二つの因子を、生活空間や教育実践の具体的な場面において具現化するための構造的なデザイン実践であると解釈できる。この観点からすると、ロボジェクトをめぐる今後の課題は、HOIの理論枠組みとより緊密に接続しながら、ケアや学習のプロセスを長期的・多面的に記述していくことである。例えば、ロボジェクトとの関わりが時間とともにどのように変化するのか、ケア行為がどのような社会的・倫理的な学びにつながるのか、他の人工物や人間関係とのあいだでどのような位置づけを占めるのかを明らかにすることが、今後の重要な研究課題となるだろう。

### 6.2.3 ロボジェクトの応用可能性

最後に、ロボジェクトの応用可能性について検討する。本研究では、ロボジェクト以外の一般的なロボットやモノとの直接比較は十分には行えていない。そのため、ここで述べる応用可能性は、あくまで本論文で扱った事例に基づく探索的な議論である。

研究1では、ロボジェクトが日常生活におけるパーソナルな相棒として機能しうる可能性が示された。〈Lumos〉や〈Omboo!〉は、生活空間の一部として違和感なく存在しつつ、ときにユーザの注意を引き寄せ、気分や雰囲気に影響を与える存在として受け止められていた。〈Whimbo〉は、話し相手というよりも「話を受け止めてくれるマイク」に近い存在として、独自の役割を果たしうることを示された。これらの事例は、ロボジェクトが、家庭や職場、公共空間などで、人と環境との関係をゆるやかに調整するメディアとして機能する可能性を示している。

研究2では、ロボジェクトを教育分野、とくに共生型STEAM学習に応用する試みを通じて、ロボジェクトが学びの媒介としても有効でありうることを確認した。〈Toi〉との共同生活や作品づくりを通じて、子どもたちはロボジェクトを単なる教材としてではなく、ともに暮らし、ともに学ぶパートナーとして位置づけていた。このことは、ロボジェクトが、技術教育と価値教育（共生・ケア・想像力）を同時に支える存在となりうることを示している。

今後は、ロボジェクトと一般的なロボット、およびロボット機能を持たないモノとの比較実験を通じて、ロボジェクトならではの効果をより明確にすることが求められる。また、家庭・学校・

医療・福祉・パブリックスペースなど、多様な文脈での長期的な導入を通じて、ロボプロジェクトがどのような関係性や実践を生み出しうるのかを検証していく必要がある。

## 6.3 本研究のリミテーション

第一に、研究1 (〈Lumos〉, 〈Whimbo〉, 〈Omboo!〉) を用いた実験) に関するリミテーションがある。研究1では、各ロボプロジェクトの社会的受容性や解釈プロセスを探索的に明らかにすることを重視したため、条件比較として「通常のランプ/マイク/ミスト」や、既存のソーシャルロボットなどを系統的に対照条件として配置していない。その結果、本研究で得られた知見は、「ロボプロジェクト」というコンセプトを体現した特定の試作機と設定状況に依存しており、モノとしての外観や最小限の社会性表示といった要素が、どの程度ロボプロジェクト固有の効果によるものなのか、一般的なモノや従来型ロボットとの比較においてどのような差異として現れるのかを十分に検証できていない。また、研究1で用いた課題やインタラクション状況も限定的であり、日常生活のより多様な文脈における振る舞いや長期的な関係性形成については今後の検討課題として残されている。

第二に、研究2 (〈Toi〉を用いた実験) に関するリミテーションがある。〈Toi〉を用いたフィールドワークでは複数の実践を比較しているものの、参加児童の年齢構成や人数、活動時間、実施環境などを厳密に統制できておらず、クラスメイト同士のグループと初対面同士のグループが混在している。そのため、既存の人間関係やクラスの雰囲気、〈Toi〉への愛着形成や発話量、学習への参加度に与える影響を十分に切り分けることは難しい。また、〈Toi〉は筆者らが独自に設計・実装したプロトタイプであり、市販の教育用ロボットや、他の教材・教具との直接比較は行っていない。その結果、〈Toi〉およびロボプロジェクトがもたらす学習効果や共生感の醸成についての議論は、特定の学校・学級における事例に基づく探索的な知見にとどまる。さらに、評価期間もワークショップや共同生活期間を含む数週間～数か月程度に限られているため、〈Toi〉との共生が児童の態度や学びに与える長期的な影響、家庭や地域社会などより広い文脈での波及効果については今後の検証が必要である。

第三に、本研究全体の方法論に起因するリミテーションがある。本研究ではアンケートおよびインタビュー、SCATによる質的分析を主たる評価手法としており、参加者の自己報告バイアスや、研究者による解釈の恣意性を完全に排除することはできない。また、生活環境や学習環境にロボットを導入するという性質上、倫理的配慮から介入の強度や期間を抑えた設計を採用しており、ロボプロジェクトとの長期的・高頻度な共生がもたらしうるポジティブ/ネガティブな影響を十分に把握できていない。今後は、異なる学校・学年・地域を対象とした比較研究や長期追跡調査、他種の教材・ロボットとの比較実験などを通じて、本研究で示した知見の一般化可能性と限界をより詳細に検証していく必要がある。



## 第7章

# 結論

本論文では、身近なモノを起点とした新たなロボット概念としてロボジェクト (Robject) を提案し、その社会的受容性と教育分野への応用可能性をリサーチ・スルー・デザインに基づき検討した。ランプ、マイク、ミスト、おもちゃ箱といった複数のモチーフに基づくロボジェクトの設計・実装・評価を通じて、「モノ」と「ロボット」のあいだに広がるグラデーションに着目したインタラクションデザインの有効性を示した点に、本研究の学術的貢献がある。

第一に、ロボジェクトという概念を通じて、従来のソーシャルロボット研究が主に人や動物といった生物を参照点としてきたロボットデザインに対し、生活空間に遍在する人工物を出発点とするもう一つの設計軸を提示した。Media Equation 理論や CASA モデルが明らかにしてきた、人がメディアや人工物に対しても社会的認知を適用してしまうという性質を前提に、ロボジェクトは「あえて多くを語らない」ミニマルな社会性表示を採用する。その結果、人の側の解釈と関与に余地を残しつつ、不気味の谷や適応ギャップに代表される過剰な期待や違和感を抑制しうることを、複数のプロトタイプと実験を通じて示した。

第二に、ロボジェクトは、「共生」という観点からの社会的受容性のあり方を具体化する存在として位置づけられることを明らかにした。研究1で扱ったランプ型、マイク型、ミスト型の各ロボジェクトは、人に強く働きかける主体としてというよりも、「そばにいる」「なんとなく気にかけてくれる」ゆるやかな共在のパートナーとして受け止められていた。それらは、「ケアすべき対象」でありながら、同時に「こちらをさりげなく気にかけてくれる存在」として捉えられており、HOI 研究が指摘する「モノへのケア」と「モノから学ぶ」という二つの因子が重なり合う、人と人工物の共生関係が立ち上がっていることを示している。

第三に、教育実践においてロボジェクトが果たしうる役割を、おもちゃ箱型ロボジェクト〈Toi〉を用いた共生型 STEAM 学習環境の設計とフィールドワークを通じて検証した。〈Toi〉は、単なる教材や道具にとどまらず、「一緒に暮らしたことがある存在」「自分が世話をしてきた対象」として子どもたちに受け止められ、学びの動機づけや意味づけに深く関わっていた。とくに、共同生活期間を通じて、「ロボットの内面や気持ちを想像する」「ロボットの限界や弱さを考える」といった姿勢が育まれ、その後の創作やプログラミング活動においても、「どのような機能を実装するか」だけでなく、「このロボジェクトとどう暮らしたいか」「どのような関係をつくりたいか」を問うかたちの学びが生まれていた。これは、STEAM 教育で重視される探究性や創造性、協働性に加え、人工物との共生をめぐる倫理的・感情的な学びを支える枠組みとしてロボジェクトが機能しうることを示唆している。

さらに本論文は、これらの検討を通じて、ロボジェクトのデザインにおいて「モノとしての素朴さ」と「ミニマルな社会性表示」という二つの軸が重要であることを示した。モノとしての外

観と機能を維持することで、ユーザはロボジェクトに対して過度な能力を期待せず、生活空間の一部として自然に受け入れることができる。一方で、わずかな動きや光の変化、気まぐれな反応といったミニマルな社会性表示は、人の側に解釈と意味づけの余地を残し、結果として愛着やケアの念を喚起する。こうした二つの性質の組み合わせにより、ロボジェクトは、「強すぎない関わり」を通じて安心感や気づきを生み出す、新たな社会的存在として立ち上がる。

もちろん、本研究には、扱ったロボジェクトの種類や利用文脈が限定的であること、評価期間が比較的短期にとどまっていることなどの制約が存在する。しかし、複数のロボジェクトを構成し、そのインタラクションを質的・量的に分析するリサーチ・スルー・デザインを通じて、ロボジェクトがソーシャルロボット研究および HOI 研究の双方にまたがる新たな枠組みとなりうることを示した点は、本論文の主要な成果である。

以上のように、本論文は、身近なモノを起点にしたロボジェクトという概念を提案し、その社会的受容性と教育応用の可能性を具体的な事例研究に基づいて明らかにした。ロボジェクトは、人とロボット、人とモノ、人と環境との関係を再構成する一つの試みであり、今後の研究と実践のなかで、より多様な共生のあり方を拓いていくことが期待される。

# 謝辞

本論文をまとめるにあたり、長きにわたって多大なるご指導とご助言を賜りました豊橋技術科学大学大学院 工学研究科 情報・知能工学系 教授 岡田美智男 先生に心より深く感謝申し上げます。研究テーマの設定段階から実験計画、論文執筆に至るまで、常に的確かつ本質的な示唆をいただき、研究者としての視点と姿勢を育てていただきました。研究が困難な局面を迎えた際にも、丁寧な議論と励ましをいただいたことは、本研究を最後まで遂行する上で大きな支えとなりました。また、インタラクシオンデザイン研究室の閉室後、快く指導教員を引き受けてくださり、本論文の作成に至るまで温かいご指導とご助言を賜りました豊橋技術科学大学大学院 工学研究科 情報・知能工学系 教授 北崎充晃 先生に心より感謝申し上げます。

副指導教員として様々なご助言を頂きました豊橋技術科学大学大学院 工学研究科 情報・知能工学系 教授 栗山繁 先生ならびに同系 教授 垣内洋平 先生、本論文の審査を通して建設的かつ示唆に富むコメントをいただきました豊橋技術科学大学大学院 工学研究科 情報・知能工学系 教授 福村直博 先生に御礼申し上げます。皆様からのご指摘は、研究内容の深化と論文全体の完成度向上に大きく寄与しました。

また、継続的に有益な助言をくださった豊橋技術科学大学大学院 工学研究科 情報・知能工学系 助教 長谷川孔明 先生には、理論的背景の整理や分析手法の選定など、多岐にわたる場面で貴重なご指導を賜りました。

研究室における日々の活動を共にしたインタラクシオンデザイン研究室のメンバーには、常に刺激的な議論と温かい支えをいただきました。日常的なディスカッションを通じて得られた視点や、深夜遅くにまで及ぶ共同作業による技術的支援は、本研究の推進に欠かせないものでした。卒業生や並列プロジェクトに参加したメンバーの皆様にも、研究方針やデータ取得に関して多大な助力をいただきました。この場を借りて深く感謝いたします。

さらに、本研究には数多くの方々にご参加いただきました。お忙しい中、実験やアンケートにご協力いただいたことに、心から感謝申し上げます。皆様の協力がなければ、研究成果を実証的に示すことは困難でありました。また、研究生を送る上で、技術支援や事務手続きを通じて支えていただいた豊橋技術科学大学の事務職員・技術補佐員の皆様にも深く感謝いたします。研究室運営や手続き面でのサポートは、日々の業務を円滑に進める上で不可欠でした。

そして何よりも、長年にわたり研究に専念できる環境を支えてくれた家族に深甚なる感謝を捧げます。日々の励ましや理解がなければ、ここまで研究を継続することは難しかったと思います。

最後になりますが、本研究に関わったすべての方々的心より御礼申し上げます。本論文が完成に至ったのは、皆様からのご支援の賜物です。

2026年1月

本所 然



## 参考文献

- [1] D. Norman. *The Design of Everyday Things*. Basic Books, 1988.
- [2] 森正弘. 不気味の谷. *Energy*, Vol. 7, No. 4, pp. 33–55, 1970.
- [3] T. Komatsu and S. Yamada. Adaptation gap hypothesis: How differences between users' expected and perceived agent functions affect their subjective impression. *Systemics, Cybernetics and Informatics*, Vol. 9, No. 1, pp. 232–240, 2009.
- [4] 日本ロボット学会. 新版 ロボット工学ハンドブック. コロナ社, 2005.
- [5] C. Frayling. *Research in art and design*. Royal College of Art Research Papers, Vol. 1, No. 1, pp. 1–5, 1993.
- [6] T. Fong, I. Nourbakhsh, and K. Dautenhahn. A survey of socially interactive robots. *Robotics and Autonomous Systems*, Vol. 42, No. 3–4, pp. 143–166, 2003.
- [7] C. Breazeal. *Designing Sociable Robots*. MIT Press, 2002.
- [8] B. Reeves and C. Nass. *The Media Equation: How People Treat Computers, Television, and New Media Like Real People and Places*. Cambridge University Press, 1996.
- [9] C. Nass and Y. Moon. Machines and mindlessness: Social responses to computers. *Journal of Social Issues*, Vol. 56, No. 1, pp. 81–103, 2000.
- [10] 米澤朋子. 擬人化メディアと human-agent interaction: 「情熱」のあるやり取りを目指して. *人工知能学会誌*, Vol. 36, No. 3, pp. 377–396, 2021.
- [11] 武川直樹. 社会科学のアプローチに基づくコミュニケーションロボット・擬人化エージェントの設計に向けて一人間観察によってデザインされたロボットは「不気味の谷」を渡れるか?—. *電子情報通信学会誌*, Vol. 93, No. 12, pp. 1027–1033, 2010.
- [12] 岡田美智男. 弱いロボット (シリーズ ケアをひらく). 医学書院, 2012.
- [13] 岡田美智男, 松本信義, 塩瀬隆之, 藤井洋之, 李銘義, 三嶋博之. ロボットとのコミュニケーションにおけるミニマルデザイン. *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol. 7, No. 2, pp. 189–197, 2005.
- [14] D. Dennett. *Kinds of Minds: Toward an Understanding of Consciousness*. Harper Collins Publisher, 1996.
- [15] R. H. Thaler and C. R. Sunstein. *Nudge: Improving Decisions About Health, Wealth, and Happiness*. Yale University Press, 2008.
- [16] 伏木ももこ, 太田和希, 長谷川孔明, 大島直樹, 岡田美智男. ドライビングエージェント (namida<sup>o</sup>) におけるナッジ理論の応用について. *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol. 22, No. 4, pp. 443–456, 2020.
- [17] R. M. Ryan and E. L. Deci. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, Vol. 55, No.

- 1, pp. 68–78, 2000.
- [18] 湊本耕己, 長谷川孔明, 大島直樹, 岡田美智男. *Caug studio: 人の創造性を引き込む新しい自己拡張メディア*. *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol. 23, No. 3, pp. 277–286, 2021.
- [19] 長谷川孔明, 林直樹, 岡田美智男. *マコにて: 並ぶ関係に基づく原初的コミュニケーションの研究*. *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol. 21, No. 3, pp. 279–292, 2019.
- [20] 小野田慎平, 西脇裕作, 窪田裕大, 大島直樹, 岡田美智男. *子どもたちはときどきモノ忘れるロボット〈talking-bones〉とどのように関わるのか?—フィールドにおける調査結果とその考察—*. *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol. 23, No. 2, pp. 213–226, 2021.
- [21] 岡田美智男. *〈弱いロボット〉の思考—わたし・身体・コミュニケーション*. 講談社現代新書, 講談社, 2017.
- [22] Y. Yamaji, T. Miyake, Y. Yoshiike, P. R. S. De Silva, and M. Okada. *Stb: Child-dependent sociable trash box*. *International Journal of Social Robotics*, Vol. 3, No. 4, pp. 359–370, 2011.
- [23] K. Youssef, T. Asano, P. De Silva, and M. Okada. *Sociable dining table: Meaning acquisition exploration in knock-based proto-communication*. *International Journal of Social Robotics*, Vol. 8, No. 1, pp. 67–84, 2016.
- [24] C. Bartneck, T. Belpaeme, F. Eyssel, T. Kanda, M. Keijsers, and S. Šabanović. *Human-Robot Interaction: An Introduction*. Cambridge University Press, 2020.
- [25] Dražen Brščić, H. Kidokoro, Y. Suehiro, and T. Kanda. *Escaping from children’s abuse of social robots*. *Proceedings of the ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pp. 59–66, 2015.
- [26] H. Osawa, J. Mukai, and M. Imai. *Anthropomorphization of an object by displaying robot*. *IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pp. 763–768, 2006.
- [27] 上出寛子. *ロボットと人を繋ぐ human-object interaction*. *日本ロボット学会誌*, Vol. 41, No. 1, pp. 30–34, 2023.
- [28] ACM SIGGRAPH History Archive. *Luxo Jr. in “Light and Heavy” and “Surprise” by Lasseter and Stanton*, 2023.
- [29] B. G. Glaser and A. L. Strauss. *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. Aldine, 1967.
- [30] 大谷尚. *SCAT: Steps for coding and theorization—明示の手続きで着手しやすく小規模データに適用可能な質的データ分析手法—*. *感性工学*, Vol. 10, No. 3, pp. 155–160, 2011.
- [31] H. Fukuda and K. Ueda. *Interaction with a moving object affects one’s perception of its animacy*. *International Journal of Social Robotics*, pp. 187–193, 2010.
- [32] 鯨岡峻. *感性的コミュニケーションと身体*. *舞踊學*, Vol. 26, pp. 29–32, 2003.
- [33] 木野和代, 岩城達也, 石原茂和, 出木原裕順. *モノへの愛着の分析: 対人関係とのアナログによる測定*. *感性工学研究論文集*, Vol. 6, No. 2, pp. 33–38, 2006.

- [34] M. チクセントミハイ, E. ロックバーク=ハルトン. モノの意味: 大切な物の心理学. 誠信書房, 2009.
- [35] T. Uchida, H. Takahashi, M. Ban, J. Shimaya, Y. Yoshikawa, and H. Ishiguro. A robot counseling system: What kinds of topics do we prefer to disclose to robots? IEEE RO-MAN 2017, pp. 207–212, 2017.
- [36] H. Sacks, E. A. Schegloff, and G. Jefferson. A simplest systematics for the organization of turn-taking for conversation. *Language*, Vol. 50, No. 4, pp. 696–735, 1974.
- [37] S. M. Jourard. *Self-disclosure: An Experimental Analysis of the Transparent Self*. John Wiley, 1971.
- [38] P. C. Cozby. Self-disclosure: A literature review. *Psychological Bulletin*, Vol. 79, No. 2, pp. 73–91, 1973.
- [39] R. L. Silver and C. B. Wortman. Coping with undesirable life events. *Human Helplessness: Theory and Applications*, Academic Press, pp. 279–375, 1980.
- [40] S. Cohen and T. A. Wills. Stress, social support, and the buffering hypothesis. *Psychological Bulletin*, Vol. 98, No. 2, pp. 310–357, 1985.
- [41] J. W. Pennebaker and S. K. Beall. Confronting a traumatic event: Toward an understanding of inhibition and disease. *Journal of Abnormal Psychology*, Vol. 95, No. 3, pp. 274–281, 1986.
- [42] E. Hatfield. The dangers of intimacy. In *Communication, Intimacy, and Close Relationships*, Academic Press, pp. 207–220, 1984.
- [43] 丹羽空, 丸野俊一. 自己開示の深さを測定する尺度の開発. *パーソナリティ研究*, Vol. 18, No. 3, pp. 196–209, 2010.
- [44] C. Goodwin. *Conversational Organization: Interaction Between Speakers and Hearers*. Academic Press, 1981.
- [45] Y. Sejima, T. Watanabe, and M. Yamamoto. Analysis by synthesis of embodied communication via virtual actor with a nodding response model. *Universal Communication 2008*, pp. 225–230, 2008.
- [46] Y. Odahara, N. Ohshima, P. Ravindra, and M. Okada. Talking ally: Toward persuasive communication in everyday life. *Universal Access in HCI, LNCS 8010*, pp. 394–408, 2013.
- [47] C. Bartneck, D. Kulić, and E. Croft. Measurement instruments for the anthropomorphism, animacy, likeability, perceived intelligence, and perceived safety of robots. *International Journal of Social Robotics*, 2009.
- [48] 水本篤, 竹内理. 研究論文における効果量の報告のために—基礎的概念と注意点—. *英語教育研究*, Vol. 31, pp. 57–66, 2008.
- [49] Open Robotics. *ROS 2 Documentation: Humble*, 2024.
- [50] Google Cloud. *Google Cloud Speech-to-Text*, 2024.
- [51] M. Tomasello, C. Moore, and P. Dunham. Joint attention as social cognition. In *Joint Attention: Its Origins and Role in Development*, pp. 103–130, 1995.
- [52] S. Carey. *Conceptual Change in Childhood*. MIT Press, 1985.

- [53] 本所然, 長谷川孔明, 大島直樹, 岡田美智男. 社会的受容性を志向するロブジェクト概念の提案. ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 25, No. 3, pp. 203–218, 2023.
- [54] 肥田木遼, 本所然, 長谷川孔明, 大島直樹, 岡田美智男. ミニマルな聞き手性を備えたマイク型ロブジェクト〈Whimbo〉の提案. ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 25, No. 3, pp. 231–240, 2023.
- [55] 文部科学省. GIGA スクール構想の実現へ (リーフレット), 2020.
- [56] E. Anastasopoulou, N. Katsonis, M. Stavrogiannopoulou, C. Travlou, E. Mitroyanni, et al. The role of ICT in enhancing modern teaching practices in elementary schools. *Technium Social Sciences Journal*, Vol. 60, pp. 38–45, 2024.
- [57] E. Anastasopoulou, A. Tsagri, E. Avramidi, K. Lourida, E. Mitroyanni, et al. The impact of ICT on education. *Technium Social Sciences Journal*, Vol. 58, pp. 48–55, 2024.
- [58] G. Yakman. STEAM Education: An overview of creating a model of integrative education. *The Pupils' Attitudes Towards Technology Conference*, pp. 1–28, 2008.
- [59] 佐藤学. 教育方法学. 岩波書店, 1996.
- [60] 久保田賢一. 構築主義が投げかける新しい教育. *コンピュータ & エデュケーション*, Vol. 15, pp. 12–18, 2003.
- [61] L. S. Vygotskii., 柴田義松 (訳). 思考と言語. 新読書社, 2001.
- [62] 北澤武, 赤堀侃司. 教員養成における STEM/STEAM 教育の展望. *日本教育工学会論文誌*, Vol. 44, No. 3, pp. 297–304, 2020.
- [63] S. Papert. *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. Basic Books, 1980.
- [64] 古田貴久, 福島光洋, 市村昌之. 中学校「技術」におけるロボット教材の具備条件の相違と学習効果についての一検討. *日本教育工学会論文誌*, Vol. 25, No. Suppl., pp. 129–134, 2001.
- [65] 金田重郎, 木村泉, 尾関和彦, 嶋田和孝, 松原行宏ほか. プログラミング学習支援を目的とした教育用ロボットキットの開発と利用. *日本教育工学会論文誌*, Vol. 25, No. 1, pp. 27–37, 2001.
- [66] 西脇裕作, 板敷尚, 岡田美智男. ロボットの言葉足らずな発話が生み出す協調的インタラクションについて. *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol. 21, No. 1, pp. 1–12, 2019.
- [67] 工藤亘. teachers as professionals としての tap — 「指導者」と「指導者 (ファシリテーター)」 —. *教育実践学研究*, Vol. 16, pp. 23–44, 2012.
- [68] 小高良友. ブレインストーミング: 臨床社会学や文章作成法との関連で. *東海学院大学紀要*, Vol. 5, pp. 41–44, 2011.
- [69] R. S. Prawat and R. E. Floden. Philosophical perspectives on constructivist views of learning. *Educational Psychologist*, Vol. 29, No. 1, pp. 37–48, 1994.
- [70] M. Resnick. *Lifelong Kindergarten: Cultivating Creativity Through Projects, Passion, Peers, and Play*. MIT Press, 2017.

## 付録 A

# 〈Lumos〉 実験における SCAT 分析

4章ランプ型ロボジェクト〈Lumos〉を用いたインタラクション実験において実施した半構造化インタビュー 1-3 に対する SCAT 分析の過程を示す。

表 A.1 ユーザ A: インタビュー 1 の SCAT 分析過程

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目すべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するよるなテキスト外概念	(4) テーマ・構成概念
1	<b>(1回目と2回目のインタラクションでどのような違いがありましたか?)</b> 1 回目の方は、普通のライトのような感じで、ずっとこのような向きで照らしてくる感じで、2 回目は僕の顔を、っていうか、僕の方を向いてくれる感じ、ちゃんと僕の顔を認識してくれて、僕と顔を合わせさせてくれるような感じですかね。	1 回目の方は、普通のライトのような感じ / 2 回目は、僕の顔を認識してくれて僕と顔を合わせさせてくれるよう感じ	モノとしての認識 / 顔認知、顔追従 / 相互注視	振る舞いの変化 (原因) / 顔認知と顔追従 (過程) / 非言語コミュニケーション (結果)	モノとしてのメンタルモデルの構成 / 顔認知・追従の知覚 / 相互注視による非言語コミュニケーション
2	<b>(ロボットから何か意志を感じましたか?)</b> 僕とちゃんと顔を合わせようとするような意志っていうんですけど、ね、だから、僕が例えば別の方向をみたら、この子も、この状態っていうか、に戻ったりしていた	ちゃんと顔を合わせようとする意志 / 別の方向をみたら、この子も、この状態っていうか、に戻ったりしていた	相互注視 / 視点の変更 / 状態の可逆性	ユーザの動作 (原因) / ロボットの状態遷移 (過程) / コミュニケーション意志の知覚 (結果)	ユーザの動きに応じた状態・振る舞いの変化 / 相互注視しようとする (非言語) コミュニケーション意志の知覚
3	<b>(ランプの色も変化についてはどうでしたか?)</b> 色に関しては、この子が動いて僕の顔を見たりしたときに変わっているなっていう風には感じたんですけど、色の違いっていうのはあんまり、あ、この色だったからこの子はこういう感情をもっているのかなっていうのはわからなかったです。	この子が動いて僕の顔を見たりしたときに変わっている / この色だったからこの子はこういう感情をもっているのかわからなかった	色変化のタイミングを推察 / 色と感情の因果関係、不明	ランプの色変化 (原因) / ユーザの気づき (過程) / 因果関係の推測 (結果)	ユーザを注視した際に色変化 / 色-感情間の因果関係は認められず
4	<b>(ロボットが動き出したとき、印象の変化はありましたか?)</b> 1 回目はほんとに、さっきも言ったように普通のライトっていうような感じの印象だったんですけど、2 回目のほうは、僕がみたらこの子もこっちを向いてくれるみたいなの、意志っていうか生き物らしさっていうのは、2 回目の方が強く感じました。	普通のライトっていうような感じ / 意志っていうか、生き物らしさ / この子 / 2 回目の方が強く感じた	無生命 / 生命性 / 主体性を持つ / 性質変化への気づき	振る舞いの変化 (原因) / モノから主体性をもつ他者へ変化 (過程) / 生命性 (結果)	ユーザに志向を向け返す / モノと認識していたものが、意志を持つ存在へ変化 / 生命性

表 A.2 ユーザ A：インタビュー 2 の SCAT 分析過程

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目のすべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するよいうなテクスト外概念	(4) テーマ・構成概念
1	<b>(2回目と比べて3回目ではどのような違いがありましたか?)</b> 3回目の方は前の1, 2回目と比べて、より生き物らしさが増した感じ、具体的には1, 2回目よりよく動くようになった感じが、僕が向いている時に合わせてくれるみたいない印象を持っていました。この子が、今回は、僕が興味を示していない時でも、この子が勝手に動いて、で、僕が見た時には、ちゃんと顔を合わせてくれて、色も変わっていきなりして、より生き物っぽい動きをしているのかなと思いました。	より生き物らしさがまじった感じ / よく動くようになった / 興味を示していない時でも、この子が勝手に動いて	生命性の増大 / 振る舞いの頻度が増加 / 意識の外 / 自律 / 周辺視野における振る舞い	動作頻度の増加 (原因) / 周辺視野での動作 (過程) / 生命性の増大 (結果)	動作頻度の増加 / 意識を向けていないときも周辺視野で自律動作 / (1-3条件の中で) もっとも生き物らしい振る舞い
2	<b>(ロボットのうごきはとうでしたか?)</b> ずっと動いていけるのも、気疲れするとうか、僕が興味を示していない時は、ただのライトみたいな動きをいかかっていう感じですね。	ずっと動いている、気疲れする / 興味を示していない時は、ただのライトみたいな動きをしている方が都合がいい	連続動作 / 心理的負荷 / 煩わしさが無い	連続動作 (原因) / 心理的負荷 (影響)	振る舞いの頻度増加による心理的負荷 / モノ状態による煩わしさの緩和
3	<b>(ランプの色についてはとうでしたか?)</b> この3回目の方がいるんな色に変わっていったという印象があつて、より感情が豊かになったのかな。	いるんな色に変わっていった / より感情が豊かになった	多様な色変化 / 感情表現の豊かさ	ランプ色の変化 (原因) / 表現幅の拡大 (過程) / 社会性の増加 (結果)	多様なランプ色の変化 / ユーザに与える情報量の増加 / 会性の増加
4	<b>(ロボットに対する印象に変化はありましたか?)</b> 僕の印象としては、その1回目、完璧な、完璧なというか、本当にただのライトみたいなもので、その3回目より生き物に近い感じで、2回目はその中間でした。	1回目、本当にただのライト / 3回目より生き物に近い感じ / 2回目はその中間	モノ / 生物らしい存在 / 中間的存在	条件1-3 (比較) / 1: モノ, 2: 中間的存在, 3: 生き物らしい存在 (結果)	条件1-3の比較 / 条件1: ただのライト, 条件2: 条件1と3の中間的存在 / 条件3: より生物的な存在

表 A.3 ユーザ A: インタビュー 3 の SCAT 分析過程

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目のすべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するようなテキスト外概念	(4) テーマ・構成概念
1	<b>(ランプの姿をしたものが動いていることに対して、どのように感じました?)</b> 普通のライトとかと比べたらやっぱり生き物らしさっていうのが増えていると思うので、そういう意味でかわいらしさみたいなものを感じました。動いていることに対しての違和感とかはなかったです。	普通のライトとかと比べたら生き物らしさが増えている / かわいらしさ / 違和感とかはない	モノとの比較、生命性の増加 / かわいらしさ / 振る舞いの自然さ	ランプと Robject (比較) / 生命性、かわいらしさ (過程) / 受容 (結果)	モノにはない生命性、かわいらしさ / ランプが動くことを受容
2	<b>(違和感がないのはなぜですか?)</b> ライトとしての本質はあるじゃないですか、動くようになったからといって、そんなライトが全くないような動作とか、なんか光らなくなったとかはなかったのか、ただライトに違和感を感じなかったのかな、ただライトが動くようになったみたいなの、感じでした。	光らなくなったとかはなかった / ただライトがうごくようになった	ランプとしての機能は存在 / 無生物が動く	モノとしての機能 (原因) / 受容 (結果)	モノとしての本質や機能の一貫性 / ランプが動くことを受容
3	<b>(普通のロボットと比べてどうでしたか?)</b> もっと顔があるとか、腕があるとか、そういうロボットは、ちゃんと自分とロボットがずっとお互いを意識し合っているみたいな、例えばペッパーとかあるじゃないですか、自分から、こういう操作をすとか、声でこうして欲しいよとか、聞いた時にそのロボットからレスポンスがあるじゃないですか、というよりは、このロボットはペットに近い感覚なんですかね、自分が例えば本をよんだりしたい時は別に気にしなくてもいいけど、こっちが気にかけたときは、ちゃんとこの子もそれに応じて動いてくれるというか、そういう印象でした。	自分とロボットがずっとお互いを意識し合っているみたいなの / このロボットはなんか、ペットに近い感覚 / 本をよんだりしたい時は別に気にしなくてもいい	継続的な相互行為が必要 / ペット / 継続的な相互行為が不要	一般的なロボットと Robject (比較) / 継続的相互行為が不要 (原因) / 受容 (結果)	Robject は、継続的な相互行為が不要 / ペットのよう存在 / ユーザのペースで関わる





表 A.6 ユーザー B：インタビュアー 3 の SCAT 分析過程

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目すべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するようなテキスト外概念	(4) テーマ・構成概念
1	(ランプの姿をしたものが動いていることに対して、どのように感じました?) 2 回目 で初めて動いてるときも言いましたけど、最初は本当に体がビクッてなりました。1 回目の時は微動だにできなかったって言うのもありますけど、あんまり動く印象がないものなんです、やっぱりランプって、こういう駆動部みたいなものがあるんで動くんだと思うってましたけど、やっぱり実際動いたらビクとはなりました。	ビクッてなりました / あんまり動く印象がないもの / 動くんだけ / 実際動いた	驚き / ランプは動かないという常識 / 動作予測 / 動作状態への遷移 (過程) / 驚き (結果)	モノとしてのメンタルモデルの構成 (原因) / 動作状態への遷移 (過程) / 驚き (結果)	(モノは動かないという) 常識に反する動作による驚き
2	(驚いたということだったんですけど、その後かかわってみてどうでした?) こっちを見てくれた 2 回目の時は、ちょっと愛着みたいなのがあったりしましたけど、基本的に途中でそっぽを向いたりみたいなのもあったので、かわいげというか、大事にしたいみたいな気持ち持ちはそこまできなかつた。	ちょっと愛着みたいなの / そっぽをむいたり / かわいげというか、大事にしたいみたいな気持ち持ちはそこまできなかつた	少し愛着心を持つ / 志向性の逸脱 / 愛着心の減退	志向性の逸脱 (原因) / 愛着心の減退 (結果) / 少しの愛着心 (結果)	志向性による愛着 / 志向性の逸脱による愛着の薄れ
3	3 回目なんかは、ほんとにこっちの方を見ずにずっと視界の端で動いていただけだったので、鬱陶しいという気持ちの方が強かったかな。	視界の端で動いていただけ / 鬱陶しい	周辺視野での振る舞い / 心理的負荷	興味を獲得しない状態 / 振る舞い (原因) / 心理的負荷 (結果)	興味を獲得しない状態での振る舞いが与える心理的負荷
4	(普通のロボットと比べてどうでしたか?) ヒト型じゃない分、接し方みたいなところに戸惑いはあったかな。なんか未知のものというイメージがありました。ただ、こっちを認識してくれてるっていうのは、面白いかなって、普通のランプはこっちが一方的に操作するだけなんです。向こうがこっちを認識してるっていう感覚はちょっと面白いって感じはあります。	接し方みたいなところに戸惑い / 未知のものというイメージ / 一方的に操作するだけ / 向こうがこっちを認識してるっていう感覚はちょっと面白い	未知の存在との対峙 / 志向性 / 体験したことのない関係性	未知の存在との対峙 (原因) / モノが持つ志向性 (過程) / 新しい関係性をもたらす面白さ (結果)	未知の存在との関わりに対する戸惑い / モノとの新たな関係性をもたらす面白さ
5	ただ、ランプをこっちに向けちゃったりするので普通のランプとしてはちょっと扱いづらくなって、ロボットとして見た場合はこっちを認識してくれてるみたいな感覚はあったし、普通のランプとかよりは愛着はあるかな。	普通のランプとしてはちょっと扱いづらいつつこっちを認識してくれてるみたいな感覚 / 普通のランプとかよりは愛着はある	モノとの比較 / モノとしての機能性への疑問 / 志向性 / 愛着心	モノとの機能比較 (原因) / 志向性 (過程) / 愛着心 (結果)	モノとしての機能性への疑問 / 志向性による愛着心

表 A.7 ユーザー C: インタビュー 1 の SCAT 分析過程

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目のべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するよるなテキスト外概念	(4) テーマ・構成概念
1	<b>(1回目と2回目のインタラクションでどのような違いがありましたか?)</b> 1 回目は、特に、このように近づいたり、あと、手を振ったりしたりしても、何も反応がなかったら、普通の置物のライトのような感じだと思っていました。	近づいたり、手を振ったり / 何も反応がなかった / 普通の置物のライト	接近 / 反応確認 / 反応がない / モノとしての認識	インタラクションの試行 (原因) / 無反応 (過程) / モノとしての認識 (結果)	近づくと、手を振るなどのインタラクション試行 / 無反応なため普通のランプとして認識
2	2 回目は、その、近づいたり、離れたりと大体顔の位置についてくるように動いたりとか、色が変わったりしたので、まあ、結構あの、なんていうか、あ、こちらの行動に反応するとか、なんか、ライトで自身のことを表現するとか、インタラクションっぽいことができたなど感じました。	近づいたり、離れたり / 顔の位置についてくる / 行動に反応する	インタラクションの試行 / 顔に従する / 動作に反応する	インタラクションの試行 (原因) / 顔に従動作 (過程) / 応答性への気づき (結果)	近づくと、離れるなどのインタラクション試行 / 顔に従動作による応答性への気づき
3	<b>(動きから意志は感じましたか?)</b> それほちょっとわかりませんでした。	わかりませんでした。	動作による意図は不明確	インタラクションを通して得た判断材料では不十分 (結果)	動作による明確な意図は伝わらなかった
4	<b>(ランプの色についてはどうでしたか?)</b> 色の変化の方では、離れすぎると、こんな感じになるなって、多分人を認識していないのになって、あと、ときどきちょっとピンクっぽくなったり、明るさが落ちたりしてたんですけど、どういうときにそうなるかはわからなかったです。	離れすぎると、(モノの状態を指して) こんな感じになる / 人を認識していない	こんな感じになる / 人を認識しない	人を認識していない (原因) / 決められた状態に遷移 (結果)	人を認識しない場合、決められた状態へ遷移する
5	(ロボットに対する印象に変化はありましたか?) } そうですね、物とは違って意思疎通できるというか、まあ、となるとある程度自分が尊重するべき存在というか、なんかイヌとかネコみたいな感じがしますね。	モノとは違って意思疎通できる / ある程度自分が尊重するべき存在 / イヌやネコみたいな感じ	モノと異なり意思疎通が可能 / モノよりも尊重するべき存在 / イヌやネコに近い存在	意思疎通が可能 (原因) / モノより上位の存在 (過程) / ペットのよう存在 (結果)	意思疎通ができるためモノからペットに近い印象へ変化

表 A.8 ユーザー C：インタビュアー 2 の SCAT 分析過程

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目すべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するようなテキスト外概念	(4) テーマ・構成概念
1	(2回目と比べて3回目ではどのような違いがありましたか?) 2 回目は少し、1 回目より色が白っぽくなった。かみ、ちよっとピンクっぽくなったり、色が変わって、かつ顔の位置になんともなくついてくる感じだったんですけど、今回は色の変化が分かりやすくなったのと、色の種類が増えました。	色の変化がわかりやすい / 色の種類が増えた	色の明確な変化 / 色の種類が増加	色の種類が増加 (原因) / 色の変化が明確化 (結果)	色の種類が増えたこと / 変化が明確化した
2	(ロボットのうごきはどうでしたか?) 首が激しく動くようになっていて感じるようになりました	首が激しく動く	首の激しい動作	ロボットの比較と観察 (原因) / 首の激しい動作 (結果)	首の動作が激しくなる
3	(疲労感は感じましたか?) なんか忙しそうだなと感じました。見ていて自分がせわせない気持ちになるとかはないなりました。	忙しそう / 自分がせわしない気持ちになるとかはない	忙しそうに見える / 自身はせわしく感じない	客観的視点 (原因) / 心理的負荷はない (結果)	客観的視点に立って観察 / 心理的負荷は感じない
4	(ランプの色についてはどうでしたか?) 何かを探しているのになんか感じて、ちよっと意思を感じました。何をさがしているのか、まではわからなかった	何かを探している / ちよっと意思を感じました / 何を探しているのか、まではわからなかった	何かを探す / 意志を感じる / 具体的な指向対象は不明	探索行動 (原因) / 具体的な対象が不明 (過程) / 動作から意志を感じる (結果)	探索するような動作から意思を感じる / 具体的な対象は不明
5	(ロボットに対する印象に変化はありましたか?) そうですね、さっきまでは、お、動いたって感じなんですけど、お一元気だなーみたいな感じですね。なんかネコとイヌみたいな違いですね。	お、動いたって感じ / お一元気だなーみたいな感じ / ネコとイヌみたいな違い	動作頻度が少ない状態 / 動作頻度が増加 / 動作イメージを置き換える	動作頻度が低い (原因) / 動作頻度が高い (過程) / 動作イメージをペットへ置き換える (結果)	動作頻度が比較的低い / ロボット条件にはネコ、頻度が高い元気な犬をイヌに例える



## 付録 B

# 〈Omboo!〉 実験における SCAT 分析

4章ミスト型ロボジェクト〈Omboo!〉を用いたインタラクション実験において実施した半構造化インタビュー 1-3 に対する SCAT 分析の過程を示す。

表 B.1 ユーザ A: インタビュー 1 の SCAT 分析過程

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目すべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するよるなテキスト外概念	(4) テーマ・構成概念
1	(3 回の観察の中で、生き物らしく感じた順番について教えてください) 絶対に生き物らしさを感じてないのは、一番最後のなんですけど、まあ、そうですね。まあ、一番感じたのはその 2 番目かなくなっていうふうには思います。だからまあ 2, 1, 3	絶対に生き物らしさを感じてないのは、一番最後の / 一番感じたのはその 2 番目	無機物として認識 / 生物として認識	条件ごとの生命性の認識の差異 (結果)	生命性の違い
2	(2 番目に最も生き物らしさを感じたのはなぜですか?) 偶然かもしれないですけど、自分がこんちにはっていう時に自分が変わったような気がして、まあ偶然そのタイミングで変わったのかもしれないけど、なんか一番そういう意味で言うとなんか意思疎通できた感なんか自分の声に反応してくれた感があるなっていう感じです。	偶然かもしれないですけど、自分がこんちにはっていう変わったような気がして / 意思疎通できた感なんか自分の声に反応してくれた感がある	偶発性の示唆 / 声かけに対する反応 / コミュニケーションできた感	志向的な構えの示唆 (原因) / コミュニケーション意思の知覚 (結果)	ユーザの動きに応じた振る舞いの変化 / 意思疎通・反応してくれた感
3	(2 番目と 1 番目の違いは感じましたか?) なんか正直言うとなんか一も二もなんかが自分がそのタスクを成功したのかがなんかが分りづらかったっていうのがあって、なんか初めの練習の時、もう明らかに分りづらかったから、あれくらいわかりやすいかなと思ってたけど、そうじゃなかったのに、ちょっと難しさはあるけど、2 の方がタスクに対して反応してくれてたんじゃないかな。終わった後に感じたっていうのがある感じですね。	タスクを成功したのかがなんかが分りづらかった / 初めの練習の時、もう明らかに分りやすい止まり方	反応が曖昧 / インタラクション練習との差異	イメージとの違い (原因) / 振る舞いの意図が不確か (結果)	タスクに対する反応のわかりずらさ / 練習の時とのギャップ
4	(2 番目と 3 番目の違いは感じましたか?) 反応してくれてたような気は、今となったら思いませんね。	ちよっと難しさはあるけど / 2 の方がタスクに対して反応してくれてたんじゃないかな	困難 / 反応の違いへの気づき	振る舞いの比較 (過程) / 解釈の困難さ (過程)	各条件のタスクに対する反応の差異 / 解釈の多義性
5	やってる時って、すびい不安を感じてたというかっていうのがうんだから、ちよっと辛口目に回答しちゃった。(具体的に何か意思を感じましたか?) 意思ってわけじゃないけど、一番はミストが三か所がこうパツパツパツパツ出てくる感じで、結構同じ感覚でずつとやってくるけど、観察 2 の方が出方にバリエーションを感じたから、何かは訴えてるのかなっていうふうには感じます。	すびい不安を感じてすびい不安を感じて	振る舞いの回想	反応への気づき (結果)	反応してくれてた感
6	(2 番目と 3 番目の違いは感じましたか?) 意思ってわけじゃないけど、一番はミストが三か所がこうパツパツパツパツ出てくる感じで、結構同じ感覚でずつとやってくるけど、観察 2 の方が出方にバリエーションを感じたから、何かは訴えてるのかなっていうふうには感じます。	気がかり / 懸念	気がかり / 懸念	不安感 (結果)	インタラクションへの不安感
7	(2 番目と 3 番目の違いは感じましたか?) 意思ってわけじゃないけど、一番はミストが三か所がこうパツパツパツパツ出てくる感じで、結構同じ感覚でずつとやってくるけど、観察 2 の方が出方にバリエーションを感じたから、何かは訴えてるのかなっていうふうには感じます。	出方の種類が多様さ / 意思疎通を図る	出方の違い (原因) / 出方のバリエーションの知覚 (結果)	出方の違い (原因) / 出方のバリエーションの知覚 (結果)	ミストの出方のバリエーション / 意思の知覚

表 B.2 ユーザー A：インタビュアー 2 の SCAT 分析過程

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目すべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するようなテキスト外概念	(4) テーマ・構成概念
1	(ミストの第一印象について教えてください) 実験の説明の感じが何かしら起るんだらうなっていうのを感じて、どんな動きしてくれらるんだらうっていうのすごい。そっちの印象が強すぎて、この後どくれるかな? みたいなの、期待したいの、まあ印象で感じます。	何かしら起るんだらうなっていうのを感じて / そっちの印象が強すぎて、この後どくれるかな? 期待したいの、まあ印象	振る舞いの予想 / 見込み	実験概要の説明 (原因) / 振る舞いへの期待値の増大 (結果)	実験説明から予想 / 振る舞いへの期待
2	(観察を終えて印象の変化はありましたか?) 答えやすい順では 3 番が答えやすく、明らかに反応してくれてないというか、自分がやったことに対して明らかに止まってちゃんとかでタスクできてたよっていうの、完全無視みたいな感じで、本当にただの機械的な、絶対反応してくれないの、声をかけてるやばいやつなのかなっていうの、りながら感じたのが 3 番で。	明らかに反応してくれてない / ちゃんとタスクできてたよっていうのを伝えてくれるのか / 本当にただの機械的な	無反応 / 振る舞いへの見込み / 無機質	振る舞いに対する期待外れ (影響) / 無生物 (結果)	タスクをすることで期待する反応 / 機械的な
3	1 番と 2 番でタスクに共通してるのは、なんというんだらう。両方とも出なくなるタイミングがあったけど、自分の行ったタスクが成功したから止まったのか、規則的な意味で止まったのか判断が難しかったっていうか、タスクをやったり終わって止まってるけど、これどっちの止まりなの、止まりなりだらうっていうのが難しかった感じ。	両方とも出なくなるタイミングがあった / タスクをやったり終わって止まってるけど、これどっちの止まりなの、止まりなりだらうっていうのが難しかった	局所的な共通部分 / 振る舞いの意図の不明瞭さ・難しさ	共通項の存在 (原因) / 振る舞いの意図に対する難解さ (結果)	共通の出なくなるタイミング / 意図を読み取る難解さ
4	少なからず 2 番はなんか規則性はあってもタスクした後、偶然自分ではわかりきってないけど、違ったミスが出した方から、何かしら感じ取ってはくれてるのかなっていうのは、2 の方がタスクをやってる側としては分かりやすかったという印象。	二番はなんか規則性はあって / 何かしら感じ取ってはくれてるのかな / タスクをやってる側としては分かりやすかったという印象	反応の法則性 / 受け取ってくれている感 / 明瞭さ・理解しやすい	規則的反応 (原因) / 反応の違い (原因) / 意図の理解 (結果)	反応の規則性 / 意図の明瞭さ
5	(3 回目は期待はしなかったということですか?) そうですね、だから言うならこの机に話しかけてくる感じですかね。	机に話しかけてくる感じ	無に対する問いかけ	無反応 (原因) / 無に問いかけてくる感 (結果)	机に話してる感

表 B.3 ユーザ A: インタビュー 3 の SCAT 分析過程

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目すべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するよるなテキスト外の概念	(4) テーマ・構成概念
1	(ミストのような存在は日常生活のどのような場面にいてほしいですか?) この子だったらタスクでそういうコップ置いた時とかでもなんか反応したりしてくれるじゃないですか。	コップ置いた時とかでもなんか反応したりしてくれる	ユーザの動きに対する反応	志向的な構え (特性)	志向性を持ったエージェント
2	例えばだけけど一人でずっと作業してて、しんどいなと思ってる。一人だけで何か飲み物飲んで置いた時に一人で何か飲み物飲んで置いた時で反応してくれたら、なんかちょっと嬉しいかも。周りに人がいるときはそうでもないかもしれないけど一人の時間の時にいてくれたら嬉しいかもっていうふうに思います。	一人でずっと作業 / 一人で何か飲み物飲んで置いた時で反応してくれたい / 一人の時間の時にいてくれたら嬉しいかも	在宅作業 / 作業時間中 / ユーザの動きに反応 / 上機嫌	孤独感 (原因) / エージェントとのインタラクション (原因) / 幸福感 (結果・影響)	一人での作業中 / インタラクションに対する期待
3	(日常生活の中でミストにどのような役割を求めますか?) さっき言ったように、ちょっと一人の時間の時とか、少なからず、なんかアクシオンしてくれるっていうか、自分に対して何かを訴えかけてくれるっていうのはなんか嬉しいなっていう。しかも目の前にいてくれるって感じがすごい。	ちょっと一人の時間の時とか、少なからず、なんかアクシオンしてくれる / 自分に対して何かを訴えかけてくれる / 目の前にはない / 感じてくれるって感じがすごい。	作業中に何かしらの反応 / 意思疎通の試み / 身近な存在な感じ	振る舞いの変化 (原因) / コミュニケーションの意思の知覚 (結果) / 親近感 (影響)	何かを訴えかけてくれる嬉しさ / 目の前にいてくれる感
4	一人でずっと作業してて休憩しようとして、誰かとか話したりとか、コミュニケーションを取りたいってなった時に、電話とかしたらずにできるけど、やっぱり時間結構使っちゃったりとか、ちょっと一息ぐらいい感じしたいときに何かいいなっていう。	一人でなんかずっと作業してて休憩しよう / 時間ちょっと結構使っちゃったり / ちよっと一息ぐらいい感じ	作業中のブレイクアウト / 時間の消費	一次的なコミュニケーションが可能 (原因) / 対人コミュニケーションにおける時間消費 (原因) / 受容 (結果)	時間の消費 / ちよっと一息

表 B.4 ユーザー B：インタビュアー 1 の SCAT 分析過程

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目すべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するようなテキスト外概念	(4) テーマ・構成概念
1	(3 回の観察の中で、生き物らしく感じた順番について教えてください) 最後、えっと 3 回目、2 回目、1 回目、3 回目が一番生き物っぽい。	3 回目が一番生き物っぽい。	生命性の知覚	条件の比較(原因) / 生命性の知覚(原因)	生き物っぽい感
2	(3 番目に最も生き物らしさを感じたのはなぜですか?) なんだろう? なんかにちって言って言ったタイミングで吹き出した感じ、気のせいかもしれない。	こんなにちはって言ったタイミングで吹き出した感じ / 気のせいかもしれない	声かけへの反応の示唆 / 思い違いの可能性	振る舞いの変化の原因 / 振る舞いに対する疑惑(影響)	吹き出した感 / 反応への疑惑
3	(ミストから関わろうとする意志を感じた順番を教えてください) ええ、2 回目と 3 回目は、さっきのあの、どうしよう。2 回目と 3 回目はそんな違いが分かりません。	そんな違いが分からない	違いが曖昧	差異の理解の難しさ(原因) / 2 条件の同一視(結果)	2 条件の同一視
4	2 回目と 3 回目とその関わろうとしてきてる感じがあって、1 がそれよりもない。	コミュニケーション知覚の差異	振る舞いの変化(原因) / コミュニケーション意思の感受(結果)	わろうとしている感	関
5	(2, 3 番目と 1 番目ではどのような違いを感じましたか?) ちなみにミストの出方がそのさっき言った感じは、なんか 2 回目でもなんかあった感じがして、それがたまたまタイミング良かったのかかわかんないけど、ミストの吹き出方が違うぐらいいいかわかんないですね。	こんなにちはって噴き出した感じがしたっていうのは、なんか 2 回目は、なんかあった感じがして / たまたまタイミング良かった / ミストの吹き出方が違うぐらいいいかわかんない	声かけへの反応の示唆 / 偶然性 / 反応の種類 / 少なさ	反応の想起(原因) / 社会性の欠如(原因) / ユーザーの動きと反応の結果	声かけに対する反応の因果性 / 手がかりの少なさ
6	(タスクを通して変化は感じましたか?) 多分なんか噴き出す周期が若干違うようにも感じたけど、なんかそれも気のせいかなみたいな。	噴き出す周期が若干違うようにも感じた	反応の違いを知覚	吹き出る周期性の比較(原因) / 2 条件の違いの示唆(結果)	周期性の違い

表 B.5 ユーザ B：インタビュアー 2 の SCAT 分析過程

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目すべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するようなテキスト外概念	(4) テーマ・構成概念
1	(ミストの第一印象について教えてください) えっと観察前は、なんか弱めの加湿器ぐらいです。	弱めの加湿器ぐらい	製品をイメージ	モノとしてのメンタルモデル (結果)	加湿器として認知
2	他はなんかその加湿器だと思ってるから、ちゃんと吹き出さないことに加湿器としてちゃんと機能を満たしてない気がして、まあいいかなって感じ。	ちゃんと機能を満たしてない / まあいいかなって感じ	機能性の有無 / 必要性の有無	機能性の欠如 (原因) / 負の適応ギャップ (結果)	機能性 / 適応ギャップ
3	(3回を比較して良かったと感じたのは、1番目ということですか?) はい。				

表 B.6 ユーザ B：インタビュアー 3 の SCAT 分析過程

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目すべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するようなテキスト外概念	(4) テーマ・構成概念
1	(ミストのような存在は日常生活のどのような場面においてほしいですか?) 自分が一人で使う分には、ちゃんとは、ちゃんと一定にその加湿してくれる方が友達の家に来るとか? ちょっと遊びに来るとか、そういう時にこういうのがいたならなんか話のネタになりそう / なんか面白いね、みたいなの。	自分が一人で使う分には、ちゃんと一定にその加湿してくれる方がいい / 話のネタになりそう / なんか面白いね、みたいなの。	モノとしての期待 / 話題提供	求める役割の違い (原因) / コミュニケーションにおける第三項 (原因) / 三項関係 (結果)	機能に対する重要視 / 話題としての第三項
2	(日常生活の中でミストにどのような役割を求めますか?) それこそなんか、例えば「こんにちは」でびゅって出すとか、なんかしゃべってないときはしゃべりかけてないときはなんもしないとかって感じですかね。	「こんにちは」でびゅって出す / しゃべりかけてないときはなんもしない	振る舞いの変化 / 反応	ユーザの動きに対する反応について (総合)	声かけに対する反応
3	(一人の時は、そういう機能はいららない?) はい、いらなそうですね、今だってスマートスピーカーとかいろいろなものがあるって、天気何とか聞いたたら天気を答えてくれるから、ミストじゃ多分それが難しいんで。	今だってスマートスピーカーとかいろいろなものがあるって / 天気何とか聞いたたら天気を答えてくれるから、ミストじゃ多分それが難しいんで	他のロボットの存在 / ミストに対する期待の有無	ロボット毎に求める役割 (原因) / ミストの機能性・表現力のなさ (結果)	ミストの機能に対する可能性

表 B.7 ユーザー C：インタビュアー 1 の SCAT 分析過程

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目すべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するようなテキスト外概念	(4) テーマ・構成概念
1	(3 回の観察の中で、生き物らしく感じた順番について教えてください) えっと 3 番目, 1 番目, 2 番目の順番。				
2	(3 番目に最も生き物らしさを感じたのはなぜですか?) 顔を近づけた時にあの出る頻度が変わったりとか、あと、声かけた時に変わった、なんか喜んでるように見えたよ。うな気もして。	顔を近づけた時にあの出る頻度が変わったり / 声かけた時に変わった / なんか喜んでるように見えたよ。うな気もして	ユーザーの動きに対する反応 / 声かけに対する反応 / エージェントの気持ち	ユーザーの動き、声かけに対する反応の変化 (原因) / エージェントの気持ちを想像 (結果)	ユーザーの動き・声かけに反応 / 喜んでる感の発露
3	(どんなときに変化していると感じましたか?) まあ、出る頻度が変わったのと声をかけて、ちょっと出方が変わったなみたいな、あとコップを置いた時に止まったのかな? でなんか見てくれた感じが良かったですね。	コップを置いた時に止まったのかな / なんか見てくれた感じが	ユーザーの動きに対する反応の想起 / ユーザーに対する注視	ユーザーの動きに反応 (原因) / 注視を知覚 (結果)	見てくれる感
4	(ミストから関わろうとする意志を感じた順番を教えてください。) さっきと一緒にです。3 番目はこっちの動きに反応してくれてるのが全然普通の加湿器と違って、ちょっとなんかこっちは嬉しかったです。	普通の加湿器と違って嬉しかった	モノとの比較 / 感情の変化	加湿器に対するパラダイムシフト (原因) / 嬉しい (影響)	モノに対するパラダイムシフト / ポジティブ感情の発生
5	(インタラクシオンに際して何か試して見ましたか?) 手を近づけてみると、あとなんかかける言葉、うーん、そうですね、あと、まあ距離とか近くに行ったらどうなるかなとかやってやってみました。	手を近づけてみると、あとなんかかける言葉 / 距離とか近くから遠くに行ったらどうなるかな	別の行動をいくつか試行 / 声かけの試行	多角的な視点での試行 (原因)	多角的試行
6	(何か違いなどは感じられましたか?) そのミストの意図を全然は完璧に解かれたわけじゃないんですけど、違ってたんで、なんか向こうも感じの違いがあつたかなとか思いました。	ミストの意図を全然は完璧に解かれたわけじゃないんですけど、違ってたんで / 向こうも感じの違いがあつたかな	意図の解釈が不明瞭 / 振る舞いの差異を知覚 / 感じ方の違いに対する予想	反応の違いを知覚 (原因) / 反応の仕方が不明確 (原因) / 受け取り方の違いを予想 (結果)	解釈の不明瞭さ / 疎通性の示唆

表 B.8 ユーザ C: インタビュー 2 の SCAT 分析過程

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目すべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するよるなテキスト外概念	(4) テーマ・構成概念
1	(ミストの第一印象について教えてください) 普通に綺麗に出て、最初は全くその出方が変わるとか、片方からしか出ない時とかあるのが分からなかったんで、普通に最初見た時はまあ可愛い加湿器だと思って思いました。	最初は全く出方が変わるとか、片方からしか出ない時とかあるのが分からなかった / 可愛い加湿器	予想外の振る舞い / モノとして知覚	モノとしてのメンタルモデル (原因) / 振る舞いがあることへのギャップ	モノとしてのメンタルモデル形成 / 動きがあることへのギャップ
2	(観察を終えて印象の変化はありましたか?) 印象はめっちゃ変わって、ただ出るだけじゃなくて、出る場所が変わったりとか、ちょっとリズム取っているように見えたり / 普通の加湿器とは違うなって最初思ってたんで、でもこちらには俺は、楽しいなってちょっと俺がロボット好きだけかもしれないんですけど、思いましたね。	出る場所が変わったりとか、ちょっとリズム取っているように見えたり / 普通の加湿器とは違う / 楽しい	振る舞いの変化 / 特異性 / 好印象	加湿器との比較 (原因) / ポジティブな印象 (影響)	振る舞いの特異性
3	まあ、2個目はちょっと俺が感じ取れなかったかもしれないですけど、あんま動きが変わったのかわかんなくて、2個目はまあ普通の加湿器なんか感じて。	あんま動きが変わったのかわかんなくて / 普通の加湿器	変化が無い	不変性 (原因) / モノとして知覚 (結果)	イメージした通り
4	3つ目はこっちの動きにもっとなんか、最初よりも敏感に反応してくれたっていうか、この一個一個の動作にリアクションがあったんで、なんかただ、一人で加湿器使ってるっていう日常になんか、いつもの違いが生まれるのがすごい面白いなと思いました。	敏感に反応してくれた / 日常になんか、いつもの違いが生まれる	反応の良さ / 日常感の変化	ユーザの動きに対する反応 (原因) / 共生 (原因) / 非日常感 (影響)	ユーザの動きに対する反応の明瞭さ / 日常への変化
5	(1回目と3回目総はどちらの印象が良かったですか?) 3個目の方が良かったです。1個目が出る場所が違ったんで、俺がおる場所によって変えてくれたりとかなんか、なんか思ったんですけど、あんまわかんなくて、なんか変わってるのはわかったんですけど、こっちの動作の、何で変わったんやろうってのがあんまわかんなくて、	出る場所が違った / こっちの動作の、何で変わったんやろうってのがあんまわかんなくて	ミストのふぎ出方の違い / 因果性の紐づけが困難	ふき出る場所とユーザ位置との比較 (原因) / 意図の解釈が困難 (結果)	因果性の不明瞭さ
6	(1回目と3回目総はどっちの印象が良かったですか?) 3個目はこっちの動作に、あ、これをした時に変わってくれたとか、これをした時にこういって変わったっていうのが分かったんで、楽しかったです。	これをした時にこういって変わったっていうのが分かった / 楽しかった	因果性の理解 / 好印象	振る舞いの変化への納得 (原因) / 因果性の比較 (原因) / たのしい (結果)	ロブジェクト条件での振る舞いの因果性

表 B.9 ユーザー C：インタビュアー 3 の SCAT 分析過程

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目のすべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するようなテキスト外の概念	(4) テーマ・構成概念
1	<b>(ミストのような存在は日常生活のどのような場面にいてほしいですか?)</b> 本当に一人でも誰かと住んでも、加湿器をつけてミストが出るっていうのは、その加湿器っていうかミストを持ってたら普通のことか、なんですけど、それが自分の動きで出方が変わるとかかっていうのは、ちょっとくすくすってきたりとか、ちょっと口角が上がるというかほっこりするところがあるか、普通にとこいうところで普通に、日常の加湿器がこれやったら、あ、なんか面白いなって楽しいなって思いました。	普通のこと / ちよっとくすくすってきたりとか、 / ちよっと口角が上がるというかほっこりする	モノとしての普遍性 / 好印象	ミストに対するメンタルモデルの変化(影響) / 日常の変化(結果)	メンタルモデルが変容 / 日常の変化への期待
2	<b>(日常生活の中でミストにどのような役割を求めますか?)</b> そもそもそのミストにその部屋を加湿する以外の役割を求めたことがなかったんで、ちょっと難しいですけど、でもこれを通してなんか人と関わる部分はめちゃめちゃあっていいんじゃないかと思っちゃったね、すごいこっちはワクワクしたし、なんかいい経験だったんで、人と関わるミストがいてもすごいいいんじゃないかなって僕は思いました。	加湿する以外の役割を求めたことがなかった / ワクワクとした、なんかいい経験だ	モノとして機能の期待 / 高揚感	ミストに期待する役割(原因) / 非日常感(結果) / 愉しい(影響)	ミストに対するパラダイムシフト / インタラクシオンへの愉しさ
3	<b>(日常生活の中でミストと関わる場合関わる頻度はどれくらいになると思えますか?)</b> イメージなんですけど、なんか、よーし関わるぞって感じで関わるんじゃない、関わるスイッチ入れて関わるのと変わらないので、なんか自然とこっちは部屋で生活しているのになんかこっちは見てないときでも、ちょっと反応してるっていうかなんかふと見たら変わってるのがなんかいいかかって思いました。	こっちは見てないときでも、ちよっと反応してる / ふと見たら変わるのがなんかいいかな	意識外の反応 / わずかなつながり感 / 変化への気づきに対する好印象	自律した存在との共生(原因) / インタラクシオン(原因) / 共倫(結果)	共倫的な関わり



## 付録 C

# 〈Toi〉 フィールドワークにおける SCAT 分析

5章おもちゃ箱型ロボジェクト〈Toi〉を用いたフィールドワークにおいて実施した半構造化インタビューに対するSCAT分析の過程を示す。なお、インタビューを通して得られた質的データが多いため、分析過程を質問項目ごとに区切るのではなく、1ページに添付可能な分析単位に分割して提示する。

表 C.1 教員 A インタビューの SCAT 分析過程 1

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目のすべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するよいうなテキスト外の概念	(4) テーマ・構成概念
1	(教員の立場として本フィールドワークに関わった感想をお聞かせください。) 感想というかとりありあえず今の時点のところで、もう子供たちのチームはすごいですというところで、あの最初にね多分子供たちも喜ぶだろうなって思ってたっていうのとあともう一個、この最初に一番自分が心配してたのは色々準備していただいても扱い切れるかとか結局私もよくわかんないぞうとかそういうところもあって始めたんですけど、なんかもう子どもたちがすごいですね。	子どもたちのチームはすごい / 扱い切れるかとか結局私もよくわかんないぞうというところもあって始めた / 子どもたちがすごい	人気 / 取り扱い・技術的指導への困惑 / 手探り / 能力 / 気付き	教材を用いた指導への不安 (原因) / 手探り状態 (過程) / 能力の発揮 (結果) / 取り組みの人気 (結果)	新たな教材を用いた指導に対する不安 / 手探り状態での活動開始 / 子ども達の能力が発揮 / プームとしての認識
2	正直言って私も全然入る際もないぐらいな感じで、もうあの子たちの中で完結して、それで今4人とかのチームでやっているので、いい切っかけというか繋がる切っかけができたみたいですね。	私ももう全然入る際もないぐらいな感じができた	自立 / 主体的 / 結束力 / ソーシャルメディア	ソーシャルメディアエータ的役割 (原因) / 結束力の向上 (結果) / 自律的な活動 (結果)	(ToI) のソーシャルメディアエータ的役割 / チーム内の結束力の向上 / 教師に頼りすぎない自律的な活動
3	私が今やっているのは時業の中ではあんまり時間上げてなくて一番最初の一回目が終わってからはあの1時間とか2時間とか、でもその辺も子どもたちがもう「先生どうしてもその時間をください」って言うふうで子どもに頼まれ、そうやってみんなで活動できるならいいけどねって渡すともうあの子たちが時間が欲しくてやるから、プログラムミング部隊と、あと衣装とかでも基本的には長放課、そと作って行ってきて、であと基本的には長放課、その、2時間と3時間目の間の20分くらいのちよつと長めの放課があって、で、その時間はやってもいいよとかかっていふうで、時間があるからねっていうともうパソコン室が開いてたらもうすぐ「今日これやるね」とかって自分たちで計画を立てて、でもあの時間をオーバーしたらもうやらせないよって言ってるので、絶対時間に合わせて帰ってくるし。	「先生どうしてもその時間をください」って言うふうで子どもに頼まれ / みんなで活動できるならいいけどねって渡す / プログラミング部隊と、あと衣装とかは / 自分たちで計画を立てて、 / 絶対時間に間に合わせて帰ってくる	主体性 / 積極性 / 働きたけ / 課外活動の認可 / 役割意識 / 計画性 / ルールの遵守	積極性 (原因) / 活動時間の確保 (結果) / 計画性と役割意識 (影響) / 規範意識の醸成 (影響)	生徒からの積極的な働きかけ / 課外活動として時間を確保 / 計画性、役割意識、規範意識の醸成

表 C.2 教員 A インタビューの SCAT 分析過程 2

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目すべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するようなテクスト外概念	(4) テーマ・構成概念
4	<p>(先生主導の活動ではないということでしょうか。) そう、正直言って私、あんまりよくわかんないです。なんかあの色んなセンサもそうだけど、私はもうまったく分からずに最初にあの、一緒にみなさん作ってたじゃないですか、その時点から私はもう「あ、無理だな」と思っています。もうあの子たちがどんどん飲み込んで、その、ね、わかってやってくる感じがすごくて、で、あの資料も頂けたじゃない、あれも一応あの班に1個づつ準備をしておいたら自分たちで見ても必要な時は、どこかに書いてあったけ、とか言いながら、すごいです。</p>	<p>なんかあの色んなセンサもそうだけど、私はもうまったく分からず / その時点から私はもう「あ、無理だな」と思っています。 / ずっとこうやって観てたけど、もうあの子どもたちがどんどん飲み込んで / わかってやってくる感じがすごくて / 自分たちで (資料を) 見て必要なときには / すごいです。</p>	<p>技術的要素 / 不完全な理解 / 観察 / 立場の変化 / 主体的学習</p>	<p>技術的要素への理解の不完全性 (原因) / 観察する立場への変化 (過程) / 子ども連の主体的な学習 (結果)</p>	<p>技術的要素に対する理解の不完全性 / 指導方針に関するパラダイムシフトが / 「教え導く立場」から「学びを守る立場」への変化 / 資料を用いた主体的な学びや試行錯誤</p>
5	<p>(長い資料なので驚きです。) なんか必要なのは、みないな感じです。普通にやってみて、センサとかあの辺の話になったら、「え、どっかに書いてあったけ」とか、最近でいうと、それこそ、来てくれた2回目の時の前ぐらいにそれこそ糸が切れちゃった班があったでしょ、で、どうするか言ったらもうなんかとていうふうだったと思う。(実名なので後で消すかも) っていう子がひたすら資料とかを見ながら、「たしかこういうふうだったと思う。」とかって、で、全部やりきって「先生行きました！」ってしてきたりとかして、もう、子どもたちのね、すごい、あの私の思っていたこの範囲じゃなくて、すごいなんか才能じゃないけど、力を発揮できたそういう機会だったのかなと思います。</p>	<p>資料を見ながら、「たしかこういうふうだったと思う。」 / 全部やり切った。 / 私の思っていた範囲じゃなくて / 力を発揮できたそういう機会だった</p>	<p>試行錯誤 / 目標の達成 / 想定を超え / 能力の発揮</p>	<p>活動中に生じる問題 (原因) / 試行錯誤 (手段) / 想像の超越 (結果) / 力の発揮と問題の解決 (結果)</p>	<p>問題に対する試行錯誤 / 想定を超える力の発揮</p>

表 C.3 教員 A インタビューの SCAT 分析過程 3

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目すべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するよくなテキスト外概念	(4) テーマ・構成概念
6	<p>(ワークシヨップ前に行った国語の授業「弱いロボットだからできること」ではどのようなことを意識されたのでしょうか。) そうですね、あの、まあそれよりももつと前の時点で、あの昨年までで訪問させてもらった先輩たちが、っていうか去年の卒業生がいて、結構みんな知ってるんです。で、結構みんな知ってるんです。で、うちのクラスにあの子たちの兄弟が何人もいます。みんな知ってて、だから、ちらちらとそこの代々の話をしたら、あ、知ってる知ってるみたいなの、それこそテレビに出てたよねもそうだけど、</p>	<p>昨年までで訪問させてもらった先輩たちが / 結構みんな知ってます。 / あの子たちの兄弟が何人もいます</p>	<p>バックグラウンド / (弱いロボット) 見学 / 認知 / 兄弟からの伝達</p>	<p>(原因) / 兄弟への情報伝達 (過程) / (弱いロボット) に対する認知 (結果)</p>	<p>過去に学校行事として見学に訪れた兄弟からの間接情報 / (弱いロボット) に関する認知度</p>
7	<p>で、あの文書も国語の授業って言いながら正直いって一学期、全く余裕がなくて、取り敢えず一回読んでみます。もう読んでいただけでもうあの食いつくというか、「何なのこれは」とかっていうところから、じゃあこれ見たいとかってという、あの去年までの子たちも同じなんですけど、一回もうだから国語としてというよりは、一回もう全部読んでから、ちょっと見てみる？って言うて、であの実際のロボットたちの動画とか、YouTube にあったりとかするじゃないですか、その辺をこういうのもあるんだよ！っていう風で紹介して子どもたちに見せました。で、すごい興味津々でっていうところで一度終わり、で、あの見に行きたいっていう話がたくさんあって、「じゃあ実際に作ってみる？」みたいなその話をした上で、だっただけで、わあっていい言いながらあの子たちの中でも実際に作ってみるまであの木の板からとか、そこまでっていうのは全然想定していなかったみたいなんですけど、っていう風で、なので国語の授業でっていうのももう一回教材を読んで、色々な紹介の動画を見てっていう、もうそこまです。それで、ロボットを実際に自分たちで作ってみるっていうところで来てくださったロボット制作だったわけですよ。</p>	<p>もう読んでただけで食いつく / 「何なのこれは」とかっていうところから / 国語としてというよりは、一回全部読んでから、ちょっと見てみる？って言うて / もうすごい興味津々で / 「じゃあ実際に作ってみる？」みたいなの話をした上で、だっただけでわあっていい言いながら</p>	<p>テーマに対する関心 / 事前準備 / 通常授業との違い / 映像中心の授業 / 導入 / モチベーションの向上</p>	<p>事前知識による関心の高さ (背景) / 映像中心の学習 (原因) / モチベーションの向上 (結果)</p>	<p>特別授業に向けた導入 / 普段は行わない映像紹介を中心とした授業 / 子供たちの興味やモチベーションを引き出す</p>



表 C.5 教員 A インタビューの SCAT 分析過程 5

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目すべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するようなテキスト外概念	(4) テーマ・構成概念
11	<p>第2回ワークショップにおいて子どもたちとロボットとの関わりに変化はありましたか。1回目が終わったからの2回目までの間で実際にあの時間をもらったからその間に自分たちで試してみても、困りごとがいっぱい出てきたんですね、相談させてもらったりとかもあつたんですけど、だからあそこまでの時間があったから、次の時まではどうしようっていうふうで、あとは今度来たときにロボットの発表会だよっていうふうにしたので、次にその見せる姿をどうしようかになっていくのをずっと考えて、でもうまくいかなかったからその辺の自分たちのイメージとかこうしたいなっていうのがやっとなんか見えてきたっていうふうで、</p>	<p>困りごとがいっぱい出てきた / 次にその見せる姿をどうしようかになっていくのをずっと考えて、でもうまくいかなかった / 自分たちのイメージとかこうしたいなっていうのがやっとなんか見えてきた</p>	<p>問題点の顕在化 / 試行錯誤 / 失敗 / 明確化</p>	<p>問題点の顕在化 (原因) / 試行錯誤と失敗 (過程) / 方向性の明確化 (結果)</p>	<p>問題点の顕在化 / 試行錯誤と失敗の繰り返しの中で次第に方向性が明確化</p>
12	<p>1回目だけだとまだ作って見たんだけど、実際にじゃああっていうところまでまだわかりきっていないところがある、本当にあのうちの学校にそれこそ置いてくださって結構毎日のように放課、そのプログラムとか色々をいじったりとか子どももこうやって考えて毎日この積み重ねがあつてからの、で必要なのがすごく、あと2回目、ただ2回目じゃない、それまでの積み重ねがすごく、でそこでアドバイスしてくださったのと、あと2回目の時に、なんか新しいのをいっぱい持ってきてくださってましたよね。</p>	<p>実際にじゃああっていうところまでまだわかりきっていないところがある / 結構毎日のように放課、そのプログラムとか色々をいじったりとか子どももこうやって考えて毎日この積み重ねがあつてからの、で必要なのがすごく、あと2回目、ただ2回目じゃない、それまでの積み重ねがすごく、でそこでアドバイスしてくださったのと、あと2回目の時に、なんか新しいのをいっぱい持ってきてくださってましたよね。</p>	<p>不明確 / 毎日の活動 / 積み重ね / プログラム / 試行錯誤 / 学習 / 学びの促進</p>	<p>方針の不明確性 (原因) / 日常的なプロジェクト活動 (過程) / 学びの促進 (結果)</p>	<p>活動の方向性が不明確 / 日常的なプロジェクト活動を通して問題が顕在化 / 第二回特別授業での学びの促進</p>

表 C.6 教員 A インタビューの SCAT 分析過程 6

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目すべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するようなテキスト外概念	(4) テーマ・構成概念
13	(AI カメラなどなどですよね。) あ、そうそうそうそう。そういうのもまた新しいその 1 個それをもう頂けて、もううだから、あの子ども前回からできなかつたところを直しての次かなと思ったり更にはレベルアップしてからは、そう、ワクワクが止まらない感じで、あれもだから見てて驚沢だと思って、私は傍から見ているので、センサもいっぱいあって、色々と道具箱も貸してくださるじゃないですか、で、私はもう全然よくわかんないですよ、でもただけどと思いが、で子供たちが振ると子供もたちの方がわかって、これはこうだからねとかかというふうで教わったりだとか。	更にレベルアップしてから / ワクワクが止まらない感じ / 私は傍から見ているので / 子どもたちの方がわかって、これはこうだからねとかかかってふうで教わったりだとか	高度な要素 / 期待感 / 学習の観察 / 主体的な学び / 子どもたちから教わる	内容の高度化 (原因) / モチベーションの向上による主体的な学び (過程) / 教師 - 生徒の「並ぶ関係」 (結果)	AI カメラなどの高度な要素の追加 / モチベーションの向上が主体的な学びを引き出す / 子ども達からも教えてもらうことで「共に学ぶ関係」へと変化
14	で、ちよっと話展るんですけど、その 1 回目と 2 回目の間の時に、じゃあ言って言ったときに、例えばあの充電機をどうするか、あの辺もなんか、意外と正解がありそううで、ちよっとよくわからずに子供たちと、あ、これじゃないとか色々試しながらやって / こっちも考えられる機会があったというふうになんかこっちも考えられる機会があったっていうのは大きかったですね。	子供たちと、あ、これじゃないとか色々試しながらやって / こっちも考えられる機会があったのは大きかった	挑戦 / 試行錯誤 / 並ぶ関係 / 思考する機会の重要性	思考する機会の提供 (原因) / 試行錯誤 (過程) / 教師 - 生徒の「並ぶ関係」 (結果)	活動を通して思考機会が提供される / 教師と生徒が一緒に試行錯誤する「並ぶ関係」へと変化
15	ただね、1 回実はハーブニングがあって、あの充電したんです。その充電コードとかその辺で、教室でやってたからちよっと使い過ぎたかなみたいな時があって、でもそれはパソコン室でやれば全部解決する話だ、でもそれはもう色々経験してやっぱ電気をそうやって使ってるんだねとか、そういうね、色んな別の勉強にもなった感じで、	1 回実はハーブニングがあったって、あの充電したんです / パソコン室でやれば全部解決する話だった / 色々経験してやっぱ電気をそうやって使ってるんだねとか / 色んな別の勉強にもなった	失敗 / 活動場所の移動 / 他教科への学びの発展	活動中の失敗 (原因) / 運用方法についての工夫 (結果) / 学びへの昇華 (結果)	活動中にブレカーが落ちるハブニングが発生 / 失敗として終わらせず運用方法を工夫 / 他教科の学びへと発展

表 C.7 教員 A インタビューの SCAT 分析過程 7

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目すべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するよるなテキスト外概念	(4) テーマ・構成概念
16	(学びが広がっていくということですね。) そう、ロボット作りだけじゃなくて、そのための色んな別のことがたくさんあったりとか、っていう感じですね。だから、もう楽しくてしょうがなくて。	ロボット作りだけじゃなくって、そのための色んな別のことがたくさんあったりとか / 楽しくてしょうがない	付随活動 / 楽しさ / 意欲	〈Toi〉制作の付随活動(原因) / 教育環境における喜びと情熱(結果)	付随活動にも教育的価値が発生 / 教育環境における喜びと情熱
17	私よりも子どもたちの方が、しかもあのロボットたちを名前で呼ぶんですよ。「先生、パピ(ロボットの名前)がどうこうで…」とか。私もちょっとわかんなくなってるんですけど、でもあの子どもたちはもうわかってる。あの、本当にもう一員で、それこそ、ちよっとこの次の話になっちゃうと、最後修式式のときにクラスみんな写真撮るかねという風で写真撮ったんですけど、で、そこにロボットも入るってパソコン室からみんな連れてきて、もうだからクラスの人数増えたね、みたいな感じで。	ロボットたちを名前で呼ぶんですよ / 本当にもう一員で / クラスの人数増えたね、みたいな	志向的な構え / 愛着の発現 / 仲間意識	擬人化と愛着の発現(過程) / 一体感の形成(結果)	〈Toi〉に対する擬人的認識と愛着 / クラスの一員としての仲間意識
18	(子どもたちからするとクラスの一員ということなのでしょう。) だいたいそうですね。あのそう、まあクラスメイトっていうか…。なんかね、言ってたのが、中学校まで一緒に生きていていて、いやまだ来年度あるよみたらもう大分とんだなと思って。いやまだ来年度あるよみたらもう大分とんだなと思って。でもいろいろ聞いて一緒に連れていきたい」とかって、でもいろいろ聞いて一緒に連れていきたい」とかって、もう言い出せないなって、もうそれぐらいいね、なんかずっと一緒にいるものだと思ってる感じが。	中学生まで一緒に生きていたって言うてる子いました / 「もうすぐ終わらだぞ」が、もう言い出せない / ずっと一緒にいるものだと思ってる感じが	強い仲間意識 / 愛着 / 共生 / 友達	親密度の上昇(原因) / 共生意識の発現(結果)	「中学生まで一緒に生きてきたい」と述べた例から感じとれる愛着心と共生意識

表 C.8 教員 A インタビューの SCAT 分析過程 8

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目すべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するようなテキスト外の内容	(4) テーマ・構成概念
19	それで、次のその2回目の次の話になっちゃうと、今ちよ うど本当に暑くって、あの放課が、あの休み時間、外で 遊ぶのがもう禁止だったんですよ。ずっとあの熱中症あ の、で、外に行けないよっていうのもちよいどいい機会 だったってのもあるんですけど。最後のほうであの同じ 学年の子たちにも、実際にロボットを使わせてあげてっ ていうのは私の能力的にもむりだったので、ほかのクラ スも同じように国語の教科書を読んだのと、あと映像と かを見せてっていうのはやりましたよ。で、あの今そ したらなんか、2組の先生やってるやつだよ、とか言っ てて、で、放課に見に来てもらっても良いよって言ったら、もう 何回も何回もこうやって見に来てるとかいて、で、「か わいいかわいい」とかってふうに言いながら、ほかのク ラスにもファンができて、	もう何回も何回もこう やって見にくる子とか いて / 「かわいいかわ いい」とかってふうに 言いながら / 他のクラ スにもファンができて	見学 / リピーター / クラス間交流 / かわい さ / 他クラスのファン	ロボットの「かわいさ」 (原因) / 定期的な見学 (結果) / ロボットの ファン (結果)	〈Toi〉を媒介としたク ラス間交流の促進
20	<b>(ワークシヨップに参加した生徒とそうでない生徒で違 いはありましたか。)</b> うーん、違いか、まあでも、クラ スの子たちで言うところだと本当は一緒でござるって いうか、自分たちの作ったロボットだし、それこそ外見っ ていうかね、その飾りとか、そうそういうのもなんか自 分たちで色々考えてかわいくしている、っていうのもあ るから、もうなんか愛着のわき方っていうのもだいいっ くて、それで他の子たちも、「うわ、かわいい、かわいい」っ て見に来る分にはすごい何回も見に来るファンがいるく らいではあるの。でもまあ、うちの子たちはもうなん か、私よく、口癖で「うちの子」っていてクラスの子の 子こと言っちゃうんですけど、で子たちもそのロボット に対して「うちの子」みたいで、「うちのこの子たち」っ ていうイメージがあるみたいで、だから、みんなに自慢 したい。見てほしい。関わってほしい。で可愛さを伝え たいっていう。	一緒に過ごしてるとっ ていうか / 自分たちで 色々考えてかわいくし ている、っていうのも あるから、愛着のわき 方っていうのもだいいっ 強くて / ロボットに対 して「うちの子」みた いに / みんなに自慢し たい。見てほしい。関 わってほしい。で可愛 さを伝えたい	日常的な活動 / 愛着 / 家族的な一体感 / 誇り / 共有したい欲求	ロボットとの共生 (原 因) / 制作や試行錯誤 (原因) / 強い愛着意識 の醸成 (結果) / 感情 的な繋がりの表出 (結 果)	〈Toi〉と日々時間を共 有しながの開発や装飾 / 強い愛着意識の醸成 / 感情的なつながり

表 C.9 教員 A インタビューの SCAT 分析過程 9

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目のすべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するようなテキスト外概念	(4) テーマ・構成概念
21	<p>で、もう一個、実は二学期の話があって、前、教室でやった時に、とにかく動画をとってもいいよっていう風で、タブレットもかえられたので、おうち方に見せたいってことで動画をとって見せたりとかしてたんです。で、直接見せたいよねとか、持ち帰りたいよねって子どもいたくないんです。 / 授業参観あるんですよ。そこで発表会やっちゃおう？みたいな話になり。</p>	<p>直接見せたいよねとか、持ち帰りたいよねって子どもいたくないんです。 / 授業参観あるんですよ。そこで発表会やっちゃおう？みたいな話になり。</p>	<p>家庭内での使用 / 興味 / 授業参観で発表会 / 活動の広がり</p>	<p>愛着心 (原因) / 教室内で完結しない活動の広がり (結果)</p>	<p>〈Toi〉への愛着心を要因とする活動の波及</p>
22	<p><b>(活動が広がっていて素晴らしいです。)</b> でも、私結構任せちゃうんですね。子どもに、それがでかいかもしれなくて、あのやっばいよじゃないけど、本当言うとその、危ないから、ちょっとなんか、こっちは心配だから制限をね、いっぱい設けたりするんですけど、放課の活動なんかまったく見てないですけどね。でも自分たちで、その時間のなかでやり繰りして、約束守らないとやれないから、自分たちで約束守ってちゃんとやるとか。</p>	<p>私たぶん結構任せちゃうんですね。子どもに、自分たちで、その時間のなかでやり繰りして / 自分たちで約束守ってちゃんとか。</p>	<p>権限移譲 / 委ねる / 管理能力 / 信頼感 / 計画性 / ルールの遵守</p>	<p>信頼感 (原因) / 権限移譲 (過程) / 管理能力の養成 (結果)</p>	<p>委ねることの重要性を認識 / 子ども達の活動を尊重 / 自主性やルール遵守精神が養成</p>
23	<p><b>(任せることも重要な要素かもしれないね。)</b> そうですね。まあ、そこで悪さする雰囲気もないし、そんな悪さができるような対象ではないっていうか、なんせあの子どもたちが可愛いわかっていうのが一番なので、それが十分わかっていて、自分たちだけで、</p>	<p>悪さをできるように対象ではない / 可愛いから大事にしたいっていうのが一番なので、それがわかっていて、自分たちだけで、</p>	<p>安心感 / 大切にしたい気持ち / 愛着 / 自由な活動の許可</p>	<p>〈Toi〉への愛着心 (原因) / 〈Toi〉の安心感 (結果) / 活動の尊重 (結果)</p>	<p>〈Toi〉に対する愛着心 / 「悪さができる対象ではない」という安心感 / 自由な活動の尊重</p>

表 C.10 教員 A インタビューの SCAT 分析過程 10

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目のすべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するようなテキスト外の概念	(4) テーマ・構成概念
24	<p>(ロボットと触れ合う機会はどれくらいの頻度でしたか?) 一学期の末でいうと、水泳があったりかしたのて、放課がうまく使えなかったりして、さっき言った二時間目と三時間目の放課と、お昼の掃除の後の放課もちょっと長めなので一日に2回色々やったりかしてました。であの、別の部活の集まりとかでやれなかつたりしたのはあるんですけど、でも基本は毎日なんですけど。やれない日があると、一週間あの懇談会があったり放課がないからやれなかつたよとか。</p>	<p>一日に2回色々やったりかしてました。 / ても基本は毎日なんですけど。</p>	<p>高頻度 / 毎日の活動</p>	<p>毎日2回程度の活動実施 (総合)</p>	<p>基本的には毎日 / 1日2回程度の実施</p>
25	<p>(活動の中で特徴的なエピソードなどがあれば教えてください。) 触れ合い方か…。まあでも、あのパソコン室に置いておいたりとか。最初の方は教室に置いておいたりとかもしてたんです。であの、見てくれも色々変わっていったりとかもあるし、で、なんかそれもお互いにくうやっているといる「あの班の誰々ちゃん(ロボットのこど?)」とかかみんで話しながら、</p>	<p>みてくれとかも色々変わって行ったりとか / お互いにくうやっているといる「あの班の誰々ちゃん(ロボットのこど?)」とかかみんで話しながら、</p>	<p>外観 / 変遷 / 班同士の相互作用 / 影響</p>	<p>相互作用 (原因) / 外観の変遷 (結果)</p>	<p>班同士で影響を及ぼしあう / 外観が変遷</p>
26	<p>けんかもしてましたよ、1回目のとき終わってから、2回目のときに、次の(プログラム)をやるときには消しちゃわずに新しいプロジェクトでやってねって言ってくれたじゃない、あれで、1回目の時に自分が作ったプログラムを他の子が上から書き換えちゃって、一人泣いてました、みんなでもやってるんだからさういうときもあるじゃないって言ってたけど、それはそれで、またいい機会だったなっていう。みんなでもやってるんだからさういって、別のまた作ればいいじゃないやんって、自分のものだけにしないよ、とかって言いながら、おもちやの取り合いじゃないけど、とかそんな話もなんかいるし、その子はその子でまたちよっと自分自身もちよっと反省して、ね、情緒的なところもです。</p>	<p>けんかもしてました / みんなでもやってるんだからさういうときもあるじゃないやんって言ってたけど、それはそれで、またいい機会だったなっていう。 / おもちやの取り合いじゃないけど / 情緒的なところもです。</p>	<p>活動中の衝突 / 協同 / 情緒的教育</p>	<p>協同的な活動 (背景) / 衝突 (原因) / 情緒的教育機会 (結果)</p>	<p>協同的な活動の中で起きる衝突 / 情緒的教育機会を得る</p>

表 C.11 教員 A インタビューの SCAT 分析過程 11

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目すべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するようなテキスト外の概念	(4) テーマ・構成概念
27	(チーム学習の良いところが出ているというところでしようか。) 4人だから人まかせにできない。まあでもそうやって言いながらも、一番のめりこんでいる子と、やっぱりチームの中で色んな差はあったりとか、全員が100好きかっていったら、まあ、嫌いではないんだけど、もちろん他で遊ぶことが好きな子もいるし、全然それはそれで丸なんだけど。ただ、「うちの口ポットは…」とか。	4人だから人まかせにできない。 / やっぱりチームの中で色んな差はあったりとか	当事者意識 / 意欲の差	当事者意識の醸成 (結果) / モチベーションの差 (結果)	当事者意識が醸成される一方でモチベーションの差も発生
28	(チーム学習は小学校では結構取り入れられているのでしようか。) ほんとにここ何年でスタートしたみたいないない感じが。昔で言う一斉授業は、中国の山間部とか向こうの方でしかやっていないとかって話も色々あって。だから例えば国語も、昔みたいに普読を一人ずつ順番に回したりは私はもうやってなくて、チーム読みとわかって言ってる、四人で取り組んで、自分たちでよんで終わったら、じゃあ次行きましょう、みたいな感じ。参加度がやっばり上がったりと、一番はもうチーム学習は「ねえ、これできた？」とか、「分かった？」と喋り合えるから。テストで点数を取るだけじゃないっていう。で、困ったときに聞けるとかそういうことを大事にしようみたいな。	何年かでスタートしたみたいないないない感じが。 / 参加度がやっばり上がったりと / チーム学習は「ねえ、これできた？」とか、「分かった？」とかそうやって喋り合えるから。	新しい取り組み / 参加度の上昇 / コミュニケーションの活発化	チーム学習の実践 (原因) / 参加度の向上 (結果) / コミュニケーションの活発化 (結果)	チーム学習を实践 / 有機的な取り組み / 参加度向上やコミュニケーション活発化などの面白さ
29	(教室で机が4つ向かい合っていたのが印象的でした。) 普段をあれにすると、最初は勇気がいったんですけど、でも私それを一番最初に結構やって、だから朝登校したら、あ、おはようって言ってあの状態ですわ。必要があるときだけ前を向くみたいな、すごいやってみて面白いし、やっばりいいなって。ただしその分、チームの組み方はすごいこっちは配慮するんですけど、あの昔みたいにくじびきの席替えなんかはもうやれない。で、そう学級診断、子どもたちの人間関係の診断の結果見てこっちが組む。	普段をあれにすると、最初は勇気がいった / すごいやってみて面白い / チームの組み方は配慮するんですけど。	日常的なチーム学習活動 / 大胆な取り組み / 面白さ / 人間関係への配慮	有機的な取り組み (原因) / 面白さ (結果) / 関係性への配慮 (結果)	有機的な取り組み / 普段から机を向かい合わせたグループでの学習活動 / 参加度向上やコミュニケーションの活発化などの面白さ / チーム編成における人間関係への配慮も必要

表 C.12 教員 A インタビューの SCAT 分析過程 12

番号	テキスト	(1) テキスト中の注目すべき語句	(2) テキスト中の語句の言い換え	(3) 左を説明するようなテキスト外の概念	(4) テーマ・構成概念
30	(小学校では STEAM 学習は取り入れられ始めていますか。) 今は結局そういう風だねって言うのはあるけど、――でも研究会でそのやるところもありました。ちょうど最近、いろんなのつなげてっていう研究、なのでこれからの感じはしますね。	これからの感じはします	将来的に取り組むテーマ	研究課題 (印象)	将来的な取り組みとしての認識
31	(今回の STEAM 学習を目標とした取り組みについてはどのように感じられましたか。) 一緒に住むっていうか、なんか最初に色々話してるのみに、ずっと身近にあるから、それありきで色々動いていける。例えば写真撮るときもじゃあ入れるためにはどうしたらいいとか、そのさっきの電気の話もそうですよね。停電したと、なんかでかなくて、で、電気がこうやって使わなくなった。あ、じゃあ充電ってこういう風なんだよねとか、なんかそういう1個ずつ、なんか教材とかね、そういうか、生活して中に出てくるものがちゃんとヒントになって、そこそ道德的なところもそうですけどね。	ずっと身近にあるから、それありきで色々動いていける。 / なんか教材とかね、生活して中に出てくるものがちゃんとヒントになって、そこそ道德的なところもそうですけどね。	身近にあることの重要性 / きっかけづくり / 共生 / 素材の提供 / 道徳的な学び /	近接可能性 (原因) / 教育資源の提供 (結果) / 道徳的学習 (結果)	近接可能性を重要視 / 活動に付随し様々な教育資源が提供
32	だから STEAM 学習っていうのと、それにプラス道徳が入っている感じですが、それはそれでなんか新しいですよね、でもすごいそんな感じですよ。今思ったけど、PLAS なんです。で、それはなんぞっていうと、あの子たちと一緒にすごっていて、頑張ってた子たちだからっていう。	STEAM 学習っていうのと、それにプラス道徳が入っている感じですよ。 / なんか新しいですよ。 / 一緒にすごっていて、頑張ってた子たちだから	STEAM 学習 + 道徳 / 新しさ / 共同生活 / 努力 / 学び	STEAM 学習 + 道徳 (印象) / 新規性 (印象) / 共生型の学習 (結果)	STEAM 学習に道徳要素が追加された新規性のある取り組み / 共同生活と日々の試行錯誤



# 業績一覧

## 査読付き学術論文

- (1) 本所然, 長谷川孔明, 大島直樹, 岡田美智男. 社会的受容性を志向するロブジェクト概念の提案. ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.25, No.3, pp.203-218, 2023.
- (2) 本所然, 三宅将吾, 長谷川孔明, 岡田美智男. 弱いロボット〈Toi〉を用いた共生型 STEAM 学習環境の構築. 日本教育工学会論文誌, 論文 ID 49036, [早期公開] 公開日 2026/01/23.

## 国際会議

- (1) N. Honjo, K. Hasegawa and M.Okada. Construction of a Cohabitative STEAM Learning Environment Using a Weak Robot “Toi”. IEEE RO-MAN 2025(Late Breaking Report), Netherlands, Paper TuBR.11, 2025.

## 国内会議

- (1) 本所然, 巽将司, 長谷川孔明, 大島直樹, 岡田美智男. ロブジェクトのある暮らし (1): 気ままなランプ. オンライン発表, ヒューマンインタフェースサイバーコロキウム 2020, 2020.
- (2) 本所然, 加藤祐介, 長谷川孔明, 大島直樹, 岡田美智男. 人との共生に向けたロブジェクト〈Lumos〉の提案. ポスター発表, HAI シンポジウム 2021, 2021.
- (3) 肥田木遼, 本所然, 長谷川孔明, 大島直樹, 岡田美智男. ミニマルな聞き手性を備えたマイク型ロブジェクト〈Whimbo〉の提案. ポスター発表, HAI シンポジウム 2021, 2021.
- (4) 川口諒真, 本所然, 長谷川孔明, 大島直樹, 岡田美智男. 心も潤す〈Omboo!〉の提案. ポスター発表, エンターテインメントコンピューティング 2022, 2022.
- (5) 本所然, 長谷川孔明, 岡田美智男. ロブジェクト概念とその社会的受容性について. ポスター発表, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2023, 2023.
- (6) 山崎布友美, 多田魁登, 本所然, 長谷川孔明, 大島直樹, 岡田美智男. Sociable Dining Table: テーブルの上に棲まうミニマルクリーチャの提案. ポスター発表, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2023, 2023.
- (7) 三宅将吾, 本所然, 長谷川孔明, 岡田美智男. なんだコイツは? 子どもたちとプレイグラウンドを構成する〈Toi〉ロボットの研究. ポスター発表, エンターテインメントコンピュー

ティング 2023, 2023.

- (8) 川口諒真, 本所然, 長谷川孔明, 岡田美智男. Ombool: 心も潤すミスト型エージェントの提案. ポスター発表, HAI シンポジウム 2024, 2024.
- (9) 住田拓郎, 本所然, 長谷川孔明, 岡田美智男. リズムでつながる共奏ロボット 〈TurnTone〉の提案. ポスター発表, HAI シンポジウム 2024, 2024.
- (10) 山崎布友美, 松本壮太, 本所然, 長谷川孔明, 岡田美智男. moQut: テーブルの上に棲まうミニマルなクリーチャ. ポスター発表, HAI シンポジウム 2025, 2025.
- (11) 本所然, 三宅将吾, 長谷川孔明, 岡田美智男, 子どもたちと一緒に成長する共生型 STEAM 学習のためのロボット 〈Toi〉. 口頭発表, HAI シンポジウム 2025, 2025.

## 外部デモ展示

- (1) 2020年09月: 弱いロボットがやってくる, 田原図書館.
- (2) 2021年07月: あそびゴコロ開発ラボ, 豊橋市こども未来館ここにこ.
- (3) 2021年10月: 弱いロボット体験イベント, 豊橋市代田小学校.
- (4) 2021年10月: 知の探求講座 2021, 豊橋技術科学大学.
- (5) 2021年11月: 弱いロボット大集合!, 豊橋市こども未来館ここにこ.
- (6) 2021年11月: 常設展示開始. 豊橋技術科学大学サテライトオフィス (まちなか図書館).
- (7) 2021年11月: オープニングイベント. まちなか図書館.
- (8) 2022年3-8月: 特別展「きみと, ロボット~にんげんってなんだ?~», 日本科学未来館.
- (9) 2022年10月: 知の探求講座, 豊橋技術科学大学.
- (10) 2022年10月: 技科大テックフェスティバル, 豊橋技術科学大学.
- (11) 2022年11月: ATC ロボットストリート, ATC (アジア太平洋トレードセンター).
- (12) 2022年11月: 弱いロボット大集合!, 豊橋市こども未来館ここにこ.
- (13) 2023年03月: ちょっとゆるい話しませんか? シンポジウム, 豊橋技術科学大学
- (14) 2023年03月: 弱いロボットだからできること, 天伯小学校.
- (15) 2023年05月: 弱いロボット見学 (小豆坂小学校), 豊橋技術科学大学.
- (16) 2023年05月: あいちスタートアップフェス 2023, ロフトワーク FabCafe Nagoya.
- (17) 2023年06月: 子ども哲学カフェ, 江戸川区こども未来館.

- (18) 2023年06月：弱いロボット見学（愛知県立豊橋特別支援学校），豊橋技術科学大学．
- (19) 2023年08月：SIGGRAPH 2023 History:Blasts From the Past, Muu (2000): Artificial Creatures as an Embodied Interface, ロサンゼルス・コンベンションセンター．
- (20) 2023年09月：弱いロボット見学（豊橋特別支援学校中学部），豊橋技術科学大学．
- (21) 2023年09月：人間ロボット共生研究分野オープンラボ，豊橋技術科学大学．
- (22) 2023年10月：弱いロボット体験イベント，田原東部市民館．
- (23) 2023年10月：知の探求講座 2023, 豊橋技術科学大学．
- (24) 2023年11月：知の拠点 Toi ワークショップ, あいち産業科学技術総合センター．
- (25) 2023年11月：総務省東海総合通信局関係者見学．豊橋技術科学大学．
- (26) 2024年01月：弱いロボット大集合！, 豊橋市こども未来館ここにこ．
- (27) 2024年03月：ロボカップジュニア・ジャパンオープン 2023, ポートメッセ名古屋．
- (28) 2024年08月：こども科学博 2024 テクノロジーのチカラ, 京都市みやこめッセ．
- (29) 2024年08月：弱いロボット体験, 栄第三児童クラブ．
- (30) 2024年08月：弱いロボット体験, 天伯児童クラブ．
- (31) 2024年09月：人間ロボット共生研究分野オープンラボ．豊橋技術科学大学．
- (32) 2024年10月：弱いロボット体験イベント, 豊田市冷田小学校．
- (33) 2024年10月：弱いロボット見学（豊橋市特別支援学校），豊橋技術科学大学．
- (34) 2024年10月：知の探求講座 2024, 豊橋技術科学大学．
- (35) 2024年11月：弱いロボット見学（外務省関係者），豊橋技術科学大学．
- (36) 2024年11月：弱いロボット見学（文部科学省関係者），豊橋技術科学大学．
- (37) 2024年12月：弱いロボットって，どんなロボットなの？, 牛川小学校．
- (38) 2025年02月：弱いロボット展．日本科学未来館．
- (39) 2025年02月：知の拠点最終報告会, あいち産業科学技術総合センター．
- (40) 2025年03月：弱いロボットって，どんなロボットなの？．小豆坂小学校．
- (41) 2025年08月：日本国際博覧会 2025「ロボットエクスペリエンス」, 大阪・夢洲．
- (42) 2025年09月：人間ロボット共生研究分野オープンラボ, 豊橋技術科学大学．

(43) 2025年12月：国際ロボット展「癒しカフェ」, 東京ビッグサイト.

## 受賞等

- (1) 2023年09月：HIS2023ショートビデオ賞, ヒューマンインタフェース学会, 山崎布友美, 本所然, 長谷川孔明, 大島直樹, 岡田美智男
- (2) 2024年03月：第24回ヒューマンインタフェース学会論文賞, ヒューマンインタフェース学会, 本所然, 長谷川孔明, 大島直樹, 岡田美智男
- (3) 2024年09月：第12回かわいい感性デザイン賞 奨励賞, 日本感性工学会, 山崎布友美, 本所然, 長谷川孔明, 岡田美智男