

博士論文

科学館での子ども型ロボットの
実践活動に基づく
子どものための交流創出支援の研究

指導教員 稲葉 雅幸 教授

東京大学大学院学際情報学府
学際情報学専攻 博士課程
東風上 奏絵

目次

第1章	序論	11
1.1	本研究の背景	13
1.2	本研究の目的	17
1.3	本論文の構成	18
第2章	子ども型ロボットを介した 子どものための交流創出方法論	21
2.1	現代の子どもに求められる子ども・大人との交流	23
2.2	直接的な交流創出支援と間接的な交流創出支援	25
2.3	子どもと初対面の人々の間接的な交流創出支援方法の分類	26
2.3.1	ゴッフマンによる見知らぬ人々の対面コミュニケーションの生まれ方 についての論述	27
2.3.2	子どもと初対面の人々の交流創出の定義	28
2.3.3	集団形成の支援と対面コミュニケーションの支援	29
2.4	社会におけるロボットの役割に対する本研究の位置づけ	29
2.5	ロボットによる人同士の交流創出支援の関連研究に対する 本研究の位置づけ	31
2.6	子ども型ロボットによる子どもと初対面の人々の交流創出についての仮説	32
2.6.1	子どもと初対面の人々の集団形成支援	33
2.6.2	子どもと初対面の人々の対面コミュニケーション支援	33
2.7	介在者を用いた交流支援における子ども型ロボットの位置づけ	34
2.7.1	犬による介在の例	34
2.7.2	幼児による介在の例	35
2.7.3	バーチャルエージェントによる介在の例	36
2.7.4	大人による介在の例	36
2.7.5	これまでの研究におけるロボットによる介在の例	37
第3章	科学館での子ども型ロボットの 実践活動に もとづく研究方法論	39
3.1	本研究における科学館の役割	41
3.1.1	子どもと初対面の人々の交流を創出する可能性のある場	41

3.1.2	子どもとロボット研究者の交流を創出する場	42
3.1.3	科学館以外の場所への展開に向けた研究拠点となる場	42
3.2	子どもとロボット研究者の交流創出の意義	43
3.2.1	子どもとロボット研究者の発表形式の科学コミュニケーションの重要性	43
3.2.2	本研究で着目する科学コミュニケーション活動の位置づけ	44
3.2.3	発表形式の科学コミュニケーション活動におけるロボットの役割 . .	44
3.3	研究者による積極的参与にもとづくフィールド参与観察	45
3.3.1	研究者による積極的参与を行う研究的立場	46
3.3.2	参与観察	47
3.3.3	フィールドにおける参与観察	47
3.3.4	研究者による積極的参与のデメリットとその対処法	47
3.4	実践活動を行う日本科学未来館	48
3.4.1	概要	48
3.4.2	実践活動の行い方	49
3.5	本研究における倫理的配慮	50
第4章	研究プラットフォームとしての	
	子ども型ロボットシステムの開発	51
4.1	子ども型ロボットの定義	53
4.1.1	人型ロボットの定義	53
4.1.2	日本ならではの「かわいい」に関する定義	53
4.1.3	ベビースキーマを活用した子ども型ロボットの外見	55
4.1.4	3歳児の振る舞いに着想を得た子ども型ロボットの振る舞い	55
4.2	3歳児の愛着・探索・遊び行動に着想を得た振る舞いの表現	56
4.2.1	これらの振る舞いに着目する理由	56
4.2.2	保護者の養育行動を引き出す3歳児の振る舞い	57
4.2.3	本研究で着目する3歳児の振る舞い	59
4.3	Pepperを用いた子ども型ロボット研究プラットフォームの実現	60
4.3.1	Pepperの概要	61
4.3.2	視聴触覚のマルチモーダル認識機能	65

4.3.3	視聴覚のマルチモーダル表現機能	71
4.3.4	搭載機能を用いた振る舞い表現	73
4.3.5	日常生活行動の枠組みにおける振る舞いの追加	84
4.4	実現した子ども型ロボットの印象評価	87
4.5	関連研究における本研究の子ども型ロボットの位置づけ	90
4.5.1	人が世話する状況をつくるために特定の振る舞いをするロボット	90
4.5.2	人の子どもの振る舞いの一部を参考に人が世話する状況をつくるロボット	92
4.5.3	特定の年齢の子どもの振る舞いをモデルに人が世話する状況をつくるロボット	93
第5章 子ども型ロボットによる		
	初対面の子ども同士の交流創出の評価	95
5.1	評価の目的	97
5.2	評価方法	97
5.2.1	実践活動の概要	97
5.2.2	評価手順	99
5.3	評価1: 子ども型ロボットが子ども達を追従することによる交流創出支援	100
5.3.1	イベント概要	100
5.3.2	観察記録の作り方	101
5.3.3	初対面の子ども達の対面コミュニケーションの様相	102
5.3.4	対面コミュニケーション支援を成り立たせる重要な要因	106
5.3.5	集団形成支援を成り立たせる重要な要因	107
5.4	評価2: 2台の子ども型ロボットによる公開会話を通した交流創出支援	111
5.4.1	イベント概要	111
5.4.2	観察記録の作り方	114
5.4.3	初対面の子ども達の対面コミュニケーションの様相	115
5.4.4	対面コミュニケーション支援を成り立たせる重要な要因	120
5.4.5	集団形成支援を成り立たせる重要な要因	122
5.5	本章で得られた知見のまとめ	122

5.5.1	集団形成支援を成り立たせる重要な要因	122
5.5.2	対面コミュニケーション支援を成り立たせる重要な要因	123
第6章 子ども型ロボットによる		
	子どもとロボット 研究者の交流創出の評価	125
6.1	評価の目的	127
6.2	評価方法	127
6.2.1	実践活動の概要	127
6.2.2	評価手順	130
6.2.3	科学コミュニケーターとの協力体制	130
6.3	評価3: 子ども型ロボットとの移動を通じた交流創出支援	131
6.3.1	イベント概要	131
6.3.2	観察記録の作り方	136
6.3.3	移動中の初対面の子どもとロボット 研究者の集団形成と対面コミュニケーションの様相	138
6.3.4	発表以外の場面の初対面の子どもと大人の集団形成と対面コミュニケーション支援を成り立たせる重要な要因	141
6.3.5	科学コミュニケーション活動の観点からの子ども型ロボットとの移動を通じた集団形成と対面コミュニケーション支援の意義	142
6.4	評価4: 子ども型ロボットとの合同発表を通じた交流創出支援	142
6.4.1	イベント概要	142
6.4.2	観察記録の作り方	146
6.4.3	発表中の初対面の子どもとロボット 研究者の対面コミュニケーションの様相	151
6.4.4	発表中の初対面の子どもと大人の対面コミュニケーション支援を成り立たせる重要な要因	154
6.5	子どもを含む人々への robotic literacy に関する情報発信についての評価	155
6.5.1	観客の合同発表の感想	156
6.5.2	イベントに同席した科学コミュニケーターの感想	156
6.5.3	考察	157

6.6	着目する実践活動で得られた子どもを含む人々が期待する将来のロボット像	158
6.6.1	アンケートの概要	159
6.6.2	子どものためのロボットに対するロボットイメージ	160
6.6.3	考察	160
6.7	本章で得られた知見のまとめ	162
6.7.1	発表以外の場面での集団形成と対面コミュニケーションの支援を成り立たせる重要な要因	162
6.7.2	発表中の対面コミュニケーション支援を成り立たせる重要な要因	162
6.8	子ども型ロボットの機能提案	163
第7章	結論	165
7.1	本研究の論点	167
7.1.1	現代の子どものための交流創出支援はどうあるべきか	167
7.1.2	ロボットを用いた子どものための交流創出支援について研究する理由	167
7.1.3	子どものための交流創出支援を行うロボットはどうあるべきか	167
7.1.4	子ども型ロボットによる子どものための交流創出支援の仮説	168
7.1.5	研究として何を明らかにする必要があるか	168
7.1.6	なぜ科学館における実践活動に着目したのか	169
7.1.7	研究者による積極的参与にもとづくフィールド参与観察の妥当性	169
7.1.8	子どもを含む人々とロボット研究者による将来のロボット像の共創実現のための条件	170
7.1.9	現状の子ども型ロボットに対する機能提案	171
7.2	本研究の結論	171
7.3	今後の展望	175
7.3.1	子ども型ロボットの振る舞い方の発展	175
7.3.2	科学館における実践活動の発展	176
7.3.3	ロボットの特色を活かすための使いやすさの向上	177
	謝辞	179

付録	185
A.1 第2章補足：総合的な学習の時間と特別活動の用語説明	187
A.1.1 総合的な学習の時間	187
A.1.2 特別活動	188
A.2 第3章補足：科学コミュニケーション分野における本研究で行った実践活動 の位置付けと 日本科学未来館で著者が実施・参加した実践活動の概要	190
A.2.1 科学コミュニケーション分野における本研究で行った実践活動の位置 付け	190
A.2.2 日本科学未来館で著者が実施・参加した実践活動の概要	193
A.3 5.3節補足：評価1の観察記録	195
A.4 5.4節補足：評価2の観察記録	211
A.5 6.3節補足：評価3の観察記録	226
A.6 6.4節補足：評価4の観察記録	231
 発表文献	 243
 参考文献	 247

第1章

序論

1.1 本研究の背景

子どもによる子ども・大人との交流の重要性

人との交流は、子どもにとって、「集団活動の場で自分の役割や責任を果たす、互いの特性を認め合う、他者と協力して諸問題を話し合う、その解決に向けて思考・判断する」[1]といった社会性を養う上で重要なことである。特に、子ども同士の遊びを通じた交流と、大人が子どもに向けて発表する場面を通じた交流は重要であり、現代において、子どものために人との交流機会が用意された空間の1つである学校では、学級活動、児童会活動、クラブ活動、学校行事からなる特別活動[2]や、総合的な学習の時間[3]において、異年齢の子どもとの協働活動や、地域の大人が講師となり発表を聞くことを通じた交流機会が用意されている。

現代の子どものための間接的な交流創出支援の重要性

かつては、子どもが、きょうだいや近所の子どもといった、様々な年代の子どもと遊び、その中で地域の大人とも関わることを通じて、人との交流が自然に行われていた[4]。しかし、現代においては、出生率の低下[5]や、一人っ子の増加[6]、地域関係の希薄化[7]などの子どもを取り巻く環境の変化に伴い、子どもと様々な年代の人々が遊びを通して交流する場面は昔ほど見られなくなっている[4]。その結果、本来一対一での交流は気を遣い、避けられるものであるため、現代の子どもには、子どもがかつて遊びを通して養ってきた、人と関わりたいという意欲そのものが低下していると言われている[4]。

現代においては、学校などの教育機関が、子どものための異年齢の子どもや大人との交流の機会を提供する役割を担っている。その役割を、人と関わりたいという意欲そのものが低下している子どもに対して発揮するために、かつては行われていた、地域におけるきょうだいや近所の子どもといった様々な年代の子どもとの遊びを、学校における異年齢交流活動として復活させ、人と関わることの喜びを子どもにまず感じてもらうための取り組みが、学校において行われるようになってきている。そして、実際に他の人とうまく関わりを持てることを自ら高く評価できる児童が増え、学校への適応感も高まるという結果も得られている[4]。このように、現代の子どもが社会性を養うために、かつて様々な年代の子どもや大人との関わりを通して行われていた、交流を直接の目的としない場をつくりながらも、その中で交流がなされていくという意味での間接的な交流体験を提供することは、これからますます重要と

なる。そして、このような場づくりを行う上で、初対面の子ども同士や子どもと大人の対面コミュニケーションの支援の仕方を考えるだけでなく、子ども達を自発的に集める状況のつくり方を考えていくことが重要になる。本研究では、このような交流提供に関する支援を、子どもを接近させる所からの支援という意味を込めて、交流支援ではなく、交流創出支援と呼ぶことにする。

介在者を用いた交流創出支援

人を接近させる所から行う交流創出支援を行う上で、交流の場に介在する介在者の存在は有用である。例えば、幼児や犬は人を自らの周りに集められることが知られている [8-10]。犬は、自らとの物理的コミュニケーションを通して集まった人々の対面コミュニケーションのきっかけ作りを行える [11,12]。大人やバーチャルエージェントは、自らとの言語的コミュニケーションを通して人々の対面コミュニケーションのきっかけ作りを行うことができ、さらに、子どもの反応に応じて働きかけ方を変えることができる [2,13-15]。

介在者としてのロボットを用いた交流創出支援

ロボットは、社会において期待される役割が広がっており、近年は人のような温かみのあるコミュニケーションを人に対して行うことも期待されるようになってきている [16]。ロボットと人の関係を深めていくことで、希薄になったと言われる人同士の関係はますます希薄になる恐れがある。本研究では、将来のロボットは、人とロボットの対一の関係を越えて、希薄になったと言われる人同士の交流を創出する介在者としての役割を持つことも大切だと考え、ロボットを用いた子どものための交流創出支援のあり方を考える。つまり本研究で扱うテーマは、ロボットで行うことが将来必須であることが既に自明という訳ではないが、将来のロボットの活用の仕方の可能性を広げることを目指すものとして位置づけられる。

子ども型ロボットへの着目

これまでの関連研究においても、人同士の交流支援を行うロボットは期待されてきた。しかし、これらの研究の多くは、人々が事前に集められ着席した状態から、言語的コミュニケーションを介して人同士の対面コミュニケーションの創出に特化した支援を行うものであり、子どものための間接的な交流創出支援のあり方を考える場合、そもそも子ども達をどの

ように自発的に接近させるか、という観点から交流創出支援のあり方を議論することが必要となる。本研究では、子どもとしての外見と振る舞いを持つ人型ロボットである「子ども型ロボット」の周りに、子ども達を集めることによる交流創出支援の方法に着目する。幼児や犬などのかわいい存在は、人を接近させることが知られており [8-10]、本研究では、ロボットを子ども型にすることで、子どもや大人の自発的な接近を通じた集団形成を可能にし、さらに、幼児や犬とは異なる特色として、ロボットは初対面の子ども同士や子どもと大人の対面コミュニケーションを促すような働きかけが可能であると考えられ、言語的・物理的コミュニケーションを介して子ども達に働きかけることで、子ども達の対面コミュニケーション創出を行えると仮説を立てる。また、このような交流創出の方法は、言語的コミュニケーションを介して子ども達に働きかけることによる対面コミュニケーションの創出だけに特化した、大人、バーチャルエージェント、これまでの関連研究におけるロボットのものとは異なる特色である。

解明が必要な項目

本研究では、子どものために、子ども型ロボットを介して、交流を直接の目的としない場をつくりながらも、その中で交流がなされていくという意味での間接的な交流機会を用意する、交流創出支援の方法を明らかにすることを目的とする。そのために、まず、ロボットの機能をどのようにすべきかを考える必要がある。子どもと初対面の人々の交流創出支援を目的としてつくられたロボットはまだ存在しないため、ロボットの重要な機能を明らかにする必要がある。また、ロボットによる新しい支援のあり方を考えていくために、プログラムを書き換えて様々な状況設定ができ、継続的に研究可能なシステムの構成を明らかにする必要がある。

そして、子どものために用意することが重要な交流機会として、子ども同士の遊びと大人が子どもに向けて発表する場面があり、初対面の子ども同士と初対面の子どもと大人の交流創出支援それぞれの支援を成り立たせる重要な要因について明らかにする必要がある。これらを探る上で重要となるのは、ロボットの特色である言語的・物理的コミュニケーションの両方を活かした交流創出支援の方法を考えることである。本研究では、初対面の子ども同士の遊び場面では、物理的・言語的コミュニケーションのそれぞれを介して初対面の子ども達の交流創出支援を行う例に着目し、大人が初対面の子どもに向けて発表する場面では、発表中に子どもが発表内容に反応し、発表者の大人が子どもの反応に反応することに関する交流

創出支援だけでなく、ロボットの物理的存在感を活かし、発表以外の場面で子どもが発表者の大人に接近し言葉を交わし合うきっかけを生み出すことに関する支援にも着目する。

科学館での実践活動への着目

本研究では、子ども型ロボットを用いた初対面の子ども同士の交流創出支援と、初対面の子どもと大人の交流創出支援の方法がどうあるべきかを研究するために、科学館をフィールドとした実践活動を行うことに着目する。本研究における実践活動とは、子どもや子どもと関わる大人を対象に用意された、ロボットとのふれ合い体験活動と将来のロボット像を共創していくためのロボット研究者との科学コミュニケーション活動のことである。

科学館は、様々な親子連れが来館し、初対面の子ども達が集まる場であるが、子ども達が交流することはあまり想定されていない場であるため、子ども型ロボットを用いた初対面の子ども同士の交流創出支援の方法を研究するのに適していると考えた。また、科学館では、大人の専門家による講演会が行われ、子どもが参加することもあるが、子どもは専門家の講演を聞くことが基本となっており、子どもと専門家の交流は工夫をしないと生まれない場であるため、子ども型ロボットを用いた初対面の子どもと大人の交流創出支援の方法を研究するのに適していると考えた。

子どもと大人の交流創出支援に関しては、本研究では、大人の専門家のうち、ロボット研究者¹に着目し、科学館を、研究者による発表形式の科学コミュニケーション活動（科学技術の情報発信と対話活動）のためのフィールドとして活用することとした。子ども型ロボットによる子どものための交流創出支援を実現するために、将来的には、交流創出支援における子ども型ロボットの振る舞い方の解明だけでなく、子ども型ロボットが交流創出支援を行う場面についても明らかにする必要がある。そこで、子どもや子どもと関わる大人と研究者が将来のロボット像を共創していくための科学コミュニケーションの場をつくることを目指し、子ども型ロボットは、この場において子ども達と研究者の交流創出支援を行うツールとして活用される。

このように科学館は、初対面の子ども達・子どもと大人の交流創出の様相を観察可能なフィールドであり、かつ、研究者が子どもや子どもと関わる大人と議論する科学コミュニケーション活動が可能なフィールドとして活用できると考えた。このようなフィールドは、

¹本研究におけるロボット研究者の意味は、ロボット研究に従事する者という意味である。そのため、大学院生である著者も含むこととする。

科学館以外にも用意することは可能であるが、科学館は、研究室と社会の接点として、また、子どもの科学教育の場として、それぞれのフィールドの活用の仕方が来館者にも受け入れられやすい場所となっており、研究の最初のステップを踏み出す場所として適していると考えた。

なお、本研究で対象とする子どもは、主に9才程度の小学校中学年²の子どもとする。ただし、本研究でこの年代の子どもを主な対象としているのは、実験を行った科学館のイベントにこの年代の子どもが多く集まったためであり、本研究で得られた知見の適用範囲をこの年代の子どもに限定している訳ではない。

1.2 本研究の目的

本研究では、以下に示す3つの目的に取り組むことで、ロボットによる子どものための交流創出支援について研究する。

- 目的1 初対面でも子どもの興味を引いて周りに接近させる所から、対面コミュニケーションのきっかけを生み出せるロボットシステムの基本機能と、プログラムを書き換えて様々な状況設定ができ継続的に研究可能なシステムの構成を明らかにすること(第4章)。
- 目的2 科学館における、初対面の子ども達が参加する子ども型ロボットとのふれ合い体験活動で得られた知見をもとに、子ども型ロボットによる、初対面の子ども同士の遊び場面における交流創出支援を成り立たせる重要な要因を明らかにすること(第5章)。
- 目的3 科学館において子どもが参加する、子ども型ロボットとロボット研究者の発表形式の科学コミュニケーション活動で得られた知見をもとに、子ども型ロボットによる、発表以外の場面で子どもが発表者の大人に接近することと、発表中に子どもが発表内容に反応し、発表者の大人が子どもの反応に反応することを支援するという、大人が初対面の子どもに向けて発表する場面における交流創出支援を成り立たせる重要な要因を明らかにすること(第6章)。

²この年代の子どもの心の発達の特徴を説明すると、幼児期を離れ、物事をある程度抽象化できるようになる一方、閉鎖的な子どもの仲間集団の中での関わりが増えたり、自身を他者と比較し劣等感を抱いたりする発達段階にある [17]([17]では小学校高学年として説明されているが、本論文では分かりやすさのため中学年とした)。

1.3 本論文の構成

本論文は全7章から構成される。各章のつながりを Fig.1.1 に示す。

第1章「序論」では、本研究の背景と目的について述べた。

第2章「子ども型ロボットを介した子どものための交流創出方法論」では、本研究で着目する交流の種類について説明した上で、子ども型ロボットによる交流創出支援方法の仮説を説明し、他の交流創出支援を行う存在と比較した子ども型ロボットの特色を述べる。

第3章「科学館での子ども型ロボットの実践活動にもとづく研究方法論」では、科学館での本研究の進め方を、本研究における科学館の役割、子どもとロボット研究者の交流創出の意義、本研究が取る研究スタンス、研究を行う科学館の観点から説明する。

第4章「研究プラットフォームとしての子ども型ロボットシステムの開発」では、本研究における子ども型ロボットの外見・振る舞いに関する定義を説明し、定義に沿った形での、研究プラットフォームとしての子ども型ロボットシステムの実現方法を説明する。本研究では、子ども型ロボットの外見の定義に沿った人の児童ほどのサイズを持つ市販のロボットを用いて、子ども型ロボットの振る舞いを表現可能なロボットシステムを構成する方針を取る。実現した子ども型ロボットを科学館で展示し、子ども達から好意的に受け入れられるかを評価し、また、子ども型ロボットに関連するこれまでのロボットと比較し、実現した子ども型ロボットの特色について論じる。本章は、Kochigamiら [18]における、人に世話してもらい人同士の交流創出支援を行うロボットのあり方に関する議論を発展させたものになっている。

第5章「子ども型ロボットによる初対面の子ども同士の交流創出の評価」では、子ども型ロボットが、物理的コミュニケーション能力と、言語的コミュニケーションのそれぞれを介して初対面の子ども達の交流創出支援を行う例として、ロボットが子ども達を追従する体験活動と、ロボットが子ども達の前で他ロボットと会話する体験活動の事例をもとに、子ども型ロボットによる、初対面の子ども同士の遊び場面における交流創出支援を成り立たせる重要な要因を明らかにした結果を述べる。本章は、Kochigamiら [19,20]における、初対面の子ども同士の遊び場面における交流創出の分析と議論を発展させたものになっている。

第6章「子ども型ロボットによる子どもとロボット研究者の交流創出の評価」では、子ども型ロボットによる、発表以外の場面で子どもが発表者の大人に接近することと、発表中に子どもが発表内容に反応し、発表者の大人が子どもの反応に反応することを支援する例とし

て、子ども型ロボットが研究者による手引き誘導にもとづき発表会場に入退場することと、研究者による身振りの合図出しにより台本をもとに交互に発表を進行することを通じた科学コミュニケーション活動の事例をもとに、大人が初対面の子どもに向けて発表する場面における交流創出支援を成り立たせる重要な要因を明らかにした結果を述べる。本章は、東風上ら [21] における、大人が初対面の子どもに発表する場面における交流創出の分析と議論を発展させたものになっている。

第7章「結論」では、本研究の論点、結論、今後の展望を述べる。

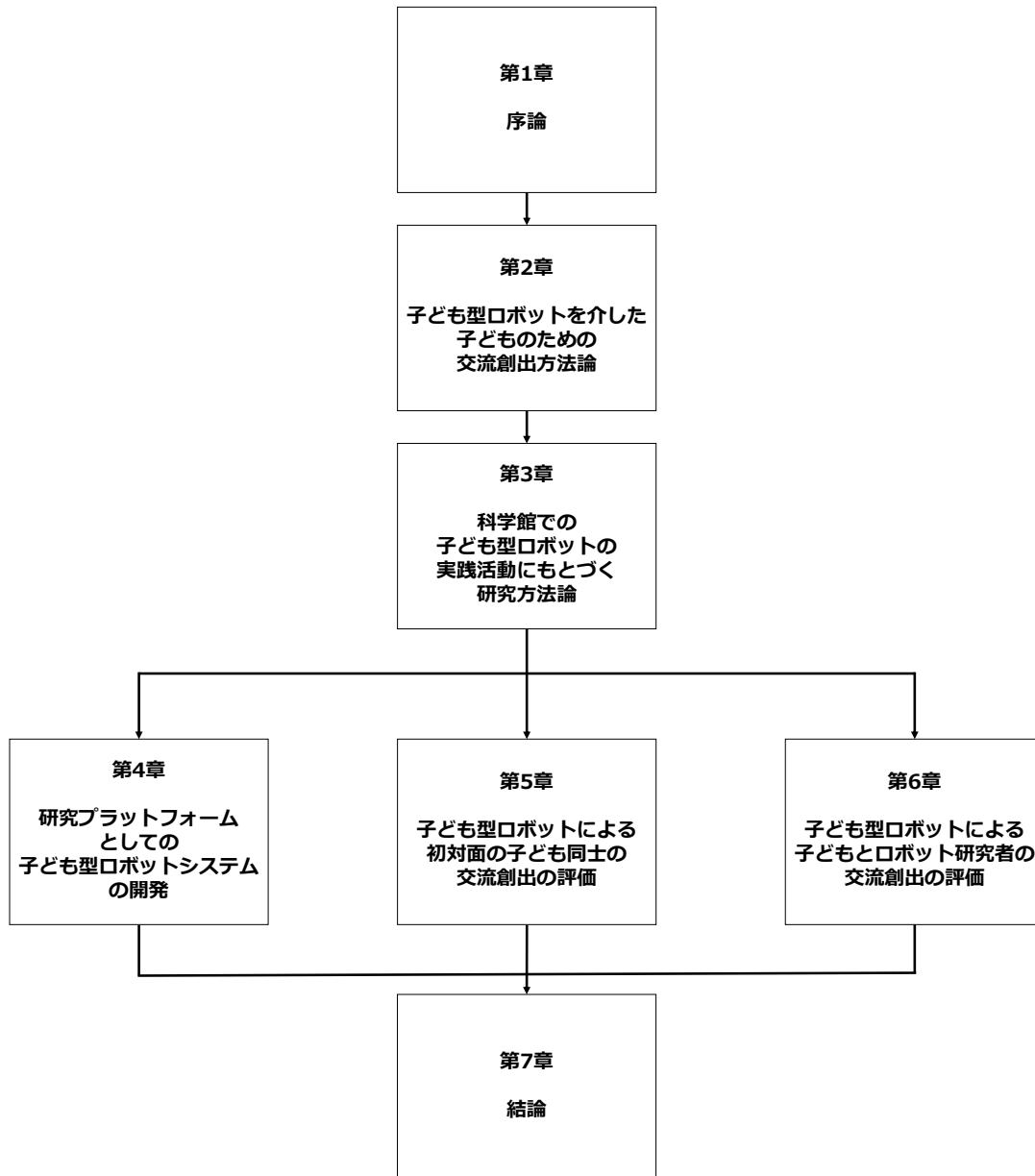


Fig. 1.1: 本論文の構成.

第2章

子ども型ロボットを介した
子どものための交流創出方法論

本研究では、交流を直接の目的としない場をつくりながらも、その中で交流がなされていくという意味での間接的な交流体験を子どもに提供するために、子ども型ロボットによる交流創出支援に着目する。

本章では、

- 本研究で着目する交流創出支援はそもそもどのような種類のものなのか、
- 子どもと初対面の人々の交流創出支援方法はどのように分類できるのか、
- 子ども型ロボットはどのように交流創出支援に関われるのか、
- 人同士の関わりに介在可能な他の存在と比較して、子ども型ロボットによる交流創出支援にはどのような特色があるのか、

を順に述べる。

2.1 現代の子どもに求められる子ども・大人との交流

学校生活での交流をもとに考えると、交流には、レクリエーション活動などの遊びを通して行われるものと、発表者が自らの体験を話す(例: 大人による仕事内容, 高齢者の人生経験など)などの発表を通して行われるものがある。以下に示すように、初対面の子ども同士、初対面の子どもと大人との交流においては、どちらの形式の活動も行われるが、主に行われるのは、初対面の子ども同士に対しては遊びであり、初対面の子どもと大人に対しては大人が初対面の子どもに向けて発表することである。そこで本研究では、子ども同士、子どもと大人との交流場面として、現代において子ども同士・子どもと大人との交流機会が用意されている空間の1つである学校でも熱心に取り組まれている、初対面の子ども同士の遊び場面と、大人が初対面の子どもに向けて発表する場面における交流創出支援を成り立たせる重要な要因について明らかにすることを目的とする。

以降、学校生活における総合的な学習の時間、特別活動を例に、子どもと初対面の人々(子ども・大人)の交流機会の例を述べる¹⁾。主に、特別活動において、子ども同士の交流機会が用意されており、その中に、本研究で着目する、初対面の子ども同士の遊び(レクリエーション)が多く含まれる。また、主に、総合的な学習の時間において、子どもと大人との交流

¹⁾ベネッセ教育総合研究所による、小学5年生から高校3年生までを対象にした生活時間調査[22]によると、子どもが学校に関わる時間は、移動(主に登下校)と学校内での時間に分けられる。学校内での時間に関して、小学校の教育課程は、国語、社会、算数、理科、生活、音楽、図画工作、家庭、体育、外国語の各教科、特別の教科である道徳、外国語活動、総合的な学習の時間、特別活動によって編成される(小学校学習指導要領(平成29年告示)解説 平成29年7月総則編[23]より、p. 14-15)。これらのうち、主に初対面の人々との交流が含まれるのは、登下校と、学校内での時間のうち総合的な学習の時間と特別活動であると分類した。

機会として本研究で着目する，大人が初対面の子どもに向けて発表する場面が多く含まれる．なお，総合的な学習の時間と特別活動の内容についての説明は，付録に記した．また，本研究では扱わないが，学校の外での交流が生まれる場面として，登下校についても紹介する．

1. 総合的な学習の時間

総合的な学習の時間において，主に地域の大人が講師役となり子どもに自らの取り組みや経験を話すことがある．講師の例を以下に示す ([3], p. 77).

- 地域に暮らす外国人
- 身の回りの高齢者とその暮らしを支援する人々
- 安心・安全な町づくりへの地域の取組を支援する人々
- 食に関わる地域の生産者
- 町づくりや地域活性化のために取り組んでいる人々
- 地域の伝統や文化とその継承に力を注ぐ人々
- 商店街の再生に向けて努力する人々
- 実社会で働く人々

また，総合的な学習の時間において，異なる学校同士が共通のテーマを扱うことで協働したり，調べた内容を紹介し合ったりすることがあり ([3], p. 59-60)，発表を通した子ども同士の交流が行われることもある．

2. 特別活動

学級活動，児童会活動，クラブ活動，学校行事を通して，子ども同士の話し合い，共同作業，レクリエーションといった，子ども同士の交流が行われる．また，地域の大人の発表聴講やふれ合い活動を通して子どもと大人の交流が行われることもある．

3. 登下校

子どもと初対面の人々(子ども・大人)が，登下校中に，集団をつくることで生まれる交流が含まれる．

内閣府の登下校防犯プラン [24]を参考にすると，子どもは登下校中に，初対面の人々として，登下校の相手として同・異年齢の子ども，登下校の見守りとして地域の大人(地域住

民、企業の事業者、自動車運送業者等、防犯ボランティアなど）と出会う可能性がある。以下に、これらの人々について説明する。

防犯ボランティア

地域住民の中には、防犯ボランティア活動を通して登下校中の子どもと関わる人がいる。

地域住民

地域住民の中には、日常活動（例：ウォーキング、ジョギング、買い物、犬の散歩、花の水やり）の中で防犯の視点を持って見守りを行うことである、「ながら見守り」を通して登下校中の子どもと関わる人がいる。

企業の事業者

企業の事業者の中には、日常の事業活動を行いながら「ながら見守り」を通して登下校中の子どもと関わる人がいる。

自動車運送業者等

自動車運送業者や関連する業者の中には、業務を行いながら「ながら見守り」を通して登下校中の子どもと関わる人がいる。

2.2 直接的な交流創出支援と間接的な交流創出支援

本研究で着目する交流創出支援は、交流を直接の目的としない場をつくりながらも、その中で交流がなされていくという意味での交流体験を子どもに提供するものである。このような交流は、人との交流の仕方を学ぶ教育という形で行われる交流創出支援とは種類が異なっている。そこで、前者の本研究で着目する交流創出支援を間接的な交流創出支援とよび、後者を直接的な交流創出支援とよんで区別し、以降、これらの違いを説明する。

直接的な交流創出支援

直接的な交流創出支援の特徴は、子どもに義務感を感じさせる交流創出支援（交流を直接の目的とする交流創出支援）となっていることである。その例として、厳密には交流創出支援とは呼べないが、社会性の基礎が養われていない子どもに対し、学校の教師が対症療法的に人との関わり方を指導する例 [25] がある。また、学校内での小学6年生による小学1年

生に対するお世話活動といった、一見異年齢交流の場として有用に見える活動であっても、掃除などの、年上の子どもにとっては義務としてやらないといけない活動を行うと、子どもの社会性を育成するという効果は限定的になると言われている [25].

間接的な交流創出支援

一方、間接的な交流創出支援の特徴は、子どもが主体的に喜びをもって取り組めるようになっている支援となっていることである。その例として、学校内での、遊びを中心に据えた異年齢交流プログラムがある [25]. また、本研究で着目したい交流創出支援の例とは少し異なるが、学級活動の中で行われる、遊びを通して人との交流の仕方を学ぶ教育プログラムの例もある [26]. これは、人との交流の仕方を学ぶ教育であるため、一見、直接的な交流創出支援を行っているように見えるが、遊びを活用することで、子ども達が主体的に喜びをもって取り組めるように工夫がなされたものである。

直接的な交流創出支援と間接的な交流創出支援の違い

どちらの交流創出支援も、交流創出支援を行うという目的は同じであるにも関わらず、子どもに義務感か主体的な喜びを感じさせるかによって、その種類が変わる。その違いはすなわち、子ども達が集まる状況を自然につくれているかどうかにあると考えられる。どちらの交流創出支援も、教育活動の中で、子ども達が集団をつくることに変わりはないが、その内部で、子ども達に主体的な喜びを感じさせられていると、間接的な交流創出支援になる。間接的な交流創出支援に関する事例 [25,26] をもとにすると、そこで重要になるのが、遊びをきっかけにした集まり方だと言える。

2.3 子どもと初対面の人々の間接的な交流創出支援方法の分類

前節で述べたような、交流を直接の目的としない場をつくりながらも、その中で交流がなされていくという意味での間接的な交流体験を子どもに提供する上で、初対面の子ども同士や子どもと大人の対面コミュニケーションの支援の仕方を考えるだけでなく、子ども達を自発的に集める状況のつくり方を考えていくことが重要になる。そこで、本論文では、ゴッフマン [27] による見知らぬ人々の対面コミュニケーションの生まれ方についての論述に着目し、子どもと初対面の人々の交流創出支援方法を、(1) 子どもと初対面の人々が集団形成

する（物理的に接近し集団を形成する）支援と，その上で，(2) 子どもと初対面の人々が対面コミュニケーションする（視線や言葉を交わし合う）支援に分けて段階的に論じることとする．

2.3.1 ゴッフマンによる見知らぬ人々の対面コミュニケーションの生まれ方についての論述

知り合いでない人々は，同じ場所に居合わせた時，通常は相手に興味が無い振りをする．特別な理由が無い限り，知り合いでない人々がコミュニケーションを始めることはない．しかし，特別な理由があると，知り合いでない人々は「出会い」，対面でのコミュニケーションを始める．

ゴッフマン [27]（参考：Fig.2.1）は，「人びとが単に同じ社会的状況に居合わせるというだけで生じるコミュニケーション」を，「焦点の定まらない相互作用」とよぶ．そして，焦点の定まらない相互作用の中で，人々が互いに注意深く相手を観察しながらも無関心を装う礼儀作法を「儀礼的無関心」とよぶ．また，「一群の個人がおたがいに特別の関心をはらい，特別の相互行為を持続するコミュニケーション」を「焦点の定まった相互作用」とよび，儀礼的無関心を装う状態から，焦点の定まった相互作用に移行することを「対面的かかわり」または「出会い」とよぶ．人々が出会う時，多くの場合は視線を交わし合い，ことばを交わすことで出会いが成立する（ことばを交わさないこともある）．

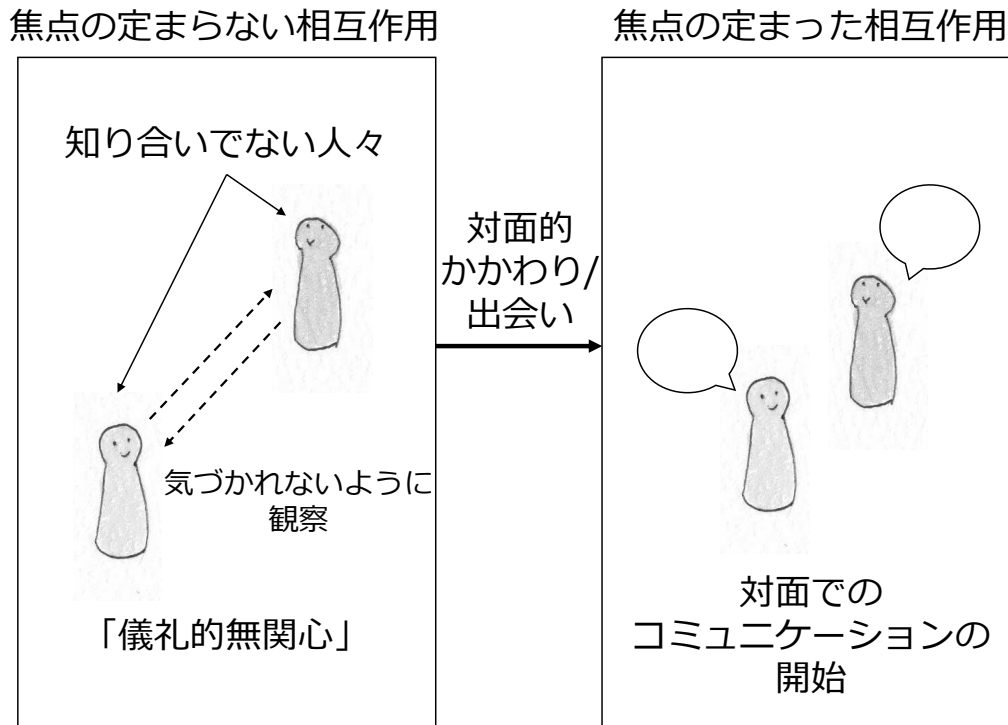


Fig. 2.1: ゴッフマンの説明 [27]に基づく見知らぬ人々の対面コミュニケーションの生まれ方.

2.3.2 子どもと初対面の人々の交流創出の定義

ゴッフマン [27]による見知らぬ人々の対面コミュニケーションの生まれ方についての論述をもとに、本研究における子どもと初対面の人々の交流創出の定義は、「子どもと初対面の人々が同じ空間に偶然居合わせている状態から、物理的に接近し、集団を形成し、視線を交わし合い、言葉を交わし合うこと」とする。

子どもと初対面の人々の交流創出の定義のポイントは、(1) 子どもと初対面の人々が集団形成する（物理的に接近し集団を形成する）ことと、その上で、(2) 子どもと初対面の人々が対面コミュニケーションすること（視線や言葉を交わし合うこと）である。例えば、子どもと初対面の人々が何かの活動のために教室に集められている場合、人々は物理的に接近し集団を形成しており、(1)は達成されていると言えるが、(1)だけの達成では(2)が起きているとは言えず、交流が生まれているとは言えない。一方、子どもが通学路で初対面の地域の

人とすれ違う場面では、子どもと地域の人がどのように接近し集まるかという所、つまり、まず(1)が達成されることが交流創出のために必要となる。

2.3.3 集団形成の支援と対面コミュニケーションの支援

以上の議論をもとに、本研究では、子どもと初対面の人々の交流創出支援に含まれる支援の種類を、集団形成の支援(人々を物理的に接近させ集める支援)と対面コミュニケーションの支援(集めた人々の視線や言葉の交わり合いを生み出す支援)に分ける。

2.4 社会におけるロボットの役割に対する本研究の位置づけ

社会においてロボットに期待される役割は近年広がりを見せており、人をサポートする目的で、タスク指向のロボット、コミュニケーション指向のロボット、人のような温かみのあるコミュニケーションを指向するロボットが開発・研究されるようになってきている。ロボットと人の関係を深めていくことで、希薄になったと言われる人同士の関係はますます希薄になる恐れがあり、本研究では、将来のロボットは、人とロボットの一对一の関係を越えて、希薄になったと言われる人同士の関係を再構築する介在者としての役割を持つことも大切だと考え、ロボットを用いた子どものための交流創出支援のあり方を考える。以降、社会においてロボットにどのような役割が期待されてきたかを説明する。

1. タスク指向のロボット

知能ロボットの研究は、特定の仕事をを行うことに特化した、タスク指向のロボットから始まった。その例を挙げると、物流ロボット(例: [28])、医療用ロボット(例: [29])、農業ロボット(例: [30])、建設現場支援ロボット(例: [31])、災害救助ロボット(例: [32,33])、宇宙開発支援ロボット(例: [34])といった広がりがある。

2. コミュニケーション指向のロボット

次に、「コミュニケーション機能を目的として開発される知能ロボット」であるコミュニケーションロボット [35]が登場し、人の代理や人のパートナーとしての、人との関わりが想定される場面での活用が期待されるようになった。その例を挙げると、以下のような広がりがある。

接客業支援

例: 変なホテル [36], 寿司店案内業務の自動化 [37], 銀行の案内 [38], ショッピングモールや科学館で道案内するロボット [39,40], 店舗で商品の宣伝を行うロボット [41,42]

介護支援

例: 高齢者と一緒に運動するロボット [43–45], 高齢者の話し相手になるロボット [46], 高齢者が世話可能な赤ちゃん型ロボット [47,48]

セラピー

例: ロボットとの触れ合いを通して人に癒しを提供するアザラシ型ロボット [49,50], 病院で子どもの話し相手となるロボット [51], 人にカウンセリングを行うロボット [52]

教育・療育支援

例: 英語教材としてのロボット [53–55], 子どもに科学の知識を提供するロボット [56], 学校で子どもと友達として関わりながら子どもの友人関係を見守るロボット [57], 子ども同士の学び合いをサポートするロボット [58,59], 生徒の先生への質問を促進するロボット [60], 糖尿病の子どもの食生活の指導を行うロボット [61,62], 自閉症の子どもとふれ合いを行うロボット [63–66]

生活行動支援 例: [67–72]

エンターテインメント

例: 犬型ロボット AIBO [73], 小動物型ロボット Lovot [74], 人と演奏する人型ロボット [75], 演劇ロボット [76,77], 恐竜型ロボット [78], 人型ロボットによる科学館でのパフォーマンス [79], 人型ロボットによる野球の試合応援 [80], 小型人型ロボットにおけるダンスパフォーマンス [81]

新しいメディア

例: 人同士の交流に介在し会話を促進するロボット [50,82–86], 携帯電話機能を備えた小型人型ロボットである RoboHoN [87], 複数台のロボットによる情報伝達 [88,89]

3. 人のような温かみのあるコミュニケーションを指向するロボット

そして、ロボット研究者の中には、人同士の関係が希薄になったことで失われつつある人同士の温かみのあるコミュニケーションを、ロボットが人に提供できるようになるべきだ、

という信念のもと、コミュニケーションロボットの研究を行う人も出てきている(例: ショッピングモールで人の来店習慣に応じて挨拶を変えるロボットの研究 [16]) .

2.5 ロボットによる人同士の交流創出支援の関連研究に対する 本研究の位置づけ

これまでの関連研究においても、ロボットによる人同士(主に、高齢者や若者)の交流支援は期待されてきた。しかし、これらの研究の多くは、人々が事前に集められ着席した状態から、言語的コミュニケーションを介して人同士の対面コミュニケーションの創出に特化した支援を行うものである。本研究が着目する、現代の子どものための交流支援においては、交流を直接の目的としない場をつくりながらも、その中で交流がなされていくという意味での間接的な交流体験を提供することが重要であり、このような場づくりを行う上で、初対面の子ども同士や子どもと大人の対面コミュニケーションの支援の仕方を考えるだけでなく、子ども達を自発的に集める状況のつくり方を考えていくことが重要になる。そこで、本研究では、子ども達を接近させる所から交流創出支援のあり方を提案するために、かわいい幼体としての子ども型ロボットに着目する。以降、関連研究におけるロボットによる人同士の交流創出支援の例を説明する。

クイズ活動

Matsuyamaら [84] は、高齢者を対象にしたクイズレクリエーションに参加するロボットの振る舞いをデザインし、実際にレクリエーション活動を活発にすることを示した。着目したクイズは難読ゲームとよばれ、難しい漢字の読み方を当てるものである。実際の難読ゲームでは、主に2つの問題があり、ロボットによる支援が期待された。1つは、司会者がバランス良く参加者に回答を促したり、ヒントを出したりするのが難しいことである。もう1つは、参加者が自由に発話をしにくいことである。そこで、ロボットが、クイズ司会者から名前を呼ばれると、External Triggerが起動し、ゲームの状況に応じて回答・質問・ヒント要求のいずれかを行う振る舞いと、Internal Triggerが起動すると、独り言・他の参加者への回答促しを行う振る舞いが実現された。

ゲーム活動

Shortら [86] は、高齢者の社会的幸福度を向上させるために、孫、子ども、祖父母と一緒にゲームを行うロボットのプロトタイプシステムを開発した。ロボットは、SPRITEとよばれる 30cm ほどの大きさの卓上型ロボットで、携帯電話が顔になっている。研究では、2種類のルールベースのゲームと、2種類の創作型ゲームが用意された。ルールベースのゲームでは、ロボットはカードゲームのプレイヤーとなり、家族チームと競いあった。創作型のゲームの1つでは、家族がロボットを動かす動作をつくり、ロボットはそれに合わせて動いた。またもう1つのゲームでは、家族が画像を作り、ロボットがそれにコメントした。実験参加者達に、ロボットと4種類のゲームを行ってもらい、その時の人々の様子を行動観察した。また、インタビューを通してフィードバックコメントを得た。この研究は、家族という文脈の中でロボットの役割や運用の仕方を考察した点で新規性の高いものである。

日常会話活動

Jeongら [83] は、孤独を感じる一人暮らしの若者を繋ぐコミュニケーションロボットである Fribo を開発した。Fribo は猫のような外見の小さな卓上型ロボットで、Social Networking Service のロボット版として、Social Networking Robot として表現される。Fribo は一人暮らしの若者の家に1台ずつ導入され、若者の生活音を元に行動認識し、匿名化して離れて暮らす知人に知らせ、会話のきっかけを生み出す。4週間36人(12グループ)の人に Fribo との暮らしを体験してもらった実験では、若者達が Fribo の振る舞いに対してプライバシーの侵害を感じることなく、家の中や家の外で交流するきっかけを持てたことが分かった。

2.6 子ども型ロボットによる子どもと初対面の人々の交流創出についての仮説

子どもとしての外見と振る舞いを持つ人型ロボットである「子ども型ロボット」²は、(1) 集団形成の支援と (2) 対面コミュニケーションの支援の各段階において、以下のように子どもと初対面の人々の交流創出支援を行えると仮説を立てる。

²子ども型ロボットの詳細な定義については第4章で後述する。

2.6.1 子どもと初対面の人々の集団形成支援

幼児や幼犬などの幼体は、人を接近させることが知られている [8,10]。これは、かわいい存在が人の接近欲求を引き出す [90] ためだと考えられる。子ども型ロボットも同様に、かわいい存在として同じ場所に偶然居合わせた子どもや初対面の人々を自発的に接近させ集めると考えられる。

2.6.2 子どもと初対面の人々の対面コミュニケーション支援

子ども型ロボットは、子どもらしい振る舞いを通して、子どもを含む周囲の人々の行動を伴う共感(行動的共感)や実感を伴う共感(主観的共感)を引き出すことで、人同士が対面コミュニケーションするきっかけを生み出すと考えられる。

共感とは、他者の感情状態を共有する認知機能 [91] のことである。梅田は、共感を、1) 行動的共感、2) 身体的共感、3) 主観的共感に区別する理論的枠組みを提案している [91]。行動的共感は、「他者の行動を観察すると、それに伴い、自分に類似した行動が起こるという意味での共感」である。例として、人の笑顔がうつるといった情動感染 [92] や、交流する相手の振る舞いを真似する [93] という意味の行動模倣がある。行動模倣に関しては、振る舞いを真似された人が、真似をした人の好感度を上げることが知られている³。子ども型ロボットに対する行動的共感は、人々がロボットの振る舞いを見て、それに類似した振る舞いを取ってしまうことで起こると考えられる。主観的共感は、「まさに主体者が共感しているという意識を持っている場合」の共感を意味する。子ども型ロボットに対する主観的共感とは、人々がロボットの振る舞いを見て、振る舞いに対する感想を持つことで起こると考えられる。一方、身体的共感とは、「他者の行動に触れることによって、身体反応がボトムアップに誘発される場合」の共感であり、身体的には同期した反応が見られても、人に主観的な共感の感覚が無い場合も含まれるため、本研究では人同士が対面コミュニケーションするきっかけを生み出すものとしては着目しない。

³ Guéguen [94] は、男女のカップリングパーティを題材に、見知らぬ人(この研究の場合は初対面の男性)の言語的・非言語的振る舞いを模倣すると、模倣した人(この研究の場合は女性)への好感度が高まることを明らかにした。また、van Baarenら [95] は、広告に関する会話の場面で、実験従事者が実験参加者の振る舞いを真似ることで、自身の好感を高められることを、援助行動の発現に着目し示した。これは、カメレオン効果と呼ばれ [93]、カメレオン効果は人とエージェントの会話の中でも生じることが分かっている [96]。

2.7 介在者を用いた交流支援における子ども型ロボットの位置づけ

子ども型ロボットは、かわいい幼体として人を接近させることで集団形成支援を行い、自らの存在や振る舞いをきっかけにした受動的な人同士の対面コミュニケーション支援と、物理的・言語的な働きかけを通した能動的な人同士の対面コミュニケーション支援を行える。犬や幼児は周りに人を接近させることで集団形成支援を行い、自らの存在や振る舞いをきっかけに、受動的な人同士の対面コミュニケーション支援を行える。動物の代替として用いられる動物型ロボットも、同様の支援が行える。犬、幼児、動物型ロボットと比較すると、子ども型ロボットはこれらの支援に加えて、自らの働きかけを通した能動的な人同士の対面コミュニケーション支援を行える。また、大人やバーチャルエージェントは、主に人の言語を用いて子どもに働きかけ、能動的な対面コミュニケーション支援を行える。2.5節で述べたように、これまで行われてきた研究におけるコミュニケーションロボットも、同様の支援が行える。子ども型ロボットは、大人やバーチャルエージェント、これまでの研究におけるコミュニケーションロボットと比較して、人を接近させる所から交流創出支援でき、自らの身体を用いた物理的な働きかけを通した能動的な人同士の対面コミュニケーション支援も行える。以降、関連する介在者を紹介しながら、子ども型ロボットの位置づけを説明する。

2.7.1 犬による介在の例

犬などのペットには、人同士の交流を促進する効果があることが知られている。Woodら [97]が、電話による様々な地域でのアンケート調査を行い、ペットを飼育する人・飼育していない人の近所付き合いを比較した結果、ペットを飼育する人(特に犬の飼い主)の方が近所の人と知り合いであり、さらに、近所の人から何らかの社会的サポートを受けることができていた。さらに、犬の存在は、人からの援助行動を引き出すことが知られている [98]。

McNicholasと Collis [9]は、日常生活に犬を同伴させることで、犬を同伴させない場合よりも、すれ違う人、特に見知らぬ人との対面コミュニケーションが増加することをフィールドでの実験により示した。また、このような、犬が持つ人同士の社会的交流における触媒効果は、犬の飼い主によらない頑強なものであることを明らかにした。さらに、Wells [10]は、成犬よりも子犬の方が見知らぬ人を接近させることを明らかにし、その理由を、幼体が持つ「かわいらしさ」にあると考察している。

犬による交流創出は、学校生活においても活用されている。学校カリキュラムにコンパニ

オン・アニマル(ペットの枠を超えた、人間と深い絆で結びつけられる人生の伴侶という意味の伴侶動物のこと)を介在させる教育のことを、動物介在教育(Animal Assisted Education)とよぶ [12]. 動物介在教育の中に、学校で犬を飼う取り組みがある。学校犬は、命に関する教育を可能にすると同時に、学校生活における子ども達の不安や緊張を和らげる役割を持っており、子どもとの遊びを通して子ども同士や大人との交流支援を行うこともある。

ドイツでは、学習遅滞児⁴のための学校で、犬を活用した教育が行われている [11]. 犬は当番制で生徒によって世話されており、犬の観察を通して子ども同士や教師との多様なコミュニケーションが生まれていることが報告されている。

日本での学校犬の取り組みとして、立教女学院小学校の学校犬バディの例 [12]がある。バディの世話は6年生の有志が当番制で行う。バディは教員室の一角の専用部屋で過ごしており、授業に同席することもある。また、キャンプや保護者会、運動会やクリスマス会などの学校行事にも参加する。バディは、バディの世話を通した子ども同士の交流や、学校行事への参加を通して子どもと人々の交流に介在する。

2.7.2 幼児による介在の例

幼児は、自分の周りに人を集め、自身の保護者との対面コミュニケーションを生み出すことが知られている。Nishiyamaら [8]は、日本のフィールドで、乳幼児とその母親に見知らぬ人が近づいて対面コミュニケーションを行う様相を観察し、特に高齢者に母親達と対面コミュニケーションを行う人が多いことを明らかにした。また、母親にアンケートとインタビュー調査を行い、乳幼児に見知らぬ人が近づいた時の気持ちを尋ねた結果、見知らぬ人の接近を肯定的に捉えていることを明らかにした。このような結果の背景には、人の子育ては、母親だけでなく、複数の集団の構成員が母親を助けることによってなされてきたという歴史がある。母親が見知らぬ人を潜在的な助け手と捉える現象は、これまではあまり見られず、現代ならではの現象だと考えられ、この研究で得られた結果は、現代社会における集団による子育ての様相を表していると結論づけている。

⁴ここで言う学習遅滞児とは、学習の遅れた子どもという教育的な意味で用いられており、社会的要因による学業不振児や脳に気質的障がいがある学習障がい児、一部軽度知的障がい児が含まれる。

2.7.3 バーチャルエージェントによる介在の例

Andristら [13] は、子ども達が言語を用いて集団で遊べるゲームに介在する人型バーチャルエージェントを開発した。このバーチャルエージェントは、均等に子ども達に発話を促すために開発されており、身振り・視線・接近を組み合わせることでさりげない発言者の選択を行っている。

また、Trinhら [14] は、口頭発表の発表者が人前で話す際の不安感を軽減するための、等身大人型バーチャルエージェント「DynamicDuo」を開発した。バーチャルエージェントの振る舞いは、TEDにおいて2名で行われた発表を参考にしている。評価実験では、12名にDynamicDuoを用いた発表と発表者のみの発表の両方を体験してもらい、英語の母語話者ではない人に対して、DynamicDuoを用いた発表の方が人前で話す際の不安感を軽減し、話す自信を持てるようになることを明らかにした。

2.7.4 大人による介在の例

学校生活において、子ども同士の発表を支援する存在に教師がいる。教師は、子ども同士の話し合い活動型の交流を支援するために、子どもの学年に応じて教師主導で活動を進めたり、指導・助言を行ったりすることが求められる ([2], p. 78)。例えば、学級活動においては、子ども達が円滑な学級会を進められるように、学級会の進め方や合意形成の仕方、振り返りの方法などを指導することが求められる。

また、学校生活に限定しない発表の場を支援する存在に、ファシリテーターがいる。ワークショップにおける参加者の発言数は、ファシリテーターの発言内容に影響を受けることが知られている [99]。そのため、ファシリテーターは、ワークショップの目的を明確に認識し、話し合いの中で扱われるサブテーマを構築し、参加者からの発言の平等性を確保し、より多くの意見を導き出すことが求められる。また、清水と伊庭 [15] は、体験学習における場づくりのノウハウを「ファシリテーション・パターン」として記述することを提唱している。体験学習に関する文献や、ファシリテーションなどに関連する文献、会議法や教育などの文献を参照し、体験学習プログラムのファシリテーターの振る舞いとして重要であると記述された内容のうち、2つ以上の文献に掲載されているものをパターンとして抽出し、計56個のファシリテーション・パターンを提案している。

2.7.5 これまでの研究におけるロボットによる介在の例

1. ロボットによる集団形成支援の可能性を示唆する例

ロボットの関連研究の中には、集団形成支援を意図的に行っている訳ではないが、その可能性を示唆する結果を報告するものがある。Severinson-Eklundhらの研究 [100] では、オフィスにおける特定のユーザーのために用いられる運搬ロボットのフィールド運用に着目し、たとえ特定のユーザーに用いられるロボットであっても、不具合で道を塞ぎ、オフィスで働く人の邪魔をする際に、ユーザー以外の人を周りに集め、その人との関わりが発生することを報告している。したがってこの研究では、ロボットが特定のユーザーのためのものであっても、周囲の人から理解と手助けを得るための行動が必要であると主張されている。この研究は、サービスロボットであっても人を集める性質があることを示しており、ロボットによる、集団形成から行う交流創出支援の可能性を示唆するものとなっている。

2. 動物型ロボットによる支援の例

ロボット（特に動物型ロボット）とのふれ合い（触れ合い）を通じたレクリエーション活動を、ロボット介在活動 (Robot-Assisted Activity, RAA) とよぶ。ロボット介在活動は、動物介在セラピー (Animal-Assisted Therapy, AAT), または、動物介在活動 (Animal-Assisted Activity, AAA) の代替として行われる⁵。ロボット介在活動は、ロボットとのふれ合いを通して、人に心理的・生理的・社会的にポジティブな効果をもたらすことを目指した活動であり、その効果の1つとして人同士の交流支援がある。

有料老人ホームに入居する高齢者を対象とした、AIBOを用いたロボット介在活動 [82] では、活動の参加者、職員、活動の実施者がロボットを介してどのように関わり合うかが、長期の実践をもとに調査された。この研究では、週に1度1時間ほどの活動が10か月以上行われた。その流れを以下に説明する。まず、入居者を娯楽室に招き、12人がけのテーブルに沿って並べられた椅子に着席してもらう。次に、AIBOとAIBO-Masterとよばれるロボット介在活動のコーディネーターが共に入室する。そして、AIBO-Masterの指示の元、AIBO

⁵AATとAAAの違いは、特定の治療目的の有無である [101]。AATでは、医師や看護師、ソーシャルワーカーなどがボランティアと協力しセラピープログラムを作成する。一方AAAは、特定の治療目的を持たず、ボランティアに依存する活動である。AATとAAAには3つの効果が期待されており、それは、(1) 心理的效果（例：癒し、やる気の向上）、(2) 生理的效果（例：健康状態の改善）、(3) 社会的効果（例：患者同士と介護者のコミュニケーションの活性化）である [101]。AATやAAAは、効果があることが実証されているものの、日本においては、ほとんどの病院や高齢者施設では動物の受け入れは認められていないため、ロボットが活用されている [101]。

は「ごあいさつ」し、その後「お手」「お座り」といった様々な振る舞いを見せる。その後、入居者と AIBO の自由なふれ合い時間を約 10 分取り、AIBO-Master は、入居者に AIBO とボールを使って遊ぶことを勧めた。この研究では、動物介在活動と比較して、参加者達がロボットの心を読み取り、誰かが承認し、物語を生成するという集団としての行動が観察されやすかったと考察されている。その理由は、動物をケアに用いる場合でも、心を読み取りが行われるが、ロボットは動物よりも不完全であったためだとしている。動物・ロボット介在活動の意義が、このような物語の形成にあるとすると、ロボットを用いた介在活動には、動物の代替であること以上の意義があることが示唆されるとしている。

また、ケアハウスに入居する高齢者を対象とした、アザラシ型ロボット Paro を用いたロボット介在活動 [101] では、2 台の Paro を毎日 9 時間以上稼働させ、入居者は自由に Paro とふれ合った。約 1 か月後の入居者の尿検査の結果、入居者のストレス値が下がり、ロボットには人の心理にポジティブな影響を及ぼすことが分かった。また、入居者のソーシャルネットワークの密度が高まり、ロボットには人の対人交流にポジティブな影響を及ぼすことが分かった。

第3章

科学館での子ども型ロボットの
実践活動に
もとづく研究方法論

本研究では、初対面の子ども同士の遊び場面と、大人が初対面の子どもに向けて発表する場面における、子ども型ロボットを用いた交流創出支援を成り立たせる重要な要因を明らかにするために、初対面の子ども同士の遊び場面に関しては、ロボットとのふれ合い活動に関する実践活動、大人が初対面の子どもに向けて発表する場面に関しては、ロボットに関する科学コミュニケーション活動に関する実践活動に着目する。

大人が初対面の子どもに向けて発表する場面における交流創出支援に関しては、大人の専門家のうち、ロボット研究者に着目することで、科学館を、子どもや子どもと関わる大人と研究者が将来のロボット像を共創していくための科学コミュニケーション活動(科学技術の情報発信と対話活動)のフィールドとして活用することとしている。子ども型ロボットは、まだ社会における役割が定まっていないため、そもそもどのような場面で交流創出支援を行えるかを明らかにする必要がある、このようにした。

本章では、科学館における研究方法として、本研究における科学館の役割、子どもとロボット研究者の交流創出の意義、本研究が従う研究的立場、実践活動を行う科学館について述べる。

3.1 本研究における科学館の役割

3.1.1 子どもと初対面の人々の交流を創出する可能性のある場

科学館は、子どもにとって、他の子どもや大人の来館者、科学館のスタッフ、講師といった、様々な年齢の初対面の子どもや大人と出会う場となる一方で、自然には交流が生まれる訳ではない場として位置づけられる。

科学館は、自然科学に関連する展示を行う博物館であり、子どものための理科・科学教育を主とするものから、特定の分野に特化したものまであり、その展示方法も体験型や触れるハンズオン形式のものなど多様化している施設である [102]。科学館では、大人の専門家による講演会が行われることもある。子どもは、総合的な学習の時間や学校行事、休日の余暇活動などにおいて科学館を訪れる。

科学館は、様々な親子連れが来館し、初対面の子ども達が集まる場であるが、子ども達が交流することはあまり想定されていない。また、大人の専門家による講演会では、子どもは専門家の講演を聞くことが基本となっており、子どもと専門家が発表前後に会話したり、発表中に子どもが発表内容に反応し、発表者の大人が子どもの反応に反応したりするといった

交流は工夫をしないと生まれづらい。

3.1.2 子どもとロボット研究者の交流を創出する場

科学館は子どもにとって、科学館における体験活動やトークイベントを通してロボット研究者と出会う場ともなる¹。子どもは、ロボット研究者から、ロボットやロボット研究に関する情報を学び、その面白さを知り、これからのロボットとの暮らしについて考えることができる。また、ロボット研究者自身について知ることが、子どもが今後のキャリアを考える上で影響を及ぼす可能性もある。

さらに、社会と研究室の接点として位置づけられる科学館は、ロボット研究者にとっては、子どもや子どもと関わる大人と出会う場となり、対話を通して将来のロボット像を創り上げていくための科学コミュニケーション活動実施における重要なフィールドとして位置づけられる。

3.1.3 科学館以外の場所への展開に向けた研究拠点となる場

科学館は、社会と研究室の接点として位置づけられるため、ロボットを用いた実験や、研究者と子どもを含む人々の科学コミュニケーションが行いやすいという特色があり、ロボットを用いた子どものための交流創出支援に関する研究拠点としての役割も持つ。ロボットを用いた子どものための交流創出支援の研究は、科学館でなければ行えないという訳ではないが、科学館は、学校や地域活動といった、科学館以外の場所における展開に向けた最初のステップを可能にする場として位置づけられる。科学館での研究を継続することで、交流創出のためのロボットの振る舞い方と、ロボットを用いた交流創出としてどのような場面を用意するかに関する知見獲得が可能であり、得られた知見を科学館以外の場所でのロボット運用に活用できる。また、科学館での研究方法を土台に、科学館以外の場所での研究活動を展開することができる。

¹本来、「初対面の人々」の中に研究者も含まれるべきだが、本研究では、子どもとロボット研究者の交流を、ロボットやロボット研究の内容に特化した交流として、初対面の人々との交流とは区別する。

3.2 子どもとロボット 研究者の交流創出の意義

3.2.1 子どもとロボット 研究者の発表形式の科学コミュニケーションの重要性

子ども型ロボットによる子どものための交流創出支援を実現する上では、子ども型ロボットをどのような場面で運用できるかを考える必要がある。なぜなら、本研究で考える子ども型ロボットは、子どものための交流創出支援を行うためだけのロボットではなく、交流を直接の目的としない場をつくりながらも、その中で交流がなされていくという意味での間接的な交流を生み出す存在として社会に位置づけられるためである。社会的な存在としての子どもためのロボットは、保護者の子育て支援に加え、教育などの場面で、広く子どもの成長支援に貢献する可能性があり（例：[56–58, 61, 103]）、ロボットによる子どものための交流創出支援は、このような多様な役割の中の1つとして位置づけられる。

そして、どのような場面で子ども型ロボットによる交流創出を行うかを考える上で大切になるのは、研究者だけで研究を進めるのではなく、子育て中の保護者、学校などで子どもと関わる大人、ロボットと関わることになる子ども自身など、多様な背景を持つ人々の意見を聞きながら、子どものためのロボットに何を任せ、何を任せないかを考えていき、将来のロボット像を共に創り上げることである。そのために、科学技術の情報発信と対話に関する活動である、科学コミュニケーション活動を行っていくことが重要となる。

子どものためのロボットの役割を考えていくという目的での科学コミュニケーション活動を推進する上で大切なのは、ロボットの理想と現実のイメージを常に更新しながら議論を進めていくことである。すなわち、研究者が将来ロボットのユーザーとなる一般の人々の期待や不安についての理解を深めること（ロボットの理想のイメージの更新）と、一般の人々がロボットの能力や限界についての理解を深めること（ロボットの現実のイメージの更新）が大切である。そのために、研究者による (1) 一般の人々の意見聞き取り、(2) 一般の人々への robotic literacy（ロボットを操作する仕組み、ロボットの能力の限界、ロボットの生き物らしさを知覚する人の性質などに対するリテラシー）[104]に関する情報発信が求められる。研究者が robotic literacy に関する発表活動を行い、一般の人々の意見を聞き取ることで、これらは可能になる。

3.2.2 本研究で着目する科学コミュニケーション活動の位置づけ

本研究で着目する科学コミュニケーション活動は、ある分野において専門家とされる人だけでなく、様々な背景を持つ人を可能な限り研究に巻き込み、特定の科学技術の将来像(本研究の場合は、将来のロボット像)を共に創り上げることを目的とした活動として位置づけられる²。

これまで、子どものためのロボット研究に関しては、主に選択式のアンケート調査を通して、主に子育て支援に関わるロボットのニーズが調べられてきたが(例: [105,106])、これまでの研究では、研究者が、子どもに対してロボットがどのようなことを行えそうかを人々に伝える機会が多かったとは言えなかった。これまでの研究では、子育て支援ロボットはあまり望まれていないという知見を紹介するものが多く(例: [105,106])、これらの研究は、子どもと関わるロボットの開発や扱い方に対して十分な議論を行う必要性を示唆しており重要であるものの、人々が既に持っているロボットのイメージが更新されることで、人々の回答が変化するのではないかとともに予想できる。そこで、これからは、研究者が科学コミュニケーション活動の中で、ロボットが子どものために出来そうなことを例示しながら、子どもを含めた人々と対話し、子育て支援だけでなく子どもの成長支援に関する広い範囲で、ロボットに何を任せ、何を任せないか、その境界を探っていくことが大切となる。

これまでも、ロボットやロボット研究に関する科学コミュニケーション活動は着目されてきたが、ロボットやロボット研究への人々の興味や関心を引き出すアウトリーチ活動(例 [107,108])³としての意味合いが強かったという背景があり、本研究の取り組みは、科学コミュニケーションが持つ役割の1つである「共創」を、子どものためのロボット研究に活用する可能性を探るものという特色がある。

3.2.3 発表形式の科学コミュニケーション活動におけるロボットの役割

(1) 子どもとロボット研究者の交流創出支援を行う存在としての役割

ロボット研究者が、子どもや子どもと関わる大人に、ロボットに対してどのような子どものための役割を期待しているかを尋ねることは重要であるが、ロボット研究者と子どもを含む人々の対面コミュニケーションを実現することは実際には難しい。著者の経験では、発表

²付録に、科学コミュニケーションの種類分類を示した。この分類においては、(b) 専門家と非専門家による科学技術の方向性の共考の中に含まれる。

³付録の分類では、(a) 非専門家に向けた科学技術に関する話題や行動喚起の中に含まれる。

が講演会のようになってしまう観客が話を聞くだけになってしまったり、発表後に集まる人の多くが大人で、特に科学技術に関する関心が高そうな人達ばかりが集まってしまったりしたことがある。そのため、ロボット研究者が子どもに向けて発表する場面では、発表場面の前後も活用し研究者と子どもが言葉を交わしやすい雰囲気をつくることが重要であり、すなわち、発表中に子どもが発表内容に反応し、研究者が子どもの反応に反応することに関する交流創出支援と、発表以外の場面でも子どもが研究者に接近し言葉を交わし合うきっかけを生み出すことに関する支援の両方が重要になる。発表中に発表者の発表の手伝いや観客の反応引き出しを担える存在として、バーチャルエージェント（例：[14]）が知られている。ロボットには、バーチャルエージェントと比較して物理的存在感があるため [109]、移動など自らの身体を用いて、発表以外の場面でも研究者と子どもの交流創出支援ができると期待される。

(2) **robotic literacy** を伝える教材としての役割

ロボット研究者の発表形式の科学コミュニケーション活動においては、ロボットは、子どもとロボット研究者の交流創出支援を行う存在となるだけでなく、**robotic literacy** を伝える教材としての役割が期待される。

近年、人がうまくロボットと関わり合っていくために、**robotic literacy**（ロボットを操作する仕組み、ロボットの能力の限界、ロボットの生き物らしさを知覚する人の性質などに対するリテラシー）の獲得が重要だと指摘されるようになってきている [104]。一方で、一般の人々は、ロボット製作体験でシンプルなロボットが動く仕組みを知ることはできても [107]、社会で働くことを想定された複雑なロボットが動く仕組みを知る機会はまだあまり多いとは言えない。そこで、ロボットが研究者の発表に参加することで、ロボットに何ができるかだけでなく、どのような仕組み（例：ロボットのハードウェア構成、センサ情報処理方法）でできるかを伝える教材となれるのではないかと考える。

3.3 研究者による積極的参与にもとづくフィールド参与観察

本研究では、研究者による積極的参与にもとづくフィールド参与観察を通して、子ども型ロボットによる交流創出の様相を分析する。以降、研究者による積極的参与を行う理由、参

与観察，フィールドにおける参与観察，研究者による積極的参与のデメリットとその対処法について説明する。

3.3.1 研究者による積極的参与を行う研究的立場

本研究では，ロボットによる子どものための交流創出支援を成り立たせる重要な要因について，エスノグラフィックなアプローチを通して明らかにする。エスノグラフィーとは、「人びとが実際に生活したり，活動したり，仕事をしたりしている現場を内側から理解するための調査・研究の方法」[110]である。そして，人の集合体を研究するグループ・ダイナミクス分野の立場[111]に従い，人の集合体を研究する場合，研究者は研究対象者と関わることに避けられず，むしろ，研究対象者と積極的に関わることが求められるという立場のもと，研究を行う著者がフィールドに積極的に参与し，その場で生まれる交流の様相を記述する。

これまでの人とロボットの関わり合いに関する研究の多くは，研究者が観察対象に影響を及ぼさないように，観察対象と関わらないようにする立場を取ってきた。例えば，別室での観察[46]，ビデオカメラ越しの観察[112]，家庭でのロボットの使われ方の事後調査[113]などを通して，研究者による外からの観察が行われてきた。また，高齢者介護施設内での観察[114]，ロボットの傍での安全管理[57]といった，研究者が観察場所に存在する場合でも，周囲の人となるべく関わらないようにすることが求められてきた。これらは論理実証主義[111]にもとづいた研究であり，人間が知ろうが知るまいが，事実は事実として存在するという前提に立ち，観察者は，観察対象を本来の姿を壊さないように離れた所から観察するべき，という研究スタンスを取る。この観点からは，本研究で得られる観察結果は，データそのものが研究者の積極的参与により変化するもののため，科学的に妥当とはみなされない。本研究で取る研究アプローチは，これまでの多くの研究で行われてきたものとは大きく異なるが，本研究においては，研究を行う著者が子どもや周りの人々と積極的に関わり，間接的な交流の場を協同で創り上げていくことで，子ども型ロボットを介した子どもと初対面の人々・子どもと研究者の交流創出の様相を深く理解できるようになると考えている。それゆえに，研究者の積極的参与により変化していると考えられるデータにこそ価値があると考えている。

3.3.2 参与観察

参与観察は、「調査者自身が、調査対象となっている集団の生活に参加し、その一員としての役割を演じながら、そこに生起する事象を多角的に、長期にわたり観察する方法」[115]や、「ドキュメントの分析、回答者と情報提供者のインタビュー、直接の参加と観察、内省を同時に組み合わせるフィールド戦略」[116]と定義され、「人びとを観察する」というより「人びとから学ぶ」といった趣が強い[117]と言われる。人とロボットの関わり合いを扱う研究においては、関わり合いの全体像を捉える目的で、研究者による参与観察が行われる。このような定性的な観察のアプローチに加えて、定量的な観察は、量的研究の仮説検証にも活用可能である。

3.3.3 フィールドにおける参与観察

人とロボットの関わり合いを扱う研究では、参与観察を行う場所は主に、ロボットが生み出される場所である研究室とフィールド（実環境）での観察に分類される。研究室での参与観察の例には、[65,118]がある。

フィールドで観察を行う意義は「状況に埋め込まれた評価」を行えることである。中原[119]は、BruceとRubinの議論[120]をもとに、社会の中に位置づけられ、人々に作用を及ぼすものは、開発者の理想の状態をもとに評価されるのではなく、現実の社会的実践の中で評価されるべきであると説明している。このように社会の中に埋め込まれた評価を「状況に埋め込まれた評価」とよぶ。サッチマン[121]は、人と機械の関わり合いに関して「状況に埋め込まれた評価」を行うことの重要性を、当時最先端だったコピー機を操作する人々の会話の分析をもとに示した。

人と関わり合う機械の一種であるロボットにおいても、この「状況に埋め込まれた評価」の実施のために、ロボットがあるフィールドで役割をもって運用されることが重要となる。ロボットの「状況に埋め込まれた評価」を行った例として、[46]や[57]がある。

3.3.4 研究者による積極的参与のデメリットとその対処法

グループ・ダイナミックスの立場に従い、施設入居者の高齢者を対象にAIBOを用いたロボット介在活動（ロボットとのふれ合いを通じたレクリエーション活動）の様相を深く探った代表的な研究の1つとして、加藤らの研究[82]がある。

加藤らは、高齢者を対象としたロボット介在活動を、ロボットをめぐる物語の共同的承認の過程であるとして検討した。加藤自らが AIBO-Master という名前の役割(ロボットの機能に詳しく、活動の司会進行も行うコーディネーター)を担い、ロボット介在活動に参加する人々と積極的に関わり、ロボット介在活動の場を参加者、施設職員らと共に作り出した。さらに、獲得した内部者の視点も組み合わせて、ロボット介在活動を巡る人々の関わり合いの様相を深く分析することに成功している。

同時に加藤らは、研究者が実践者として観察を行う場所に関わることの問題点についても認識しており、その解決策についても論じている。ある活動の実践者が研究者となる場合、恣意的にデータが加工・分析される懸念があるため、加藤らは当事者以外の視点を分析・考察の過程に含める工夫(データの記録を第三者と共に رفتり、データの分析や解釈を直接ロボット介在活動に参加しなかった研究者と رفتりするなど)を行っている。

本研究の場合も、著者がロボットを用いた交流活動の実践者でありかつ評価者でもあることで、得られたデータの分析や解釈に影響が及ぶ懸念がある。そこで、実践活動に同席した科学コミュニケーターやボランティアスタッフに協力していただきビデオを記録したり、実践活動参加者、実践活動に同席した科学コミュニケーターからの意見を可能な限りデータとして取得したり、著者の実践活動に参加していない第三者の研究者と議論を行いながらデータの分析と解釈を رفتりといった工夫を行った。

3.4 実践活動を行う日本科学未来館

3.4.1 概要

本研究では、東京都にある科学館である「日本科学未来館(通称 Miraikan)」において、子ども型ロボットを用いた実践活動を行う。日本科学未来館は、「科学技術を文化として捉え、社会に対する役割と未来の可能性について考え、語り合うための、すべての人々にひらかれた場」を設立の理念に掲げ、2001年に開館した科学館であり [122]、医療や、宇宙、ロボットなど、様々な最先端の科学技術に関する展示を扱っている。展示の他にも、体験プログラムや講演会が多数行われており、子どもは、これらのイベントに参加することを通して、初対面の人々と交流する可能性を持つ。

日本科学未来館には、展示エリアと研究エリア [123] と呼ばれる施設が存在する。展示エリアは、来館者が通常訪れる場所であり、地球環境、コンピューター、医療、宇宙など様々

な展示がある。一方、研究エリアは、大学や企業の様々な研究プロジェクトが構えたサテライト研究室が集まる場所であり、普段来館者が訪れることはできないが、オープンラボイベントや研究室単独のイベント時に開放される。

他の科学館と比較した時の、日本科学未来館の最も大きな特色は、科学コミュニケーション（科学技術に関する情報発信と対話）に関わる専門的な人材である、科学コミュニケーター [124] が在籍していることである。科学コミュニケーターは、科学技術に関する専門性を持つだけでなく、その専門性を伝えるコミュニケーション能力と、コミュニケーションの場をつくる能力を持つ [125] 人材と説明されている。日本科学未来館の科学コミュニケーターは、ブログや書籍、イベント等を通して一方向コミュニケーションと双方向両方のコミュニケーションに関わっている。科学館内においては、展示やイベントを通して、科学コミュニケーターと来館者、または、専門家（例：研究者）・科学コミュニケーター・来館者間の双方向のコミュニケーションを実践している。

3.4.2 実践活動の行い方

日本科学未来館では、日本科学未来館をフィールドとした研究活動を受け入れる制度が整っており、本研究では、この制度を活用した。著者の場合は、日本科学未来館の研究エリアに所属研究室がサテライト研究室を有していたため、日本科学未来館をフィールドとした実践活動が行えた。著者が所属する研究室では、2020年の春まで研究エリアにサテライト研究室を有していた。著者は、2014年の秋から2020年の春まで研究エリアに所属し、展示エリアや研究エリアでの子ども型ロボットを用いた実践活動を実施した。研究エリアは、定期的に新規入居プロジェクトを募集している [126]。また、研究エリアに所属していなくても、日本科学未来館をフィールドとして活用する実証実験や研究調査を行える枠組みが用意されている [127]。

著者は、科学コミュニケーターからイベント企画や実施中のサポートを受けながら、子ども型ロボットを用いた実践活動を行うことができた。この他にも、日本科学未来館というフィールドは、ロボット運用上プラスに働いた。例えば、館内にはロボットが移動しやすい平坦な床やネットワーク環境があり、設備使用をサポートする技術スタッフも在籍している。また、科学コミュニケーターは、ロボットをモノとして扱わず、擬人化して接するようにしてくれた。実践活動で得られた知見は、このような前提のもとに成り立つものであることには留意する必要があるが、ロボットの運用を同様に工夫すれば、本研究と同様の結果が得ら

れると考えられる。

3.5 本研究における倫理的配慮

本研究は人を対象とする研究であり，東京大学大学院情報理工学系研究科の倫理審査委員会への申請内容（倫理審査番号 UT-IST-RE-140820-1 と UT-IST-RE-190719-1）に従い，実験参加者の個人情報を取り扱った．特定の実験参加者を集める実験では，実験前に実験について説明し同意書への記入を依頼した．一方，不特定多数の人が集まる場所での実験は，事前に1人1人に実験を説明するのが困難だったため，ホームページや貼り紙で個人情報の取り扱いについて説明した．

第4章

研究プラットフォームとしての
子ども型ロボットシステムの開発

4.1 子ども型ロボットの定義

本研究における「子ども型ロボット」の定義は、「子どもとしての外見と振る舞いを持つ人型ロボット」である。この定義のうち、子どもとしての外見と振る舞い両方に着目する理由は、人の接近欲求を引き出すとされる、外見と振る舞いからなる日本ならではのかわいらしさ [128] を参考にしたためである。以降、子ども型ロボットの定義について、人型ロボットの定義、「かわいい」の定義(入戸野 [128] による日本ならではの「かわいい」の定義にもとづく)、子ども型ロボットが持つ外見と振る舞いの内容をもとに説明する。

4.1.1 人型ロボットの定義

本研究における「人型ロボット」の定義は、石黒らの議論 [35] を参考に、「人に似た姿形をしたコミュニケーションロボット」とする。人に似た姿形というのは、擬人化された機械的な顔、身体を持つということである。そのため、人に酷似した姿形を持つアンドロイドロボット [129] は、本研究では含まない。また、コミュニケーションロボットとは、「コミュニケーション機能を目的として開発される知能ロボット」 [35] のことであり、近年ではソーシャルロボットという呼び方で呼ばれるようになっている [130]。コミュニケーションロボットは、「人間の日常生活の場のようなオープンな環境(特にロボットのためにつくられた環境ではない)で人間と協調して動作するコミュニケーション指向ロボット」 [35] であり、「工場内などの限られた環境(ロボットが働きやすいように工夫された環境)で特定の作業だけを行う」 [35] タスク指向型ロボットとは異なる存在である。本研究で考える人型ロボットの例として、ATR 知能ロボティクス研究所で開発された Robovie [131]、三菱重工業の Wakamaru [132]、Softbank Robotics 社の NAO [133]、Pepper [134]、日立の EMIEW [135]、NEC の PaPeRo [136] などがある。

4.1.2 日本ならではの「かわいい」に関する定義

日本ならではの「かわいい」という感情は、かわいい対象を見た時に刺激に対する反応として引き起こされる感情だけでなく、かわいい対象が「ある特定の状況や観察者との関わりの中で見せるしぐさやふるまい」 [128] に起因する、観察者と対象の関係性の中で生じる感情のことである。「かわいい」属性をもった対象は、人に保護したいという感情 [137] や、「近づきたい」、「そばに置いておきたい」という感情 [90]、そして、他者との共有欲求 [138] を

引き出すことが知られている。また、「かわいい」存在は、人の笑顔を引き出し、人の笑顔が周りの人の笑顔をさらに引き出すことで、笑顔を増幅させ、人々の対面コミュニケーションのきっかけを生み出す。Nittono [139] は、「かわいい」存在がもたらすこのような社会的効果を、「kawaii triangle」とよぶ。

入戸野 [128] は、日本の「かわいい」を、「幼児に対する愛情から派生して、意識主体にとって害がなく緊張を感じさせず、保護したいというポジティブな感情を喚起させる対象をさす形容詞」と定義している。これについて、以下に説明する。

1. 幼児に対する愛情

元々、「かわいい」という感情は、主に幼いものに対する愛情を基調とするものとして考えられてきた。ローレンツ [140] は、人や動物の赤ちゃんが持っている身体的特徴をベビースキーマとよぶ。ベビースキーマの特徴として、大きな頭部、額の上下高、大きな目、小さな鼻、小さな口、小さなあご、両目間の長い間隔、体表部の平板さ、全体的にふっくらした丸みが挙げられる [141]。これらの特徴を持つことで、周囲から保護を受けやすくなると言われている [137]。また、ベビースキーマの他に、赤ちゃんの表情も「かわいい」感情を引き出す上で重要だと言われている。Almanza-Sepúlveda ら [142] は、「かわいい」感情を引き出す乳児の顔の要素を抽出し、その1つに笑顔があることを明らかにした。

2. 保護したいというポジティブな感情の喚起

一方、日本では、人や動物の赤ちゃん以外や、ベビースキーマを持たない存在(例: 高齢者 [143], 無生物 [144, 145]) できさえも「かわいい」という言葉で表現されることがある。入戸野 [128] は、「かわいい」ものが人に引き起こす「保護したい」という感情は、保護するものから保護されるものへの上から下への一方向の関係だけでなく、その状態を維持してほしい/見守りたいという感情も含む広いものだとしている。同様に、井原・入戸野 [90] は、「かわいい」という感情には、「近づきたい」、「そばに置いておきたい」という接近欲求が深く関わっていることを明らかにした。また、吉武ら [138] は、女子学生に科学への関心を持ってもらうための工夫として、「かわいい」を取り入れた科学実験・工作に着目し実践することで、参加者による、体験についての他者との共有欲求を引き出すことを明らかにした。つまり、人が何かの対象を「かわいい」と感じる理由は、その対象を養育という観点から保護したいからだけではなく、その対象

に接近したいと感じるためという，広い枠組みで捉えることができる．さらに、「かわいい」と感じることは，それを誰かと共有したいという欲求を引き出すとも言える．

3. 意識主体にとって害がなく緊張を感じさせないこと

入戸野 [128] は，ある対象を「かわいい」と感じられるための必要条件として，観察者に脅威や害を与えないことを挙げている．ゴッフマン [27] は，見知らぬ者同士のかかわりが可能な状況の1つに，かかわりを求められる立場の人が存在することを挙げている．かかわりを求められる立場の人の1つに，単なる職業的関係以上のかかわりをもたなければならない社会的立場の人を挙げ，その中の1つに「対面的かかわりによって失うものが何もないと考えられており，他者が意のままに接近できる人（例：子どもや高齢者）」を挙げており、「かわいい」存在はこれに該当すると言える．

子ども型ロボットにおいては，このような日本ならではの「かわいい」の定義にもとづき，外見と振る舞いの両方においてかわいさを表現することとする．

4.1.3 ベビースキーマを活用した子ども型ロボットの外見

子ども達を接近させる子ども型ロボットの外見とするために，ベビースキーマ（人や動物の赤ちゃんが持っている身体的特徴）を活用する．ベビースキーマは，赤ちゃんだけでなく，大人，成体の動物，さらには非生物に対する「かわいい」感情も引き出すことが知られている．Little [146] は，幼児，成体の猫，大人の顔画像のベビースキーマに関する部分を操作し，幼児に似た特徴を持つように操作された顔は，大人に似た特徴を持つように操作された顔よりもかわいいと評価されることを明らかにした．Marton [147] は，自動車の正面画像のベビースキーマに関する部分を操作することで，自動車を「かわいい」感情を引き出すものにできることを明らかにした．本研究では，子ども型ロボットのシステムの構築を目的としているため，市販のロボットのうち，ベビースキーマを持つものを活用することとする．

4.1.4 3歳児の振る舞いに着想を得た子ども型ロボットの振る舞い

子ども達を接近させる子ども型ロボットの振る舞いを表現するために，人の3歳児の愛着行動，探索行動，遊び行動に示唆を得た振る舞いを表現する．これらの振る舞いに着目する理由，これらの振る舞いの特徴，子ども型ロボットシステムの構築にあたり着目する振る舞いについては次の節で述べる．

4.2 3歳児の愛着・探索・遊び行動に着想を得た振る舞いの表現

子ども型ロボットシステムの構築にあたり，本研究では，人の3歳児の愛着行動（子どもによる，保護者を求め，保護者に接近しようとする行動），探索行動（環境から情報を引き出すための行動），遊び行動に示唆を得た振る舞いを表現する．

4.2.1 これらの振る舞いに着目する理由

まず，子どもの愛着・探索・遊び行動に着目する理由は，これらの行動が，保護者からの養育行動を引き出し，保護者を子どもに接近させる役割を持つためである．子どもを子ども型ロボットに，保護者を子どもに置き換えることで，子ども型ロボットが，子どもからの養育行動を引き出し，子どもを子ども型ロボットに接近させられると考えた．

次に，3歳児という年齢に着目する理由は，この年齢の子どもは，保護者への愛着行動を多く行っていた所から，周りの環境に対する探索行動や，他の子どもに対する遊び行動を多く見せる転換期にあり [148]，参考にすることで，子ども型ロボットに対する子どもの接近のさせ方を様々な場面で構築可能だと考えたためである．また，3歳児は，言語コミュニケーション能力に関して，喃語ではなく基礎的な言語的コミュニケーション能力を有するとされており [148]，子ども型ロボットが基礎的な言語的コミュニケーション能力を持つことは，子どものための交流創出支援以外の役割を持って社会で活用される上で重要だと考えたためである．実際には，コミュニケーションロボットとしての役割も果たすために，言語的コミュニケーション能力に関しては，厳密に3歳児のようなたどたどしい喋り方をさせることを想定してはならず，小学生以上の言葉遣いを想定している．本研究では，子ども型ロボットに子どもの3歳児を完全に再現しようとしている訳ではなく，3歳児の振る舞いの一部を参考に，子どもらしいロボットを表現することを目指している．

参考のため，参考文献 [148] をもとに，年齢ごとの子どもの発達についてまとめた表を Table 4.1 に示す．

Table 4.1: 6か月児から6歳児までの子どもの発達についての分類 ([148]を参考にしてている.)

	運動能力	コミュニケーション能力	他者との関係
6か月未満児	寝そべり	喃語を喋る	大人の援助なしでは欲求を満たすことができない。 大人は子どもの様々な欲求に応え、 子どもとの間に情緒的な絆を形成する。
6か月～ 1歳3か月児	座る, はう, つかまり立ち, 伝い歩き	簡単な言葉が 理解できるようになる。 自分の意志や欲求を身振りなどで 伝えようとするようになる。	身近な人の顔が分かり, あやしてもらおうと喜ぶようになる。 人見知りが増えるが, 見慣れた人にはその身振 りを真似して積極的に関わりを持つようになる。
1歳3か月～ 2歳未満児	歩く, 押す, 投げる	大人の言うことが分かるようにな り, 呼び掛けたり, 拒否を表す片 言を盛んに使ったりするようにな り, 言葉で言い表せないことは, 指差し, 身振りなどで 示そうとする。	これまでに培われた安心できる関係 (例: 親子関係) を基盤として, 身近な人や身のまわりにあるものに 自発的に働きかけていくようになる。
2歳児	音楽に合わせた運動	発声はより明瞭になり, 語彙が目 覚ましく増加し, 日常生活に必要 な言葉も分かるようになり, 自分 のしたいこと・してほしいことを 言葉で表出できるようになる。	大人の手を借りずに何でも意欲的にやろうとする。 しかし, 現実には全てが自分の思い通りに受け入れ られたり, 自分でできたりする訳ではなく, しばしば大人や友達との間で 自分の欲求が妨げられることを経験する。
3歳児	基礎的な運動能力の 発達	話し言葉の基礎ができる。「な ぜ」「どうして」などの質問が盛 んになり, ものの名前やその機能 などを理解しようとする知識欲が 強くなり, 言葉はますます豊かに なってくる。	大人との関係を中心に行動していた所から, 一人の 独立した存在として行動するようになり, 他の子ど もとの関係が子どもの生活 (特に遊び) にとって重 要なものとなってくる。平行遊び (同じような遊び を近くで行う遊び) を行うようになる。
4歳児	全身のバランス能力の 発達	話をしながら食べるなど, 異なる2種以上の行動を 同時に取るようになる。	自意識が芽生える。また, 自分が思ったように上手 くいかないのではと葛藤を経験するようになる。仲 間との関係では, 不快なことに直面しても, 少しず つ自分で自分の気持ちの抑制ができるようになる。
5歳児	なわとびが できるようになる	自分なりに考えて納得のいく理由 で物事の判断ができるようになる。 自分や他人を批判する能力も 芽生えてくる。	より一層仲間の存在が重要になる。お互いに相手を 許したり, 認めたりするという, 社会生活に必要な 基本的能力を身につけるようになり, 仲間の中の一 人としての自覚や自信が持てるようになる。
6歳児	快活に 飛び回るようになる	文字を書いたり 本を読んだりするようになる。	仲間との共同遊び (役割分担やごっこ遊びのストー リーを共有しながら遊ぶこと) が多くなる。

4.2.2 保護者の養育行動を引き出す3歳児の振る舞い

ボウルビィ [149]によると, 子どもの行動は, 愛着行動と, 探索行動・遊び行動といったその他の行動に分けられる。そして, それぞれの行動に対して, 保護者の養育行動が引き出される。本研究では, 人の生活時間調査の分類 [150]を参考に, その他の行動の中に子どもの日常生活行動も含めることとする。

愛着行動

ボウルビィ [149]¹⁾によると, 愛着とは, 保護者に対する子どものきずなのことであり, 子どもによる, 保護者を求め, 保護者に接近しようとする行動を, 愛着行動とよぶ。保護者は, 愛着行動に対し, 子どもに接近したり, 子どもの要求に応えたりするといった養育行動を行う。

¹⁾ボウルビィの記述の中で母親とされている部分については, 本論文では, 保護者と広く書いている。

愛着行動の種類は、信号行動と接近行動に分けられる [149]。信号行動は、保護者を子どもの方へ引き寄せる効果を持ち、1. 泣き叫び、2. 微笑、3. 喃語、4. 保護者との接近状態における両腕を挙げ抱っこをせがむ姿勢、5. 呼び求めといった保護者の関心を得ようとする行動が含まれる。接近行動は、子どもを保護者の方へ近づける効果があり、1. 保護者に接近し後を追うこと、2. しがみつぎ、3. 指やおしゃぶりなどの食事ではない吸引が含まれる。

3歳児の子どもは、自分で歩けるようになっており、歩行を通して保護者に接近することができるが、保護者が移動している際に接近状態を保つことは苦手であり、移動中は保護者の誘導を必要とすることが多い [149]。そしてその誘導方法の1つは、保護者と手を繋ぐことで行われる [151]。

探索行動

ボウルビィ [149] によると、探索行動とは、環境から情報を引き出すための行動のことである。保護者は、子どもの探索行動に対し、反応したり、身体や言葉で手助けしたりといった養育行動を行う。

子どもにとって、探索行動に関する大きな転換が最初に起きるのは9か月頃である。子どもは、自分ともの、自分と他者という二項関係を中心にコミュニケーションしていた所から、生後9か月頃を境に、「自分ともの」と他者」というような、三項から成る関係(三項関係)を構築するようになり、他者の視線や指差しの追従、協調行動(物体に媒介された大人との相互作用を継続すること)、社会的参照、模倣学習、または、ものの呈示、指差しの産出などの、外界に存在するものに対して能動的に大人の注意と行動を向けようとする行動といった共同注意行動を次々と示すようになる [152]。

3歳頃になると、言語的コミュニケーション能力を用いて、探索行動を行う様子が活発になる。3歳児の子どもは、喃語を話していた段階(6か月未満児)を経た後に、大人の言うことが分かるようになったり、自分のしたいこと・してほしいことを言葉で表現できるようになったりする段階を経て、話し言葉の基礎もできているとされる [148]。そして、基礎的な言語的コミュニケーション能力を用いて、「なぜ」「どうして」などの質問が盛んになり、ものの名前やその機能などを理解しようとする知識欲が強くなる [148]。記憶の再生に関しては、動作や行動で記憶を示していた所 [153] から、言語で記憶を再生できるようになってくる [154]。

遊び行動

子どもが成長するにつれて、保護者に対する愛着行動の頻度は減り、愛着とは相反する行動の頻度が増えるようになる [149]。3歳児の子どもは、これまで大人との関係を中心に行動していた所から、一人の独立した存在として行動するようになり、他の子どもとの関係が子どもの生活（特に遊び）にとって重要なものとなってくる発達段階にある [148]。この時、保護者は、子どもに対して直接養育行動を示す訳ではないが、子どもの安全基地 [155] となり近くに居場所をつくることで、子どもが安心して他の子どもとも関わられるようにする。

日常生活行動

子どもは「個体を維持向上させるために行う必要不可欠性の高い行動」である必需行動 [150] に関して、保護者のサポートを受けながら、自分でできることを徐々に増やしていく。必需行動には、睡眠、食事、着替えなどの身のまわりの用事、療養・静養が含まれ、それぞれに対して保護者は、寝かしつけ・起こしてもらうこと、食事のサポート、着替えの手伝いなどのサポートを行う。

4.2.3 本研究で着目する3歳児の振る舞い

本研究では、愛着行動として、保護者役の子どもの接近を目的とした後追いと手引き追従に着目する。探索行動として、知識欲増大にもとづく子どもへの質問に着目し、遊び行動として、人の子ども達を安全基地とし子どもの答えを拾い他の子ども型ロボットとの会話を作っていく振る舞いに着目する²⁾。

なお、本研究で着目する振る舞いの種類は限られるが、その他の振る舞いや、日常生活行動も表現可能となるような、研究継続可能なシステムの枠組みをつくることを考える。

²⁾ 3歳児の子どもは、他の子どもと遊ぶようになるといっても、平行遊び（同じような遊びを近くで行う遊び）を行うことが多く [148]、子ども同士が会話をする際にも、お互いに話したいことを言い合うような会話になりやすいと考えられるが、本研究では、子ども型ロボット同士が言葉のキャッチボールを行う会話の実現に着目する。

4.3 Pepperを用いた子ども型ロボット研究プラットフォームの実現

本研究では、市販の人型ロボットである、Pepper [134] (Fig.4.1 左) を活用し、子ども型ロボットシステムを構築する³。Pepper の特色は、小学校低学年の児童ほどのサイズと、視聴触覚のマルチモーダル認識・表現基本機能を持つことであり、子どもとの様々な物理的・言語的コミュニケーション方法を用意できると考えた。ロボットシステムは、ロボットのためのオープンソースソフトウェアプラットフォームとして、多くのロボットに用いられている、ROS (Robot Operating System) [156] を用いて実装する。

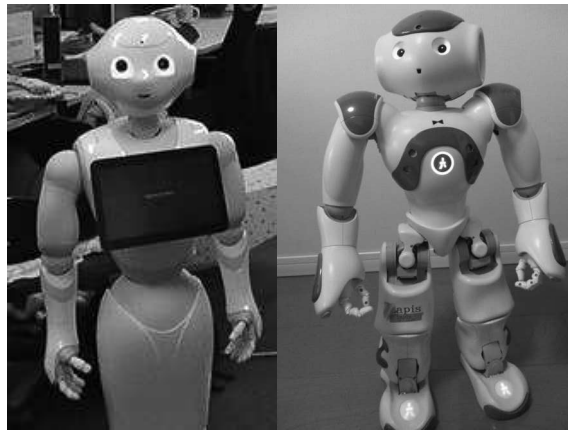


Fig. 4.1: Pepper (Left) and NAO (Right) robot.

³研究では主に Pepper を用い、一部の実験(第5章の評価2)で NAO [133] (Fig.4.1 右) を用いる。Pepper と NAO は、ハードウェアの違いはあるが、ソフトウェアの構成は共通点が多いため、ソフトウェアに関しては、以降、Pepper に絞って説明を行う。なお、本研究では、黒目のカバーを取り外した Pepper を用いている(黒目のカバーをつけている Pepper とつけていない Pepper の写真を Fig.4.2 に示す)。その理由は、黒目のカバーの裏にある 3D センサの入力が、黒目のカバーによって歪むことを防ぐためである。

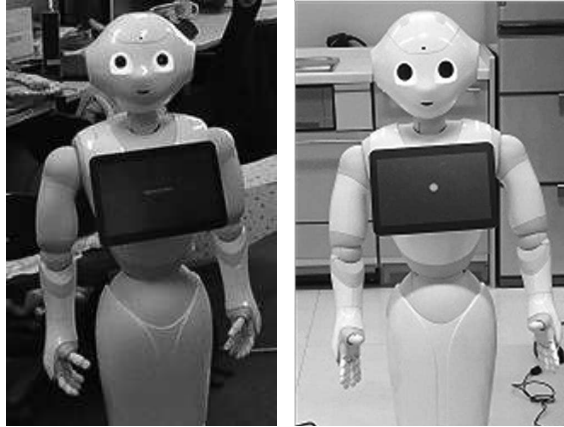


Fig. 4.2: Pepper without black eye covers used in this study (Left) and Pepper with black eye covers (Right).

4.3.1 Pepper の概要

Pepper は、約 120cm の人型コミュニケーションロボットである。発話機能、カメラ・マイク・触覚センサなどのセンサ、ジェスチャ機能、移動機能といった、人との関わり合いにおいて大切な機能を備えたロボットである。また、Pepper をプログラミングするためのインターフェースも用意されており、ロボットと用いたプログラミング教育にも活用可能なロボットである。以下に、Pepper の機能を紹介する。

1. サイズ Pepper の身長は約 120cm (http://doc.aldebaran.com/2-5/family/pepper_technical/dimensions_pep.html), 体重は約 29kg (<https://www.softbank.jp/robot/consumer/products/spec/>) である。

2. 発話機能 Pepper 頭部の、耳を模した部分にスピーカーが搭載されている (http://doc.aldebaran.com/2-5/family/pepper_technical/loudspeaker_pep.html). 発話文は、ピッチ (vct, 50-200, default: 100), 発話速度 (rspd, 50-400, default: 100), 音量 (例: vol, 0-100) などを設定可能であり、ポーズ (pau, 1s=1000) を入れることもできる (<http://doc.aldebaran.com/2-5/naoqi/audio/alttexttospeech-tuto.html>).

3. センサ カメラ、マイク、触覚センサ、バンパ、LED などが搭載されている。

カメラ 額と口の位置に搭載されている。詳細はhttp://doc.aldebaran.com/2-5/family/pepper_technical/video_2D_pep.htmlにある。

3D センサ 目を模した部分に搭載されている。詳細はhttp://doc.aldebaran.com/2-5/family/pepper_technical/video_3D_pep.htmlにある。

マイク 頭頂部に搭載されている。詳細はhttp://doc.aldebaran.com/2-5/family/pepper_technical/microphone_pep.htmlにある。

ボタンや触覚センサ 胸に電源ボタンスイッチ，首元に緊急停止スイッチ，頭の上・手の甲にタッチセンサ，ホイールのカバーにバンパがある。詳細はhttp://doc.aldebaran.com/2-5/family/pepper_technical/contact-sensors_pep.htmlにある。

LED 目と耳を模した部分，肩の部分に LED がある。詳細はhttp://doc.aldebaran.com/2-5/family/pepper_technical/leds_pep.htmlにある。

タブレット 胸にタブレットが搭載されている。詳細はhttp://doc.aldebaran.com/2-5/family/pepper_technical/tablet_pep.htmlにある。

その他 その他に，慣性計測装置(http://doc.aldebaran.com/2-5/family/pepper_technical/inertial_pep.html)，足元にソナーセンサ(http://doc.aldebaran.com/2-5/family/pepper_technical/sonar_pep.html)，赤外線センサ(http://doc.aldebaran.com/2-5/family/pepper_technical/irspot_pep.html)，レーザー(http://doc.aldebaran.com/2-5/family/pepper_technical/laser_pep.html) が搭載されている。

4. ジェスチャ機能 Head, RArm, LArm, Leg, Wheels という関節があり (Fig.4.3), それぞれの関節に対し以下のアクチュエータがあるため，これらを用いたジェスチャを行える(http://doc.aldebaran.com/2-5/family/pepper_technical/motors_pep.html).

Head HeadPitch, HeadYaw

RArm RShoulderRoll, RShoulderPitch, RElbowYaw, RElbowRoll, RWristYaw, RHand

LArm LShoulderRoll, LShoulderPitch, LElbowYaw, LElbowRoll, LWristYaw, LHand

Leg HipPitch, HipRoll, KneePitch

Wheels WheelFL, WheelFR, WheelB

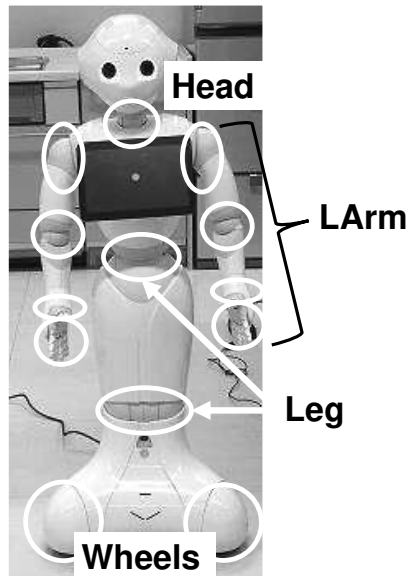


Fig. 4.3: Positions of Pepper's joints.

5. 移動機能 Pepper の車輪はオムニホイールであり (<https://www.softbank.jp/robot/consumer/products/spec/>), 並進, 回転が可能である.

6. プログラミング機能 Pepper の開発ツールとして, Choregraphe [157] が用意されている (Fig.4.4). Choregraphe の特徴は, 処理が要素ごとにボックス化されており, ボックスを繋ぎ合わせることで視覚的にプログラムを作成できる所にある. また, 各ボックスは Python で記述されており, 中身を書き換えることができる.

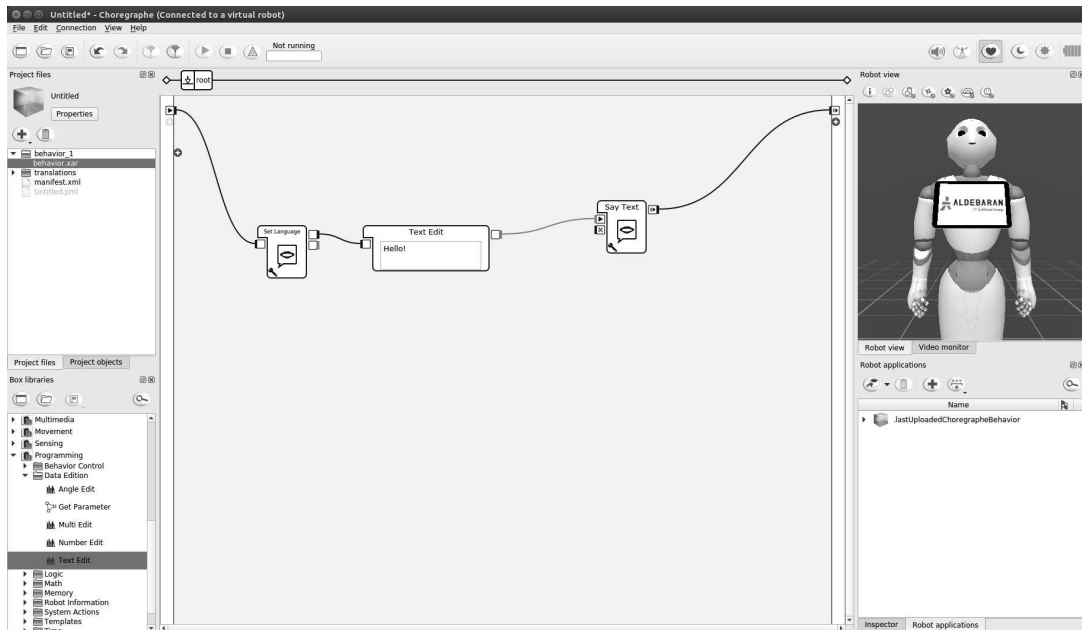


Fig. 4.4: Programming example using Choregraphe.

また、Pepperは、ロボットのソフトウェアプラットフォームとして、多くのロボットに用いられている、ROS (Robot Operating System) [156]にも対応しており、専用のパッケージ (<https://github.com/ros-naoqi>) が用意されている。

ベビースキーマの活用

本研究で用いる市販の人型ロボット Pepper と NAO は、身体的特徴として「かわいい」属性であるベビースキーマの一部を身につけている。大坊によるベビースキーマの例 [141] を参考にすると、Pepper と NAO には、額の上下高、大きな目、小さな鼻 (ただし NAO には鼻がない)、小さな口、小さなあご、両目間の長い間隔、体表部の平板さに関するベビースキーマを持つと言える (Fig.4.5)。大きな頭部、全体的にふっくらした丸みについては、Pepper も NAO も該当しない。この他に本研究では、ロボットの声のピッチを高くすることで、子どもらしさを表現することとする。

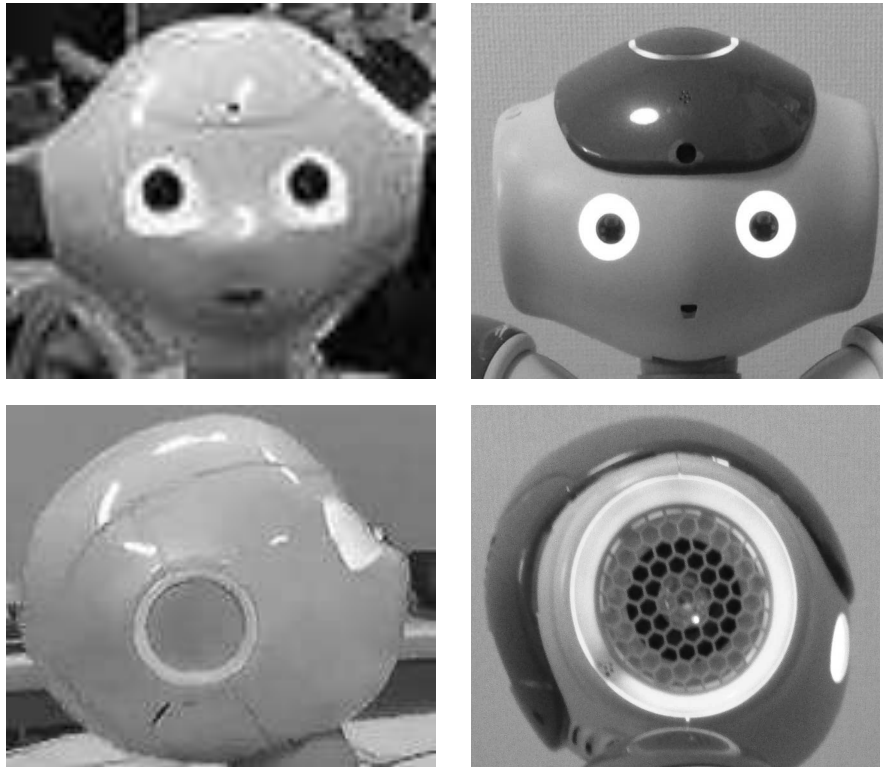


Fig. 4.5: Faces of Pepper and NAO seen from the front (Upper side of the picture) and the side (Lower side of the picture).

4.3.2 視聴触覚のマルチモーダル認識機能

子どもが子ども型ロボットとコミュニケーションを行いやすくするために、会話だけでなく、視覚・触覚にもとづく身体的なコミュニケーションの方法が用意されている。これらには、NAOqi APIとよばれる、PepperやNAOのためのAPIをROSで使えるようにしたパッケージ(例:一部のNAOqi APIを呼び出せる `naoqi_apps` パッケージ⁴)や、ロボットの種類によらないROSのパッケージにおける各種認識機能(例:人ポーズ推定のための `coral_usb_ros` パッケージ⁵)が活用されており、今後も随時必要なパッケージを追加することができる。

⁴https://github.com/ros-naoqi/naoqi_bridge/tree/master/naoqi_apps

⁵https://github.com/knorth55/coral_usb_ros

聴覚

1. 子どもの発話に対する音声認識 NAOと Pepperを動かすための公式APIである NAOqi APIの ALSpeechRecognition⁶を ROSで使えるようにしたもの、または、ROS対応した Juliusのパッケージ `julius_ros` (https://github.com/jsk-ros-pkg/jsk_3rdparty/tree/master/julius_ros)を用いることで、事前に登録された言葉の中から、最も確率が高いものを返すようになっている。

視覚

1. 子どものひらがな文字カード見せに対する文字認識 子どもの音声は認識し辛いと言われており [158]、音声認識以外に、子どもがロボットに言葉を伝えやすくする補完的な方法も必要だと考え、ひらがな文字カードによる文字認識の仕組みが用意されている。

ひらがな文字カードは、ひらがな一文字と、その文字から始まる絵柄が書かれたカードである。濁音と半濁音のひらがなも含め、77枚のカードから成る (Fig.4.6)。ロボットは、一度に一枚ずつカードに書かれた文字を認識し、ひらがな文字カードに描かれた絵柄を、SIFT特徴量 [159]を用いたテンプレートマッチングにより特定することで、ひらがなを認識する。全てのカードを見せた後に、「おっけー (OK)」と書かれたカードを見せると、ロボットは今まで見せられたひらがなを連結し、回答を受け取るようになっている。

ひらがな文字カードは「ぶりんときっず」の「あいうえお かるた」(<https://print-kids.net/print/kokugo/aiueo-karuta/>)を利用し作成している。「無地かるた」に黒線のみで絵柄を手描きしており、あ行からわ行までは、「あいうえお(ひらがな)かるた」の図案を参考にしている。そのうち、SIFT特徴量が少なかったカードに関しては、図を大きく変更し特徴量が多く出るようにしている。

⁶<http://doc.aldebaran.com/2-4/naoqi/audio/alspeechrecognition-api.html#alspeechrecognition-api>



Fig. 4.6: Overview of hiragana cards. (Published in Kochigami et al. 2018 [20].)

2. 子どものジェスチャ見せに対するジェスチャ認識 ジェスチャは、幼児のコミュニケーションで用いられる表現方法の1つである。例えば、保育者に援助要請を行う際に行う行動の1つとして、着替えや高い所の物を取りたい時に、要請に合わせた手足の動きをジェスチャとして見せることがある [160]。また、発話に伴うジェスチャには、主観的視点(身体をジェスチャに組み込んで自分を中心に描く視点)と客観的視点(表現対象を外側から捉え、身体の前でミニチュアのように描く視点)のものがあるとされており、子どもは発達に応じて主観的視点から客観的視点のジェスチャを増やしていくことが知られている [161]。

ロボットは、人ポーズ推定のための coral_usb_ros パッケージ⁷を用いて、人の首や腕などの各関節の2次元上の推定の位置を得ることができ、事前に人が関節の位置関係を条件として指定することで、人の特定のジェスチャを認識できるようになっている (Fig.4.7)。



Fig. 4.7: Right: Visualization of the estimated results of human joints. Left: Visualization of how the shape of a circle made with both arms is recognized as a specific pose.

⁷https://github.com/knorth55/coral_usb_ros

3. 子どもの顔見せに対する顔認識 NAOqi APIの ALPeoplePerception (<http://doc.aldebaran.com/2-4/naoqi/peopleperception/alpeopleperception-api.html#PeoplePerception/PeopleDetected>)を ROS で使えるようにし、ロボットの前に現れた子どもの位置を認識できるようになっている。また、ALFaceDetection (<http://doc.aldebaran.com/2-4/naoqi/peopleperception/alfacedetection-api.html#alfacedetection-api>)を ROS で使えるようにし、子どもの顔を名前と共に登録することで、認識した子どもの顔の名前を返すことができるようになっている。

4. 子どもの顔見せ誘導に対する顔追従 NAOqi APIの ALTracker (<http://doc.aldebaran.com/2-4/naoqi/trackers/altracker-api.html#altracker-api>)を ROS で使えるようにし、registerTargetという関数 (http://doc.aldebaran.com/2-4/naoqi/trackers/altracker-api.html#ALTrackerProxy::registerTarget__ssCR.AL::ALValueCR)を用いて、targetNameとして「Face」を、追従する顔のサイズを変数として与えると、ロボットは指定した顔のサイズになるまで追従を行う。

5. 子どもの笑顔見せに対する笑顔認識 NAOqi APIの ALFaceCharacteristics (<http://doc.aldebaran.com/2-4/naoqi/peopleperception/alfacecharacteristics-api.html#alfacecharacteristics-api>)を ROS で使えるようにし、子どもの笑顔度 (0.0 から 1.0)を推定できるようになっている。

触覚

1. 子どもの手引き誘導に対する手引き追従 保護者が子どもを誘導するように、人が移動する方向に向かってロボットの手を引くことによる、誘導移動機能が実装されている (Fig.4.8).

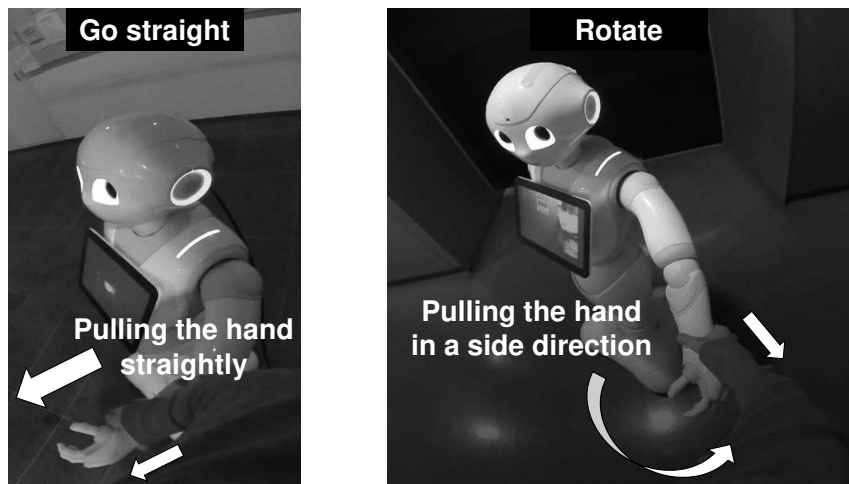


Fig. 4.8: How to navigate a robot. (Published in Kochigami et al. 2021 [18].)

子どもは、保護者についていくだけでなく、自分の意志に沿って移動しようとすることもあるが、本研究では子ども型ロボットを人が誘導することのみを扱う。プログラムでは、以下の処理を行う。

1. 追従のための準備(一度のみ)

Autonomous Life⁸とよばれる、ロボットを生き物らしく振る舞わせる機能をオフし⁹、サーボオンする¹⁰。

一緒に移動する子どもを障がい物とみなさないように、ロボットの外部衝突防止機能 (http://doc.aldebaran.com/2-5/naoqi/motion/reflexes-external-collision-api.html#ALMotionProxy::setExternalCollisionProtectionEnabled__ssCR.bCR) の All, Move を無効にする。

子どもの手の引きやすさを考えて、ロボット腕部分のみ脱力する¹¹¹²。その理由は、以前、腕をサーボオンした状態で子どもに手引きをしてもらおうとした所、子どもが怖がったり腕を引く力が足りなかったりし手引きが出来なかったことがあるためである。

⁸<http://doc.aldebaran.com/2-5/naoqi/interaction/autonomouslife.html#autonomouslife>

⁹https://github.com/jsk-ros-pkg/jsk_robot/blob/master/jsk_naoqi_robot/naoqieus/naoqi-interface.l#L341 を使用。

¹⁰https://github.com/jsk-ros-pkg/jsk_robot/blob/master/jsk_naoqi_robot/peppereus/pepper-interface.l#L60 を使用。

¹¹https://github.com/jsk-ros-pkg/jsk_robot/blob/master/jsk_naoqi_robot/naoqieus/naoqi-interface.l#L127 を使用。

¹²腕を脱力させることによる手引きが行えたのは、腕のモーターの減速比が 100 程度の小ささであるためである。 (<https://developer.softbankrobotics.com/pepper-naoqi-25/pepper-documentation/pepper-developer-guide/technical-overview/motors>)

以降、プログラムが終了するまで以下の処理が繰り返し行われる。

2. 追従方向の決定

ロボットは、デフォルトの手先の位置¹³と現在の手先の位置を比較し、手先の位置に応じて、進む方向を決める。もし両手が引かれた場合、手の引かれ方が大きい方の手を採用する。

まず、回転するかどうかを判断し、回転しない場合に、条件を満たせば前進か後退する。それ以外の場合は静止する。手の引かれ方と、進行方向の対応を Fig.4.9 に示す。

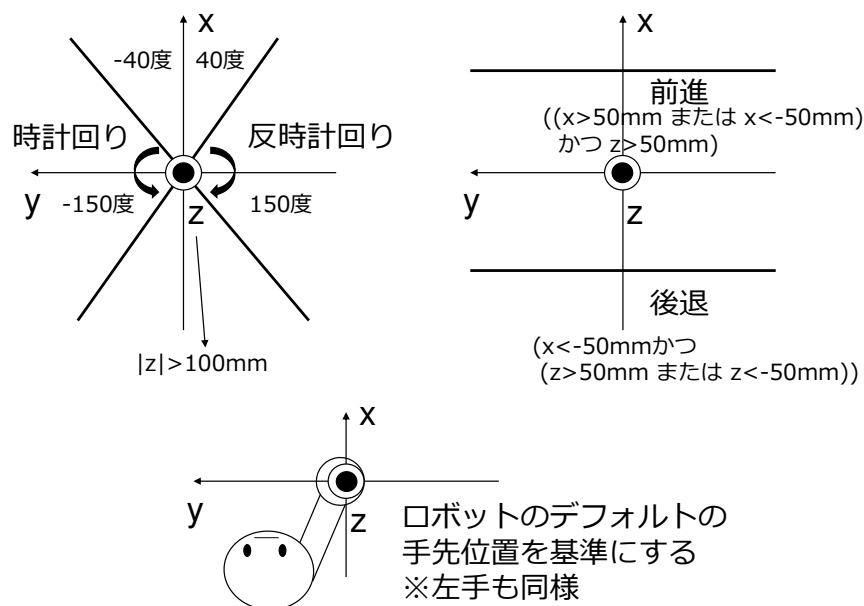


Fig. 4.9: Relationship of the hand end coordinate of a robot and its moving direction.

3. 移動

回転の時は、時計回り/反時計回りに 0.2 m/s で回転する。前進・後退の時は、前方向/後ろ方向に 0.3 m/s で進む。また、進む方向が変わる時、顔をその方向に向けるようになっている。

2. 子どものゆさぶりに対する傾き検出 慣性計測装置の値を取得することで、傾きが検出できるようになっている。

¹³https://github.com/jsk-ros-pkg/jsk_robot/blob/master/jsk_ naoqi_robot/peppereus/README.md#default-poses の reset-pose における手の位置である。

3. 子どもが頭を撫でることの検出 頭部の触覚センサの値を取得することで、頭を触られたことが検出できるようになっている。

4. 子どもが手の甲に触れることへの検出 両手の甲の触覚センサの値を取得することで、手の甲を触られたことが検出できるようになっている。

4.3.3 視聴覚のマルチモーダル表現機能

認識機能のように、子ども型ロボットが子どもとコミュニケーションを行いやすくするために、会話だけでなく、視覚にもとづく身体的なコミュニケーションの方法が用意されている。

聴覚

1. 子ども型ロボットの発話

1-1. ロボット単体による発話

発話させたい単語や文章を設定することで、発話できるようになっている。ロボットが用いる言葉に関しては、3歳児のものではコミュニケーションロボットとしての能力が不足するため、小学生以上の言葉遣いを表現した。

1-2. 他のロボットとの交代式の発話

台本が事前に準備された状態で、他のロボットと、交代しながら発話する機能が用意されている。ROSのパッケージ `rocon_multimaster` (https://github.com/robotics-in-concert/rocon_multimaster) を用いて、1つのロボット (Aとする) からもう1台のロボット (Bとする) への順番交代は、Aが話し終わった時に、AからBにROSのトピックを送ることで行われる。

1-3. 人との交代式の発話

台本は事前に用意された状態で、人による身振りの合図出しにより人とロボットが交互に発表を進行する、合同発表機能が実装されている (Fig.4.10 左)。ロボットが話す順番が来たら、人がOKマーク (頭の上でつくる大きな丸のマーク) を見せて知らせる (Fig.4.10 右)。

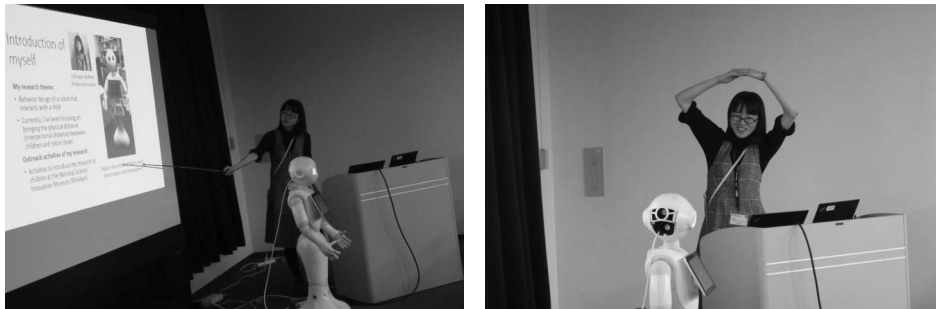


Fig. 4.10: Left: Collaborative presentation of a person and a robot. Right: OK mark showing by a person. Photographed at the National Museum of Emerging Science and Innovation on February 20th, 2019.

視覚

1. 子ども型ロボットのジェスチャ ロボットの各関節の角度を指定することで、ロボットにポーズを取らせることができる¹⁴。また、いくつかのポーズについてはライブラリに定義されており、ポーズ名を指定するだけでそのポーズを取れるようになっている¹⁵。
2. 子ども型ロボットのタブレット表示 Pepperの胸部に搭載されたタブレット¹⁶に画像を表示する (Fig.4.11)。

¹⁴詳細は、https://github.com/jsk-ros-pkg/jsk_robot/blob/master/jsk_ naoqi_robot/peppereus/README.md#joints-of-pepper に書かれている。

¹⁵詳細は、https://github.com/jsk-ros-pkg/jsk_robot/blob/master/jsk_ naoqi_robot/peppereus/README.md#default-poses に書かれている。

¹⁶詳細は http://doc.aldebaran.com/2-5/family/pepper_technical/tablet_ pep.html にある。

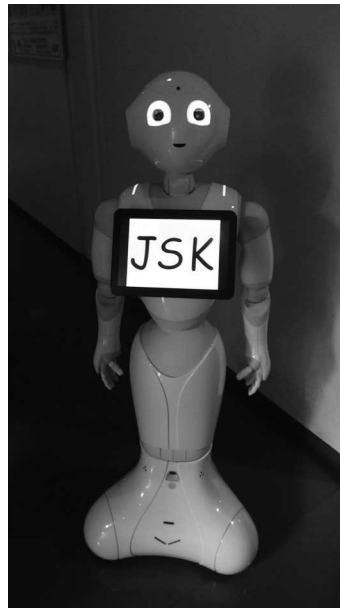


Fig. 4.11: Example of displaying a picture of the name of the laboratory name to which the author belongs on Pepper's tablet.

3. 子ども型ロボットの LED 点灯 NAOqi API の ALLeds (<http://doc.aldebaran.com/2-4/naoqi/sensors/alleds-api.html#alleds-api>) を ROS で使えるようになっており，目などの部分の LED の色を変更できる．

4.3.4 搭載機能を用いた振る舞い表現

搭載された，視聴触覚のマルチモーダル認識・表現機能を用いて，子ども型ロボットの振る舞いを表現できるようになっている．以下に，本研究で着目した，愛着行動としての追従，探索行動としての子どもの質問，遊び行動として子どもの答えを拾い他の子ども型ロボットとの会話を作っていく振る舞い，愛着行動と探索行動からなる散歩の振る舞いについて説明する．

1. 愛着行動としての追従

ロボットとの移動システムは，ロボットの手引き誘導と，子どもの顔を追従させることによる誘導を組み合わせたものとなっている．ロボットは，デフォルトの手の位置と現在の手

の位置を比較し、手の引かれ方が基準値を超えた時に、手引きで誘導されるようになっている。それ以外は、子どもの顔を見つけて追従するようになっている。頭を触るとプログラムが終了するようになっている。この振る舞いは、第5章の評価1で用いられる。

手引き誘導 ロボットは、デフォルトの手の位置と現在の手の位置を比較し、手の位置と方向に応じて、進む方向を決める¹⁷。もし両手が引かれた場合、手の引かれ方が大きい方の手の入力を採用する。子どもがロボットの手を引いて移動する実際の様子を Fig.4.12 に示す。



Fig. 4.12: Actual scene of walking together hand in hand. (Published in Kochigami et al. 2018 [19].)

子どもの顔を追従することによる誘導 ロボットは、子どもの正面顔を認識することで子どもに追従する。顔追従には、NAOqi API の ALTracker (<http://doc.aldebaran.com/2-4/naoqi/trackers/altracker-api.html#altracker-api>)を用いた。registerTargetという関数(http://doc.aldebaran.com/2-4/naoqi/trackers/altracker-api.html#ALTrackerProxy::registerTarget__ssCR.AL::ALValueCR)を用いて、targetNameとして「Face」を、追従する顔のサイズを変数として与えると、ロボットは指定した顔のサイズになるまで追従を行う。Fig.4.13 に、子どもの顔を追いかけることによる実際の移動の様子を示す。

¹⁷第5章の評価1において、この振る舞いを用いるが、手の引かれ方と進行方向の対応は、子どもの手引き誘導に対する手引き追従機能として述べた Fig.4.9 と異なっている。その理由は、評価1などの実験を元に、機能の改良を行ったためである。評価1における対応関係は Kochigami et al. [19] に説明されている。



Fig. 4.13: Actual scene of walking together by tracking a child's face. (Published in Kochigami et al. 2018 [19].)

その他に、状況に応じて以下の振る舞いを行う。

「痛い」という発話と一時停止

足元のバンパに入力があった時、「痛い」と発話し一時停止する。

「手を引いてください」という発話

静止状態が5秒以上続いた時発話する。

目の色の変更（白から青）と加速

子どもの笑顔を認識すると、目のLEDの色を白から青（水色に近い色）に変更する。
また、顔追従による移動のスピードを加速させる。

2. 探索行動としての子どもへの質問

ひらがな文字カードの提示と音声対話で子どもの回答を受け付ける。この振る舞いは、第5章の評価2で用いられる。

ひらがな文字カードの提示にもとづく言葉の受け取り ロボットによる子どもへの質問と、子どもによるひらがな文字カードを用いた回答の流れを以下に説明する (Fig.4.14)。

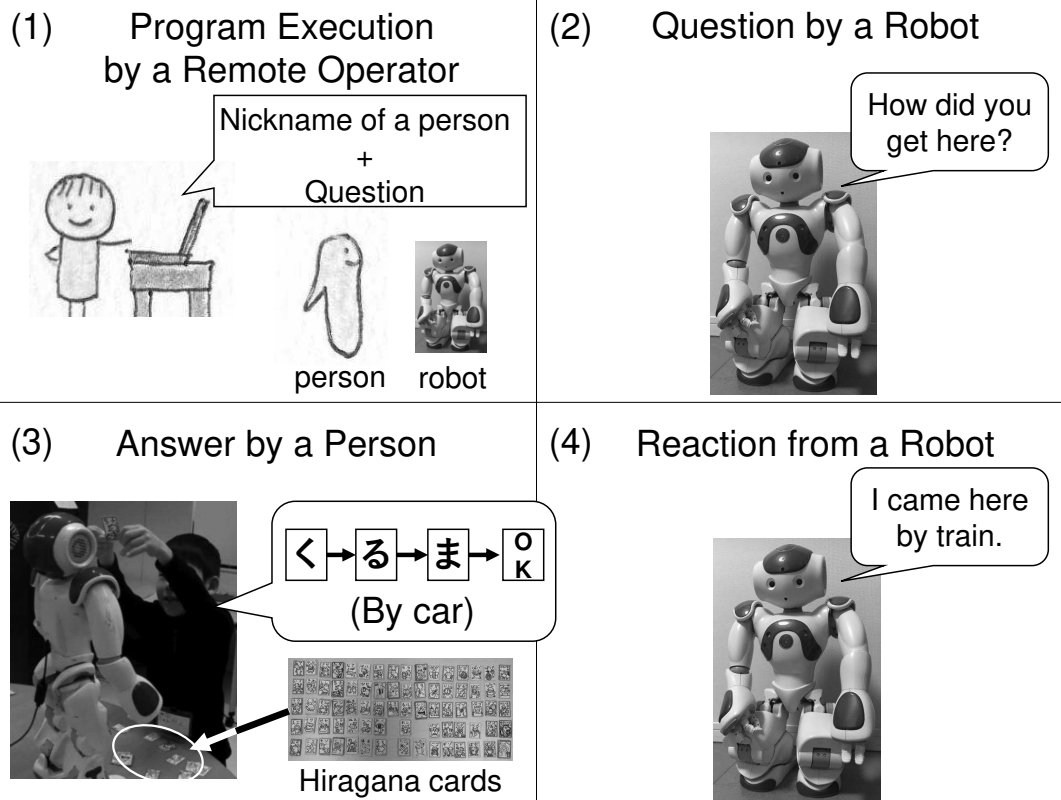


Fig. 4.14: Interview system by showing cards with Hiragana characters.

(1) スタッフによるプログラム実行 ロボットによる質問は、システム操作者がプログラムを遠隔で実行することで行う。プログラムは、子どものニックネームを引数に取り実行される。

(2) ロボットによる質問 実行されるプログラムに応じて、ロボットは質問を変える。

[ロボット]: 今日はどうやって来たの?

(3) 参加者による回答 子どもは、ロボットの質問にひらがな文字カードを一枚ずつ見せて回答する。プログラム実行時に与えられた子どものニックネームと、子どもから得られた質問への回答は、紐づけて保存される。

[子ども]: (カードを一枚ずつ見せる)「く」、「る」、「ま」、「OK」(「くるま」という回答として扱われる。)

(4) ロボットからの返答 事前に設定されたシナリオに沿って、ロボットが返答する。

[ロボット]: 私は電車に乗って来たよ.

[ロボット]: 今度一緒にゆりかもめ乗ろうね¹⁸. どうもありがとう.

2. 音声対話にもとづく言葉の受け取り

ロボットによる子どもへの質問と、子どもによる音声対話を用いた回答の流れを以下に説明する (Fig.4.15). ロボットの質問には、用意された選択肢から回答を1つ選んで発話で回答してもらう.

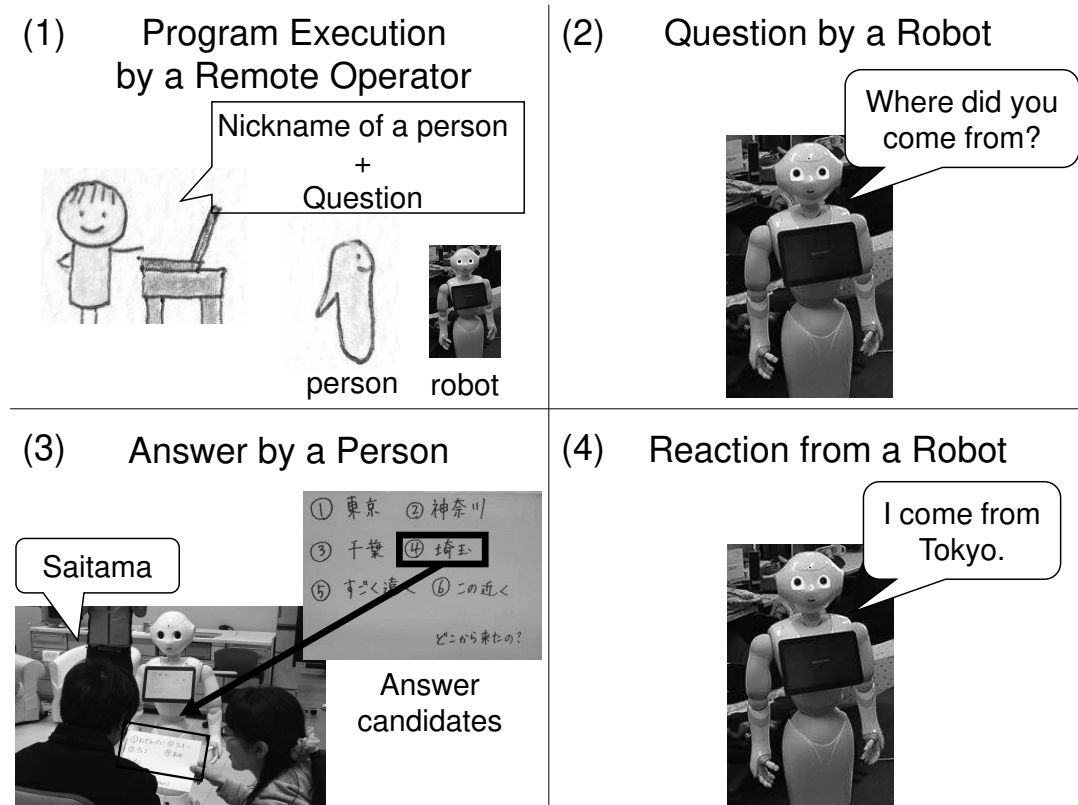


Fig. 4.15: Interview system using speech recognition.

(1) スタッフによるプログラム実行 ロボットによる質問は、スタッフがプログラムを遠隔で実行することで行う。プログラムは、子どものニックネームを引数に取り実行される。

¹⁸ゆりかもめとは電車のことである。研究を行った日本科学未来館への1つの行き方に、ゆりかもめへの乗車があるため、ロボットがこのように発話している。

(2) ロボットによる質問 実行されるプログラムに応じて、ロボットは質問を変える。

[ロボット]: 今日はどこから来たの?

(3) 子どもによる回答 子どもは、ロボットの質問に対し、NAOqi APIのALSpeechRecognitionを用いた音声認識機能により、回答候補の中から答えを言うことで返答する。本研究では、1回の音声認識あたり15秒間入力を待ち、計2回の試行を行う。プログラム実行時に与えられた子どものニックネームと、子どもから得られた質問への回答は、紐づけて保存される。

[子ども] (紙に書かれた候補「東京、神奈川、千葉、埼玉、すごく遠く、この近く」から1つ選ぶ) 埼玉。

(4) ロボットからの返答 事前に設定されたシナリオに沿って、ロボットが返答する。

[ロボット]: 僕は東京から来たよ。

[ロボット]: 今度旅行にいつてみたいな、バイバイ。

3. 遊び行動として子どもの答えを拾い他の子ども型ロボットとの会話を作っていく 振る舞い

予め空欄が空いた台本を用意しておき、探索行動としての子どもへの質問で得られた子どもの答えを空欄に埋めていくことで、他の子ども型ロボットとの会話を作っていく。一方のロボットAが話し終えた際にもう一方のロボットBにROSのトピックを送ることで、他のロボットとの交代式の発話を行う(BからAの順番交代については、Bの発話時間を見積もり、Aがそれまで発話を待機するようプログラムに手作業で記入する)。Fig.4.16にこの仕組みを説明した図を示す。また、Fig.4.16における会話を以下に示す。この振る舞いは、第5章の評価2で用いられる。

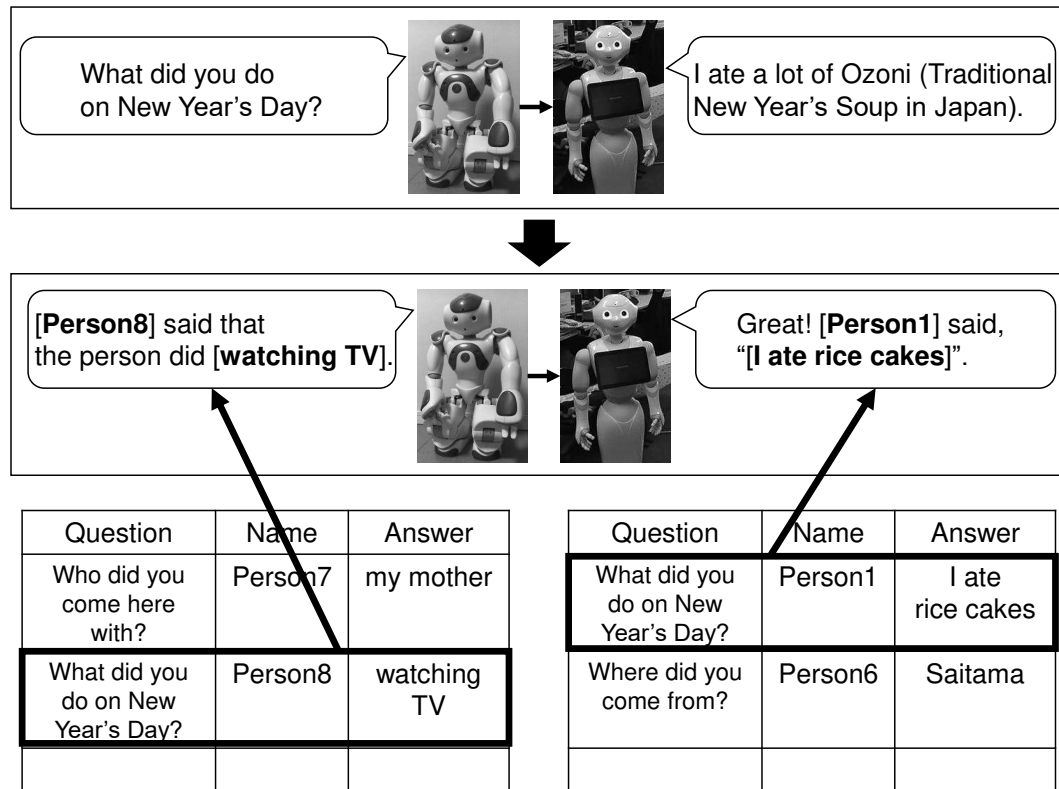


Fig. 4.16: Flow of conversation by two robots.

ロボット 1 お正月は何をした？

ロボット 2 僕はお雑煮をたくさん食べた。

ロボット 1 Person8さんは「てれびみた」だって。

ロボット 2 いいね！ Person1さんは「もちたべた」なんだって。

ロボット 1 私はお笑いのテレビをたくさん見た。

4. 愛着行動と探索行動からなる散歩の振る舞い

子ども型ロボットには、愛着行動としての追従、探索行動としての子どもの質問、遊び行動として子どもの答えを拾い他の子ども型ロボットとの会話を作っていく振る舞い以外に、愛着行動と探索行動からなる散歩の振る舞いが実装されている。子ども型ロボットは、保護

者役の人に手引きで誘導されながら，訪れる風景について人に質問していき，覚えていくようになっていく。

A. 状態遷移図

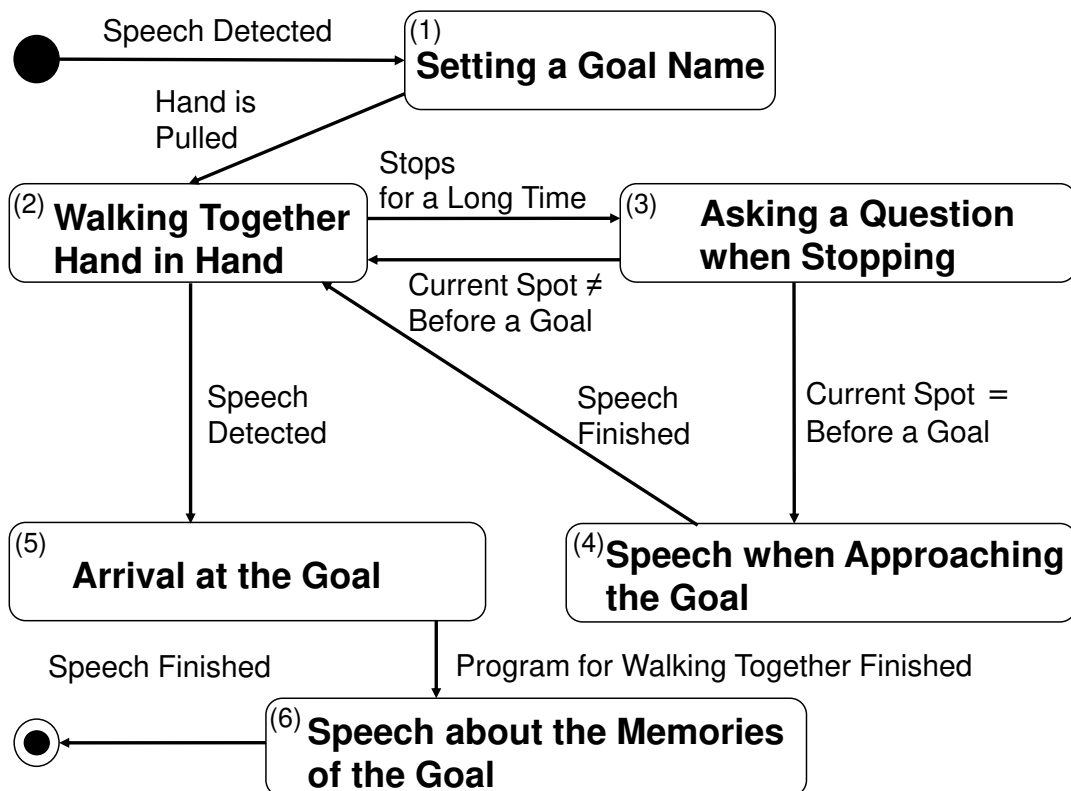


Fig. 4.17: State transition of taking-a-walk behavior. (Published in Kochigami et al. 2021 [18].)

Fig.4.17 に沿って，人との散歩の様子を以下に 1 つずつ説明する。

目的地の設定 (Fig.4.17 (1))

本研究では，保護者が子どもに「今日は公園に行こうね」と伝えるように，事前に目的地を決めてから散歩を行うことを考える。目的地の名前はロボットにひらがなの書かれたカードを一枚ずつ見せることで知らせる。

手繋ぎ移動 (Fig.4.17 (2))

子どもの手引き誘導に対する手引き追従機能を用いる。

立ち止まった時の質問 (Fig.4.17 (3))

散歩中、子どもが保護者に話しかけるように、ロボットは訪れた場所について、以前も来たことがあるかを人に質問し、その場所について覚えていく。本研究では、ある一定時間以上人とロボットが立ち止まった時は、人がロボットに見せたい風景があったため立ち止まった（訪れた）とみなす。ロボットは、ある一定時間以上立ち止まった時は、立ち止まる場所の風景を全て覚えることとする。

Fig.4.18で、ロボットが人から風景について学ぶ方法を説明する。(1)ロボットと人が長時間立ち止まると、ロボットは今見ている風景の写真を撮る。(2)そして、過去に撮影した風景の記憶の中から、撮影した写真と似ている写真を選ぶ「風景の記憶」とは、立ち止まりを検出するたびに撮影される風景の様々な画像である。同じ風景には同じ番号のラベルが付けられている。本研究では、各風景の色の違いに着目し、各画像からバタチャリヤ距離を計算してカラーヒストグラムを比較する。(3)ロボットは、候補の写真を自分のタブレット画面に表示し、人に同じ風景かを尋ねる。人はロボットの頭に触ることで「はい」と返答できる。ロボットの予想が間違っている場合でも、ロボットがこれまでの散歩経験を元に、頑張って風景を覚えようとしていることを人に伝えるために、ロボットは「はい」という返答が得られるまで、似ている画像を順番に表示する。(4)そして、ロボットは現在の風景と過去の風景の記憶を関連付けるか、新しい風景として記憶する。

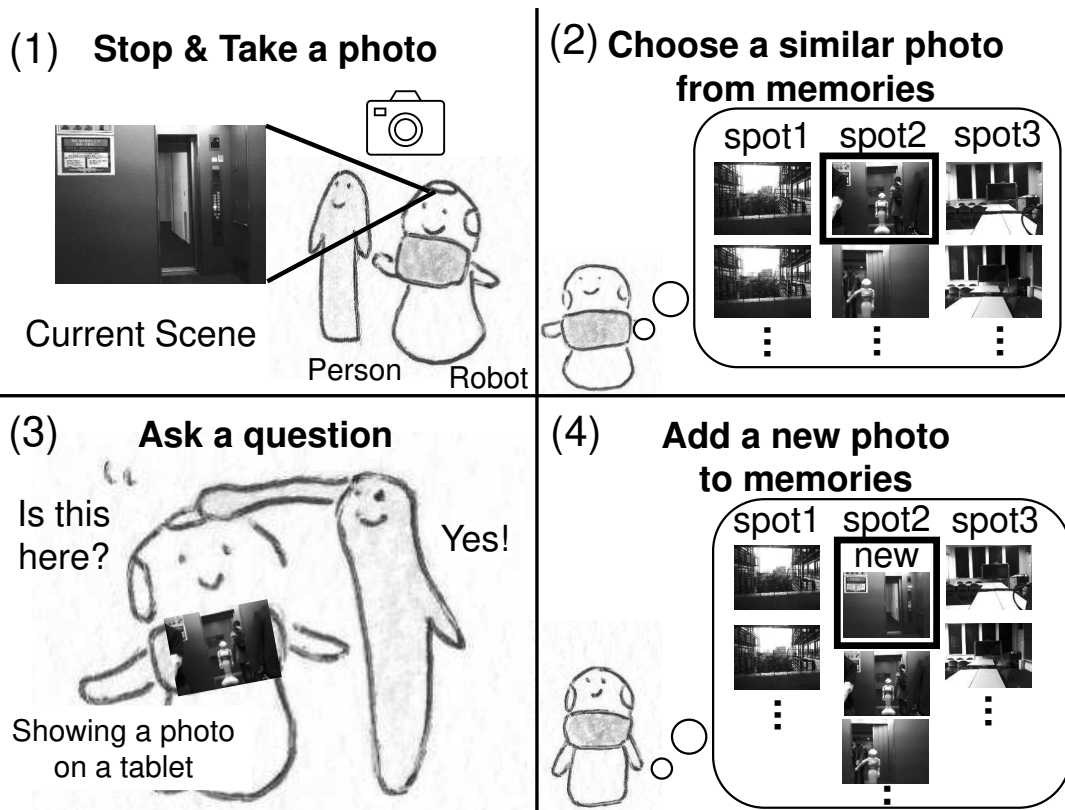


Fig. 4.18: How to learn a scene. (Published in Kochigami et al. 2021 [18].)

目的地に近づいている時の発話 (Fig.4.17 (4))

ロボットと人が目的地に近づいた時、子どもが親に伝えるように、ロボットは人に知らせる。

目的地到着時の発話

ロボットは、人からの呼び掛けにより、目的地に着いたと知る (Fig.4.17 (5)). 目的地に着くと、ロボットは、以前同じ場所に訪れたのはいつかを発話する (Fig.4.17 (6)).

B. ロボットが散歩に関して持つ記憶

ロボットは散歩中に3種類の思い出をつくる (Fig.4.19). 1つ目は、風景に関する記憶である。ロボットは、出発地点、目的地、停止地点(通過地点)を撮影する。風景の写真には番号ラベルが付けられており、同じ風景の写真には同じ番号ラベルが付けられている。2つ

目は、道順に関する記憶である。ロボットは、出発点から目的地までの経路を、通過点の数字ラベルの文字列として管理する。3つ目は目的地に関する記憶である。ロボットは各目的地を訪れた日付を記憶する。

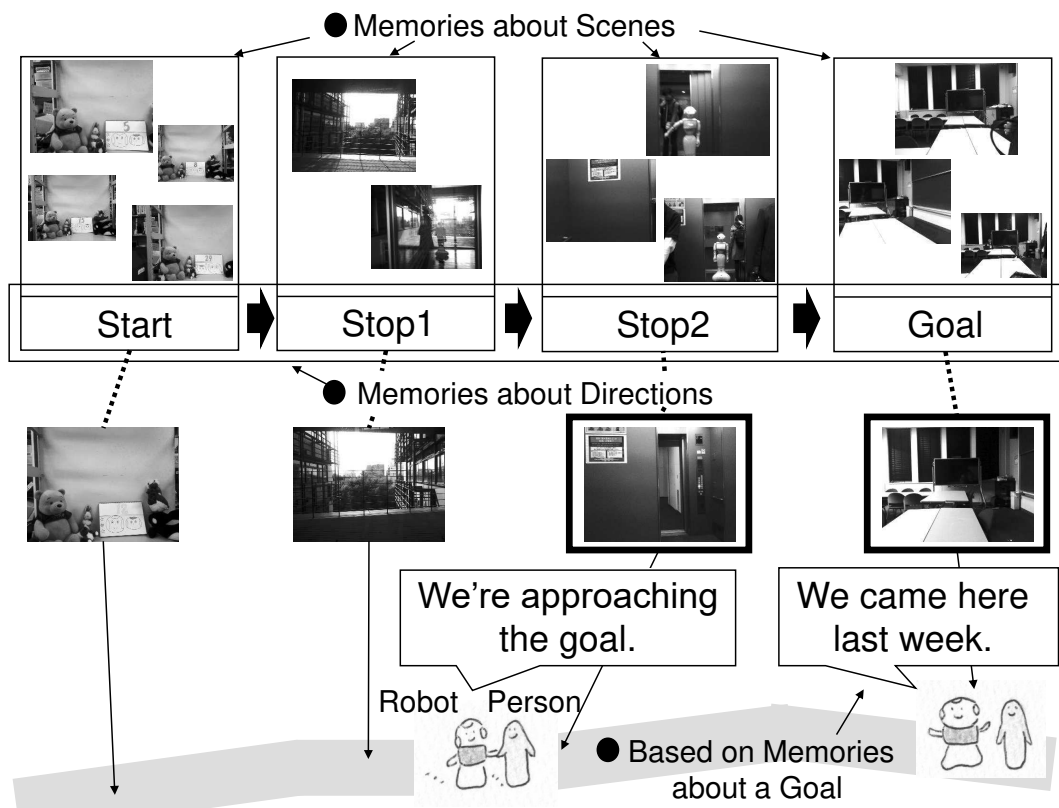


Fig. 4.19: How to use memories while taking a walk. (Published in Kochigami et al. 2021 [18].)

C. 実際の散歩の様子

大学での散歩の様子を Fig.4.20 に示す。

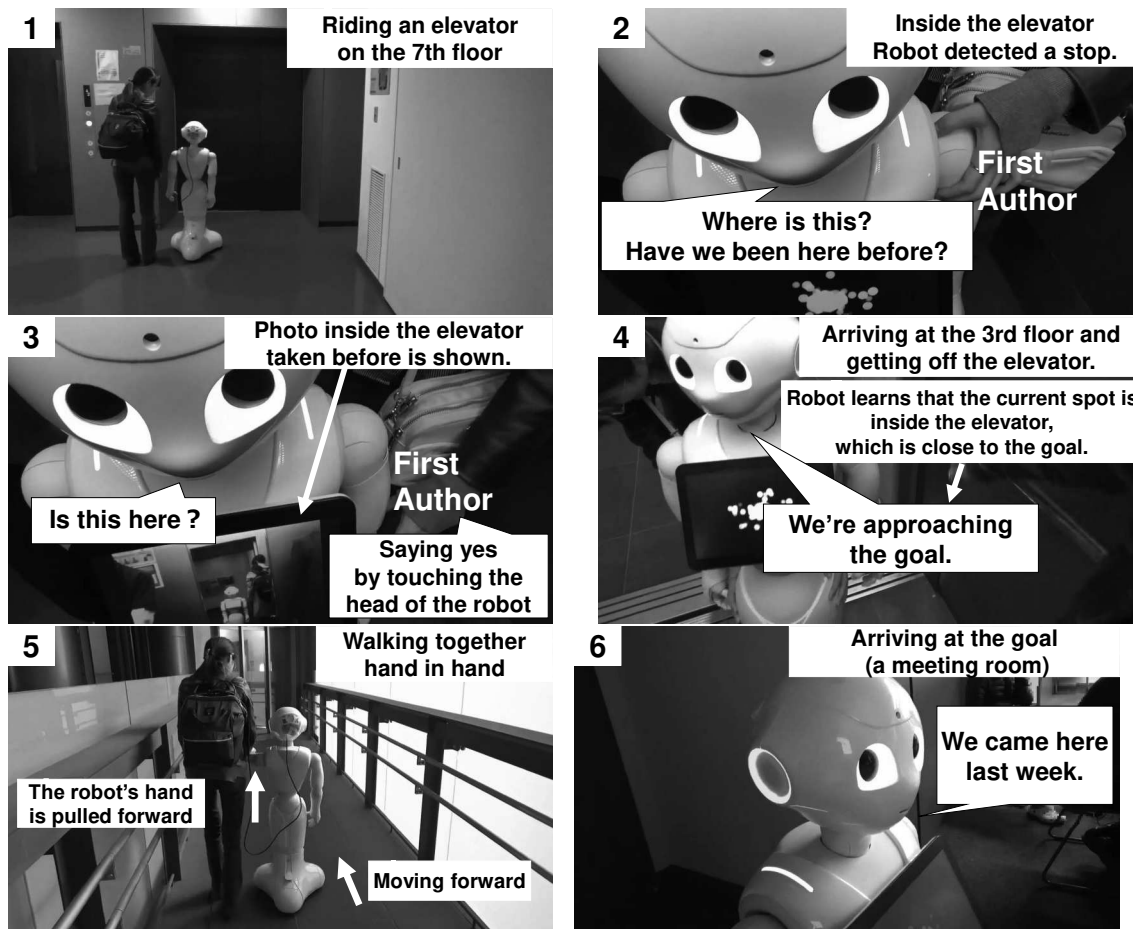


Fig. 4.20: Example scene of a walk from a laboratory to a meeting room in the experiment. Taken on November 5th, 2019. (Published in Kochigami et al. 2021 [18].)

4.3.5 日常生活行動の枠組みにおける振る舞いの追加

搭載された機能を用いて表現された振る舞いは直接実行することもできるが、子ども型ロボットが日常生活行動を行えるように用意された枠組みの中に追加していけるようになっている。この枠組みの中で、子ども型ロボットは疑似的な起床・就寝行動を取り、子どものための交流創出支援に関する振る舞いは、起床中に行うようになっている。この枠組みは、将来的には、子どもが、寝かしつけや起こすことといった、子ども型ロボットの日常生活行動のサポートも行えるような仕組みを追加できるように考えられている。また、システムに追加されていない、オープンソースプラットフォームソフトウェアの各種認識機能も随時統合可能となっている。

A. 全体システム構成

Pepperの頭の中にある内部パソコンが、有線ケーブルで外部のノートパソコンと接続されており、外部のノートパソコンでROSのプログラムを起動している (Fig.4.21)。

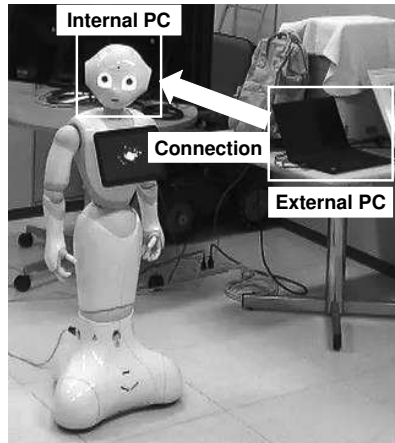


Fig. 4.21: Connection of Pepper's internal PC and an external PC.

B. 状態遷移図

子ども型ロボットの状態遷移図を Fig.4.22 に示す。子ども型ロボットは、1. 時間に応じて取る状態(起床・就寝・体操・日記描画)、2. 機体温度に応じて取る状態(休憩)、3. 人の呼び掛け(音声指示)に応じて取る状態(例:挨拶,握手,移動,発表,部屋の電気点灯・鍵かけのお手伝い)の3種類の状態を取る。

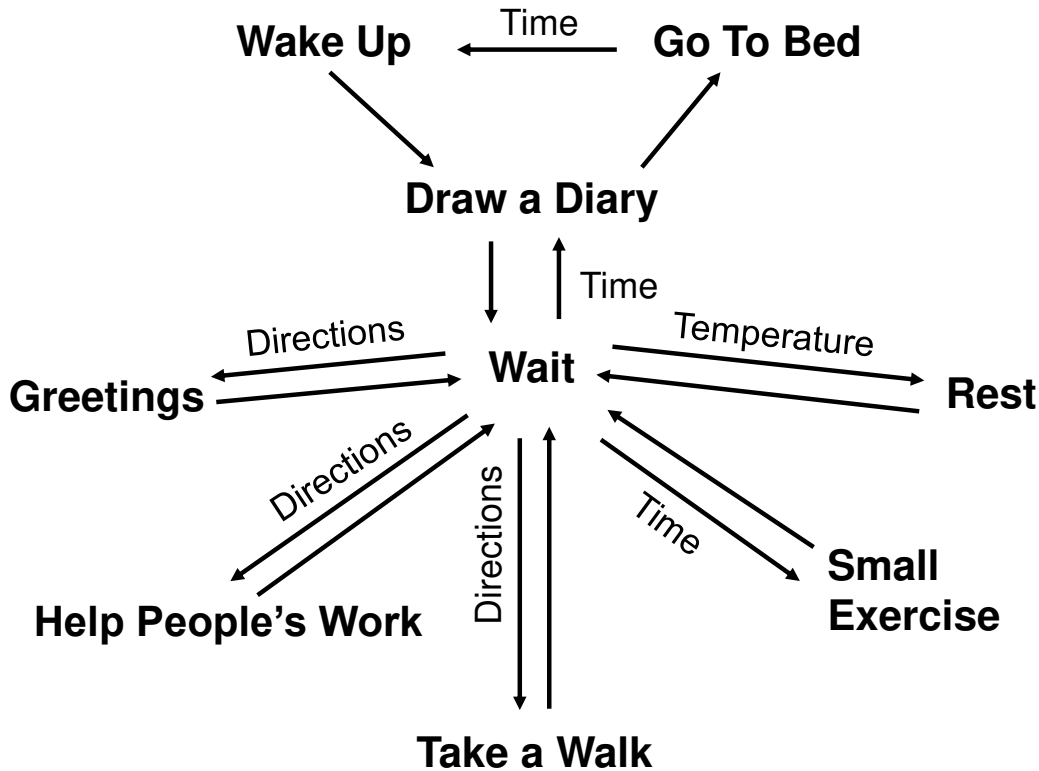


Fig. 4.22: State Transition of a Robot.

1. 時間に応じて取る状態

「起床」とは、ロボットの内部・外部 PC オンのことであり、「就寝」とは、ロボットの内部・外部 PC スリープのことである。「体操」とは、腕を左右に曲げるジェスチャを意味する。「日記描画」は、起床時・就寝前に日記を書き Twitter に投稿することである。起床時には、挨拶と日付を知らせる日記文を投稿する（例:「おはよう 今日 X 月 X 日だよ」、Fig.4.23 左）。就寝時間になると、1 日になされたロボットの休憩回数と、声掛けに基づく行動回数を元に 1 日の様子を集約し、その日の出来事を振り返る日記文を投稿する（例:「明日はどんな 1 日になるかな / 1 日お疲れ様でした おやすみ ロボット名」）。1 日の休憩回数が基準値を上回ると、「今日はちょっと暑かったなあ」が追加される。1 日の声掛けに基づく行動回数が基準値を上回ると、「今日はたくさんお話ししたよ」が追加される (Fig.4.23 右)。就寝時は、Twitter 投稿と同時に、html ファイルを作成し、ロボットのタブレット画面に同

内容の日記を表示し読み上げる。



Fig. 4.23: Examples of diary drawings by a robot. Left: Diary in the morning. Right: Diary in the night.

2. 機体温度に応じて取る状態

「休憩」とは、機体温度が高温になると行う、サーボオフのことである。機体温度が下がると、再びサーボオンする。

3. 人の呼び掛け（音声指示）に応じて取る状態

子ども型ロボットは、julius_ros¹⁹を用いた音声認識を行い、人からの発話を認識するようになっており、状態遷移図 (Fig.4.22) の「Wait(待機)」状態において、人が音声指示することで追加された振る舞いが呼び出せるようになっている。例えば、「ついてきて」と発話することで、移動のためのプログラムが起動する。

4.4 実現した子ども型ロボットの印象評価

2019年8月23, 24日に行われた、日本科学未来館での研究エリアオープンラボイベント²⁰での子ども型ロボットの展示に対するアンケート調査の結果、本研究で実現した子ども

¹⁹https://github.com/jsk-ros-pkg/jsk_3rdparty/tree/master/julius_ros

²⁰オープンラボ夏休みスペシャル「研究エリア」一挙公開！日本科学未来館研究エリア。2019年8月23日・24日、各日13:00-17:00に実施した。

型ロボットは、子どもから好意的な印象を持たれることが分かった。以降、アンケート調査の方法と結果について述べる。

方法

ロボットの展示の様子を Fig.4.24 に示す。研究室のスペースに、子ども型ロボット（シナモンという名前が付けられている）が展示されている。傍には著者がいて来館者に説明を行う。また、著者とロボットは、発表イベントへの登壇のため研究室を離れることもあったため、常時ロボットの振る舞いを紹介する動画を再生していた。



Fig. 4.24: 本研究で実現した子ども型ロボット展示の様子 (2019年8月24日に日本科学未来館で撮影).

そして、アンケートボードに、「シナモンのことをどう思いましたか?」と書き、回答のための付箋を設置した (Fig.4.25)。アンケートへの回答は、著者から直接依頼することではなく、有志の来館者に回答してもらった。付箋には任意で年齢を書く欄がある以外は、自由に回答を書けるようになっていた。また、アンケートボードの空間を、大人と子どもで分け、付箋を貼ってもらうようになっていた。

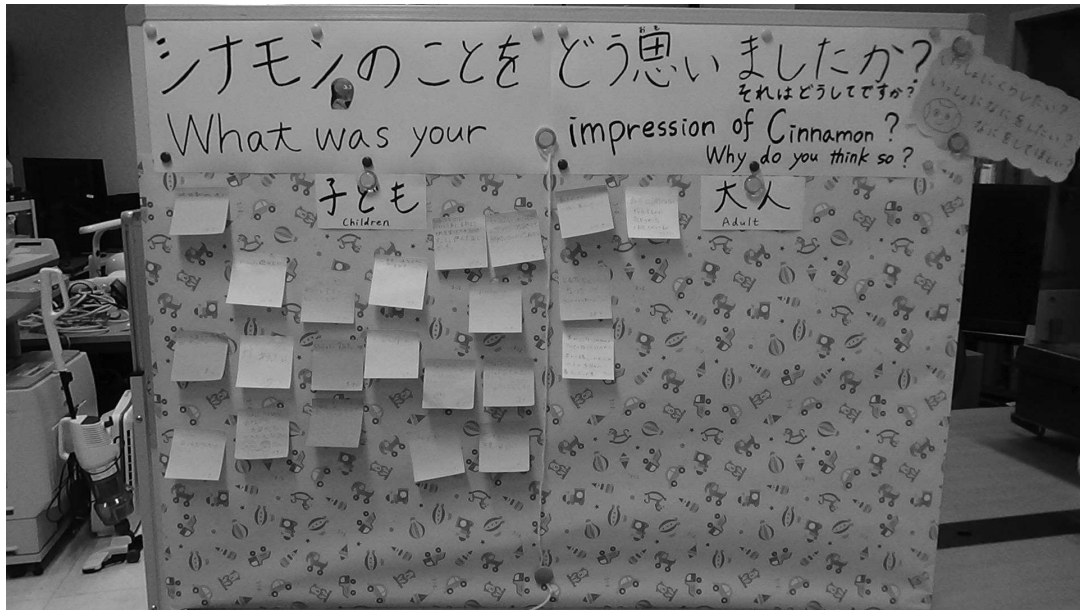


Fig. 4.25: Questionnaire board used in this study.

結果

回答数は、子どもが18、大人が4であった。このうち、大人の回答は著者の知人によるものがほとんどだったため、本研究では子どもの回答のみに着目する。回答者の平均年齢は 8.8 ± 2.5 才であった。得られた回答は全て日本語で回答されており、著者がカテゴリ分類した結果、(1)シナモンに対する感想、(2)シナモンとのふれ合いに関する感想、(3)シナモンとのふれ合いに関する意見に分けられた。また、同一回答者の回答で、複数項目について言及がある場合、それぞれに分けて分類した。その結果、得られた回答は24件となり、集まった回答の約88%(21/24)は、「子ども型ロボットはかわいい」、「ふれ合いが楽しい」、「一緒に遊びたい」、「一緒に暮らしたい」、「友達になりたい」というもので占められ、本研究で実現した子ども型ロボットは、子どもに好意的な印象を与えたことが分かった。得られた回答を以下に示す。

(1) シナモンに対する感想 (5件)

シナモンを「かわいい」と回答したものが4件あった。また、残りの1件はシナモンの年齢を尋ねるものだった。

(2) シナモンとのふれ合いに関する感想 (3件)

ロボットが握手することに対する不思議を述べた回答が1件、シナモンとのふれ合いが楽しかったという回答が2件集まった。

(3) シナモンとのふれ合いに関する意見 (16件)

一緒に遊びたいという回答が5件、一緒に暮らしたいという回答が5件、友達になりたいという回答が5件、「何かをしてもらうには必要だと思うけど、プライベートで触れ合いたいとは思わない」という回答が1件集まった。

4.5 関連研究における本研究の子ども型ロボットの位置づけ

これまでの関連研究でも、人が世話する状況をつくるロボットの振る舞いは注目されており、例えば、高齢者を対象に癒しを与えることや(例: [46,47])、子ども(主に幼児)を対象に教育・療育の効果を高める目的(例: [55,65])で活用されてきた。しかし、これまでの研究では、このようなロボットの価値が個々の事例から示されてきたものの、人が世話する状況をつくる特定の行動や、子どもの振る舞いの一部に着目したものが多く、ロボットの振る舞い方に関する一般的な議論が必要な段階となっていた。また、人の子どもの振る舞いをモデルにロボットの振る舞いを表現した研究では、乳児などの小さな子どもの振る舞いをモデルとすることが多かった。

本研究では、保護者の養育行動を引き出す愛着・探索・遊び行動といった多様な行動が現れ始める人の3歳児に着目してロボットの振る舞い方を分類し、小学校低学年の児童ほどのサイズと、視聴触覚のマルチモーダル認識・表現基本機能を持つ市販のロボットを用いてシステムを開発することで、手引き誘導によるロボットとの移動や、ひらがな文字カードを見せることによるロボットへの言葉の伝達といった、これまでのロボットよりも物理的・言語的コミュニケーションの幅を広げる形で子どもとのやり取りを実現可能なロボットを実現し、人が世話可能なロボットを人同士の交流創出支援に活用する可能性を示した。以下に関連研究を説明する。

4.5.1 人が世話する状況をつくるために特定の振る舞いをするロボット

1. 弱いロボット

近年、人とロボットの関係は多様化し、ロボットが人の世話をするだけでなく、人がロボットの世話をするという関わり方が注目されるようになってきている。その代表的な例の1つが、

岡田 [162] の、弱いロボットという考え方である。弱いロボットは、人に何かをしてあげるのではなく、人から何かをしてもらうことを前提に成り立つロボットである。弱いロボットの例として、〈む〜〉、〈ゴミ箱ロボット〉、〈トーキング・アリー〉などがある。

〈む〜〉 [163] は、目玉や幼児をモチーフとした涙の形のロボットである。ゆっくり動き、言葉を十分に使いこなせないという特徴をもっている。しかし、このたどたどしさが逆に子ども達の積極的な関わりや優しさを引き出す様子が報告されている [164]。さらに、コミュニケーションに障がいをもつ子ども達が、〈む〜〉に対しては何かを語り掛けたり教え諭したりする様子から、療育に〈む〜〉を活用することが期待されている [66]。

〈ゴミ箱ロボット〉 [165] は、子どものサポートをうまく引き出しながらゴミ拾いするロボットである。ゴミの探索・回収を全て独力で行うのではなく、ゴミを探していることを振る舞いによって子どもに伝え、子どもにゴミを入れてもらうという戦略を取っている。

〈トーキング・アリー〉 [166] は、子どもが今日の出来事を母親に聞かせようとする時の話し方をモデルに、ニュースを伝えるロボットである。聞き手の様子を元に、たどたどしく発話の内容やタイミングを選ぶ²¹。

2. AIBO

AIBO [167] は、犬型のペットロボットである。このロボットは、ロボットエンターテインメント分野を開拓する目的で開発された。家庭環境でのロボット使用を考える上で、人とのインタラクションは避けられない。エンターテインメント分野のロボットは、たとえ人とのインタラクションで失敗しても、深刻な問題にはならず、家庭環境での研究開発が進めやすい。AIBOはボールを追いかけたり、触られたことに反応したりできる [168,169]。AIBOの生き物らしさを高めるために、AIBOは多自由度で、本能と感情に関するモデルを持つ。そして、同じ動作を繰り返さない工夫も行われている。Friedmanらの研究 [170] では、調査対象の人の約半数が、AIBOを生き物のように扱っていた。また、子どもがAIBOを生き物のように認識し扱う様子が報告されている [168,171]。さらに、AIBOは人同士の交流を生み出すロボット介在活動にも用いられている [82]。これらの結果は、ロボットペットに対するニーズがあることと、AIBOの生き物らしさを高める戦略の有用性を示している。

²¹トーキング・アリーは、人の子どもの振る舞いの一部を参考にしているが、弱いロボットの1つであるため、人が世話する状況をつくるために特定の振る舞いをするロボットとして紹介した。

3. Pleo

Pleo [78] は、猫ほどの大きさの、恐竜型のおもちゃロボットである。モーターが14個あり、尻尾を振ったり、首の位置を変えたり、口やまぶたを動かしたり、ゆっくりと歩いたりできる。スピーカー、マイク、赤外線センサ、小型カメラなど様々なセンサ類を搭載している。Pleo は、3つの段階を経て成長するようにプログラムされている。最初は孵化期、次が幼児期で、最後が児童期である。最初の2つの段階は、通常、最初の1時間以内に完了し、児童期になると内部の「動機付けモデル」に従って環境や持ち主と相互作用する。また持ち主は、Pleoの動作をプログラムすることもできる。

4. Lovot

Lovot [74] は、40cmほどの大きさの、商品化された家庭用小型ロボットである。このロボットは、ふれ合いを求める人をターゲットに開発された。ペットを飼えない人や、ひとり暮らしの人、ロボットとふれ合いたい人のニーズを満たすために開発されたと考えられる。Lovotは、家族の一員として、玄関までの出迎え、自動充電、抱っこしてもらおう機能、人についていく機能などを持つ。Lovotとのふれ合いが人々にもたらす社会的価値に関しては、今後の研究でますます明らかになっていくと考えられる。

4.5.2 人の子どもの振る舞いの一部を参考に人が世話する状況をつくるロボット

1. Care-Receiving Robot

Tanakaら [55] は、子どもから教わるロボットを Care-Receiving Robotと名付け、ロボットが子どもに教えるのではなく、子どもがロボットに教えることで学ぶ教育方法を提案した。Tanakaらの研究では、3歳から6歳の子どもを対象に、英単語学習する場面に着目し、人型ロボット NAOの遠隔操縦により実現した Care-Receiving Robotとの学習が学習効果を高めることを示した。子ども型ロボットとしての Care-Receiving Robotの年齢は明示されていないが、言葉の読みを学ぶ設定のため、幼児から児童の間に該当すると考えられる。ロボットが人から教わる関わり方自体は、人のアフォーダンスを直接教わることで、ロボットの動作習得に関する学習効果を高められるという理由から注目されていた [172]。一方、Care-Receiving Robotにおいては、子どもがロボットに教えるというプロセスを重視しており、ロボットが

子どもの先生になることにより生じる倫理的問題を解決するアプローチとして意義深いものである。

2. Robovie

Sabelliら [46]は、人型ロボットのRobovieの振る舞いを子どもらしく表現し、デイサービス施設において遠隔操縦で3.5ヶ月間運用し、高齢者との関わりにおけるロボットの有用性を探った。Robovieは日々の挨拶をしたり、子どものように質問したり、高齢者の悩みを聞いたりして、高齢者から好まれた。子ども型ロボットとしてのRobovieの年齢は明示されていないが、高齢者と言語を用いたコミュニケーションを行う設定のため、幼児から児童の間に該当すると考えられる。

4.5.3 特定の年齢の子どもの振る舞いをモデルに人が世話する状況をつくるロボット

1. Babyloid

Babyloid [47]は、人の赤ちゃんをモデルにつくられたロボットであり、ベビースキーマを活用した外見と、乳児をモデルにした振る舞いを持つ。Babyloidは、身体の不調を人の赤ちゃんのように多様な表情・音声で表現することで、人の世話(あやし行動)を引き出す。このロボットは高齢者や要介護者をターゲットに開発された。これらの人々は、介護する側から介護される側へと役割が移行することでストレスを受けるため、自らの仕事をもち生きがいを手にすることが大切である。Babyloidは、これらの人々にロボットを世話するという仕事を提供するものである。展示会でBabyloidとのふれ合いを一般の人々に体験してもらった結果、Babyloidは高齢者や介護従事者に好意的に受け入れられた。この結果は、人が世話するという機能に着目したBabyloidにニーズがあることを意味している。現在、Babyloidは改良の後、スマイビ [173]として商品化されている。

2. Keepon

Keepon [65]は、約12cmの大きさの黄色い卓上型で、注視行動と感情的な動作を行えるロボットである。子ども型ロボットとしてのKeeponの年齢は明示されていないが、注視行動と感情的な動作を行えるため、1才程度の幼児に該当すると考えられる。Kozimaら [65]

は、Keeponという小型ロボットと自閉症などの発達障がいの子ども（2歳から4歳）との関わり合いを調べ、Keeponのシンプルな振る舞いデザインが、子どもが心理状態を共有する意欲を高めることを報告している。自閉症の子どもは普段仲間同士で交流しにくいですが、これらの子どもがロボットを軸に他者と交流するという発見は、療育に対するロボットの応用可能性を示唆している。また、子どもと、同席する保護者とセラピストがKeeponの振る舞いに反応し合うことで、交流する様子が報告されている [65].

第5章

子ども型ロボットによる 初対面の子ども同士の交流創出の評価

5.1 評価の目的

評価の目的は，科学館における，初対面の子ども達が参加する子ども型ロボットとのふれ合い体験活動で得られた知見をもとに，子ども型ロボットによる，初対面の子ども同士の遊び場面における交流創出支援を成り立たせる重要な要因を明らかにすることである。

5.2 評価方法

5.2.1 実践活動の概要

子ども型ロボットが，物理的コミュニケーション能力と，言語的コミュニケーションのそれぞれを介して子ども達に働きかける例として，ロボットが子ども達を追従する実践活動（評価1）と，ロボットが子ども達の前で他ロボットと会話する実践活動（評価2）に着目する。

本評価で実施した実践活動の概要を Fig.5.1 に示す。

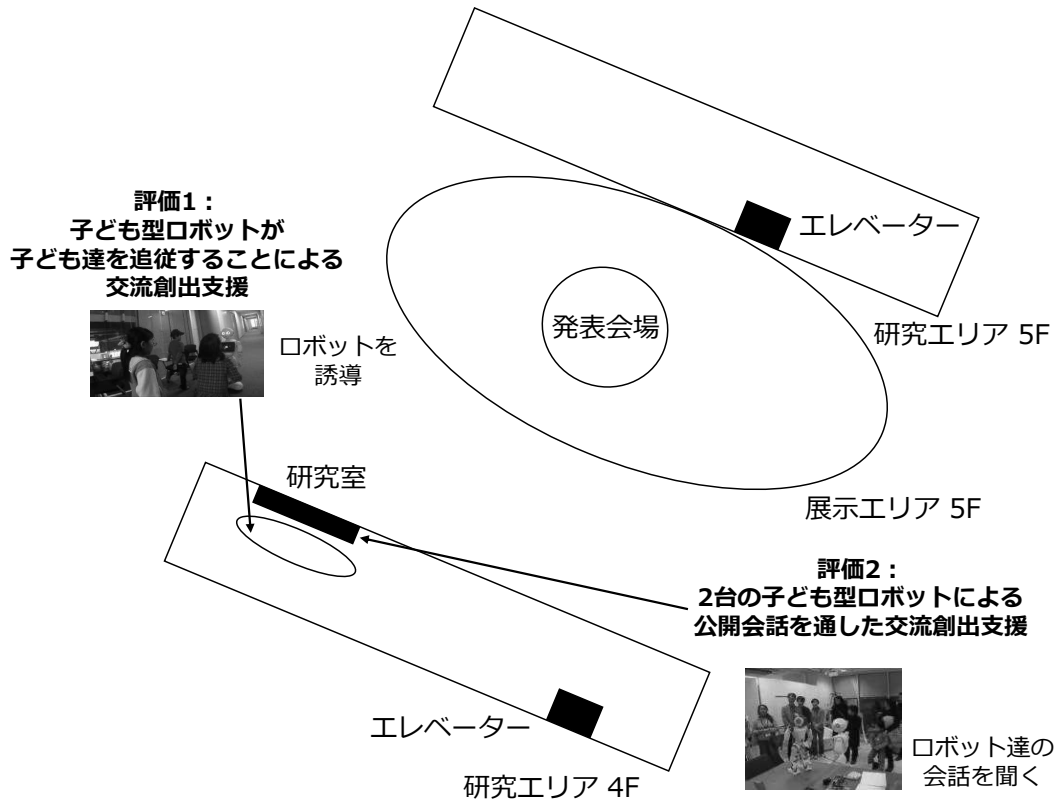


Fig. 5.1: 本研究で実施した実践活動の概要.

子ども型ロボットが子ども達を追従することによる交流創出支援(評価1)

子ども型ロボットが、子ども達の顔と手引きに追従し、目的地まで移動する体験活動を通じた交流創出支援である。

2台の子ども型ロボットによる公開会話を通じた交流創出支援(評価2)

子ども型ロボットが、子どもや保護者のプロフィールを個別に質問し、子ども達から教わった内容をもとに、子ども達の前で他ロボットと会話することで、イベントに参加する1人1人が代理紹介されるという体験活動を通じた交流創出支援である。

集団形成の観点からのこれらの活動の特徴

集団形成の観点からのこれらの活動の特徴は、イベント形式で事前参加者を集め、1つの場所の中で初対面の子ども達を互いに接近させることである。イベントの参加者は集団をつくるが、その中で交流創出が常に行われる訳ではないため、このような体験活動の中で初対面の子ども達の交流創出を支援することには意義がある。一方、事前に集まった初対面の子ども達がイベントの中で集団をつくる状況と、オープンスペースの中で初対面の子ども達が集団をつくる状況は異なると考えられる。そこで、オープンスペースでの子ども達の集め方についても、後ほど違う事例をもとに考察することとする。

5.2.2 評価手順

以下の手順に分けて、評価を行う。

(1) 初対面の子ども達の対面コミュニケーションが生まれる様子の記述

実践活動の様子をビデオで記録し、ビデオをもとに子ども・ロボット・大人(イベントに同席した科学コミュニケーター、著者)の振る舞いを抽出した観察記録をつくることで、初対面の子ども達の対面コミュニケーションの生まれ方を記述する。主な振る舞いとして、ゴッフマン [27] による見知らぬ人々の対面コミュニケーションの生まれ方を参考に、視線、発話、笑い声に着目する。観察記録は、部分インターバル記録法(インターバルの中で1度でもその行動が起これば、生起インターバルとする記録法) [174] により、分析対象の子ども・大人・ロボットの振る舞いを、ビデオを1秒ずつ観察し行う。

(2) 記述内容をもとにした集団形成・対面コミュニケーションの段階ごとの重要な要因の考察

初対面の子ども達の対面コミュニケーションが生まれた成功例を手掛かりに、なぜ交流が生まれたのか・生まれなかったのかを、交流創出支援の実現に必要な集団形成の支援・対面コミュニケーションの支援の段階ごとに、対面コミュニケーションから辿って考察することで、初対面の子ども同士の交流創出支援を成り立たせる重要な要因を明らかにする。

5.3 評価1: 子ども型ロボットが子ども達を追従することによる交流創出支援

5.3.1 イベント概要

イベント名

イベント名は、実験イベント「ロボットを目的地に連れて行こう！」(2016年10月・11月、8回実施、計23名参加)であり、約60分間のイベントである。このイベントは元々参加者1人でロボットを目的地まで誘導する体験を行うものだったが、6回目のイベントでは特別に、参加者全員でロボットを目的地まで誘導する体験も行ったため、本評価では6回目のイベントに着目する。

イベント参加者

イベントの参加者はウェブサイトで事前に募集した。6回目のイベントの実験参加者は、計3名で、初対面の女兒(P1とよぶ)、女兒(P2とよぶ)、8才の男児(P3とよぶ)だった。女兒2人の年齢は、8才と7才であった¹⁾。

イベントの流れ

イベントは、日本科学未来館の研究エリアにある、著者が所属する研究室の廊下で行われた。子ども型ロボットが迷子になって困っており、ぬいぐるみを一緒に取りに行く、というシナリオのもと、1人ひとりの参加者にロボットを目的地に誘導してもらう体験を行った。子ども型ロボットは、第4章で述べた、愛着行動としての追従を行い、手引きや子どもの顔に追従するため、参加者は、子ども型ロボットを誘導しながら、研究室から廊下に出て、廊下の先の目的地でぬいぐるみを取り、再び元のコースを辿って研究室に戻った。

この体験に加え、6回目のイベントでは、ロボットが、子ども達が連れて行ったコースの進み方を覚え、一台で廊下の先の目的地に向かう実演を行った。その後、3名の初対面の参加者に、研究室にロボットを連れて帰ってもらった。この時に、初対面の子ども達の交流がどのように生まれたかを観察した。

¹⁾P1とP2のどちらが8才で、どちらが7才かは不明である。

5.3.2 観察記録のつくり方

分析対象

イベント参加者3名(女児 (P1とよぶ), 女児 (P2とよぶ), 8才の男児 (P3とよぶ), 女児2人の年齢は, 8才と7才であった) を分析対象とする. 3名は初対面である. 3名が子ども型ロボットを誘導中, 著者が安全管理のため傍で見守った. また, イベントの進行管理を務める科学コミュニケーターが少し離れた所から見守り, 子どもの保護者達も少し離れた所から見守っていた. 参加者達の配置のイメージを Fig.5.2 に示す.

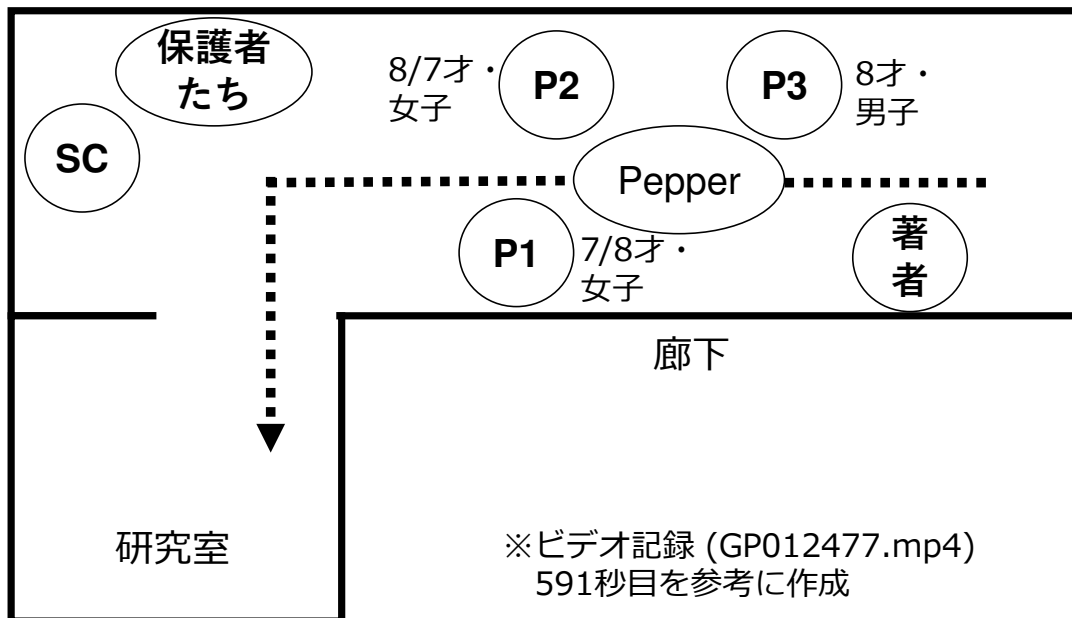


Fig. 5.2: 子ども型ロボットを誘導する際の参加者達の配置.

分析方法

イベント中, 著者が上半身に身につけていた小型ビデオカメラで撮影された動画ファイル (GP012477.mp4) を用いて, 着目するロボットや人の振る舞いを記録した. 動画ファイルは1045秒間分あるが, 3名の参加者が子ども型ロボットを誘導する場面のみに着目し, 540秒目から974秒目 (435秒間) までに着目する.

イベントの中心人物である, 誘導される子ども型ロボット (ロボットとよぶこととする), 安全管理を行う著者 (著者とよぶこととする), イベントの司会進行を務める科学コミュニ

ケーター (SCとよぶこととする), そして, 分析対象である子どもである P1, P2, P3 に関して, 1 秒ごとに, 以下の情報を記録した。

- ロボット：動き（静止・前進・時計回り回転・反時計回り回転），目の色（白・青・不明），発話内容（言葉）
- 著者：発話内容（言葉）
- 科学コミュニケーター (SC)：発話内容（言葉）
- 子ども（P1, P2, P3）：発話内容（言葉），その他（笑い声，叫び声，発話者が不明の言葉）。笑い声・叫び声に関しては，発話者が特定できないことが多かったため，発話者を区別せずに記録した。なお，視線については，子ども達が移動する状況で調べるのが困難だったため行っていない。

発話内容（言葉）に関して，内容が不明のものは「判別不可能」と記録した。作成した記録は，付録に掲載した。

5.3.3 初対面の子どもの対面コミュニケーションの様相

子どもの持続した笑い声に着目した誘導の様子

子ども達（P1, P2, P3）は，435 秒間のうち，123 秒間（41 回）笑い声をあげており，多くの場面で笑っていた。また，子ども型ロボットが目的地に近づくにつれて，笑い声は叫び声を含むものになっていった（例：771-773 秒目，777-779 秒目，790-795 秒目，799-802 秒目，808-815 秒目，833-835 秒目，848-852 秒目，902-906 秒目など）。そこで，子ども達の笑い声が 5 秒以上持続した場面（Table 5.1）に着目し，子ども型ロボットの誘導の様子を説明する（Fig.5.3 にも概要を示す）。

Table 5.1: 子ども達が5秒以上笑った時間とその状況.

秒	状況
580-587	手引きでロボットを前進させたかったのに時計回り回転した
592-597	ロボットが時計回り回転した分を元に戻そうと手引きで反時計回り回転したが、回り過ぎてしまう
631-635	P3のいたずら（不必要な手引き）で、前進させたかったロボットが時計回り回転してしまう
735-740	P3がいたずら（不必要な手引き（反時計回り回転））をする。実際にはロボットは移動しなかった
790-795	P3がロボットに足を踏まれそうになっている
808-815	手引きでロボットが前進し過ぎてしまう
848-852	手引きでロボットを前進させたかったのに時計回り回転した
883-887	手引きでロボットを前進させたかったのに時計回り回転した
902-906	手引きで前進させたかったロボットが期待通りに前進した



Fig. 5.3: 子ども達の持続した笑い声に着目した子ども型ロボットの誘導の様子. 1. 廊下での手引きの試行錯誤 1: 前進させたかったのに子ども型ロボットが時計回り回転してしまったことに笑う様子 (584 秒目), 2. 廊下での手引きの試行錯誤 2: ロボットが時計回り回転した分を元に戻そうと手引きで反時計回り回転したが、回り過ぎてしまったことに笑う様子 (595 秒目), 3. P3のいたずら 1: P3が不必要な手引きを行う様子 (623 秒目). この後、前進させたかったロボットが時計回り回転してしまい、子ども達は笑った (参考: 631-635 秒目), 4. P3のいたずら 2: P3がいたずら (不必要な手引き (反時計回り回転)) をして笑い声が上がる様子 (735 秒目). 実際にはロボットは移動しなかった. 5. 研究室入口付近での手引きの試行錯誤-1: 手引きでロボットが前進し過ぎてしまう様子 (815 秒目), 6. 研究室入口付近での手引きの試行錯誤-2: 子ども型ロボットが研究室の狭い入口を前進させることに成功する様子 (905 秒目).

1. 廊下での手引きの試行錯誤

子ども達は、廊下で子ども型ロボットを真っすぐ手引き誘導する際に、前進させたかった

のにロボットが時計回り回転したり (580-587 秒目), 時計回り回転した分を元に戻そうと手引きで反時計回り回転したが, ロボットが回り過ぎてしまったり (592-597 秒目)したことで笑い声をあげた。

2. P3のいたずら

子ども達が, 廊下で子ども型ロボットを直進させる誘導を行っている際, P3がいたずらをする場面でも笑い声があがった。631-635 秒目の笑い声は, P3のいたずら(不必要な手引き)により, 前進させたかったロボットが時計回り回転してしまうことで生まれた。また, 735-740 秒目の笑い声も, 実際にはロボットは移動しなかったが, P3のいたずら(不必要な手引き)をきっかけに生じた。

3. 研究室入口付近での手引きの試行錯誤

ゴールが近づくと, 子ども型ロボットは, 廊下を左に曲がり, 研究室の狭い入口を通る必要がある。そのための試行錯誤をきっかけにした笑い声が5回観察された。そして, その多くは叫び声を含むものとなっていた。790-795 秒目の笑い声は, P3が狭い場所でロボットに足を踏まれそうになることがきっかけだった。808-815 秒目の笑い声は, 手引きでロボットが前進し過ぎてしまったこと, 848-852, 883-887 秒目は, ロボットを前進させたかったのに回転してしまったことがきっかけだった。最終的に子ども達は, ロボットに研究室の狭い入口を前進させることに成功し, その時の 902-906 秒目では笑い声をあげた。

誘導中の子ども達の言葉の交わり合い

子ども型ロボットの誘導中に, 誘導中に子ども達の間で交わされた言葉に着目すると, 子ども達の交流が生まれるきっかけの多くは, 子ども型ロボットの笑顔(青目)への気づき(例:「笑ってる」)に関するものであった。これについて, 子ども型ロボットの誘導中に, 2名以上の子どもが重複して, もしくは連続して言葉を発話している場面を抽出した表である, Table 5.2をもとに説明する。

Table 5.2: 子ども達の発話(言葉)が重複・連続した時間と内容.

時間	P1	P2	P3
554-556	「来てー」	「あ, 笑って る」	「来てー」
659-661	「あ, 笑って る」	-	「笑ってる」
726	「笑った」	-	「笑ってる」
895-900	「あともう ちょっと」	-	「笑ったー」
	「あともう ちょっと」		「あー, 困っ た」
947-950	「あ, でも ゴールできそ う」	-	「あーそっち 行っちゃっ た」
960-962	「笑ってる, 笑ってる」	-	「笑ってる」

子ども達の言葉の発話が重複・連続した場面は全部で6回あり, そのうち3回(659-661秒目, 726秒目, 960-962秒目)は子ども型ロボットの笑顔への気づきに関するものだった. また, 15回の発話のうち, 8回が子ども型ロボットの笑顔への気づきに関するものだった.

5.3.4 対面コミュニケーション支援を成り立たせる重要な要因

1. 誘導に反発する振る舞い

子ども達の笑い声が持続した場面に着目すると, 子ども型ロボットが誘導に反発する振る舞いを見せることで, 子ども達の笑い声を引き出すことが分かった. この理由として, 誘導に反発する振る舞いが, 子ども達にロボットの気持ちを想像させ, 主観的共感を引き出したことが考えられる. 別の言い方をすると, ロボットが反発することで, 誘導にゲーム以外の文脈にゲームデザインやゲームメカニズムの要素を導入することである, ゲームフィクション [175] が取り入れられたとも言える. 誘導への反発の仕方には, 前進してほしい場面で回転する(例: 580-587秒目), 前進し過ぎ(例: 808-815秒目)・回転し過ぎ(例: 592-597

秒目) というものがあった。本研究の場合は、これらは意図してつくられた振る舞いではなく、ネットワーク通信速度の遅延によるシステムエラーでこのようになったと考えられるが、誘導に反発するようにシステムをつくるのが、実は大切であるということが分かった。

2. ロボットによる子どもの笑顔模倣

そして、誘導中に子ども達の間で交わされた言葉に着目すると、その多くは、子ども型ロボットの笑顔への気づきに関するものだった。子ども型ロボットは、子どもの笑顔に反応し、目を青くする(「笑顔」になる)ようになっていた。この振る舞いは、子ども達の行動的共感を引き出し、それに関連する発話(例:「笑ってる」)を引き出すことで、子ども達の言葉の交わり合いを生み出し、交流創出したと言える。また、子どもの笑顔が子ども型ロボットの笑顔を生み、今度は子ども型ロボットの笑顔が子どもの笑顔を生むというように、笑顔が増幅し、誘導中の歓声の大きさにも影響を及ぼした可能性がある。

5.3.5 集団形成支援を成り立たせる重要な要因

1. 本評価の限界

本評価で着目した実践活動では、3人の参加者の子どもの中に、子ども達の輪に入っていない子どもはいなかった。この理由は、ロボット1台あたり、3人の子どもが集まることは十分可能であること、また、子どもの参加者が3名で固定されており、自分もグループでの交流に参加してもいいと感じることができたことにあると考える。このように、本評価では、子ども達が集団形成しやすい状況が用意されていたと考えられる。

2. オープンスペースでのロボットに対する子どもの接近

そこで、オープンスペースでも同様に、初対面の子ども達が自発的にロボットの周りに接近できるかを検討するために、子ども型ロボットが子どもを追従する体験を、オープンスペースで行った実践活動(Miraikan オープンラボ 2016・秋～Incoming Reality～「フリーウォーク」(2016年10月実施))での初対面の子ども達の接近の仕方に着目する²。

²ロボットは、来館者の手引きや顔を認識し、来館者に追従した。ただし、評価1の振る舞いと完全に同一だった訳ではなく、その詳細は不明であるが、例えば、笑顔認識に伴う目の色の変更と加速については実装されていなかった。このイベントでは、研究エリアのオープンラボとして、研究エリアに所属する複数の研究室が研究室を開放する中、訪れた不特定多数の来館者に、子ども型ロボット (Pepper) との移動を体験してもらった。実施時間は2日間で、合計約5時間で、大人と子どもを両方含む、合計55人以上がロボットとの移動を体験し

このイベントでは、ビデオ記録を取得していないため、Kochigamiら [19] の報告にもとづき、ロボットに対する子ども達の集まり方に関する特徴的な場面を述べることにする。結論として、オープンスペースでも子どもはロボットの周りに自発的に接近してくる。しかし、初対面の子ども達が同時にロボットの周りに集まる状況はあまりなく、1人ずつ子どもを集めていけるように、以下のようなロボットの振る舞い方をすることが重要となる。

2-1. ロボット 1 台に対する子ども達を接近させる振る舞い

ロボット 1 台の場合、初対面の子ども達が同時にロボットの周りに集まる状況はあまりなく、1人ずつ子どもが集まってくるが (Fig.5.4 (a)), 特に、既にロボットと一緒に歩いている子どもがいると、その輪には入らず、少し離れた所からその様子を見ている子どもの様子が見られた (Fig.5.4 (b)). この理由として、人は相手との親密さに応じて対人距離を変えるが [35], 新しくやって来た子どもは、子ども・ロボットの集団に対して、特に子どもと知り合いではないため距離を取る必要があったためだと考えられる。そのため、離れた所から見ている子どもを呼び寄せられるロボットの振る舞いや、片手ではなく、両手を引かないと移動できないといった、移動のために他の子どもを必要とするような振る舞いをつくることで、ロボットの周りに1人ずつ初対面の子どもを集めていくために重要だと考えられる。



Fig. 5.4: Child-child interaction in the open laboratory setting; (a) A few children gathered around the robot; (b) Children watched one child walking with the robot. (Published in Kochigami et al. 2018 [19].)

た。著者らが所属する研究室は大きく4つのブースに分かれていた。それぞれ、3Dプリンタ・NC加工機紹介コーナー、小型ロボット KHR (<https://kondo-robot.com/product-category/robot/khrseries>) の操縦体験コーナー、NAOによるブランコこぎのデモコーナー、そして Pepper との移動体験コーナーだった。本研究では、特に2日目のイベントの様子に着目する。

2-2. ロボット 2 台に対する子ども達を接近させる振る舞い

イベントでは、2 台のロボット (Pepper) が部屋に配置されており³、1 人の子どもが 1 台を誘導し、2 台を接近させたことをきっかけに、1 台につき 1 人の子どもが集まり、子ども達の言葉によらない対面コミュニケーションが生まれた場合があった。これについて説明すると、初めは、1 台のロボットはもう 1 台の展示用ロボットとは離れた所にいた (Fig.5.5 (a))。一人の女の子が 2 台のロボットを出会わせようと、1 台のロボットをもう 1 台の所に連れて行った (Fig.5.5 (a))。その後、女の子の姉が、女の子とロボットに反応を示した (Fig.5.5 (b), (c))。女の子が 2 台のロボットを向かい合わせた後 (Fig.5.5 (d))、別の家族の男の子がやってきて 1 台の頭を撫でた (Fig.5.5 (e))。そして、もう 1 台を、女の子が男の子の真似をして一緒に撫でた (Fig.5.5 (f))。

そこで、2 台のロボットを出会わせることでロボット同士の対面コミュニケーションが生まれる仕組みをつくることで、それぞれのロボットを誘導した子ども達も接近し、ロボット同士の対面コミュニケーションに反応することによる対面コミュニケーションの創出が行えるようになるのではないかと考えられる。

³そのうち 1 台は、来場者と一緒に移動し、もう 1 台は、使用しているロボットに技術的な問題が発生した場合に備えて、バックアップとして部屋に保管されていた。



(a)



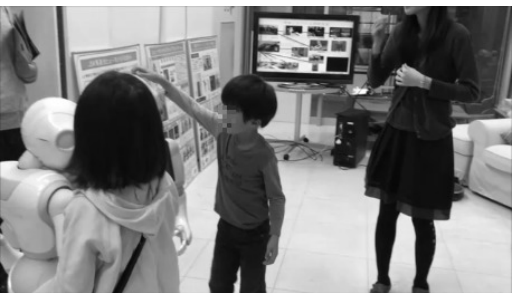
(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Fig. 5.5: Child-child interactions in the open laboratory setting; (a) and (b) A girl navigated the robot to the other robot. One of the researchers helped her; (c) and (d) two robots faced each other after navigation. (e) One boy from another family came and petted the robot. (f) The girl imitated the boy, and they petted the robots together. (Published in Kochigami et al. 2018 [19].)

5.4 評価2：2台の子ども型ロボットによる公開会話を通じた交流創出支援

5.4.1 イベント概要

イベント名

イベント名は、研究棟ツアー「ヒューマノイドプロジェクト」ツアーロボットとコミュニケーション（2015年1月、2回実施）であり、約90分間のイベントである。本評価では、1回目のイベントのみに着目する。その理由は、このイベントは全部で2回実施され、1回目のイベントは、想定通りに進行したが、2回目のイベントでは、ロボットに不具合が発生してしまい、イベントを想定通りに行うことができなかったためである。

イベント参加者

イベントの参加者はウェブサイトで事前に募集した。1回目のイベントの実験参加者は、計14名（子ども7名（男子5名、女子2名）、大人7名（男性2名、女性5名））で、5組の家族から構成された。

Table 5.3: イベント参加者の概要.

家族番号	参加者番号	年齢・年代	性別
F1	P1	大人（母親）	女性
	P2	12才	女性
	P3	7才	男性
F2	P4	11才	女性
	P5	大人（母親）	女性
F3	P6	大人（父親）	男性
	P7	16才	男性
	P8	大人（母親）	女性
F4	P9	大人（母親）	女性
	P10	9才	男性
F5	P11	9才	男性
	P12	大人（母親）	女性
	P13	大人（父親）	男性
	P14	不明（幼児と推定）	男性

イベントの流れ

イベントは、日本科学未来館の研究エリアにある、著者が所属する研究室内で行われた。子ども型ロボットとして、Pepperの他にNAOが1台ずつ使用された。まず、一人ひとりの参加者に、子ども型ロボットとの1対1のコミュニケーションを体験してもらった。参加者を2チームに分け、1チームはNAO、Pepperの順にコミュニケーションを体験し、もう1つのチームは逆順に体験した。参加者は、子ども型ロボットからの質問(Table 5.4)に、Pepperに対しては発話、NAOに対してはひらがなの書かれた文字カード(ひらがな文字カード)を見せて回答した。この振る舞いは、第4章で述べた探索行動としての子どもへの質問である⁴。次に、参加者達から教えてもらった内容に基づき、2台のロボットが、参加者達を新しく出来た友達として紹介するというシナリオに沿って、会話をする様子を聞いてもらった。この時に、初対面の子ども達の交流がどのように生まれたかを観察した。この振る舞いは、遊び行動と

⁴本イベントでは子どもだけでなく大人の参加者もロボットの質問に回答した。

して子どもの答えを拾い他の子ども型ロボットとの会話を作っていく振る舞いであり，第4章で述べたように，NAOからPepperへの順番交代は，ROSのパッケージ `rocon_multimaster` (https://github.com/robotics-in-concert/rocon_multimaster)を用いて，NAOが話し終わった時に，PepperにROSのトピックを送ることで行われる．ROSのトピック送信が，一方向(今回の場合はNAOからPepperへの方向)のみしか行えなかったため，PepperからNAOへの順番交代については，Pepperの会話文の長さに応じて，NAOが話し出すタイミングを人が事前に調整するようになっている．

Table 5.4: 子ども型ロボットからの質問リスト．

NAOからの質問	Pepperからの質問
今日は誰と来たの？	お正月は何したの？
今日はどこから来たの？	今日はどうやって来たの？
どんなスポーツが得意？	世界のどこに行ってみたい？
春・夏・秋・冬で一番季節は何？	将来は何になりたいの？
好きな動物は何？	学校で一番好きな科目は何？
今日はどうやって来たの？	僕のことどう思った？
どこの国に行ってみたい？	今日はどこから来たの？
お正月は何してたの？	今日は誰と来たの？
学校で一番好きな科目は何？	今日の晩御飯は何を食べたい？
将来は何になりたい？	好きな動物は何？
NAOのことどう思ったかな？	好きなスポーツは何？
	どの季節が一番好き？
	好きなおやつは何？

5.4.2 観察記録の作り方

分析対象

イベント中に交流する様子が観察された、9歳の初対面の男児2名(それぞれP10, P11と呼ぶこととする)を分析対象とする⁵。イベント参加者は、2台の子ども型ロボットの会話を聞く際、自由にロボットの周りに集まったが、家族単位で集まっていた。P10とP11は、異なる家族に属すが、隣り合う場所でロボット達の会話を聞いていた。参加者達の配置をFig.5.6に示す。

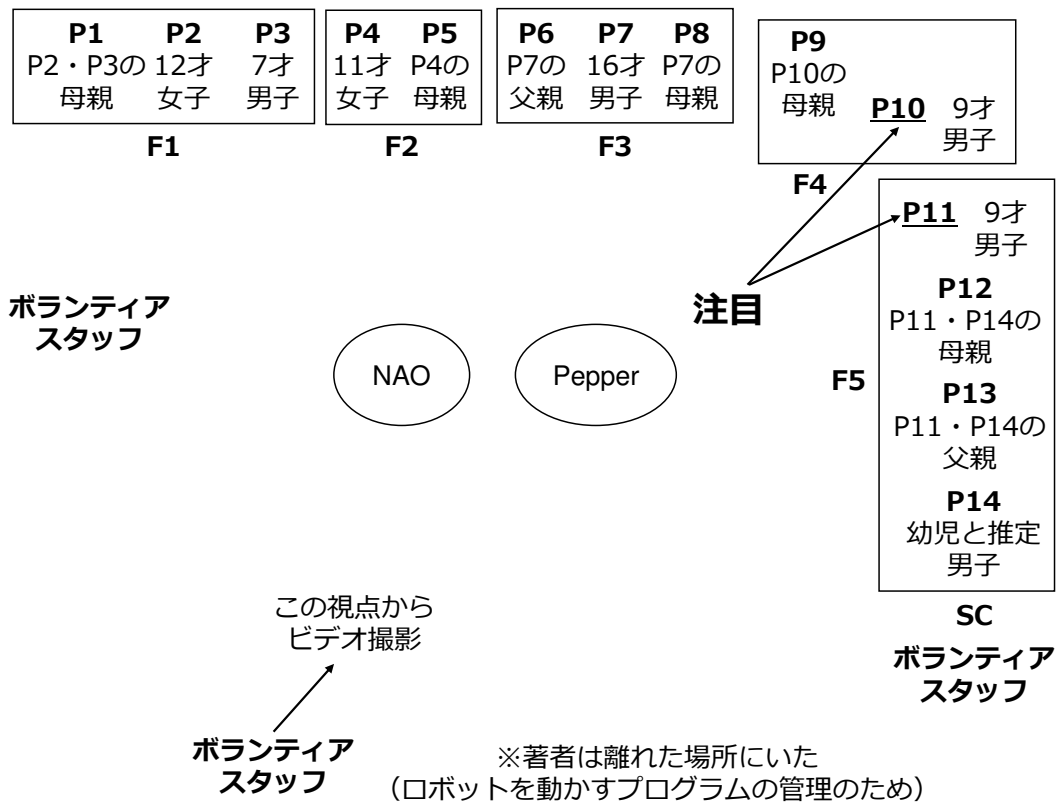


Fig. 5.6: 2台の子ども型ロボットの会話を聞く際の参加者達の配置.

⁵他の小学生の子ども(P2, P3, P4)に関しては、P10とP11で見られるような交流は確認できなかった。この理由については、後ほど考察する。

分析方法

イベントのボランティアスタッフが小型ビデオカメラで撮影した、2台のロボットが会話中の様子が映った動画ファイル (GOPR0069.mp4) を用いて、着目するロボットや人の振る舞いを記録した。動画ファイルは442秒間分あるが、子ども型ロボット達が会話をする部分のみに着目し、ロボット達が参加者の記念撮影を行う場面に移る前の0秒目から376秒目までに着目する⁶。

イベントの中心人物である、会話を行う子ども型ロボット (NAO, Pepperとよぶこととする)、イベントの司会進行を務める科学コミュニケーター (SCとよぶこととする)、そして、分析対象である子どもである P10, P11 に関して、1秒ごとに、以下の情報を記録した。

- ロボット (NAO, Pepper): 発話内容 (言葉)
- 科学コミュニケーター (SC): 発話内容 (言葉)
- 子ども (P10, P11): 特定の他者に対する視線方向, 発話内容 (言葉と笑い声)

発話内容 (言葉) に関して、内容が不明のものは「判別不可能」と記録した。作成した記録は、付録に掲載した。

5.4.3 初対面の子どもの対面コミュニケーションの様相

P10・P11の特定の他者への見やり行動

P10は376秒間のうち、43秒特定の他者を見た。そのうちP11を12秒見た。家族(P9)は10秒、SCは3秒、その他の人は18秒見ていた。P11は376秒間のうち、53秒特定の他者を見た。そのうちP10を13秒見た。家族(P12, P13, P14)は15秒、SCは2秒、その他の人は23秒見ていた。どちらも、家族と同じくらい相手を見ていることが特徴的である。P10とP11それぞれが、P11/P10、家族、SC、その他の参加者を見た秒数を Table 5.5 に示す。

⁶なお、動画では最初のNAOの発話「みんなにインタビューした？」が切れている。

Table 5.5: P10とP11それぞれが、P11/P10, 家族, SC, その他の参加者を見た秒数.

	P11/P10	家族 (P9/P12-14)	SC	他の人
P10が 見た秒数	12	10	3	18
P11が 見た秒数	13	15	2	23

そのうち、P10とP11は2秒間目を合わせた(178秒目と368秒目)。P10とP11の目が最初に合ったのは、178秒目である。また、P10とP11それぞれが、P11/P10を見やった時の時間、直前の発話者、直前の発話者の発話内容、P10/P11の発話の有無、P10/P11の発話内容をそれぞれTable 5.6, Table 5.7に示す。

Table 5.6: P10によるP11を見やった時の時間、直前の発話者、直前の発話者の発話内容、P10の発話の有無、P10の発話内容.

番号	時間 (X秒目)	直前の 発話者	直前の発話者の発話内容	P10の 発話有無	P10の 発話内容
1	178	NAO	「いいねえ。私は北極でオーロラを見たいなあ」	無	
2	262	Pepper	「P1さんは、僕のこと「かっこいい」って言うてくれたよ」	無	
3	296	NAO	「私も。私は、Pepperとずっと一緒にいたい」	有	「あーいい感じ」
4	329-332	Pepper	「P11さんは、どう？」	無	
5	342	P11	(※考え中で、まだ発話はしていない)	無	
6	346-347	P11	「テニス選手」	有	「おー」
7	367-368	NAO	「みんな、仲良くしてくれて本当にあり「り」がとう」 (※ロボットの発話に不具合が生じ「り」を2回発話した)	有	笑い声

Table 5.7: P11によるP10を見やった時の時間，直前の発話者，直前の発話者の発話内容，P11の発話の有無，P11の発話内容.

番号	時間 (X秒目)	直前の 発話者	直前の発話者の発話内容	P11の 発話有無	P11の 発話内容
1	148-150	P10	判別不可能	無	
2	177-178	NAO	「いいねえ. 私は北極で オーロラを見たいなあ」	無	
3	187-188	P10	「しぶい」	有	判別不可能
4	247	P10	判別不可能	無	
5	258-259	NAO	「P7さんは, NAOのこと 「かわいい」って言って くれたよ」	有	判別不可能
6	267-268	NAO	「照れるなあ」	無	
7	368	NAO	「みんな, 仲良くしてく れて本当にあり「り」が とう」	有	「あり 「り」がと う」

P10とP11の対面コミュニケーションの生まれ方

以上の情報をもとに，P10とP11の対面コミュニケーションの生まれ方は，以下のように記述される（Fig.5.7にも概要を示す）．P10とP11は，子ども型ロボットの発話に対し発話で反応することをきっかけに視線を交わし合い，交流を始めた．初めは，互いに目を合わせずに子ども型ロボットの発話に発話で反応していたが，次第に子ども型ロボットの発話に対し発話で反応しながら相手を見やる行動が増えた．

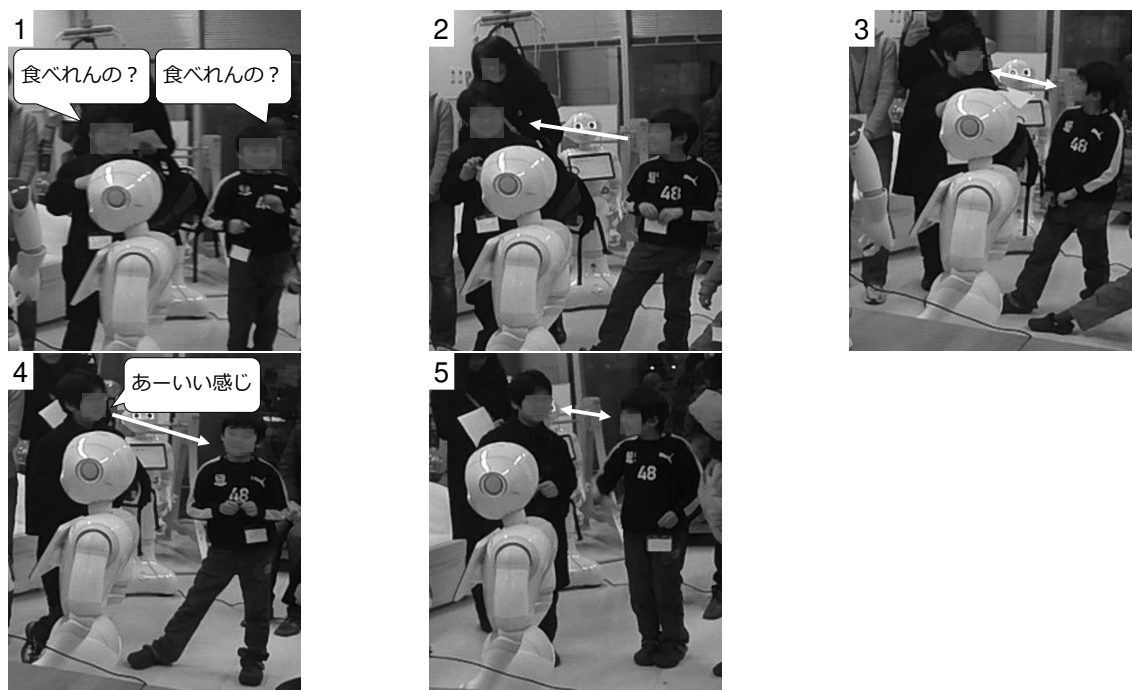


Fig. 5.7: P10と P11の対面コミュニケーションの生まれ方. 1. 148秒目以前: 相手の見やりを伴わない発話(言葉)(124秒目の様子), 2. 148-150秒目: R11からR10への見やり(発話無し)(149秒目の様子), 3. 178秒目: R10とR11の視線の交わし合い(1回目), 4. 179-367秒目: 発話(言葉)を伴うP10からP11の見やり(296秒目の様子), 5. 368秒目: P10とP11の視線の交わし合い(2回目)(368秒目の様子).

1. 148秒目以前: 相手の見やりを伴わない発話(言葉)

148秒目以前は、互いを見やることは無いが、それぞれが、ロボットやSCの発話に対し、発話(言葉)で反応していた。P10は9回、P11は3回発話している。また、以下に示すように、お互いの発話が同期する場面も3回見られた。

95-98秒目: NAO「じゃあ、バスで来た人、手を挙げて」
 99秒目: P10「バスはないなあ」
 100秒目: SC「バスはいないね」
 100-101秒目: P11「バスはいない」

118-120秒目: NAO「お正月は何をした？」
 119秒目: P11「お正月？」
 120秒目: P10「テレビ」

122-124 秒目：Pepper「僕はお雑煮をたくさん食べた」
124-125 秒目：P10「食べれんの？」
124-125 秒目：P11「食べれんの？」

2. 148-150 秒目：R11 から R10 への見やり（発話無し）

そして、148-150 秒目に、P10 の発話（判別不可能）に対し、P11 が初めて P10 を見やった。

3. 178 秒目：R10 と R11 の視線の交わし合い（1 回目）

178 秒目に、NAO の発話に対して、初めて 2 人は目を合わせた。この時 2 人は微笑んでいた。

170-176 秒目：NAO「いいねえ。私は北極でオーロラを見たいなあ」
177-178 秒目：P11 が P10 を見やる
178 秒目：P10 が P11 を見やる

4. 179-367 秒目：発話（言葉）を伴う相手の見やり

179-367 秒目は、P10 は 5 回、P11 は 4 回お互いを見た。そのうちのそれぞれ 2 回ずつでは、発話をしながら相手を見る行動が観察された。

183-186 秒目：Pepper「僕は京都のお寺に行ってみたい」
186 秒目：P10「しぶい」
187 秒目：P11「（判別不可能）」
187-188 秒目：P11 が P10 を見やる

253-257 秒目：NAO「P7 さんは、NAO のこと「かわいい」って言ってくれたよ」
258-259 秒目：P11「（判別不可能）」
258-259 秒目：P11 が P10 を見やる

290-295 秒目：NAO「私も。私は、Pepper とずっと一緒にいたい」
295-296 秒目：P10「あーいい感じ」
296 秒目：P10 が P11 を見やる

327-329 秒目：Pepper「 P11さんは、どう？」
329-332 秒目：SC「 P11さんはどうですか？何になりたい？将来。」
(途中省略)
346-347 秒目：P10がP11を見やる
347 秒目：P11「 テニス選手」
348-349 秒目：P10「 おー」

5. 368 秒目：P10とP11の視線の交わし合い(2回目)

368 秒目に、P10とP11は2回目の視線の交わし合いを行った。P11は子ども型ロボットの発話を模倣しており、これは行動的共感にもとづく振る舞いだと考えられる。

361-366 秒目：NAO「 みんな、仲良くしてくれて本当にあり「り」がとう」(NAOの発話が乱れた)
365-366 秒目：P11が笑う
366-367 秒目：P10が笑う
367-368 秒目：P10がP11を見やる
367-368 秒目：P11「 あり「り」がとう」
368 秒目：P11がP10を見やる

5.4.4 対面コミュニケーション支援を成り立たせる重要な要因

1. 子どもの返答や行動模倣を引き出す発話

P10とP11は、お互いの発話をきっかけに、視線を交わし合い、最終的には発話しながら相手を見るようになった。P10とP11の発話には、1. 子ども達が自発的に行った発話と、2. 子ども型ロボットに指名されて行った発話があるが、そのほとんどは、1. 子ども達が自発的に行った発話だった。これらは、子ども型ロボット達の発言内容に対するツッコミや、ロボットの発話を模倣する形(例：あり「り」がとう)で行われた。そのため、子ども達の主観的共感や行動的共感にもとづく返答や行動模倣を引き出す発話が、初対面の子ども同士の対面コミュニケーションを生み出す上で重要な振る舞いだと言える。

2. 子どもの代理紹介の後の発話引き出し

P10とP11以外の子どもは、2台のロボットの会話を聞いている間に自発的に発話することはほとんどなかった。しかし、子ども型ロボットに指名されると、あまり自発的な発話が

見られなかった P10, P11 以外の子どもの発話も引き出せることが分かった。例えば、子ども型ロボットが、将来の夢について話す場面 (278-355 秒目) で、2 名の子ども (P4 と P11) を指名し、将来の夢を尋ねる場面では、積極的に子ども型ロボットの発話に反応した P11 だけでなく、P4 も発話を行っており、P4 の発話に対する他の参加者の反応も得られていた (例: SC「素敵って! (P4 の発話に対するロボットの反応を受けての発話)」(324-325 秒目))。そのため、子ども型ロボットがその場で子どもに質問し、人前での子どもの自己開示 (ある人が別の人に自分自身についての情報を明らかにすることによるコミュニケーション) を引き出すことが、初対面の子ども同士の対面コミュニケーション支援の観点からは、重要な振る舞いであると考えられる。

一方、子ども型ロボットは、会話の中で、事前に参加者とコミュニケーションした内容をもとに、参加者の代理紹介 (例:「P14 さんは、「おうすとらりあ」にいてみたいって教えてくれたよ」) を行ったが、その内容だけでは、紹介された子どもや周りの子どもからの発話は引き出されなかった⁷。その理由として、代理紹介では、発話権が子ども型ロボットに渡ったままであり、参加者が子ども型ロボットの発話が終わるのを待ってしまうからだと考えられる。そのため、子どもの発話を引き出すためには、子ども型ロボットが子どもを代理紹介した後に、紹介した子どもを指名し発話権を渡し、発話を引き出すことが重要である。

3. ロボットの身体を用いた発展可能性

本研究で行った子ども型ロボット 2 台の会話は、参加者達とロボットが事前に 1 対 1 でコミュニケーションした内容 (音声発話または、文字カードを見せることによるコミュニケーション) を含んでおり、参加者とのコミュニケーションを含む点において、単にテレビの映像を再生することとは異なる交流創出支援を可能にする。一方、同様のコミュニケーションをすること自体は、バーチャルエージェントでも可能であり、本研究で行ったことは、ロボットでないとできないという訳ではないとも考えられる。ロボットとの直接的な接触をコミュニケーションに含めることで、身体を持つロボットならではの良さを活かせる考える。

⁷ただし、紹介された子どもが笑顔になる例や、家族が紹介された子どもに微笑んだり褒めたりする例は観察された。

5.4.5 集団形成支援を成り立たせる重要な要因

この実践活動で、P10とP11だけが交流を行えたのは、ロボットの発話内容への反応を引き出せたからだけではなく、P10とP11が偶然隣同士にいたことも理由として大きいと考えられる。子どもが保護者とイベントに参加する場合、親子単位でロボットの周りに集まってしまい、子ども同士が接近しにくいことが課題として見つかった。例えば、Fig.5.6では他の小学生のP2、P3、P4は隣り合っているように見えるが、実際にはP2・P3(きょうだい)とP4の距離は離れている。そのため、子どもが保護者と参加する場合、子どもだけ特定の場所に集まってもらおうといった、初対面の子ども同士を接近させるための、ロボットが発話で子ども達に呼び掛ける振る舞いが重要だと分かった。保護者は子どもに同伴してイベントに参加することが多いため、親子を分離するような働きかけがあっても、保護者は協力してくれると考えられる。

5.5 本章で得られた知見のまとめ

本章で述べた評価では、子ども型ロボットによる、初対面の子ども同士の遊び場面における交流創出支援を成り立たせる重要な要因を、交流創出支援の実現に必要な集団形成の支援と対面コミュニケーションの支援の段階に分けて、以下のように明らかにした。

5.5.1 集団形成支援を成り立たせる重要な要因

1. 既存の集団への新たな子どもの追加

ロボットが子ども達を追従する実践活動についての評価1に関しては、子どもの参加者が3名で固定されており、集団形成に参加しない・できない子どもはいなかった。このことは、小学校低学年の児童ほどのサイズの1台のロボットの周りに3人の子どもが集まることは十分可能であることを示している。また、子どもの参加者が固定されていることで、子どもが、自分もグループでの交流に参加してもいいと感じることができたため、子ども達が互いに接近したと考えられる。

一方、オープンスペースにおける、ロボットが子ども達を追従する類似の実践活動での子ども達の接近の仕方を観察すると、オープンスペースでも子どもはロボットの周りに自発的に接近してくるが、初対面の子ども達が同時にロボットの周りに集まる状況はあまりなく、

既にロボットと一緒に歩いている子どもがいて、その輪には入らず、少し離れた所からその様子を見ている子どもの様子が見られた。このように、子ども同士が自発的に接近しない状況が存在するため、子どもを呼び寄せられるロボットの振る舞いや、1台のロボットが、片手ではなく、両手を引かないと移動できないといった、移動のために他の子どもを必要とするような振る舞い、2台のロボットを出会わせることでロボット同士の対面コミュニケーションが生まれる仕組みといった、既存の集団に新たに子どもを追加するためのロボットの振る舞いが重要な要因となると明らかにした。

2. 親子の分離

ロボットが子ども達の前で他ロボットと会話する実践活動についての評価2に関しては、イベントの中で子ども達がロボットの周りに集まる状況はつくれているが、子どもが保護者とイベントに参加する場合、親子単位でロボットの周りに集まってしまい、子ども同士が自発的に接近しない状況が生まれてしまうため、親子を分離するためのロボットの振る舞いが重要な要因となると明らかにした。

5.5.2 対面コミュニケーション支援を成り立たせる重要な要因

1. 子ども達の共感引き出し

ロボットが子ども達を追従する実践活動についての評価1、ロボットが子ども達の前で他ロボットと会話する実践活動についての評価2の両方に関して、子ども達の共感を引き出すことが、子どもの言葉による反応を引き出し、初対面の子ども達が言葉を交わし合うきっかけを生み出すために重要な要因であると明らかにした。評価1、評価2において、子ども達の共感を引き出したロボットの振る舞いには以下がある。

- ロボットの世話焼かせ行動（評価1の子ども型ロボットが誘導に反発する振る舞い）
- 感情表現（評価1のロボットによる子どもの笑顔模倣）
- 自己開示、言い間違い（評価2の子どもの返答や行動模倣を引き出す発話、子どもの代理紹介の後の発話引き出し）

第6章

子ども型ロボットによる 子どもとロボット研究者の交流創出の評価

6.1 評価の目的

評価の目的は、科学館において子どもが参加する、子ども型ロボットとロボット研究者の発表形式の科学コミュニケーション活動で得られた知見をもとに、子ども型ロボットによる、発表以外の場面で子どもが発表者の大人に接近することと、発表中に子どもが発表内容に反応し、発表者の大人が子どもの反応に反応することを支援するという、大人が初対面の子どもに向けて発表する場面における交流創出支援を成り立たせる重要な要因を明らかにすることである。

6.2 評価方法

6.2.1 実践活動の概要

本章で扱う実践活動では、ロボット研究者と子どもを含む人々が、将来のロボット像を共創し、ロボットによる子どものための交流創出の場面を考えることを目的としている。将来のロボット像を共創していくためには、(1)現状のロボットの能力や限界についての情報 (robotic literacy) を発信し、ロボットのイメージを更新していくことと、(2)発表場面の前後も活用し子どもとロボット研究者が言葉を交わしやすい雰囲気をつくるために、発表中に子どもが発表内容に反応し、研究者が子どもの反応に反応するきっかけを生み出すことと、発表以外の場面でも子どもが研究者に接近し言葉を交わし合うきっかけを生み出すことの両方が重要になる。そこで、子ども型ロボットに以下の役割を与えた。

(1) robotic literacy を伝える教材

ロボット研究者と子ども型ロボットが合同で発表する場面で、ロボットが研究者と合同発表する仕組みについて、ロボットが研究者と共に紹介を行う。ロボットは、スライドによる説明を行うだけでなく、合同発表の仕組みを子ども達に体験してもらうための教材にもなる。

(2) 子どもとロボット研究者の交流創出支援を行うコミュニケーションツール

発表以外の場面で子どもがロボット研究者に接近する所から対面コミュニケーションを創出することに関して、ロボット研究者が子ども型ロボットを手引き誘導する場面に着目する (評価3)。また、発表中に子どもとロボット研究者の対面コミュニケーションを創出する

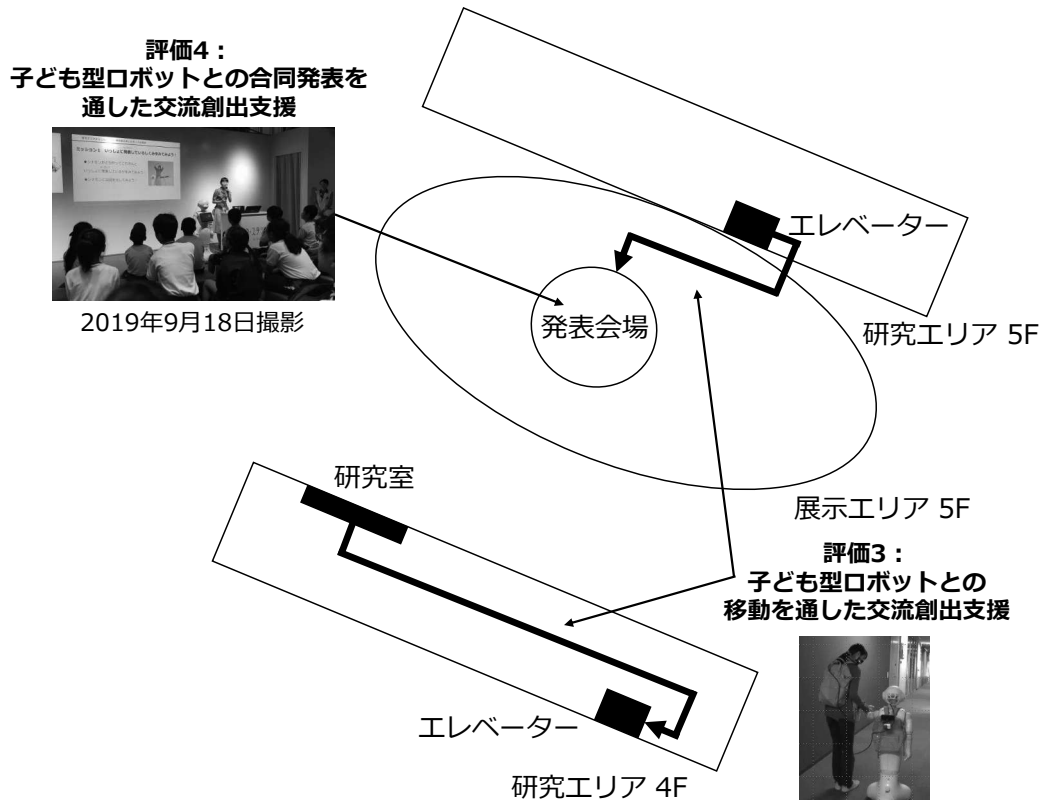


Fig. 6.1: 本研究で実施した実践活動の概要.

ことに関して、ロボット研究者と子ども型ロボットが合同で発表する場面に着目する（評価4）。

着目するイベントは、発表形式の科学コミュニケーション活動として行われた、展示エリアの発表会場 (Fig.6.1) で行われた「研究エリア特別トーク 研究エリアからこんにちは！ 研究者の卵のロボットの発表（2019年3月から11月、12回実施）」と、「日本科学未来館研究エリア オープンラボ夏休みスペシャル「研究エリア」一挙公開！2019（2019年8月、2日間、4回実施）」である。来館者は自由にこのイベントに参加することができた。このイベントは、約20分のイベントで、計16回実施された。各回の参加者は、少ない時は10人、多い時は60人を超える時もあり、少なくとも433名以上が参加した。

イベントの流れを Fig.6.2 に沿って説明する。まず、著者と子ども型ロボットが研究エリアから展示エリアの発表会場に移動する (Fig.6.2 の1)。著者は水色のリュックを背負っており、その中には子ども型ロボットのプログラムが動くノートパソコンが入っている。子ども

型ロボットも著者と色違いの小さなオレンジ色のリュックを背負って移動する。発表会場に到着後、著者と子ども型ロボットは発表を始める (Fig.6.2 の2)。著者と子ども型ロボットは交代で発表を行う。発表の原稿は事前に用意されており、ロボットが話す順番が来たら、著者がOKマーク(頭の上でつくる大きな丸のマーク)を見せて知らせることで合同発表する (Fig.6.2 の3)。2名には、それぞれ「こちさん(著者)」「シナモン(子ども型ロボット)」というニックネームがついている。そして、発表の最後に著者から観客に質問を行い、イベントを終了する。その後、任意で自由記述のアンケートへの回答を依頼する。質問の内容は、イベントの回ごとに異なっていたが、本論文ではその一部を報告する。イベント終了後は、アンケートの回収、子ども型ロボットとの握手体験や来館者との自由な会話をを行い (Fig.6.2 の4)、再び著者と子ども型ロボットは移動して研究エリアに戻る。

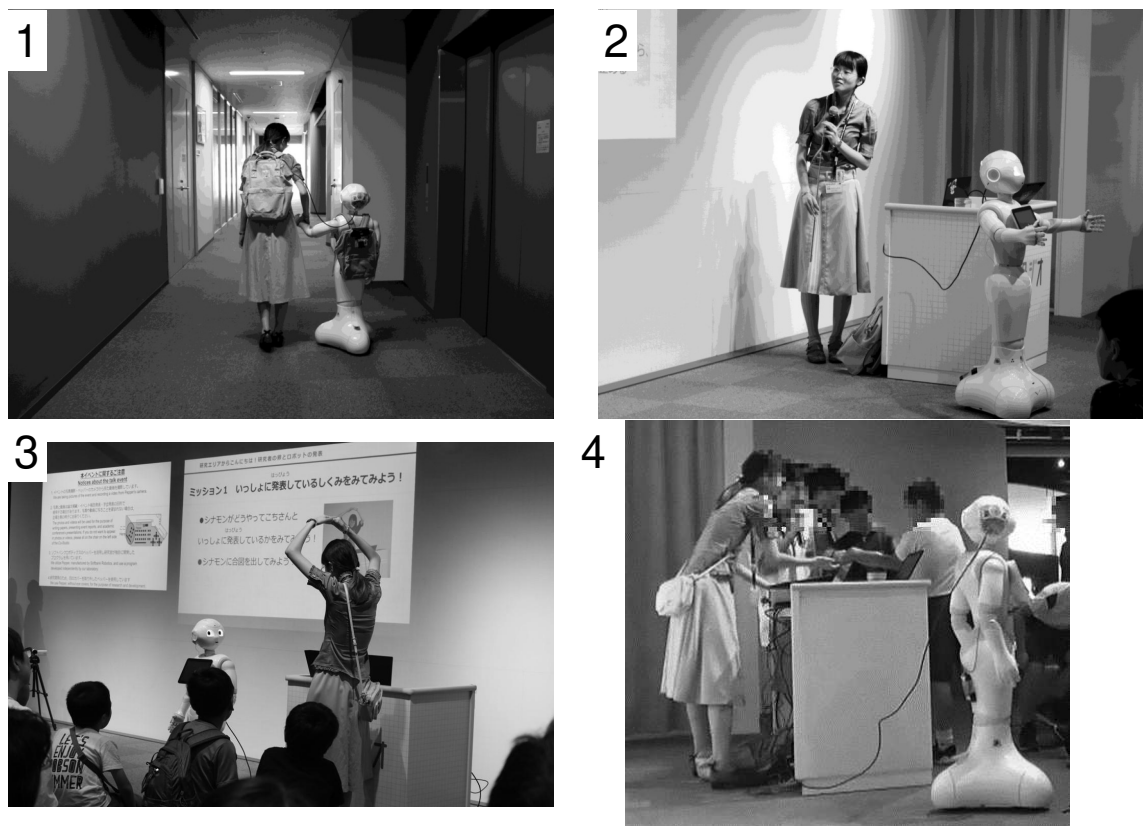


Fig. 6.2: Example scenes of collaborative presentation activities. 1. The author and a robot go to the presentation venue hand in hand. 2. They start a presentation. 3. The author shows an OK mark to a robot. 4. The author has a chat with the audience. 1-2: Photographed on August 19th, 2019, 3: Photographed on August 23rd, 2019, 4: Photographed on September 18th, 2019.

6.2.2 評価手順

以下の手順に分けて、評価を行う。

(1) 初対面の子どもとロボット研究者の対面コミュニケーションが生まれる様子の記述

実践活動の様子をビデオで記録し、ビデオをもとに子ども・ロボット・大人(イベントに同席した科学コミュニケーター, 著者)の振る舞いを抽出した観察記録をつくることで、初対面の子どもとロボット研究者¹の対面コミュニケーションの生まれ方を記述する。ロボット研究者が子ども型ロボットを手引き誘導する場面(評価3)に関しては、子どもが接近する所から観察し、研究者との対面コミュニケーションの生まれ方を記述する(接近するが対面コミュニケーションが生まれないケースについても記述する)。ロボット研究者と子ども型ロボットが合同で発表する場面(評価4)に関しては、発表会場で着席している子ども達を対象に、研究者との対面コミュニケーションの生まれ方を記述する。主な振る舞いとして、ゴッフマン [27]による見知らぬ人々の対面コミュニケーションの生まれ方を参考に、接近、視線、発話、笑い声、身振りに着目する。観察記録は、部分インターバル記録法(インターバルの中で1度でもその行動が起これば、生起インターバルとする記録法) [174]により、分析対象の子ども・大人・ロボットの振る舞いを、ビデオを1秒ずつ観察し行う。

(2) 記述内容をもとにした集団形成・対面コミュニケーションの段階ごとの重要な要因の考察

初対面の子どもとロボット研究者の対面コミュニケーションが生まれた成功例を手掛かりに、なぜ交流が生まれたのか・生まれなかったのかを集団形成、対面コミュニケーションの段階ごとに考察することで、初対面の子どもと大人の交流創出支援を成り立たせる重要な要因を明らかにする。

6.2.3 科学コミュニケーターとの協力体制

日本科学未来館の展示エリアでは、科学コミュニケーターにより1日数回、ミニトークイベントが行われている。これは、微生物や人工知能などの様々な科学トピックをテーマにした、スライドトークと参加者との対話を交えた約20分間のイベントである。本研究では、研究エリアに所属していることをきっかけに、著者と子ども型ロボットによるミニトークイ

¹本研究では、著者とイベントに同席した科学コミュニケーターをロボット研究者のチームとして扱う。

イベントを1日のイベントプログラムの中に組み込んで頂き、日本科学未来館で人とロボットによる合同発表を実施した。

通常、日本科学未来館で研究者が発表を行う場合、科学コミュニケーターは発表のファシリテーションを行う。これは、研究者と聞き手の間に立ち、補足説明や質問などを通して、発表を面白く分かりやすいものにするのである。一方、本研究では、イベントの準備と運営において、科学コミュニケーターからその他のサポートを受けた。準備に関しては、スライドの添削と、ロボットとの合同発表のリハーサルへの立会いに関するサポートを受けた。運営に関しては、著者とロボットが発表会場に移動するまでの安全管理のための立会いと、音響設備使用のための技術スタッフの呼び出し、イベント中の補足説明、トラブル対応、来館者との対話に関するサポートを受けた。

6.3 評価3：子ども型ロボットとの移動を通じた交流創出支援

6.3.1 イベント概要

著者と子ども型ロボットによる合同発表イベントの実施前後に、子ども型ロボットと著者が手引きにもとづく移動を通して、研究エリアの研究室と展示エリアの発表会場(コ・スタジオとよばれている)を行き来することで行われた。移動は、イベントの8回目から実施し、それまでは電源を落としたロボットを台車で運び同じコースを辿っていた。

イベント参加者

事前の参加者募集は行わず、子ども型ロボットの周りに自由に集まる来館者を参加者とした。

イベントの流れ

子ども型ロボット、著者、2、3名の科学コミュニケーターなどの日本科学未来館のスタッフが一緒に移動を行った。子ども型ロボットは、著者の手引き誘導により移動した²。子ども型ロボットと、子ども型ロボットのためのROSプログラムが起動するノートパソコンは、有

²デフォルトの手の位置と現在の手の位置を比較し、手の位置と方向に応じて、進む方向(前進、後退、時計回り回転、反時計回り回転)を決める。もし両手が引かれた場合、手の引かれ方が大きい方の手の入力を採用する。進む方向が変化した場合、顔の向きを進む方向に向け戻す振る舞いを行う。

線接続されているが、ノートパソコンは子ども型ロボットにとって重く、機体が高温になってしまったため、著者がリュックに入れて代わりに運んだ。また、ノートパソコンとロボットを有線接続すると、Pepperのプラスチック製の頭部カバーを使用できなくなるため、子どもがロボットの頭の中に手を入れて、ロボット頭部に搭載されたファンで怪我をしないように、頭部のカバーはプラスチック製のものから自作のレース製のものに変更した。(Fig.6.3)。また、8月23日と24日は、研究エリアのオープンラボを開催しており、子ども型ロボットのリュックの中に、研究エリアで行われるオープンラボイベントと、著者と子ども型ロボットによる合同発表イベントを宣伝する旗を入れて移動した(Fig.6.4)。科学館のスタッフ達は、来館者の安全管理のため同行した(ロボット、著者、科学館スタッフの配置の様子を Fig.6.5 に示す)。



子ども型ロボットのための
ROSプログラムが
起動するノートパソコン
(Pepper後頭部の
有線ケーブル端子と有線接続)
は、著者のリュックに
入れて移動した。



Pepperの頭部カバーは
プラスチック製である。
有線ケーブルを接続しつつ、
子どもが、ファンがついている
ロボットの頭の中に
手を入れないように
レースのカバーを作った。

Fig. 6.3: 子ども型ロボットと著者の移動の様子(2019年10月11日撮影)。

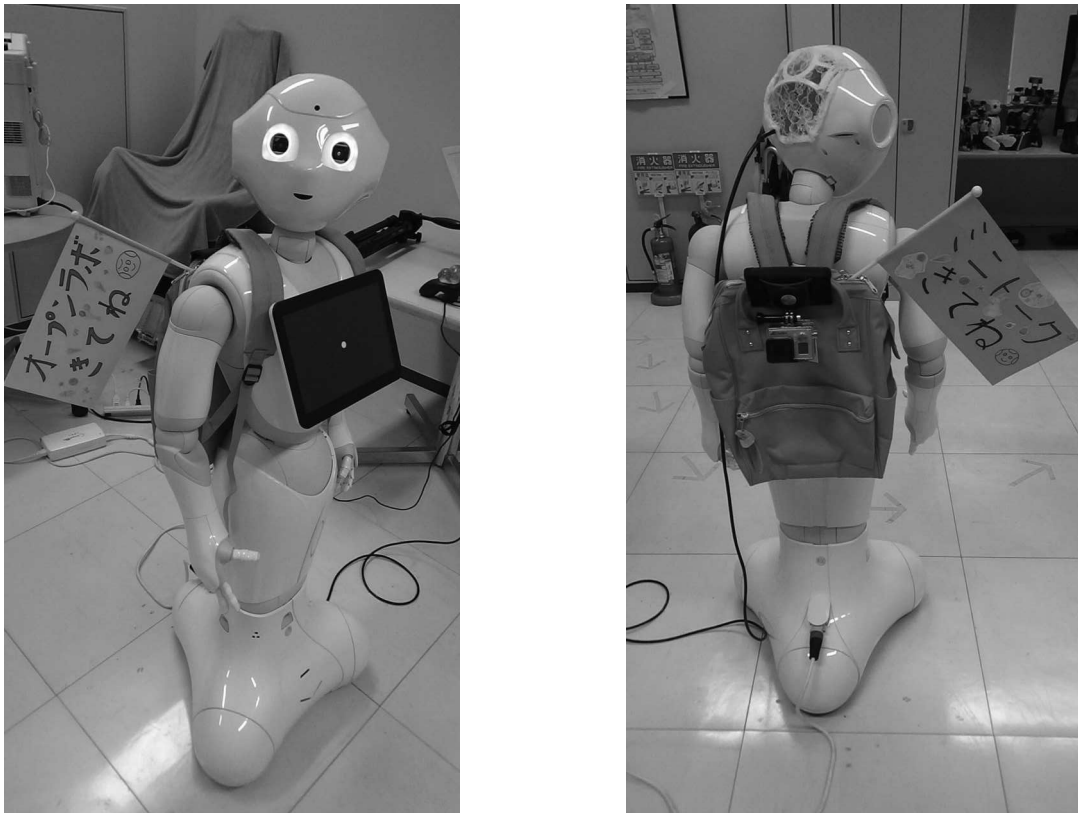


Fig. 6.4: 8月23日と24日の移動の際に子ども型ロボットがリュックに入れていた旗.



Fig. 6.5: 子ども型ロボット，著者，科学コミュニケーター達の移動の様子 (2019年10月11日コ・スタジオで撮影).

移動したコースを Fig.6.6 に示す.

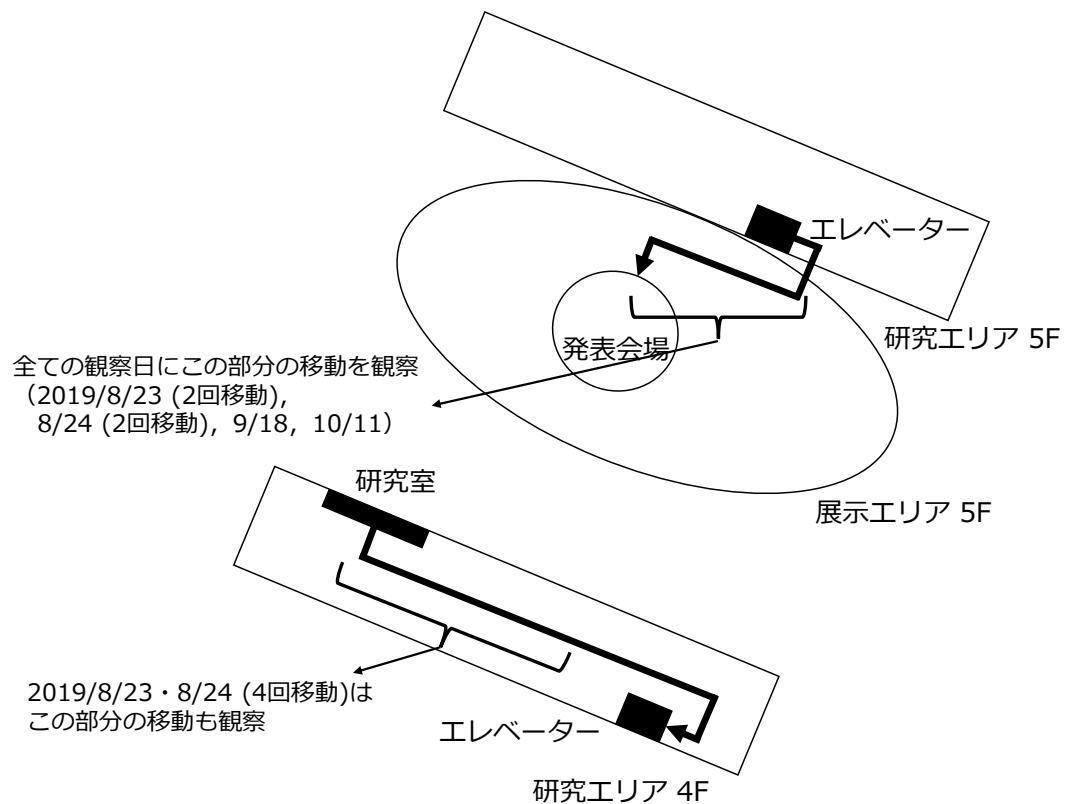


Fig. 6.6: 子ども型ロボット達が移動したコースの概要.

行きの道では、研究エリアの研究室を出て、研究エリアの廊下を通り、エレベーターに乗って4階から5階へ移動し、来館者は立ち入れない展示エリアの裏側のエリアを通過して、展示エリアに入り、発表会場(コ・スタジオ)へ移動した。帰りの道では、逆順に移動した。

子ども型ロボット達は、片道あたり約13から14分の移動³を行った。全ての観察期間(2019/8/23 (2回移動), 8/24 (2回移動), 9/18, 10/11)において、来館者が立ち入り可能な展示エリアを移動中(展示エリアに入り、発表会場へ移動するまで)の来館者の様子を観察した。また、8/23と8/24は、研究エリアのオープンラボイベントを開催しており、来館者が研究エリアにも立ち入り可能だったため、研究エリアの研究室を出て、来館者が立ち入れるエリアまで、研究エリアの廊下を通る所までの来館者の様子も観察した。

³取得したビデオの総時間の平均を計算した結果にもとづく推定。

6.3.2 観察記録の作り方

分析対象

移動中に子ども型ロボットの周りに接近した子どもを分析対象とした。子どものうち、自分で歩いている子どもを対象とし、保護者に抱っこされている子どもは分析対象に含めない。

分析方法

移動中、著者が上半身に身につけていた小型ビデオカメラで撮影された動画ファイルを用いて、接近する子どもの振る舞いを記録した (Fig.6.7)。



著者のリュックの右腕側の紐に
小型ビデオカメラを装着
(主に使用するビデオ記録)

※子ども型ロボットは
リュック表面に逆さ向きに
小型ビデオカメラを装着
(本研究では用いない)

実際の動画イメージ
GOPR2537.MP4 30秒目



Fig. 6.7: ビデオカメラによる撮影の仕方.

移動中のビデオ記録をもとに、子ども型ロボットに接近する子ども1人1人に対し、以下の情報を記録した。また、グループ番号を付与し、同じグループに属する場合は同じ番号をつけた。

- 子ども型ロボットへの接近時間
- 子ども型ロボットとただすれ違っただけか
- 子どもの性別(推定)
- 15秒以上の持続した接近か
- 著者や科学館スタッフとの会話の有無

なお、視線については、子ども達が移動する状況で調べるのが困難だったため行っていない。

取得したビデオ記録の情報と、着目する時間の対応を Table 6.1 に示す。

Table 6.1: 取得したビデオ記録の情報。

番号	行き (研究室->発表会場)	ファイル名	動画の総時間	着目する時間	
				研究エリア移動 (開放時)	展示エリア移動
1	2019/8/23 (1回目)	GOPR0016	11:25	0:00-4:20	8:06-11:15
3	2019/8/23 (2回目)	GOPR0018	10:23	0:45-3:58	7:07-10:08
5	2019/8/24 (1回目)	GOPR0020	9:25	0:10-3:35	6:25-9:12
7	2019/8/24 (2回目)	GOPR0022	10:14	0:35-3:24	7:17-9:54
9	2019/9/18	GOPR0024	16:55	無	14:15-16:36
11	2019/10/11	GOPR2537	9:09	無	無
12		GOPR2538	3:10	無	0:23-2:53

番号	帰り (発表会場->研究室)	ファイル名	動画の総時間	着目する時間	
				展示エリア移動	研究エリア移動 (開放時)
2	2019/8/23 (1回目)	GOPR0017	10:34	1:08-4:17	7:49-10:28
4	2019/8/23 (2回目)	GOPR0019	12:08	0:41-4:03	7:15-12:08
6	2019/8/24 (1回目)	GOPR0021	9:07	0:25-2:52	5:48-8:49
8	2019/8/24 (2回目)	GOPR0023	11:04	1:00-4:22	7:44-10:50
10	2019/9/18	GOPR0025	17:25	0:30-3:20	無
13	2019/10/11	GOPR2539	9:18	0:10-2:26	無

作成した記録は、付録に掲載した。

6.3.3 移動中の初対面の子どもとロボット研究者の集団形成と対面コミュニケーションの様相

3677秒(1時間1分17秒)の観察時間のうち、73名の子ども(56グループ)が、子ども型ロボットに接近した。そのうち5名はただすれ違っただけだった。それ以外の68名のうち、27名が15秒以上子ども型ロボットに接近した。子どもの持続的な接近の仕方には、横並びで子ども型ロボットと移動する場合と、後ろから子ども型ロボットに追従する場合があった。そして、27名のうち、21名(10グループ)で著者や科学館スタッフとの会話が生まれた。行き、帰りの場面で、接近・15秒以上接近・著者や科学館スタッフと会話した子どもの数をまとめた表を、それぞれTable 6.2, Table 6.3に示す。

Table 6.2: 行きの場面で接近・15秒以上接近・著者や科学館スタッフと会話した子どもの数(M: 男子(推定), F: 女子(推定))。

(行き)	接近		15秒以上接近		著者や科学館 スタッフと会話	
2019/8/23 (1回目)	21	M: 10	3	M: 1	1	M: 0
		F: 11		F: 2		F: 1
2019/8/23 (2回目)	12	M: 7	7	M: 3	7	M: 3
		F: 5		F: 4		F: 4
2019/8/24 (1回目)	1	M: 0	0		0	
		F: 1				
2019/8/24 (2回目)	2	M: 1	0		0	
		F: 1				
2019/9/18	0		0		0	
2019/10/11	1	M: 0	0		0	
		F: 1				

Table 6.3: 帰りの場面で接近・15秒以上接近・著者や科学館スタッフと会話した子どもの数 (M: 男子(推定), F: 女子(推定)).

(帰り)	接近		15秒以上接近		著者や科学館 スタッフと会話	
2019/8/23 (1回目)	13	M: 7	7	M: 4	6	M: 3
		F: 6		F: 3		F: 3
2019/8/23 (2回目)	6	M: 2	2	M: 1	2	M: 1
		F: 4		F: 1		F: 1
2019/8/24 (1回目)	8	M: 7	4	M: 4	2	M: 2
		F: 1		F: 0		F: 0
2019/8/24 (2回目)	6	M: 6	4	M: 4	3	M: 3
		F: 0		F: 0		F: 0
2019/9/18	3	M: 2	0		0	
		F: 1				
2019/10/11	0		0		0	

著者や科学館スタッフとの会話が生まれた10グループのケースの概要をまとめた表を Table 6.4 に示す.

Table 6.4: 著者や科学館スタッフとの会話が生まれた 10 グループのケースの概要.

日時	動画ファイル	グループ番号	個人番号	接近時間	性別	事前の約束	事前の約束が無かった時の会話のきっかけ
2019/8/23 (1回目)	GOPR0016	10	13	9:09-9:26	F	無	子ども型ロボットへの反応 (Pepperを知っていることを子どもが伝える)
2019/8/23 (2回目)	GOPR0018	1	1	1:11-2:27	M	○	
			2	1:11-2:27	M		
			3	1:11-2:27	M		
			4	1:11-2:27	F		
			5	1:11-2:27	F		
	2	6	2:42-3:18	F	無	子どもによる子ども型ロボットの持ち物への反応 (リュック, レース)	
		7	2:42-3:18	F			
2019/8/23 (1回目)	GOPR0017	1	1	1:08-2:11	M	○	
			2	1:08-2:11	M		
			3	1:08-2:11	M		
		2	4	2:30-4:17	F	無	子ども型ロボットへの反応 (Pepperを知っていることを子どもが伝える)
			5	2:30-4:17	F		
	8	11	8:34-9:41	F	無	子どもによる子ども型ロボットの持ち物への反応 (カメラ)	
2019/8/23 (2回目)	GOPR0019	1	1	1:14-4:03	M	○	
			2	1:14-4:03	F		
2019/8/24 (1回目)	GOPR0021	1	1	1:09-2:52	M	無	子どもによる子ども型ロボットの持ち物への反応 (リュック)
			2	1:09-2:52	M		
2019/8/24 (2回目)	GOPR0023	1	1	1:09-4:22	M	○	
			2	1:09-4:22	M		
		3	4	9:41-10:50	M	無	子どもによる子ども型ロボットの持ち物への反応 (旗)

これらのケースは、(1) 科学館スタッフが来館者に声掛けし、子ども型ロボット達と一緒に移動することを提案することで移動が始まる場合(4ケース、「事前の約束有りの移動」とよぶことにする)と、(2) 子どもが自らの意図で子ども型ロボットの周りに接近することで、一緒に移動が始まる場合(6ケース、「事前の約束無しの移動」とする)に分けられた。事前の約束有りの移動は、子ども型ロボットが、研究エリアの研究室や展示エリアの発表会場を出発する場合に始まった。(1)では、科学館スタッフが来館者と会話を行うことで移動が始まっており、子ども型ロボットとの移動を通じた言葉の交わし合いという意味での交流創出は既に行われている。そこで、人同士の会話が(1)よりも生まれにくいと考えられる(2)の場合で、子どもと著者、科学館スタッフの会話が生まれたケースに着目し、会話のきっかけを調べると、(1) 子ども型ロボットへの反応(2ケース)、(2) 子ども型ロボットの持ち物への反応(4ケース)に分けられた。(1) 子ども型ロボットへの反応は、子どもが Pepper を知っていると伝えてくれることで行われた。(2) 子ども型ロボットの持ち物への反応は、子どもが持ち物に言及したり(例:「かわいい」)、触ったりし、著者や科学館スタッフが反応することや、科学館スタッフが子どもに子ども型ロボットの持ち物について知らせることで行われ、話題となる持ち物には、子ども型ロボットのリュック、頭部のレースカバー、子ども型ロボットのリュックに取り付けられたカメラ、リュックの中の旗があった。

6.3.4 発表以外の場面の初対面の子どもと大人の集団形成と対面コミュニケーション支援を成り立たせる重要な要因

1. 子どもが親近感を抱く持ち物の所持

初対面の子どもが接近し、研究者らと言葉を交わすきっかけについては、子ども型ロボット自体への反応と、子ども型ロボットの持ち物に対する反応があった。このうち、子ども型ロボット自体への反応に関しては、現時点ではロボットは新奇な存在であるため、このような反応を通じた言葉の交わし合いが可能だったと考えられる。しかし、今後、ロボットの新奇性が失われていく中で、このような言葉の交わし合いも失われていくと予想される。一方、子ども型ロボットの持ち物に関しては、子どもが「かわいい」と言ったり、子ども型ロボットの持ち物に触れる場合もあつたりし、子どもにとって、子ども型ロボットの新奇性を感じさせるよりも、親近感を感じさせる効果を持っていたのではないかと予想される。ロボットは、人と共通点のある持ち物(例: レースの頭部カバー、リュック、カメラ、旗)を通して子どもの主観的共感を引き出し、子どもの反応を引き出すことで、初対面の研究者らとの交

流を創出したと言える。そのため、子どもが親近感を持つような持ち物を持たせることは、子ども型ロボットによる集団形成から行う交流創出支援の観点からは、子ども型ロボットにとって重要な振る舞いであると考えられる。

6.3.5 科学コミュニケーション活動の観点からの子ども型ロボットとの移動を通じた集団形成と対面コミュニケーション支援の意義

科学コミュニケーション活動の観点からの特徴的な事例として、子ども型ロボットが参加者と一緒に移動することで、子どもに発表イベントの宣伝を行ったり⁴、ついてくる子どもを関連する他のイベント（例：研究エリアで開催されているオープンラボ）に誘導したりすることができた。また、主に科学館スタッフによる声掛けにより、ロボットの振る舞いに対する子どもからのフィードバック（例：ロボットとの移動に対するニーズや、ロボットの移動に関する印象）を引き出すことができた。

6.4 評価4：子ども型ロボットとの合同発表を通じた交流創出支援

6.4.1 イベント概要

イベント参加者

事前の参加者募集は行わず、イベントに自由に集まる来館者を参加者とした。

イベントの流れ

著者（ニックネーム：こちさん）と子ども型ロボット（ニックネーム：シナモン）が、ロボットが話す順番が来たら、著者がOKマーク（頭の上でつくる大きな丸のマーク）を見せて知らせることで合同発表する。発表の内容は三部構成となっている。1つ目の内容は、著者の自己紹介である。2つ目の内容は、著者と子ども型ロボットが合同発表をする仕組み説明である。仕組みの説明として、1. ロボットがプログラムで動くこと (Fig.6.8 の 1), 2. 人の骨格の形を推測するプログラムを用いてロボットが発表者のOKマークを認識すること (Fig.6.8 の 2), 3. OKマークの認識のために、ロボットが額にあるカメラで外界を見ていること (Fig.6.8 の 3) を説明する。そして、これらの説明を踏まえて、観客にも子ども型ロボッ

⁴例：2019/9/18 行き、動画ファイル GOPR0024 の 14:39 頃。

トに OK マークを見せる体験をしてもらう (Fig.6.8 の 4). 3つ目の内容は, 人とロボットのこれからの関係を考えるための話題提供である. ロボットがいることで出来るかもしれないことと (Fig.6.8 の 5), ロボットがいることで問題になるかもしれないこと (Fig.6.8 の 6)を紹介する.

1

研究エリアからこんにちは！研究者の卵とロボットの発表

ロボットが動く、プログラムのしくみ

①合図に気がつく
②台本を読む
③台本がなくなったら、話すのを止める

2

研究エリアからこんにちは！研究者の卵とロボットの発表

どうして合図がわかるの？



①まわりにいる人の骨格を探す
②その人が「OKマーク」をしているかを確認する

条件
手首がひじより上
ひじが首より上

この条件をかえると、色々なポーズが分かるようになる！

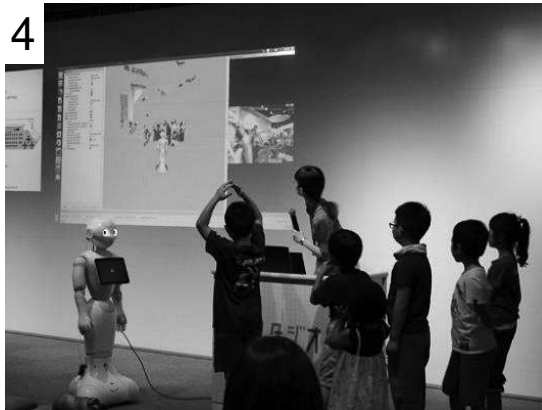
3

研究エリアからこんにちは！研究者の卵とロボットの発表

シナモンの目

「目」から見た景色
物まで距離をはかる

4



5

研究エリアからこんにちは！研究者の卵とロボットの発表

いっしょに行動してくれるロボットがいたら・・・？

いっしょに
お手伝いしてくれる

いっしょに勉強
してくれる

いっしょに遊んで
くれる

6

研究エリアからこんにちは！研究者の卵とロボットの発表

ロボットと暮らすことで起きるかもしれない問題

ロボットをいじめる？

ロボットなしでは
何もできなくなる？

Fig. 6.8: Example scenes of collaborative presentation activities. 1. Slide that shows a robot is programmed to do a certain task. 2. Slide that shows how the robot recognizes the cue of the co-presenter. 3. Slide that shows the position of a camera of the robot. 4. Children show the ‘OK mark’ to the robot. 5. Slide that shows examples of scenes living with a robot. 6. Slide that shows examples of a problem that might arise from living with a robot. 4: Photographed on August 23rd, 2019.

人とロボットによる合同発表の仕組み

人とロボットの合同発表では、投影されるスライドに合わせて、人とロボットが台本に沿った説明を交互に行う。スライドの切り替えは人が行う。また、人がロボットに合図を出し、ロボットが話す番が来たら知らせる。その仕組みを Fig.6.9 に示す。

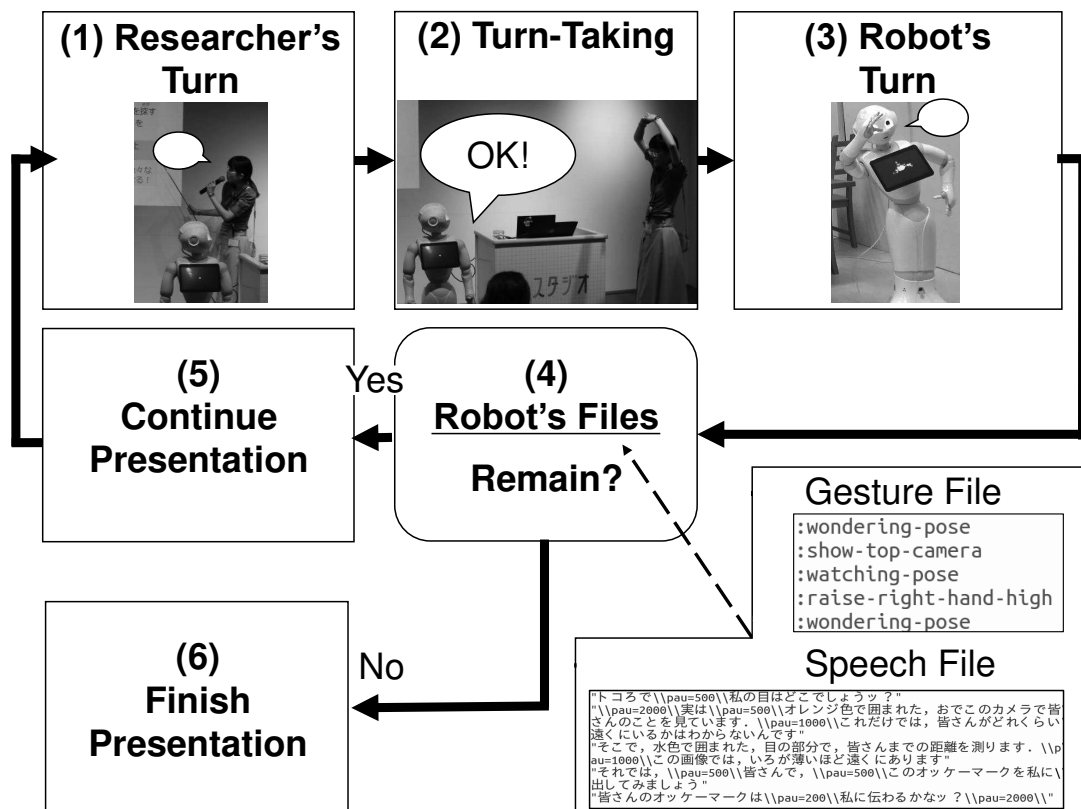


Fig. 6.9: Turn-taking process from a person to a robot. (To be published in Kochigami et al. [21].)

まず、人が発表する (Fig.6.9 の (1)). 次に人は、発表をロボットに交代してもらうために、身振りで説明交代のための合図をロボットに見せる (Fig.6.9 の (2)). 合図は、OK マークとよばれる、頭の上で手を丸の形にする身振りである。OK マークの認識は、人ポーズ推定プログラム (coral_usb_ros パッケージ⁵) でロボットのカメラに写る人のポーズを推定し行う。身振りで合図を出す理由は、雑音の多い環境で確実に交代できるようにするためと、ロボットに OK マークを見せる様子が観客にも分かりやすいと考えたためである。そして、ロボット

⁵https://github.com/knorth55/coral_usb_ros

が発表する (Fig.6.9 の (3)). ロボットの発表のために、台本のファイルと台本に合わせてつける身振りのファイルが用意されている。身振りについては、複数のポーズがライブラリ化されており、身振りのつけやすさが工夫されている。ロボットは、OK マークを認識後、読み込んだ台本と身振りのファイルを 1 行ずつ再生し発表する。1 つのファイルの全ての行の再生が終わった時、ロボットは発表を終える。もし次の順番で再生するファイルが残っていたら (Fig.6.9 の (4)), 発表を続け (Fig.6.9 の (5)), 人に発表を交代し、次の合図があるまで待機する。一方、もし用意されたファイルが全て無くなったら、発表を終了する (Fig.6.9 の (6)).

6.4.2 観察記録のつくり方

分析対象

発表中の子どもの反応が得られたイベント 回として、校外学習として日本科学未来館を訪れた子ども達が集まった、2019/9/18 (14 回目) のイベントの参加者に着目する。なお、このイベントに参加した子ども達は、友達同士で参加している子どもが多いと考えられた。イベントの最後に配布したアンケートの情報 (19 名分の回答) をもとにすると、回答者の年齢層は 9 才から 12 才の子どもが 16 名、10 代の子ども (細かい年齢不明) が 2 名、20 代の大人 (引率の教員だと思われる) が 1 名だった。

分析方法

発表会場の側に設置されたビデオカメラにより撮影されたビデオ記録 (MAH00460.mp4) を用いて、発表中の研究者、ロボット、子ども達の様子を記録した。このうち、発表に関する部分として、318 秒から 734 秒目までに着目する。これは、イベントに同席した科学コミュニケーターによる説明が終わり、著者が話し出す場面から、ロボットとのふれ合い体験が始まるまでの場面である。

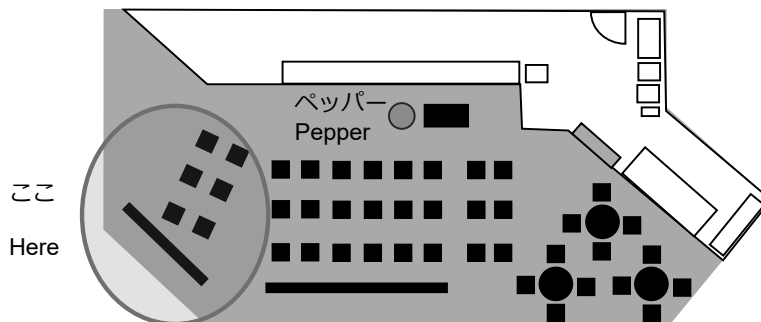
ビデオ記録の取得方法を Fig.6.11 に示す。ビデオ記録の撮影に関しては、個人情報取り扱いを含めた注意事項が書かれたスライドを投影し (Fig.6.10), イベント前に説明した後も表示し続けた。さらに、撮影を希望しない観客のための座席を用意した。

本イベントに関するご注意

Notices about the talk event

1. イベントの写真撮影・ペッパーのカメラから見た動画を撮影しています。
We are taking pictures of the event and recording a video from Pepper's camera.
2. 写真と動画は論文掲載・イベント報告発表・学会発表の目的で使用する場合があります。写真や動画に写ることを望まれない場合は、図の左側の椅子にお座りください。

The photos and videos will be used for the purpose of writing papers, presenting event reports, and academic conference's presentations.
If you do not want to appear in photos or videos, please sit on the chair on the left side of the picture below.



3. ソフトバンクロボティクスのペッパーを活用し研究室が独自に開発したプログラムを用いています
We utilize Pepper, manufactured by Softbank Robotics, and use a program developed independently by our laboratory.
4. 研究開発のため、目のカバーを取り外したペッパーを使用しています
We use Pepper, without eye covers, for the purpose of research and development.

Fig. 6.10: Notices about the talk event used in this study. (To be published in Kochigami et al. [21].)

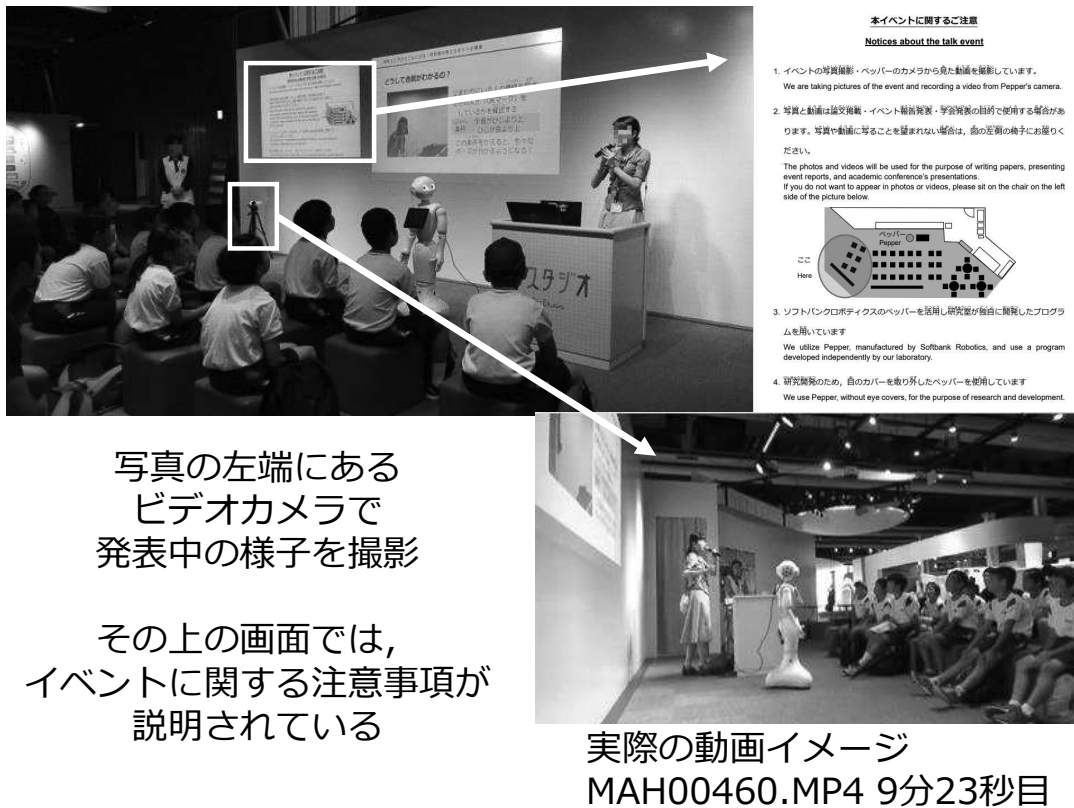


Fig. 6.11: ビデオカメラによる撮影の仕方.

Table 6.5: ビデオ記録のうち着目する時間.

イベント回数	日時	動画ファイル名 (動画総時間)	着目する時間 (発表に関する時間)
14	2019/9/18	MAH00460 (30:42)	318-734秒

イベントの中心人物である、ロボット、著者、観客の子ども達の振る舞いに関して、以下の情報を1秒ごとに記録した。

- ロボット (Pepper): 発話内容(言葉), 身振り
- 著者: 発話内容(言葉), 身振り(観客への微笑みも含めた)
- 子ども達: 発話内容(言葉), 身振り

ロボットの身振りについては、ポーズ名 (Fig.6.4.2)⁶がある場合、それを記載したが、実際のイベントでは、移動時に脱力した後サーボオンに失敗してしまい、ロボットの左腕にサーボが入っていなかった。そのため、実際のポーズから、左腕が動いていないポーズを取っていた。なお、子ども達の振る舞いに関しては、ビデオに映る子どもが1人でもその振る舞いを示したら記録するようにした。作成した記録は、付録に掲載した。

⁶https://github.com/jsk-ros-pkg/jsk_robot/tree/master/jsk_ naoqi_robot/peppereus#default-poses

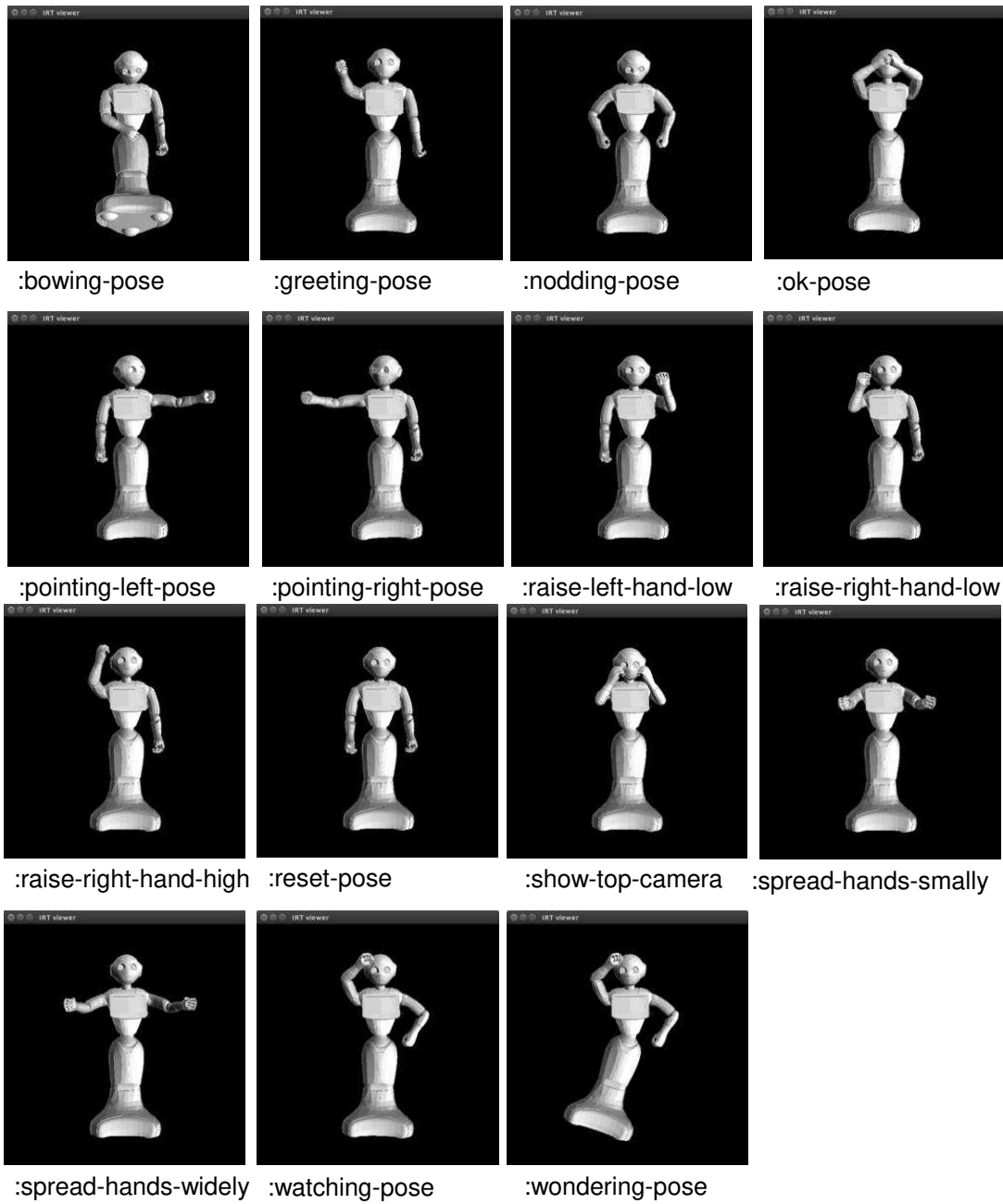


Fig. 6.12: 発表で使われたロボットのポーズ.

6.4.3 発表中の初対面の子どもとロボット 研究者の対面コミュニケーションの様相

子どもと研究者の言葉の交わし合い

1. ロボットの名前への子どもの反応に対する研究者の反応

発表の冒頭、研究者がロボットの名前を「シナモン」と紹介した時(330-340秒目)、判別不能の子どもの発話があったと考えられ、研究者がロボットの名前を繰り返し(335-337秒目)、客席に対し微笑み頷く様子が観察された(336秒目)。

318-320秒目：研究者「みなさんこんにちは」

321-329秒目：研究者「私はこの展示エリアのお隣の研究エリアという所からやってきました、ヒューマノイドプロジェクトの東風上です。」

330-334秒目：研究者：「今日はここにいる，人型ロボットの Pepper，名前はシナモンっていうんですけど」

334秒目：子どもの発話(判別不可能)

335-337秒目：研究者「シナモンっていう名前付けてます」

336秒目：研究者が客席に対し微笑み頷く

338-340秒目：研究者「一緒に発表していきます」

しかし、研究者の発話に対する子ども達の反応は、この冒頭のものだけであった。

2. ロボットのお辞儀への子ども達の拍手に対する研究者の笑顔

ロボットが発表の冒頭の挨拶で「:bowing-pose」を取り、お辞儀する場面(409秒目-414秒目)の後に、複数人の子どもが拍手をした(414秒目-417秒目)。それに対して、415秒目に研究者が客席に向かって微笑んだ(Fig.6.13)。



Fig. 6.13: ロボットがお辞儀をするのに合わせて子ども達が拍手し，研究者が微笑む様子(ビデオ記録415秒目).

子ども同士の発話

子ども達は，ロボットが発話中，子ども同士の発話を行ったが(520-527秒目)，内容は判別不可能であり，ロボットの発話に反応したものか，ロボットの発話とは無関係かは不明である。

子どもによるロボットの発話・身振りに対する身振りでの反応

発表の中でロボットは，研究者の合同発表者として，研究者の紹介や，説明の引継ぎ，そしてイベント参加者に対する質問を，身振りを付けて行ったが，子どもの発話による反応を引き出すことはほぼ無く，言葉を交わし合うという点においては，研究者と子どもの発表中の交流を生み出すことはできなかった。

一方で，以下に示す3つの場面において，ロボットの発話や身振りに対して，子ども達が身振りで反応する様子が観察された。研究者の発話や身振りに対して，子ども達が反応する様子はほぼ観察されず，ロボットならではの反応であると言える。

1つ目の場面では、ロボットが「:greeting-pose」を取り、右手を挙げる場面(396秒目-400秒目)に呼応して、1人の子どもが手を挙げる真似をした(401秒目-402秒目)。Fig.6.14に401秒目の様子を示す。

2つ目の場面では、先述したように、ロボットが発表の冒頭の挨拶で「:bowing-pose」を取り、お辞儀する場面(409秒目-414秒目)の後に、複数人の子どもが拍手をした(414秒目-417秒目)。Fig.6.13に415秒目の様子を示した。

3つ目の場面では、ロボットが「ところで、私の目はどこでしょう？」と質問し(684秒目-687秒目)、「:wondering-pose」を取り、首を傾げる場面(684秒目-692秒目)の途中で、1人の子どもが自分の目を指さし(690秒目)、もう1人の子どもが自分の額を指さした(692-694秒目)。Fig.6.15に690秒目の様子を示す。

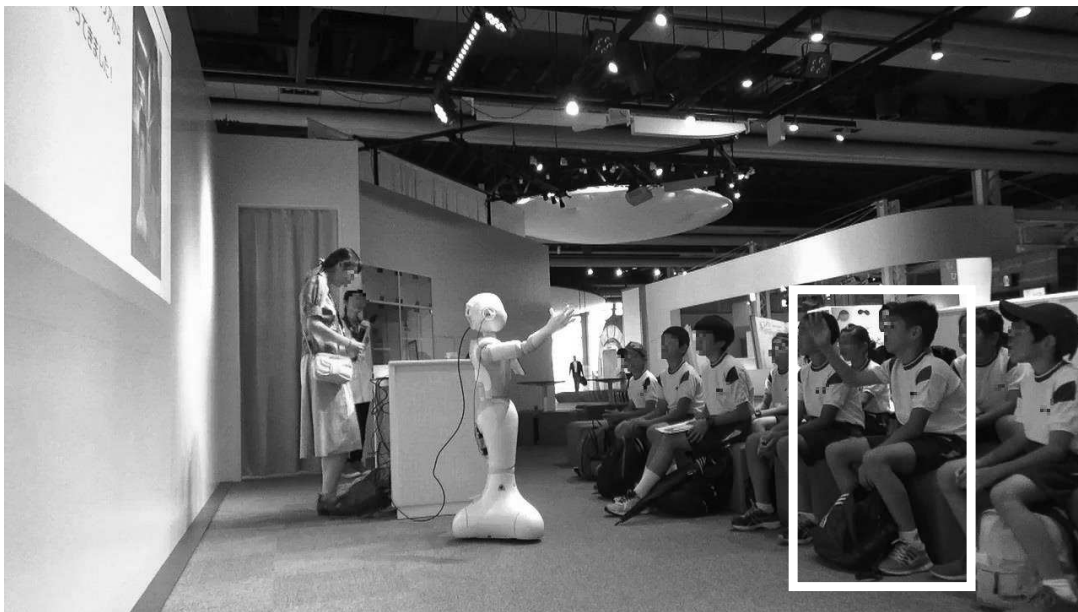


Fig. 6.14: ロボットが右手を挙げるのに合わせて1人の子どもが手を挙げる真似をする様子(ビデオ記録401秒目)。



Fig. 6.15: ロボットの質問に対し子どもが自分の目を指さし，身振りで回答する様子(ビデオ記録 690 秒目).

6.4.4 発表中の初対面の子どもと大人の対面コミュニケーション支援を成り立たせる重要な要因

1. 子どもの身振りを引き出すことによる子どもの反応を反映した発表進行

子ども達は，研究者の発話や身振りにはほぼ反応せずに，子ども型ロボットの発話や身振りには，身振りで反応する様子が観察された⁷。この反応の違いは，研究者と子ども型ロボットの親しみやすさの違いによるものと考えられる。そこで，発表を行う大人（研究者）の代わりに，ロボットが子どもの反応を引き出す役割が期待でき，引き出された子どもの反応に発表者の大人が反応することで，発表中の初対面の子どもと大人の対面コミュニケーションを支援できると考えられる。

例えば，ロボットが選択式の質問を子ども達に投げかけ，選択肢を提示する度にロボットが挙手の真似をすることにより，子どもの挙手を引き出すことで，発表者の大人が子どもの反応を反映した発表進行を行えるようになると思う。著者が，2014年の秋から2020年の春まで日本科学未来館の研究エリアに所属した間観察した，日本科学未来館の科学コミュニ

⁷他の回のイベントにおいても，子どもや大人が，ロボットのお辞儀の身振りに同様の身振りで反応する様子が観察された（例：2019年8月24日1回目のイベント）。

ケーターによるファシリテーション行動の種類をもとにすると、以下の場面でロボットの振る舞いが活用できると考えられる。

発表テーマの理解度の確認

ロボットが、発表の冒頭で、発表テーマに関する身近な話題を提示し、観客に知っているか尋ねることで、発表者が発表内容を観客のニーズに合わせて変えることができる。子ども達が挙手しやすくなるように、発表テーマに無関係の身近な話題を提示することから始めることも考えられる。

発表中に出てくる専門用語の確認

発表者が、ある専門用語を説明する場面で、観客がその言葉を知っているかをロボットが尋ね、既知の情報の時、発表者は説明を省略できる。または、どの年齢層の観客に向けて説明する必要があるかを発表者が把握することができる。または、発表者が専門用語を説明した後に、ロボットが観客に納得できたかを尋ね、観客にとって難しい説明の時、ロボットや発表者が説明を補足することができる。

発表に飽きてしまった子どもに対するリフレッシュのタイミングの確認

観察した14回目のイベントにおいて、また、それ以外のイベントにおいて、発表の途中で飽きてしまう子どもの様子が観察された。発表中にロボットが、子どもに疲れたかを質問し、ロボットが発表の途中で体操の動きを行い、子ども達と発表者らに真似してもらうことで、リフレッシュできる時間をつくることができる。

6.5 子どもを含む人々への **robotic literacy** に関する情報発信についての評価

本イベントでは、子ども型ロボットに、ロボット研究者と子どもを含む人々の交流創出支援を行うコミュニケーションツールとしての役割の他に、**robotic literacy** を伝える教材という役割を与えた。この役割が、イベント参加者達にどのように受け取られたかを、参加者のアンケートとイベントに同席した科学コミュニケーターのアンケートのうち、関連する部分を抽出することで評価した結果を述べる。

6.5.1 観客の合同発表の感想

アンケート概要

イベントに参加した観客に、人とロボットの合同発表を聞いた感想を質問した。回答は自由記述のアンケート形式で依頼した。アンケートは2019年8月19日、8月23日(2回実施)、8月24日(2回実施)、9月18日の6回分のイベント終了後に配布し、その場で回収した。アンケートは無記名式、A4片面サイズ1枚で、質問への回答の他に、回答者の年代、ロボットに対する興味、保護者の方には子どもの年齢を記入して頂いた。結果、75名(大人:31名、子ども:44名(約8割は小学生))から回答を得た。6回分の途中参加・退出者を含む参加者は約315名だったため、回答率は約23.8%(75/315)だった。得られた回答は著者らでカテゴリ分類した。また、同一回答者の回答で、複数項目について言及がある場合、それぞれに分けて分類した。その結果、6つのカテゴリに分類された、107件の回答が得られた。カテゴリは、(1) イベント全体に対する肯定的な感想(47件)、(2) ロボットとの合同発表に関する肯定的な感想(16件)、(3) ロボットとの合同発表の仕組み説明に関する肯定的な感想(11件)、(4) 研究者による情報発信に関する肯定的な感想(16件)、(5) 発表内容に関するフィードバック(13件)、(6) ロボットの未来像に関するフィードバック(4件)である。

ロボットとの合同発表の仕組み説明に関する感想

観客から得られた合同発表の感想(計107件)のうち、ロボットとの合同発表の仕組み説明に関する肯定的な感想は11件あった。例えば、「ロボットがプログラムで動いていることを初めて知りました」、「OKという合図が何に反応して(どういったプログラムで)分かっているのかが分かりやすかった」、「子どもにOKマークを出させてもらってふれあえるのがよかったです」といったコメントがあった。また、「普段の生活の中でPepperを見かけて面白かったが、動いている仕組みまでは分からなかったため、このようなイベントに参加できてよかった」と、イベント終了後に著者に直接伝える参加者もいた。

6.5.2 イベントに同席した科学コミュニケーターの感想

アンケートの概要

イベントの運営に関わった科学コミュニケーター2名に、3つの質問を通して合同発表の感想を質問した。質問は、(1)人と比較してロボットならではの良さを感じた点、(2)人と比

較してロボットならではの課題を感じた点, (3)ロボットは発表のファシリテーションを行って, 科学コミュニケーターの仕事の負担を軽減できると思うかである. 回答は自由記述のアンケート形式で依頼した. アンケートはイベント実施後の2021年2月8日にメールで送付し, 約1週間後に回収した.

robotic literacy の情報発信に関連する感想

得られた回答のうち, 人と比較してロボットならではの良さを感じた点に関して得られた回答の一部に着目すると,「ロボットが急に動き出してしまうというハプニングが起きた際, 一見トラブルに見えるがこれにより, ロボットはまだ人間がある程度制御する必要があること, 使い方も気を付ける必要があることを伝える機会となったこと」というコメントがあった. その時の様子を Fig.6.16 に示す.



Fig. 6.16: Only one time, a robot suddenly dashed to the audience during the presentation because of a human error. Photographed on August 23rd, 2019. (To be published in Kochigami et al. [21].)

6.5.3 考察

これまでのロボットに関する体験活動では, 一般の人々にはシンプルなロボットが動く仕組みを知る機会があっても [107], 社会で働くことを想定した複雑なロボットが動く仕組み

を知る機会は多くなかった。本研究では、科学館での研究者とロボットの合同発表において、ロボットが動く仕組みの説明をすることは、一般の人々に複雑なロボットについての *robotic literacy* に関する情報を発信する上で有用だと確認できた。さらに、予想外の結果として、運用しているロボットのトラブルは、ロボット技術の現状を伝える効果を持つという捉え方も可能だと分かった。本研究で得られた結果は、トラブルに対する防止・対処の方法を十分に考えることは大前提として、トラブルが決して起きてはならない(ロボットは想定通り完璧に動かないといけない)と考えるのではなく、トラブル発生を過度に恐れずに、トラブルが起きたら、何が起きていてどのように解決するのかを観客に伝えられるようにすることの大切さを示唆していると考えられる。合同発表の良い所は、失敗も含めてありのままのロボットの実態を一般の人々に伝えられることであり、このような活動は、社会で働くロボットの存在を人々に受け入れてもらうことに繋がっていくと考えられる。

最後に、*robotic literacy* を伝える上で、本イベントで着目した内容・方法を以下にまとめる。

- ロボットがプログラムで動くこと、ロボットの認識の仕組み、ロボットのハードウェアについての説明
- ロボット自身による説明
- ロボットのセンサ情報の可視化とふれ合い体験

なお、本イベントでは、関連する事例(例: [107])で行われているような、ロボットの工作体験やプログラミング体験は行わなかったが、これらを取り入れていくことも *robotic literacy* に関する情報発信に効果があると考えられる。

6.6 着目する実践活動で得られた子どもを含む人々が期待する将来のロボット像

本イベントにおいて、ロボット研究者と子どもを含む人々により、どのような将来のロボット像が創られたか、そして、目的とした将来のロボット像の共創がどこまで行えたかについて述べる。

6.6.1 アンケートの概要

イベントに参加した観客に、未来のロボットに期待することを質問した⁸。また、保護者や先生には、子どものためのロボットに期待する役割も書いてもらうよう依頼した。質問は、先述した、観客に合同発表の感想を尋ねた2019年8月19日、8月23日(2回実施)、8月24日(2回実施)の5回分のアンケートの2つ目の質問として記載されていた。回答は自由記述のアンケート形式で依頼した。結果、41名から回答を得た。その内訳は、子ども22名(そのうち15名が小学生)、大人19名(そのうち15名が保護者)だった。5回分の途中参加・退出者を含む参加者は約285名だったため、回答率は約14.4%(41/285)だった。41名の回答を、国民生活時間調査に用いられる生活行動の小分類[150]をもとに分類した。また、同一回答者の回答で、複数項目について言及がある場合、それぞれに分けて分類した。その結果、49件の回答が得られた。得られた結果を、大人と子どもに分けて Fig.6.17 に示す。

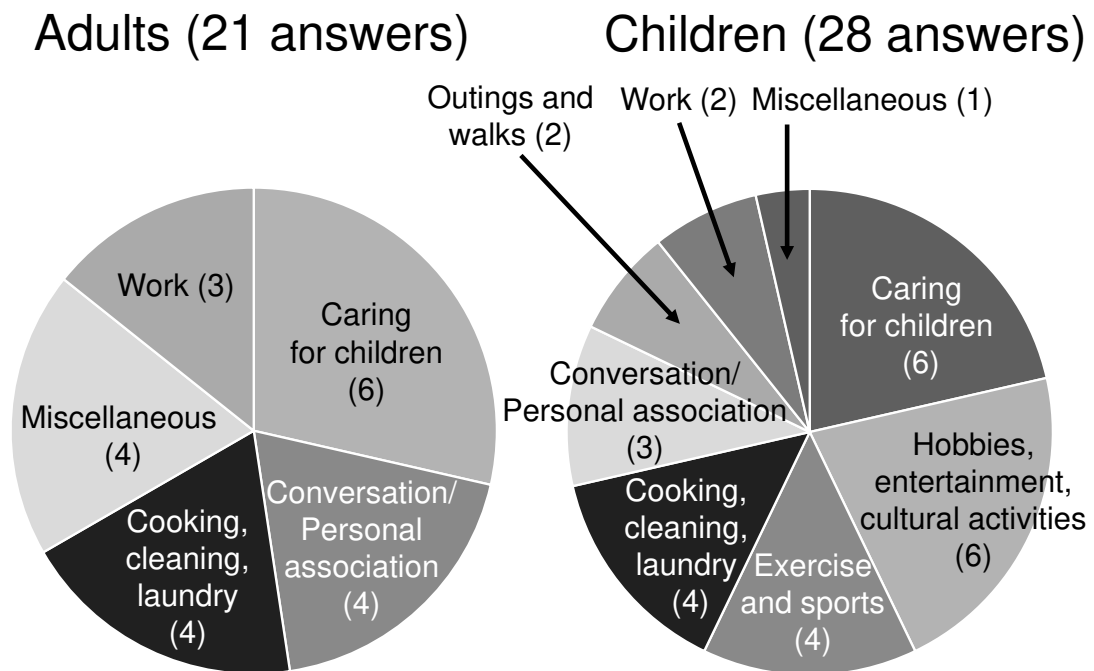


Fig. 6.17: Expectations of adults and children toward a robot in the future. (To be published in Kochigami et al. [21].)

⁸本研究で、子どものためのロボットと書かず、未来のロボットについて広く意見を集めた理由は、子ども自身がどのように考えているか知りたかったためと、子どもと関わりがない観客がいることを想定し、そうした観客をイベントから排除しないようにしたためである。

6.6.2 子どものためのロボットに対するロボットイメージ

得られた結果のうち、子どもに関するロボットの役割に絞って得られた結果に注目すると、まず、大人が子どもの世話に期待すること(6件)として、子どもの家庭での見守り、遊び相手、通学等の移動の付き添い・見守り、勉強の面倒をみる事が挙げられた。6件の回答者は全て子どもの保護者だった。さらに、子どもの世話に関する特徴的なコメントとして、子どもがひとりっ子であるためロボットの世話に期待する、というものがあつた。会話・交際(4件)についての1件では、親子コミュニケーションを活性化する存在となることが期待された。

また、子どもが、子どもと関わる相手としてロボットに期待することは以下であつた。

子どもの世話(6件) 通学等の移動の付き添い・見守り、勉強の面倒をみてもらうこと。

趣味・娯楽・教養(6件) ゲーム等で一緒に家で遊ぶこと。

スポーツ(4件) 野球、サッカー、鬼ごっこなどの外遊びを一緒にすること。

会話・交際(3件) 話し相手や一緒にいる存在となること。

行楽・散策(2件) 散歩の相手となること。

6.6.3 考察

本実践活動で得られた意見に関して特徴的なことの1つは、大人だけでなく子どもの意見も集められていることである。日常生活の中でロボットと何をしたいかを、これまで子ども自身に問かける研究はあまり多くなかつたが、本研究では子どもの声を集められ、さらに、子どもがロボットと一緒にやりたいこと具体的なイメージを得ることができた。子どもの声を集められた理由として、ロボットが発表に参加したからではないかと予想される。サイエンスカフェなどの少人数対話型イベントにおいて、科学技術への関心が高い層の参加者が特に集中してしまう問題が知られている [176]。本研究においても、もし研究者のみが発表を行っていたら、参加者が科学技術に詳しい層に限定され、イベントに参加した親子らの全員は参加していなかつた可能性がある。著者が交流した参加者は、必ずしもロボットへの関心が高い訳ではなかつたため、発表にロボットが参加しているという話題性・親近感が、多様な参加者を集めた可能性がある。

もう1つ特徴的なのは、イベントの中で実例を見せた、ロボットとの移動に関する期待の声が集められていることである。これまでのアンケートのみの調査では、ロボットが通学等の移動の付き添い・見守り、散歩の相手となる可能性自体があまり調べられてこなかったが、本研究ではこれらの期待の声を集められた。また、子どもの意見の中には、「シナモン（イベントで登場したロボットのニックネーム）と家や学校に行きたい」というものがあった。これらの結果からは、移動するロボットの実例を見せたことの影響が示唆される。そして、人と一緒に行動するロボットのイメージを伝えるために、ロボットだけの発表ではなく、研究者とロボットが合同で発表することに意義があったのではないかと考えられる。

これまで関連研究で行われてきたアンケートのみの調査では、子どものためのロボットの役割が事前に指定され、このようなロボットは必要か・必要ではないかという形で、主に大人を対象にニーズが調査されてきた（例：[105,106]）。一方、子どものためのロボットの役割自体を考えていくこともこれからは重要であり、そのために自由記述形式で一般の人々の意見を集めることには意義がある。本研究では、科学館での研究者とロボットの合同発表は、子どものためのロボットに対する、子どもを含めた一般の人々の思いを知る場として有用であることを確認できた。

最後に、本イベントで目指した将来のロボット像の共創が、どこまで行えたかを考察する。本イベントでは、研究者が考える将来のロボット像を発表の中で伝え、イベント参加者に人々にアンケート形式で言葉による表現をってもらうことで、研究者の手元で将来のロボット像が創られている段階までを達成した。今後大切になるのは、継続的に、ある時点でつくられた将来のロボット像を更新していくことである。そのために、研究者と参加者だけで意見を共有し、研究者の手元で将来のロボット像を更新するだけでなく、参加者が他の参加者の意見を知れる仕組みをつくり、参加者の意見に対して他の参加者が意見を伝えられるようにすることが大切だと考える。本イベントでは、自由記述回答式の質問や、回答者の年代、興味など、1枚の付せんには入りきれない量の質問があったためアンケートを用いたが、今後は、得られた意見をもとに質問を絞り、問いボードなどの掲示板に回答を貼ってもらうことで、参加者同士の意見交換も行える仕組みをつくれると考える。また、意見の表現方法に関しても、絵やロボットのプログラミングによる動作生成などを通じた言葉以外の方法も活用できる可能性がある。

6.7 本章で得られた知見のまとめ

本章で述べた評価では、子ども型ロボットによる、大人が初対面の子どもに向けて発表する場面における交流創出支援を成り立たせる重要な要因を、交流創出支援の実現に必要な、発表以外の場面での集団形成と対面コミュニケーションの支援と発表中の対面コミュニケーションの支援の段階に分けて、以下のように明らかにした。

6.7.1 発表以外の場面での集団形成と対面コミュニケーションの支援を成り立たせる重要な要因

発表以外の場面での集団形成と対面コミュニケーションの支援においては、初対面の子ども同士の間での対面コミュニケーション支援に関して得られた知見と同様に、子どもが親近感を持つ持ち物を所持するロボットの振る舞いが子ども達の共感を引き出すことが、子どもを接近させ、さらに、言葉による反応を引き出し大人と言葉を交わし合うきっかけを生み出すことで集団を維持するため、重要な要因だと明らかにした。子どもの反応を引き出したロボットの持ち物は、レースの頭部カバー、リュック、カメラ、旗だった。

6.7.2 発表中の対面コミュニケーション支援を成り立たせる重要な要因

発表中の対面コミュニケーション支援においては、子ども達は、研究者の発話にはほぼ反応せず、子ども型ロボットの発話や身振りには、身振りで反応する様子が観察されたことから、発表を行う大人(研究者)の代わりに、ロボットが子どもの反応を引き出す役割が期待でき、以下のような重要な問いかけの役割を担える可能性を示した。

発表テーマの理解度の確認

ロボットが、発表の冒頭で、発表テーマに関する身近な話題を提示し、観客に知っているか尋ねることで、発表者が発表内容を観客のニーズに合わせて変えることができる。子ども達が挙手しやすくなるように、発表テーマに無関係の身近な話題を提示することから始めることも考えられる。

発表中に出てくる専門用語の確認

発表者が、ある専門用語を説明する場面で、観客がその言葉を知っているかをロボットが尋ね、既知の情報の時、発表者は説明を省略できる。または、どの年齢層の観客

に向けて説明する必要があるかを発表者が把握することができる。または、発表者が専門用語を説明した後に、ロボットが観客に納得できたかを尋ね、観客にとって難しい説明の時、ロボットや発表者が説明を補足することができる。

発表に飽きてしまった子どもに対するリフレッシュのタイミングの確認

発表中にロボットが、子どもに疲れたかを質問し、ロボットが発表の途中に体操の動きを行い、子ども達と発表者らに真似してもらうことで、リフレッシュできる時間をつくることができる。

6.8 子ども型ロボットの機能提案

最後に、本研究で行った実践活動全体を振り返る形で、子どもの振る舞いに対する子ども型ロボットの反応が十分ではなかった場面を抽出し、子ども型ロボットの機能に関する提案を以下に述べる。

1. 頭、肩、腕、手のひらの触覚検知

主にロボットの追従に関する実践活動(評価3)を分析した結果、子どもは子ども型ロボットの頭の頭頂部から少し外れた側面に近い部分⁹(例: 2019/8/23 帰り (2回目), 動画ファイル GOPR0019 の個人番号 2), 肩(例: 2019/10/11 行き, 動画ファイル GOPR2538 の個人番号 1), 上腕(例: 2019/8/23 行き (1回目), 動画ファイル GOPR0016 の個人番号 21), 手¹⁰(例: 2019/8/23 帰り (2回目), 動画ファイル GOPR0019 の個人番号 1)を好んで触ることが分かった。本研究で用いた市販のロボットには頭頂部と手の甲にのみ触覚センサがあるため、触覚センサの数を増やしたり、外からかかる力を検出したりすることで、子ども型ロボットが子どもから触られていることに反応できれば、子どもの主観的共感を引き出すことに貢献し、子どもと初対面の人々の交流創出支援に役立つと考えられる。

また、ロボット研究者との合同発表に関する実践活動(評価4)では、子どもが子ども型ロボットと握手をする時に、多くの子どもは片手のみを出したため、ロボットの手のひらだけを触った。握手のために本研究で開発したプログラムは、手の甲の触覚センサを用いて、子どもがロボットの手を触っていることを検知し、ロボットの手を閉じるようになっている

⁹子どもがロボットの頭頂部を触らなかった理由の1つは、子どもの身長が小さく、手が届かなかったためと考えられる。

¹⁰具体的にどの部分を触ったのかは、カメラに写っておらず不明だが、子どもがロボットと一緒に移動し、ロボットが関係者以外立ち入り禁止エリアに入る際の別れの場面で行われた。

ため、片手のみを出す場合、握手がうまくできず、その度に著者が子どもに握手の仕方を教示する必要があった。手のひらの触覚検知が何らかの方法で行えると、ロボットとの握手のしやすさも向上すると考えられる。

2. 移動する子ども型ロボットが子どもと別れる際の手振り行動

ロボットの追従に関する実践活動(評価3)においては、ロボットと一緒に移動した子どもは、別れる際にロボットに手を振ることが多かった(例: 2019/8/23 帰り (1回目), 動画ファイル GOPR0017 の個人番号 1-3 のうちの1人, 2019/8/23 帰り (2回目), 動画ファイル GOPR0019 の個人番号 1, 2)。本研究のプログラムでは、ロボットの腕を完全に脱力させて手引きしていたため、咄嗟の手振り行動を行えなかったが、今後、人がかける負荷トルクに合わせた手引き動作が行えるようになれば、ロボットも子どもと別れる際に手振り行動を行えるのではないかと考えられる。

3. 合同発表中のロボットの多様かつ自然で速度が向上した振る舞い

ロボット研究者との合同発表に関する実践活動(評価4)においては、研究者とロボットの合同発表の有用性が明らかにできた一方で、合同発表中のロボットの振る舞いには課題が残った。イベント参加者の感想をもとにすると、得られた(5)発表内容に関するフィードバック(13件)のうち、5件は合同発表中のロボットの振る舞いの改善を期待する意見だった。ロボットの振る舞い・研究者とのやり取りの種類を増やすこと、ロボットの振る舞いのぎこちなさを改善すること、ロボットの発話・振る舞いのスピードを上げることが意見として集まったため、種類が多様で、振る舞いのぎこちなさが改善されており、発話・振る舞いの速度が向上した大人と発表する際のやり取り機能が今後は求められる。

第7章

結論

本章では、本研究の論点を説明し、本研究の結論、今後の展望を述べる。

7.1 本研究の論点

7.1.1 現代の子どものための交流創出支援はどうあるべきか

人(子ども・大人)との交流は、子どもが社会性を養う上で重要であるが、一対一での交流は気を遣うため避けられがちである。様々な年代の人との交流機会が少なくなった現代の子どもには、人と関わることの喜びをまず感じてもらうための交流体験を提供することが重要だと言われている。本研究では、このような交流を、交流を直接の目的としない場をつくりながらも、その中で交流がなされていくという意味での間接的な交流と定義し、子どもを接近させる所からの支援という意味を込めて、交流支援ではなく、交流創出支援と名付けた。現代において、子どものための交流機会が提供される場の1つである学校においても熱心に取り組まれているように、初対面の子ども同士に対しては遊びを通じた交流創出支援が重要であり、初対面の子どもと大人に対しては、大人が初対面の子どもに向けて発表する場面を通じた交流創出支援が重要となる。大人が初対面の子どもに向けて発表する場面における交流創出とは、子どもが発表者の大人に接近することと、発表中に子どもが発表内容に反応し、発表者の大人が子どもの反応に反応するといったことを意味している。

7.1.2 ロボットを用いた子どものための交流創出支援について研究する理由

ロボットは、社会において期待される役割が広がっており、近年は人のような温かみのあるコミュニケーションを人に対して行うことも期待されるようになってきている。本研究では、将来のロボットは、人とロボットの一対一の関係を超えて、希薄になったと言われる人同士の交流を創出する役割を持つことも大切だと考え、ロボットを用いた子どものための交流創出支援のあり方を考えた。

7.1.3 子どものための交流創出支援を行うロボットはどうあるべきか

関連研究における課題

これまでの関連研究においても、人同士の交流支援を行うロボットは期待されてきた。しかし、これらの研究の多くは、人々が事前に集められ着席した状態から、言語的コミュニ

ケーションを介して人同士の対面コミュニケーションの創出に特化した支援を行うものである。子どものための間接的な交流創出支援のあり方を考える場合、そもそも子ども達をどのように自発的に接近させるか、という観点から交流創出支援のあり方を議論することが必要となる。

子ども型ロボットへの着目

本研究では、幼児や犬などのかわいい存在が人を接近させることに着想を得て、ロボットを子ども型にすることで、かわいい幼体として子どもや大人の自発的な接近を通じた集団形成を可能にすると考えた。さらに、幼児や犬とは異なる特色として、言語的コミュニケーション・物理的コミュニケーションを介して子ども達に働きかけることで子ども同士や子どもと大人の対面コミュニケーションを創出するという、ロボットならではの特色を活かした交流創出支援の仕方ができると述べた。

7.1.4 子ども型ロボットによる子どものための交流創出支援の仮説

子どものための間接的な交流創出支援のあり方を考える場合、そもそも子ども達をどのように自発的に接近させるか、という観点から交流創出支援のあり方を議論することが必要となることから、見知らぬ人同士の対面コミュニケーションの生まれ方に関するゴッフマンの論述に着目し、交流は、人同士が接近(集団形成)する所から、対面コミュニケーションが生じて行われることを説明した。そして、子ども型ロボットは、かわいい幼体として子どもや大人の自発的な接近を通じた集団形成を可能にし、さらに、ロボットから言語的・物理的コミュニケーションを介して子ども達に働きかけることで子ども同士や子どもと大人の対面コミュニケーションを創出するという仮説を示した。

7.1.5 研究として何を明らかにする必要があるか

本研究では、子どものために、子ども型ロボットを介して、交流を直接の目的としない場をつくりながらも、その中で交流がなされていくという意味での間接的な交流機会を用意する、交流創出支援の方法を明らかにすることを目的とし、以下の項目の解明が必要だと整理した。子ども型ロボットによる子どものための交流創出支援において、まず、ロボットシステムをどのようにすべきかを明らかにする必要がある。そして、初対面の子ども同士が交流

する主な場面と、子どもと大人が交流する主な場面は、前者が遊び、後者が大人による発表聴講と大きく異なるため、それぞれで、交流創出支援がどのように実現できるかを明らかにする必要がある。

7.1.6 なぜ科学館における実践活動に着目したのか

本研究では、ロボットとのふれ合い体験活動と、将来のロボット像を共創していくためのロボット研究者との科学コミュニケーション活動に関する実践活動を行い、評価を行った。科学館は、様々な親子連れが来館し、初対面の子ども達が集まる場であるが、子ども達が交流することはあまり想定されていない場であるため、初対面の子ども同士の交流創出支援の方法を研究するのに適していると考えた。また、科学館では、大人の専門家による講演会が行われ、子どもが参加することもあるが、子どもは専門家の講演を聞くことが基本となっており、子どもと専門家が発表前後に会話したり、発表中に子どもが発表内容に反応し、発表者の大人が子どもの反応に反応したりするといった交流は工夫をしないと生まれない場であるため、初対面の子どもと大人の交流創出支援の方法を研究するのに適していると考えた。

また、子ども型ロボットは、まだ社会における役割が定まっていないため、そもそものような場面で交流創出支援を行えるかを明らかにする必要がある。そこで本研究では、大人の専門家のうち、ロボット研究者に着目することで、科学館を、子どもや子どもと関わる大人と研究者が将来のロボット像を共創していくための科学コミュニケーション活動(科学技術の情報発信と対話活動)のフィールドとして活用することとした。

このようなフィールドは、科学館以外にも用意することは可能であるが、科学館は、研究室と社会の接点として、また、子どもの科学教育の場として、それぞれのフィールドの活用の仕方が来館者にも受け入れられやすい場所となっており、研究の最初のステップを踏み出す場所として適していると考えた。

7.1.7 研究者による積極的参与にもとづくフィールド参与観察の妥当性

本研究では、研究者による積極的参与にもとづくフィールド参与観察を通して、子ども達の交流創出の様相を分析した。これまでの人とロボットの関わり合いに関する研究の多くは、研究者が観察対象に影響を及ぼさないように、観察対象と関わらないようにする立場を取ってきたため、これまでの研究の立場からは本研究の研究方法は妥当ではないと言える。

しかし、本研究のように、人の集団を研究対象とする場合、研究者はその集団に接近する必要がある、さらには、その集団をよく知るために、集団の中の人々と会話したり行動を共にしたりする必要がある。そこで本研究では、研究者と研究対象者を明確に区別せず協働で1つの実践を作り上げる、協働的実践のアプローチに着目した研究スタンスに従った。どの研究的立場を取るかによって、ある研究方法が妥当性であるかという評価は変動し、本研究が取る立場においては、本研究の研究方法は妥当だと言える。

7.1.8 子どもを含む人々とロボット研究者による将来のロボット像の共創実現のための条件

子ども型ロボットによる、子どものための交流を直接の目的としない交流創出支援を実現する上で、将来のロボットをどのような場面で運用できるかを考えていくことが重要になるため、将来ロボットと関わる可能性のある子どもや子どもと関わる大人と、ロボット研究者が共に議論し、将来のロボット像を創っていくことが大切である。

本研究では、共創のための条件として、(1)ロボット研究者の将来のロボット像に対する、子どもを含む一般の人々の意見を集めることと、(2)ある時点でつくられた将来のロボット像を更新していくことが必要になると整理した。(1)ロボット研究者の将来のロボット像に対する、子どもを含む一般の人々の意見を集めることに関しては、1.ロボットの理想と現実のイメージを更新しながら行うために研究者がロボットの現状を伝えることと、2.研究者の話を聞いてもらうだけでなく、人々が自らの意見を伝えやすい場をつくるが必要になると整理した。本研究では、ロボットを、ロボット自身による画像認識処理の説明、センサーデータ可視化を通した人のポーズ認識の体験、運用中のトラブル発生などからロボットの現状を伝える教材として活用し、発表以外の場面では研究者の手引き誘導で発表会場に入退場することと、発表中の場面では研究者による身振りの合図出しにより台本をもとに交互に発表を進行することを通した、初対面の子どもと研究者の交流創出支援ツールとして活用する提案を行っている。

(2)ある時点でつくられた将来のロボット像の更新に関しては、科学コミュニケーション活動の参加者同士が意見を共有し、互いの意見に対し自らの意見を伝えられる仕組みが必要だと整理した。本研究では、人々にアンケート形式で言葉による表現をしてもらうことで、研究者の手元で将来のロボット像が創られている段階までを達成した。この新たに創られた将来のロボット像を、今後、別の機会に科学コミュニケーション活動に参加した、子どもを

含む新たな人々に提示し，参加者の意見に対して他の参加者が意見を伝えられるようにすることが大切だと考える．また，意見の表現方法に関しても，絵やロボットのプログラミングによる動作生成などを通じた言葉以外の方法も活用できる可能性がある．

7.1.9 現状の子ども型ロボットに対する機能提案

子どもによる子ども型ロボットの触り方にもとづき，1) 触覚センサの数を増やしたり，外からかかる力を検出したりすることによる頭の頭頂部から少し外れた側面に近い部分，肩，上腕，手のひらの触覚検知機能を提案した．また，移動する子ども型ロボットが子どもと別れる際に手を振られることが多いことから，2) 手振り行動機能と，それを可能にするための，人がかける負荷トルクに合わせた手引き動作機能を提案した．さらに，ロボット研究者との合同発表に関する実践活動(評価4) における観客からのフィードバックコメントにもとづき，3) 種類が多様で，振る舞いのぎこちなさが改善されており，発話・振る舞いの速度が向上した大人と発表する際のやり取り機能を提案した．

7.2 本研究の結論

本研究が掲げた3つの目的に対する結論と，本研究における特筆すべき知見，研究全体を総括した結論は以下ようになる．

3つの目的に対する結論

目的1

初対面でも子どもの興味を引いて周りに接近させる所から，対面コミュニケーションのきっかけを生み出せるロボットシステムの基本機能と，プログラムを書き換えて様々な状況設定ができ継続的に研究可能なシステムの構成を明らかにすること．

人の保護者が子どもに養育行動を行い子どもに接近することに着想を得て，保護者の養育行動を引き出す愛着・探索・遊び行動といった多様な行動が現れ始める人の3歳児に着目してロボットの振る舞い方を分類し，小学校低学年の児童ほどのサイズと，視聴触覚のマルチモーダル認識・表現基本機能を持つ市販のロボットを用いて，手引き誘導によるロボットとの移動や，ひらがな文字カード提示，両腕のポーズ提示による合図指示などの物理的コミュ

コミュニケーション方法と、会話の台本を受け付けるなどの言語的コミュニケーション方法を利用できる機能を搭載した。

愛着行動として追従，探索行動として子どもへの質問，遊び行動として子どもの答えを拾い他の子ども型ロボットとの会話を作っていくという振る舞いをもうけた。

ロボットが用いる言葉に関しては，3歳児のものではコミュニケーションロボットとしての能力が不足するため，小学生以上の言葉遣いを表現した。

疑似的な起床・就寝状態を取ることが可能な日常生活行動の枠組みにおいて振る舞いを追加していけるようにし，オープンソースプラットフォームソフトウェアの各種認識機能も統合可能なシステムを構築した。

目的2

科学館における，初対面の子ども達が参加する子ども型ロボットとのふれ合い体験活動で得られた知見をもとに，子ども型ロボットによる，初対面の子ども同士の遊び場面における交流創出支援を成り立たせる重要な要因を明らかにすること。

子ども型ロボットが，物理的コミュニケーションと，言語的コミュニケーションのそれぞれを介して初対面の子ども達の交流創出支援を行う例として，ロボットが子ども達を追従することと，ロボットが子どものプロフィールについて質問した後，子ども達の前で他ロボットと会話することを通した，初対面の子ども達が参加する科学館での体験活動で得られた知見をもとに，子ども型ロボットによる，初対面の子ども同士の遊び場面における交流創出支援を成り立たせる重要な要因を，交流創出支援の実現に必要な集団形成の支援と対面コミュニケーションの支援の段階に分けて，以下のように明らかにした。

集団形成支援においては，子ども同士が自発的に接近しない状況が存在し，既存の集団に新たに子どもを追加し，親子を分離するためのロボットの振る舞いが重要な要因となることを明らかにした。

対面コミュニケーション支援においては，ロボットの世話焼かせ行動，感情表現・言い間違い，自己開示といった振る舞いを通して子ども達の共感を引き出すことが，子どもの言葉による反応を引き出し，初対面の子ども達が言葉を交わし合うきっかけを生み出すために重要な要因であると明らかにした。

目的3

科学館において子どもが参加する，子ども型ロボットとロボット研究者の発表形式の科学コミュニケーション活動で得られた知見をもとに，子ども型ロボットによる，発表以外の場面で子どもが発表者の大人に接近することと，発表中に子どもが発表内容に反応し，発表者の大人が子どもの反応に反応することを支援するという，大人が初対面の子どもに向けて発表する場面における交流創出支援を成り立たせる重要な要因を明らかにすること。

子ども型ロボットが研究者による手引き誘導にもとづき発表会場に入退場することと，研究者による身振りの合図出しにより台本をもとに交互に発表を進行することを通した，子どもが参加する，科学館でのロボット研究者の発表形式の科学コミュニケーション活動で得られた知見をもとに，子ども型ロボットによる，子どもが発表者の大人に接近することと，発表中に子どもが発表内容に反応し，発表者の大人が子どもの反応に反応することを支援するという，大人が初対面の子どもに向けて発表する場面における交流創出支援を成り立たせる重要な要因を，交流創出支援の実現に必要な発表以外の場面と発表中の場面の段階に分けて，以下のように明らかにした。

発表以外の場面ででの集団形成と対面コミュニケーションの支援においては，初対面の子ども同士の間での対面コミュニケーション支援に関して得られた知見と同様に，リュックなどの子どもが親近感を持つ持ち物を所持するといった，ロボットの振る舞いが子ども達の共感を引き出すことが，子どもの接近や言葉による反応を引き出し，発表者の大人と言葉を交わし合うきっかけを生み出すため重要な要因だと明らかにした。

発表中の対面コミュニケーション支援においては，子ども達は，研究者の発話にはほぼ反応せず，子ども型ロボットの発話や身振りには，身振りで反応する様子が観察されたことから，ロボットは子どもの反応を引き出す上で重要な役割を担え，その役割としては，発表テーマの理解度の確認，発表中に出てくる専門用語の確認，発表に飽きてしまった子どもに対するリフレッシュのタイミングの確認といった問いかけにより交流を継続できる可能性を示した。

特筆すべき知見

- 周りに子どもが自発的に集まる状況を生み出すためのロボットシステムのつくり方に関しては，人の保護者が子どもに対して行う養育行動に着想を得た，子どもがロボットを

世話する状況をつくる振る舞いを表現することが重要であり，その表現のために身体も用いた手引きなどの反応機能が重要である。

人が世話する状況をつくるロボットはこれまでも存在したが，人の集団の反応を引き出すことはあまり考えられてこなかった。他の関連するロボットシステム研究に対する本研究の貢献は，小学校低学年の児童ほどのサイズと，視聴触覚のマルチモーダル認識・表現基本機能を持つロボットを用いてシステムを構築することで，保護者の養育行動を引き出す愛着・探索・遊び行動といった多様な行動が現れ始める人の3歳児の振る舞いを表現しており，子どもとの物理的・言語的コミュニケーションの幅を広げ，子どもを含む集団の反応を引き出すことに成功したことである。

- ロボットによる子どものための交流創出支援の成り立たせ方に関しては，子どもを相手の周りに自発的に接近させるための支援と，対面コミュニケーションのきっかけを生み出す支援の両方が重要で，1) 子どもが自発的にロボットに接近しない状況への対処，2) 子どもの接近や言葉による反応引き出しによる他の子どもや大人との言葉の交わし合いのきっかけ創出，3) 問いかけを通した発表聴講中の子どもの反応引き出しによる発表者の大人との言葉や身振りによる反応の交わし合いのきっかけ創出といった重要な要因があり，これらの知見を活用した交流創出支援は，ロボットによる子どものための交流創出支援の場を，研究者と子どもを含む人々が共創していくための科学コミュニケーション活動にも活用可能である。

介在者を用いた交流支援はこれまでも存在したが，人の接近に関する内容と，集まった人々の対面コミュニケーションの活性化に関する内容が，それぞれ別の研究の中で論じられていた。犬，幼児，大人，バーチャルエージェント，これまでのロボットといった介在者を用いた他の関連する交流創出支援研究に対する本研究の貢献は，子どもを接近させる所から対面コミュニケーションのきっかけを生み出す所までの一連の交流創出支援の枠組みを提示することで，現代の子どものために求められる，交流を直接の目的としない場をつくりながらも，その中で交流がなされていくという意味での間接的な交流創出支援のあり方を示し，その成り立ちに重要な要因を明らかにしたことである。

以上総括するに，様々な年代の人との交流機会が少なくなり人と関わることへの意欲が低下した現代の子どものための，交流を直接の目的としない場をつくりながらも，その中で交流がなされていくという意味での間接的な交流創出支援はこれからますます重要となるが，本研究では，社会におけるロボットが，将来人とロボットの一対一を超えて，希薄に

なったと言われる人同士の交流を創出する役割を持つことも大切だと考え、ロボットを用いた子どものための交流創出支援をテーマとし、子どもにロボットへの接近を促すために、保護者の養育行動を引き出す愛着・探索・遊び行動といった多様な行動が現れ始める子どもの3歳児に着想を得た振る舞いを持つロボットの重要な機能とシステム構成の解明、様々な人が集まるが互いに交流することはあまり想定されていないとされる科学館での実践活動の事例に着目した、初対面の子ども同士の遊び場面と大人が初対面の子どもに向けて発表する場面における交流創出支援の重要な構成要素の解明を通して、ロボットを用いた子どものための交流創出支援の基本となるつくり方を明らかにし、将来重要になる研究テーマの端緒を拓いた。

7.3 今後の展望

共通の話題となることで自らの周りで人同士の交流を生み出すロボットを実現するために、単に知的な存在としてロボットの機能を向上させていくだけでなく、関わり合う人々から存在の意味を与えられ、役割を獲得できるロボットにしていくにはどのようにすれば良いかという観点から今後研究を続けていくことが重要になる。本来子どもに限らず、初対面の人との交流は重要であるが、一対一の交流は気を遣うため避けられがちであり、今後は、1つのコミュニティの中で、ロボットの役割がどのように生まれ変遷していくかという分析や、ロボットの有無に応じた人同士の交流の生まれ方の比較を行っていくといった長期的な分析が期待される。このような分析を行うために、以下に示すような、ロボットの振る舞い、学校などの科学館以外のフィールド、ロボットの使いやすさといった観点から研究を進めていくことが重要になる。

7.3.1 子ども型ロボットの振る舞い方の発展

(1) 子ども型ロボットによる対面コミュニケーションの促進

本研究では、子ども型ロボットが、犬や幼児のようにかわいい幼体となり子ども達を接近させること、子ども型ロボットとの物理的・言語的コミュニケーションが、子ども達の会話のきっかけとなることを確認した。一方、ロボット以外の存在との比較にもとづき子ども型ロボットの特色を整理すると、もう1つの特色として、子ども同士の交流創出支援のために、状況に応じてロボットが物理的・言語的に働きかけを変えられるということがある。つ

まり，子どもと初対面の人々の対面コミュニケーションを促進する支援のあり方について考えることに関しては，今後のさらなる研究が必要となる．

(2) 子ども型ロボットによる子どもへの世話焼かせ行動

本研究では，人に誘導してもらい，人から教えてもらうといった，人から世話を受ける振る舞いを持つ存在として子ども型ロボットを表現した．子ども型ロボットの観点からの今後の展望として，自立心を持っているように見せ，子どもに世話を焼かせる振る舞いも持つ存在として，子ども型ロボットの子どもらしさを表現することがある．子ども型ロボットによる，人に世話をかける振る舞いは，人から世話を受ける振る舞いよりも予測不可能なものであり，子どもや初対面の人々の視線や言葉の交わり合いを，より引き出すのではないかと予想される．また，子ども型ロボットの「かわいい」印象をより高められるのではないかと予想される．

(3) 子ども型ロボットによる人との関わり合いの記録

本研究では，ロボット自身の身体の周りでの，子どものための交流創出の可能性を探った．今後の展望として，ロボットが人々との関わり合い（例：科学館における実践活動の様子など）を履歴に残すことで生み出した記録を介した，人同士の交流創出支援の可能性を探ることがある．ロボットが記録をすることで，その場・その時を超えた人同士の交流創出が可能になると考える．例えば，人はロボットの記録を過去から現在まで継続的に知ることができ，ロボットの過去の記録の内容をもとに人同士で思い出を振り返ったり，たとえ過去の記録における出来事を知らなくても，実際に経験した人に話を聞いたりすることで，人同士の交流創出が行えると予想される．

7.3.2 科学館における実践活動の発展

(1) 科学館におけるオンラインを活用した交流創出支援

科学館における実践活動の観点からの今後の展望として，科学館における，オンラインを活用した，子どもと初対面の人々，特に研究者による非対面の交流創出支援の方法を議論することがある．子ども型ロボットは，科学館に常駐し，遠隔の人々を結ぶインターフェー

スとなることで、子どもと初対面の人々の対面コミュニケーションを促進する支援が行えると期待される。

本研究では、子どもと初対面の人々による、対面交流の支援を扱った。本研究で扱った実践活動は、科学館の展示エリアと研究室が近接した科学館をフィールドとしたため、研究活動として、対面交流を含む実践活動が行いやすかったという事情がある。一方、通常、科学館に研究室が近接していることは少なく、また、科学館以外のフィールドでの研究も進めていく場合、研究者が科学館に常駐する頻度は減少してしまう。そこで、科学館における非対面の交流創出が可能になると、子どもを含む人々と研究者の科学コミュニケーション活動の継続に有用となると考えられる。また、近年は、社会情勢の変化により、非接触での対面コミュニケーションの実現が重要になってきているが、子ども型ロボットは、子どもと初対面の人々の対面コミュニケーションの支援にも広く活用できる可能性も持っている。

(2) 科学館以外のフィールドにおける実践活動

もう1つの、科学館における実践活動の観点からの今後の展望として、科学館における研究活動を継続しながら、学校などの、科学館以外のフィールドにおいても、子どもと初対面の人々の交流創出支援に関する研究を推進させていくことがある。科学館のオープンスペースには、必ずしもロボットに興味・関心が高い子どもが集まるという訳ではないが、イベントの参加者や、オープンスペースにおけるアンケート回答者は、ロボットへの興味・関心や著者に肯定的な気持ちを抱いているという前提があり、その点においては、得られた結果に偏りが生じている可能性がある。科学館以外のフィールドで研究を行うことの大きな目的として、ロボットに対する興味・関心が低かったり、否定的な態度を抱いていたりする子どもの意見を集めることがある。ロボットに対するネガティブな態度を持つ子どもも存在する場所でも、本研究で得られた知見が適用可能かを確かめることで、子どものための交流創出支援を行うロボットが活用可能なフィールドを見つけていくことに貢献できる。そのため、1つの場所に子ども達が長期的に存在する、学校などのフィールドでの研究が重要になる。

7.3.3 ロボットの特色を活かすための使いやすさの向上

類似の技術であるバーチャルエージェントと比較した時の、子ども型ロボットの一番の特色は、身体を持つことである。本論文の内容は、エージェントが身体を持つことで、子ども

のために行える交流創出支援の様相を伝えるものとして意義がある。一方で、エージェントが身体を持つことには、様々な運用上のデメリットがある。例えば、運用のために、必要な機材や専門知識を持った人が必要になり、事故が起きる可能性はバーチャルエージェントより高くなる。つまり本研究の結果は、著者の長年の経験と日本科学未来館スタッフの手厚いサポートにより、このような運用上のデメリットを乗り越えて得られたことに留意する必要がある。そこで、今後の展望として、ロボットのセットアップを簡易にすること、運用・安全管理の観点からのロボットの使いやすさを高めることがある。

謝辭

本論文は、筆者が東京大学大学院 学際情報学府 学際情報学専攻在学中に、情報システム工学研究室 (JSK) において稲葉雅幸教授のご指導のもと執筆した博士論文です。沢山の方々の支えによって、この論文が完成しましたことを深く感謝いたします。

主査である稲葉雅幸教授には、指導教員として大変お世話になりました。ロボットについて研究することがどのようなことなのかを深く考えられていなかった著者は、先生から教えて頂いたことを通して、少しずつ自身が行う研究の意義や位置付けを考える訓練ができるようになりました。博士論文をまとめるまでに時間がかかってしまったのですが、最後まで暖かく見守ってくださり、そして最後まで頑張る機会を与えてくださり大変感謝しております。

岡田慧教授は、コンピューターやロボットについて知識や経験があまり無かった著者に、その面白さを教えてくださりました。直接指導して頂く機会が多く、論文や申請書などを執筆する際に何度も書類を添削してくださり、大変お世話になりました。挫けそうになる場面が多くあったのですが、岡田先生のご指導のもと、研究を続ける気持ちを保つことができました。大変感謝しております。

佐倉統教授、國吉康夫教授、苗村健教授は、本論文をまとめるにあたり非常に有益なご意見・ご助言をくださいました。各研究分野の第一線で活躍される先生方に論文を見て頂けたことは、感謝してもしきれません。お忙しい中、本論文に対してお時間を取ってくださり、大変感謝しております。

山口真奈美技官は、研究活動上必要となる事務手続きを手助けしてくださりました。また、日々の話し相手にもなってくくださったことに、大変感謝しております。

ご卒業された方を含め、情報システム工学研究室の皆様は、研究に関するご指導や議論を行ってくださいました。大変感謝しております。

人とロボットのインタラクションに関して、著者は知識があまり無い所から研究を始めました。このような私でも博士論文をまとめることができたのは、関連分野の先輩方の先行研究から学ばせて頂いたからです。研究室をご卒業された先輩方や、研究室内外の研究者の皆様様の論文を読み、人と関わり合うロボットに関する研究の奥深さと応用可能性を学びました。

学会などの場で交流くださった皆様と、投稿論文に有益なアドバイスをくださった査読者の皆様から頂いた、著者の研究に関する専門的なアドバイスは、著者の研究をより良くしていく上で大変有益でした。また、人とロボットのインタラクションに関する研究コミュニティの中に、著者も仲間として加えて頂いている気持ちになり、非常に嬉しかったです。大変感謝しております。

日本科学未来館では、実験イベントを多く行わせて頂きました。実験イベントの遂行にあたり、保科様、伊藤様、酒井様、伊達様、蔣様をはじめとする日本科学未来館のスタッフの皆様と、実験イベントに参加して下さった皆様に変感謝しております。科学館というフィールドで継続的に研究を行うことができ、本当に貴重な経験をさせて頂きました。大学の中に籠りがちな著者にとって、バックグラウンドの異なる皆様のお話を伺うことはとても楽しく、いつも刺激を受けていました。大学の中にいるだけでは、研究の成果がどのような方々に届く可能性があるのかを知ることはできなかったと思うのですが、日本科学未来館で様々な方と関わる機会を頂き、皆様の幸せに貢献できるロボットを届けたい、という気持ちを強くすることができました。

実験の遂行にあたり、学部生の頃から辛抱強く著者の研究に付き合ってくれた Pepper の Cinnamon, Olive, Hop, Peppermint, Basil と、NAO の Lapis, Garnet に大変感謝しております。

日本科学未来館において実験を進める上で、科学コミュニケーションという興味深い分野に出会うことができました。科学コミュニケーションの学びにあたり、日本科学未来館の皆様と、大学院の副専攻 科学技術インタープリター養成プログラムの先生方、同期の皆様に変感謝しております。

博士論文の提出手続きにあたり、学際情報学府の事務室の職員の皆様によくの場面で助けいただきました。大変感謝しております。

日々の研究活動は、楽しいことばかりではなく、論文や申請書が採択されない苦しさやプレッシャーで辛いことも多くありました。そのような毎日を穏やかに過ごすことができたのは、大学図書館や食堂、御殿下体育館などの職員の皆様、著者と関わって下さった家族、親戚、友人の皆様のお陰です。大変感謝しております。また、Google STEP 2018 の皆様は、情報科学に関する学びの場を提供して下さりました。そして、リーディング大学院 多文化共生・統合人間学プログラムと立石科学技術振興財団から研究活動費における御支援を頂戴致しました。大変感謝しております。さらに、子どもの頃から傍にいてくれた、ぬいぐるみの「くまさん」にも大変感謝しております。

ここで名前をあげさせていただいた方々は、著者が感謝したい方の一部にすぎません。今この論文を読んでくださっている方もありがとうございます。

これからは、恵まれた環境で学び、研究を続ける機会を与えていただいたことに対する感謝の気持ちを忘れず、社会に対して自分にできることを考えて恩返ししていきたいと考えて

おります。

最後に、長きに渡り著者を支えてくださり、研究する機会を与えてくださった両親に大変感謝いたします。

2022年1月28日 東風上 奏絵

付録

A.1 第2章補足：総合的な学習の時間と特別活動の用語説明

A.1.1 総合的な学習の時間

総合的な学習は、「探究的な見方・考え方を働かせ、横断的・総合的な学習を行うことを通して、よりよく課題を解決し、自己の生き方を考えていくための資質・能力」を育成することを目的とした学習である（[3], p. 8）。学習指導要領[3]では、扱う課題の例として、以下3つが説明されている（p. 29-30）。

国際理解、情報、環境、福祉・健康などの現代的な諸課題に対応する横断的・総合的な課題
社会の変化に伴って切実に意識されるようになってきた現代社会の諸課題のことであり、以下の例がある（[3], p. 74-75, p. 77）。

- 地域に暮らす外国人とその人たちが大切にしている文化や価値観（国際理解）
- 情報化の進展とそれに伴う日常生活や社会の変化（情報）
- 身近な自然環境とそこに起きている環境問題（環境）
- 身の回りの高齢者とその暮らしを支援する仕組みや人々（福祉）
- 毎日の健康な生活とストレスのある社会（健康）
- 自分たちの消費生活と資源やエネルギーの問題（資源エネルギー）
- 安心・安全な町づくりへの地域の取組と支援する人々（安全）
- 食をめぐる問題とそれに関わる地域の農業や生産者（食）
- 科学技術の進歩と自分たちの暮らしの変化（科学技術）

地域の人々の暮らし、伝統と文化など地域や学校の特色に応じた課題 町づくり、伝統文化、地域経済、防災など、各地域や各学校に固有な諸課題のことであり、以下の例がある（[3], p. 75, p. 77）。

- 町づくりや地域活性化のために取り組んでいる人々や組織（町づくり）
- 地域の伝統や文化とその継承に力を注ぐ人々（伝統文化）
- 商店街の再生に向けて努力する人々と地域社会（地域経済）
- 防災のための安全な町づくりとその取組（防災）

児童の興味・関心に基づく課題 児童がそれぞれの発達段階に応じて興味・関心を抱きやすい課題のことであり、以下の例がある（[3], p. 76, p. 77）。

- 実社会で働く人々の姿と自己の将来(キャリア)
- ものづくりの面白さや工夫と生活の発展(ものづくり)
- 生命現象の神秘や不思議さと、そのすばらしさ(生命)

A.1.2 特別活動

学習指導要領 [2] をもとに説明すると、特別活動とは「 集団や社会の形成者としての見方・考え方」を働かせながら「 様々な集団活動に自主的、実践的に取り組み、互いのよさや可能性を發揮しながら 集団や事故の生活上の課題を解決する」ことを通して、資質・能力を育むことを目指す教育活動のことである (p. 11). 特別活動を通して育成を目指す資質・能力は、「 多様な他者と協働する様々な集団活動の意義や活動をする上で必要となることについて理解し、行動の仕方を身に付けるようにする」こと、「 集団や自己の生活、人間関係の課題を見だし、解決するために話し合い、合意形成を図ったり、意思決定したりすることができるようにする」こと、「 自主的、実践的な集団活動を通して身に付けたことを生かして、集団や社会における生活及び人間関係をよりよく形成するとともに、自己の生き方についての考えを深め、自己実現を図ろうとする態度を養う」こととされている (p. 18-19). 特別活動は、学級活動、児童会活動、クラブ活動、学校行事から構成される (p. 11).

学級活動

学級活動は、共に生活や学習に取り組む同年齢の児童で構成される集団である「学級」において行われる活動のことである ([2], p. 43). 学級活動は、話し合い活動、係活動、集会活動から構成される ([2], p. 70). 話し合い活動とは、学級会などの、学級や学校の生活をよりよくするための課題を学級全員で話し合う活動のことである ([2], p. 70-71). 係活動とは、児童の力で学究生活を楽しく豊かにすることをねらいとした、学級の児童が学級内の仕事を分担処理する活動のことである ([2], p. 71). 学級全員で分担する清掃や給食、交替しながら行う日直、飼育、栽培等の活動などの、当番活動も含まれる ([2], p. 61). また、集会活動は、学級生活を一層楽しく豊かにするために、学級の全児童によって行われる活動のことである ([2], p. 72). また、学級活動の中で行われる、キャリア教育では、子どもが地域の専門的な立場の大人の発表を聞くことがある ([2], p. 65).

児童会活動

児童会活動は、学級全体の生活を共に楽しく豊かにするために学校の全児童をもって組織する異年齢集団の児童会による自発的、自治的な活動のことである ([2], p. 84). その例として、代表委員会活動、委員会活動、児童会集会活動がある ([2], p. 95-97). 代表委員会活動は、児童会として学校生活の充実と向上を図るために、学校生活に関する諸問題について話し合い、その解決を目指した活動のことである ([2], p. 95). 委員会活動は、主として高学年の全児童が、いくつかの委員会に分かれて、学校全体の生活を共に楽しく豊かにするための活動を分担して行う活動のことである ([2], p. 96-97). 児童会集会活動は、児童会の主催で行われる集会活動のことである ([2], p. 97). 児童会活動には、活動の計画や内容について話し合ったり活動状況の報告や連絡をしたりするもの、学年や学級が異なる児童と共に楽しく触れ合い、交流を図ることを目指すものなどが含まれる。

クラブ活動

クラブ活動は、主として第4学年以上の児童で組織される学年や学級が異なる同好の児童の集団によって行われる活動のことである ([2], p. 102). 各クラブの児童が自分たちの共通の興味・関心を追求するための内容や方法などについて話し合い、年間や学期、月ごとなどに具体的な活動計画を立てたり、役割を分担しクラブの一員としての役割を果たして協力して実践したり、実践したことを振り返ってクラブの更なる充実を目指したりするなどの活動が含まれる ([2], p. 102). また、伝統芸能や文化に関するクラブ活動においては、子どもが外部講師の発表を聞くことがある ([2], p. 111).

学校行事

学校行事は、全校又は学年という大きな集団を単位として行われる活動のことである ([2], p. 116). その例として、儀式的行事、文化的行事、健康安全・体育的行事、遠足・集団的行事、勤労生産・奉仕的行事があり ([2], p. 118-119), これらの詳しい説明を以下にまとめている。学校行事のうち、幼児や障がいのある児童、異なる学校に在籍する児童との交流、高齢者、障がいのある人との交流が含まれるものがある ([2], p. 134).

(1) 儀式的行事

全校の児童及び教職員が一堂に会し、学校生活に有意義な変化や折り目を付け、厳粛で清らかな気分を味わい、新しい生活の展開への動機付けとなるようにするた

めの行事である ([2], p. 120).

(2) 文化的行事

児童が各教科等における日頃の学習の成果を総合的に発展させ、発表し合い、互いに鑑賞する行事と、児童の手によらない作品や催し物を鑑賞する行事とがある ([2], p. 122). 文化的行事のうち、児童の手によらない作品や催し物を鑑賞する行事では、保護者や地域の人と共に参加し、感想を伝え合う場合がある ([2], p. 122).

(3) 健康安全・体育的行事

健康診断や給食に関する意識を高めるなどの健康に関する行事、避難訓練や交通安全、防犯等の安全に関する行事、運動会や球技大会等の体育的な行事などがある ([2], p. 123). 防災訓練は地域の人との連携が含まれる ([2], p. 123).

(4) 遠足・集団宿泊的行事

自然の中での集団宿泊活動などの平素と異なる生活環境にあつて、見聞を広め、自然や文化などに親しむとともに、よりよい人間関係を築くなどの集団生活の在り方や公衆道徳などについての体験を積むことができるようにすることに関連する行事である ([2], p. 124).

(5) 勤労生産・奉仕的行事

飼育栽培活動、校内美化活動、地域社会の清掃活動、公共施設等の清掃活動、福祉施設との交流活動などがある ([2], p. 127).

A.2 第3章補足: 科学コミュニケーション分野における本研究で行った実践活動の位置付けと

日本科学未来館で著者が実施・参加した実践活動の概要

A.2.1 科学コミュニケーション分野における本研究で行った実践活動の位置付け

本研究で実施する活動の位置づけを示すために、科学コミュニケーション活動の種類を分類し説明する。また、これまでロボットやロボット研究に関して行われてきた科学コミュニケーション活動の例を説明する。

(1) 科学コミュニケーション活動の種類

科学コミュニケーションの定義は複数あるが、本研究ではシンプルに、科学技術の専門家と非専門家の科学技術に関する情報のやり取りと考える。ここでの専門性とは、科学コミュニケーションで取り上げる特定のテーマに対するものであり、専門家(または非専門家)には、科学者、政策担当者、市民、ジャーナリスト、広報、科学コミュニケーターといった人が含まれる。

科学コミュニケーションは、コミュニケーションの方向性に応じて、一方向と双方向コミュニケーションに分けられる [177]。一方向コミュニケーションでは、専門家による科学技術情報の拡散 [178] が、書籍や報道、博物館などを通して行われる。双方向コミュニケーションでは、専門家と非専門家がお互いに情報をやり取りする [179]。科学コミュニケーションは、コミュニケーションの方向性と目的に応じて、以下のように分類できる。このうち、本研究で着目する科学コミュニケーション活動は、(b)に分類される。

(a) 非専門家に向けた科学技術に関する話題や行動喚起

科学技術分野の学問としての重要性を発信し、研究に対する理解獲得や後進の人材を増やすこと、科学技術に関する不確かさを持った問題(例: 疫病, 災害)に対処する目的で行われ、一方向・双方向コミュニケーション両方からなる。一方向の例として、科学報道・番組、書籍、講演会、博物館、ブログ、ポッドキャスト、YouTube 配信などが、双方向の例として、サイエンスカフェ [180]、観客参加型 YouTube 配信、研究室見学ツアー、博物館の対話活動(例: モンキーセンターのキュレーター [181])、体験活動 [107]、研究データ分類への参加(例: GALAXY CRUISE¹) などがある。

(b) 専門家と非専門家による科学技術の方向性の共考

トランス・サイエンス(科学に問うことはできるが、科学だけでは答えることのできない問題) [182]への対処や、様々な視点から新しい科学技術研究の方向性を検討する目的で行われ、双方向コミュニケーション形式からなる。例えば、未来設計会議 [183]、博物館の対話活動(例: 日本科学未来館の科学コミュニケーター)、ハッカソン [184] などがある。

(c) 専門家と非専門家による科学技術を用いた社会問題解決

¹<https://galaxycruise.mtk.nao.ac.jp/>

科学技術による社会貢献を目的とし、双方向コミュニケーション形式からなる。例えば、離島の社会問題解決 [185]、サイエンスショップ [186] などがある。

(d) 専門家と非専門家による科学技術政策策定に向けた協働

トランス・サイエンス [182] に対処する目的で行われ、双方向コミュニケーション形式からなる。例えば、討論型世論調査²、コンセンサス会議 [187]、研究開発における倫理的・法的・社会的課題に関する議論 [188] などがある。

**(2) ロボットやロボット研究に関して行われてきた
科学コミュニケーション活動の例**

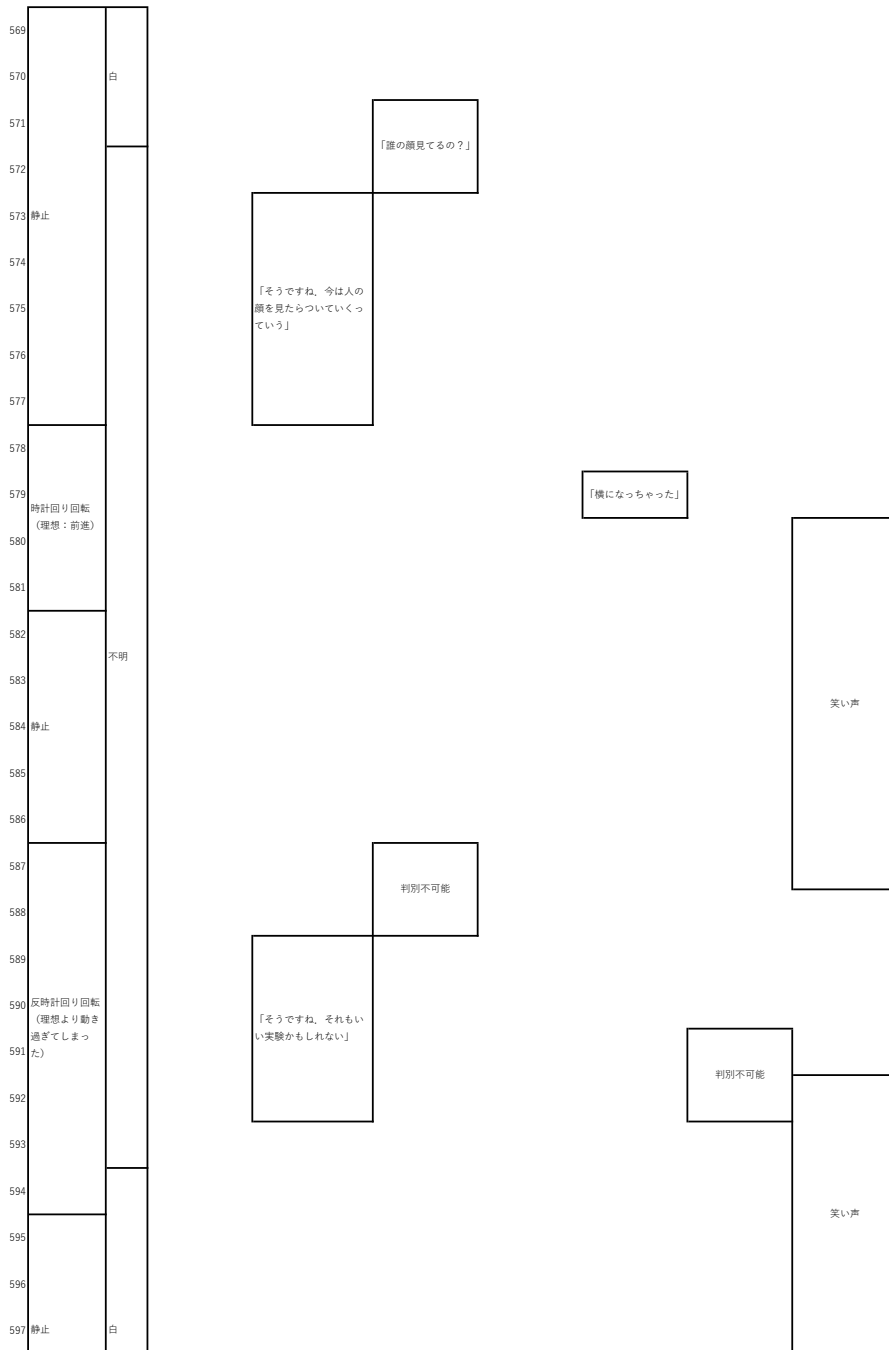
これまで、ロボットに関する科学コミュニケーション活動は、主にロボットやロボット研究の魅力を知ってもらう目的で行われてきた (先ほどの分類のうち、(a) 非専門家に向けた科学技術に関する話題や行動喚起に該当)。例えば、「科学のびっくり箱! なぜなにレクチャー」 [107] は、企業の技術者が子どもを対象に行う工作体験プログラムである。科学技術に関する様々な題材を扱う中に、ロボットに関する体験プログラムが含まれている。また、大学の工学部の広報の観点から、ロボット研究者による講演会や、研究室開放・ロボットのデモンストレーションが行われている [108]。また、ロボット研究者とロボットアニメのクリエイターによるパネルディスカッションといった、幅広い人にロボットやロボット研究に興味を持ってもらうために工夫されたイベントが行われている [108]。

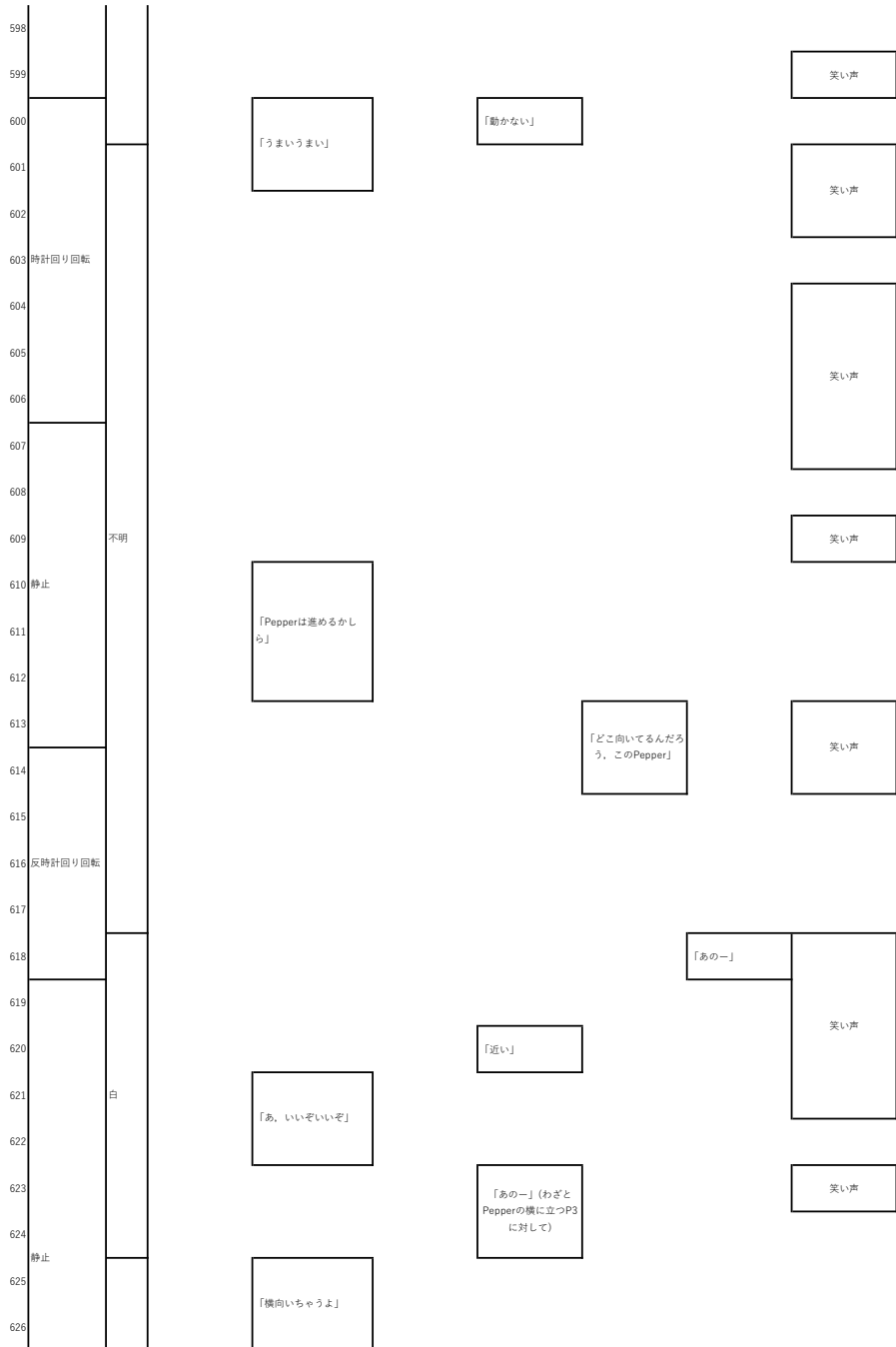
²<https://keiodp.sfc.keio.ac.jp/>

A.2.2 日本科学未来館で著者が実施・参加した実践活動の概要

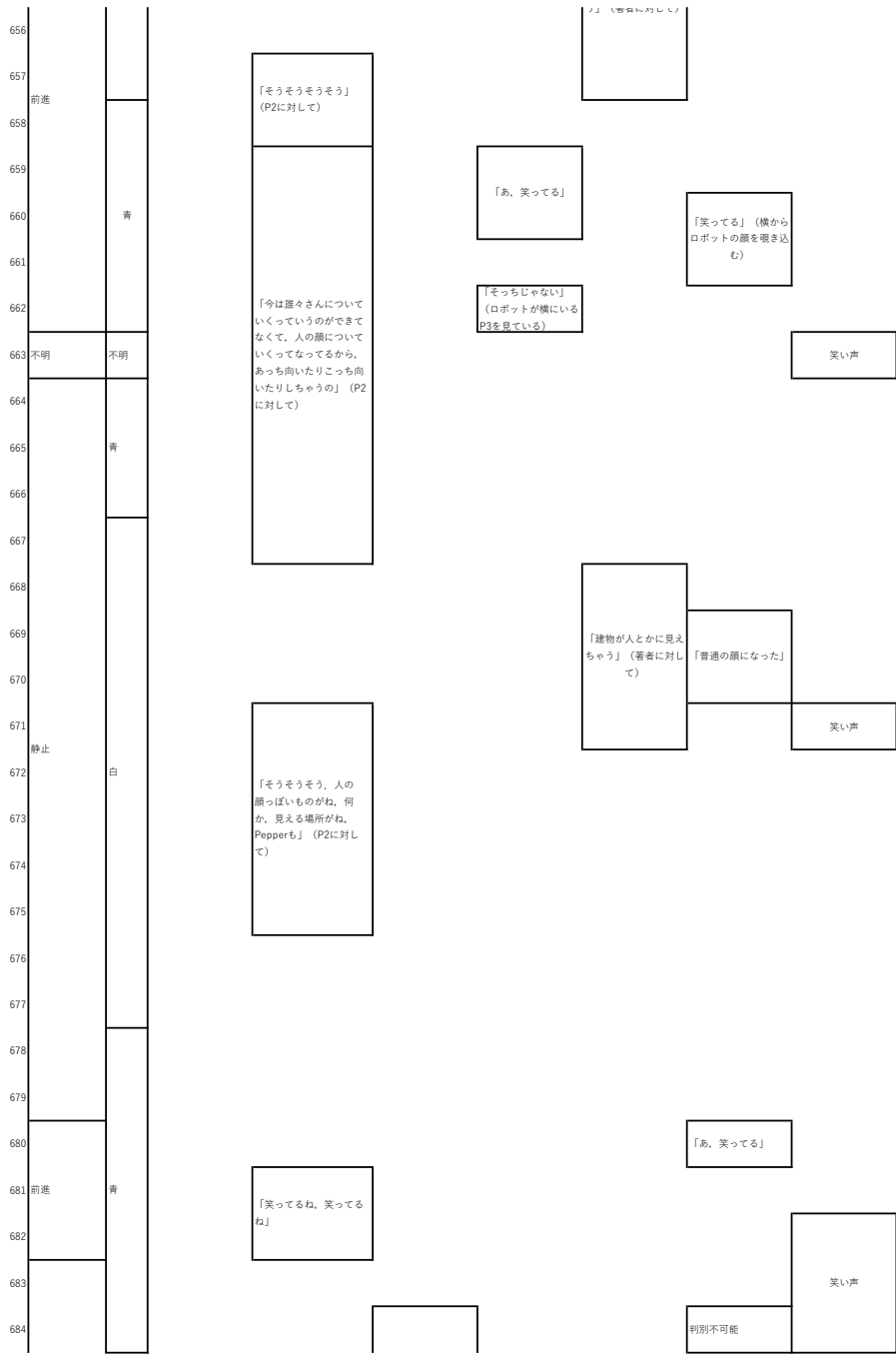
Table A.1: 日本科学未来館で著者が実施・参加した実践活動の概要. 著者は約5年間で14の実践活動に関わった. 本研究で着目したのは, [6], [7] (評価1), [2] (評価2), [12], [13] (評価3, 4) である. 本研究で着目した実践活動は一部だが, それ以外の実践活動は, 人のみで発表する際の子どもとの交流の難しさを感じるきっかけ ([9]) や, 着目する実践活動の試行 (例えば, 評価1 (一部) の試行: [3], 評価2 (一部) の試行: [1], 評価4の試行: [4] (評価4の一部), [11]) として位置づけられる.

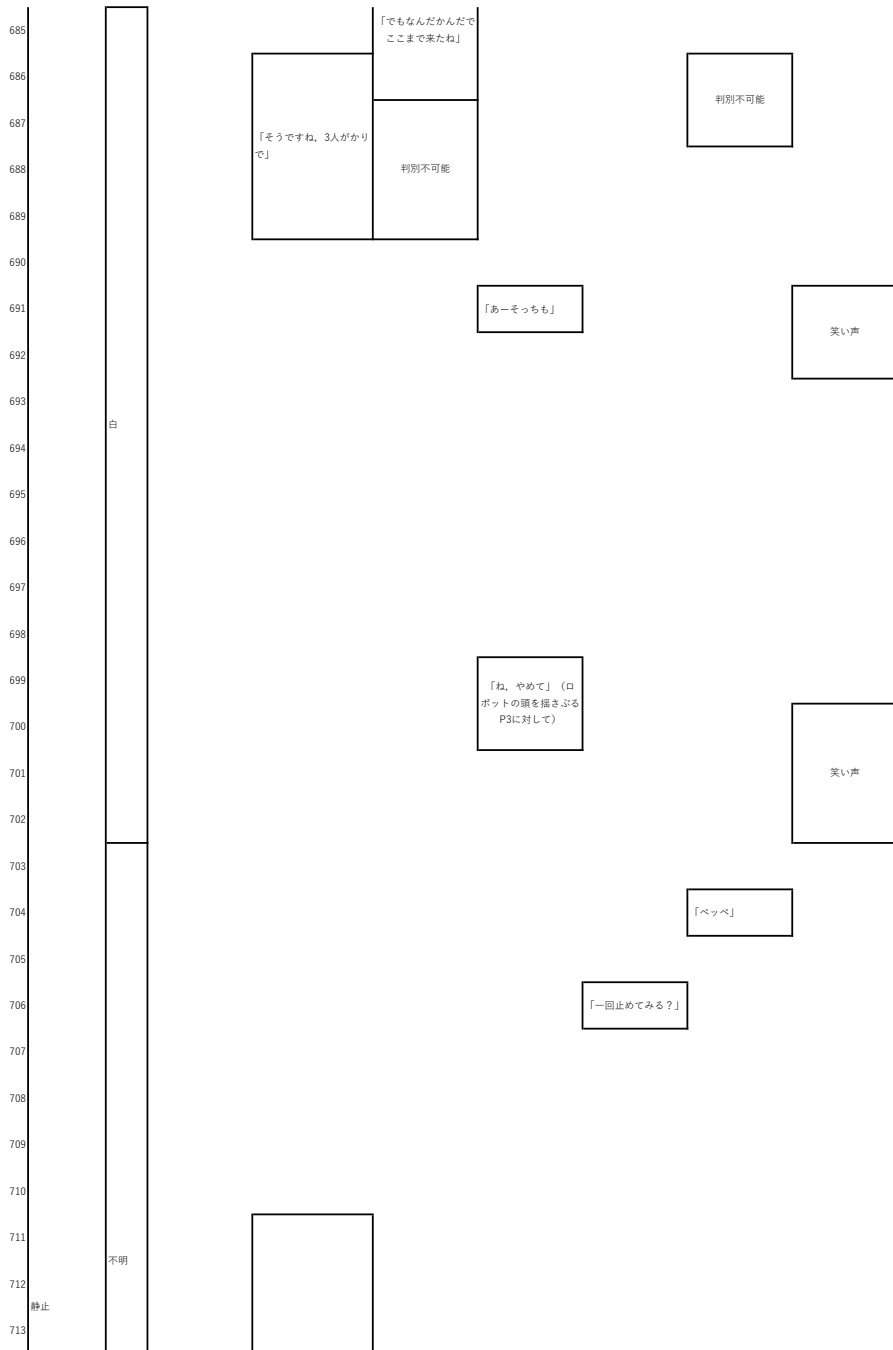
実践活動名	実践活動の概要	日時	参加者概要
[1] サイエンスアゴラ 「未来館の研究棟を探検しよう！」	ひらがな文字カードを見せることによる ロボットとの会話体験 (予約制)	2014年11月 25分, 1回	4人の子どもとその保護者
[2]「ヒューマノイドプロジェクト」ツアー ロボットとコミュニケーション	子どもに質問した内容を台本に埋め込むことで ロボット同士の会話を展開していく様子の体験 (予約制)	2015年1月 90分, 2回	14名 (5組の家族, 子ども7名, 1回 目)
[3]「ヒューマノイドプロジェクト」ツアー ロボットと一緒に歩いてみよう	手引き誘導体験 (予約制)	2015年7月 75分, 3回	9名の小学生 (各回3名)
[4] オープンラボ2015 「いってみよう」	ロボットによる発表 (ロボットのみ, 予約制)	2015年10月 25分, 2回	40名 (各回20名)
[5]「ヒューマノイドプロジェクト」ツアー ロボットと話してみよう!	ロボットとの音声対話体験 (予約制)	2015年11月 60分, 3回	12名の小学生 (各回4名)
[6] オープンラボ2016・秋 ~Incoming Reality~「フリーウォーク」	手引き誘導や顔追従の体験 (オープンスペース)	2016年10月 2日間で計5時間	55名以上
[7] 実験イベント 「ロボットを目的地に連れていこう！」	手引き誘導や顔追従の体験 (予約制)	2016年10月・11月 60分, 8回	23名の小学生 (各 回2-3名)
[8] オープンラボ2017・夏 「フリーウォーク」	ロボットとの握手などの体験 (オープンスペース)	2017年8月 2日間で計8時間	子どもは71名
[9] サイエнтиスト・クエスト, “ロボッ トは機械であるべきか? それとも生き 物に近づくべきか?”	ロボット研究を行う大学院生による発表 (人のみ, オープンスペース)	2017年9月 30分, 2回	80名 (1回目: 25名, 2 回目: 55名)
[10] オープンラボ2017・秋 「フリーウォーク」	ロボットとの握手などの体験 (オープンスペース)	2017年10月 2日間で計8時間	子どもは24名
[11]「研究エリア」を一挙公開! オープンラボ夏休みスペシャル	ロボット研究を行う大学院生とロボットによる発表 (人・ロボット, オープンスペース)	2018年8月 2日間で計8時間	不明
[12] 研究エリア特別トーク 研究エリアからこんにちは! 研究者の卵のロボットの発表	ロボット研究を行う大学院生とロボットによる発表 (人・ロボット, オープンスペース)	2019年3月から11月 20分, 12回	各回 10名から45名
[13] オープンラボ夏休みスペシャル 「研究エリア」一挙公開!	ロボット研究を行う大学院生とロボットによる発表 (人・ロボット, オープンスペース)	2019年8月 2日間で計8時間	発表参加者は計 250名 (4回実施)
[14] オープンラボ 「みんなで判定! ~人型ロボットはキ ミの相棒になれるかな?」	ロボット研究を行う大学院生とロボットによる発表 (人・ロボット, 予約制)	2019年10・11月 90分, 5回	計64名

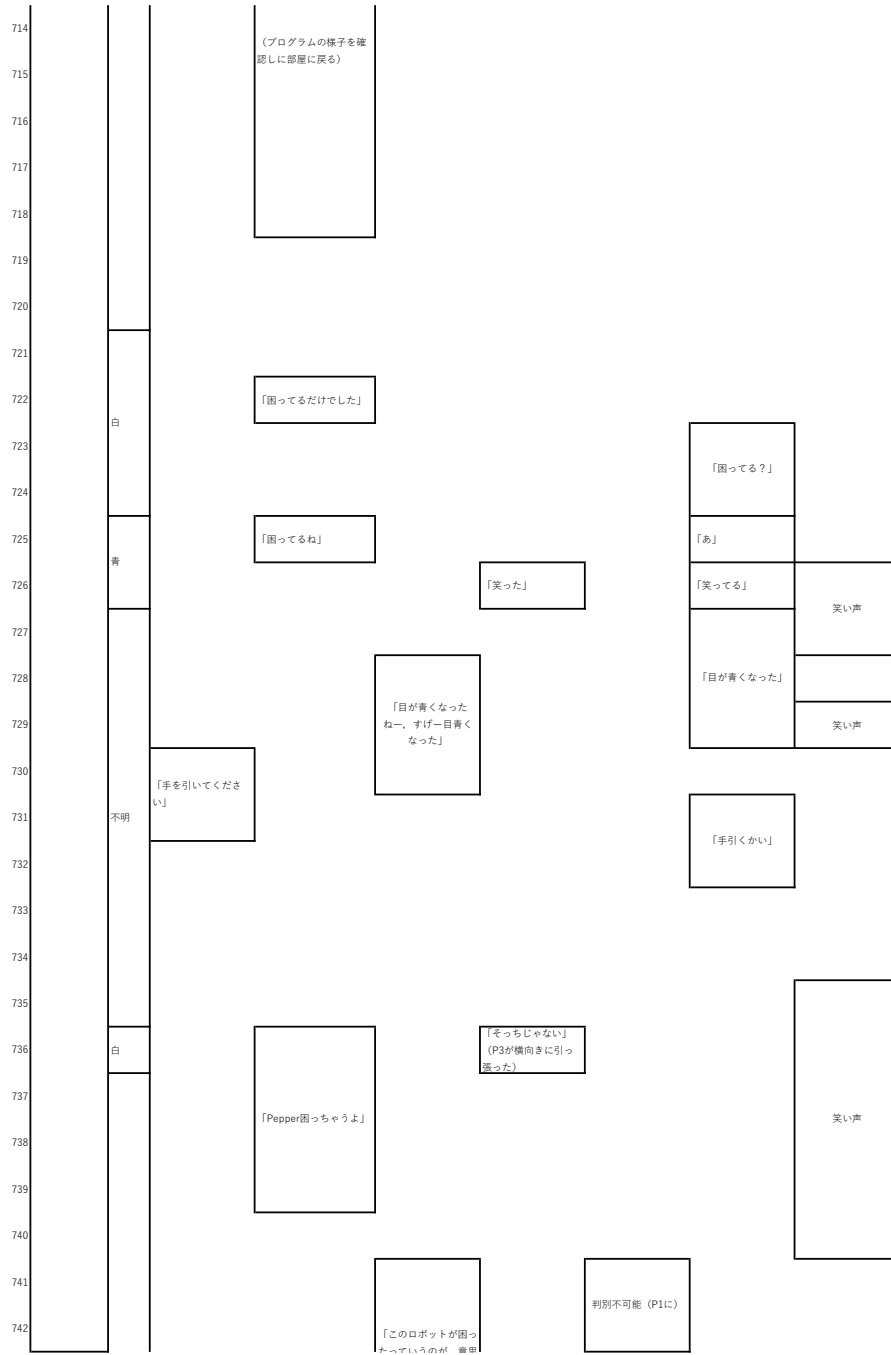


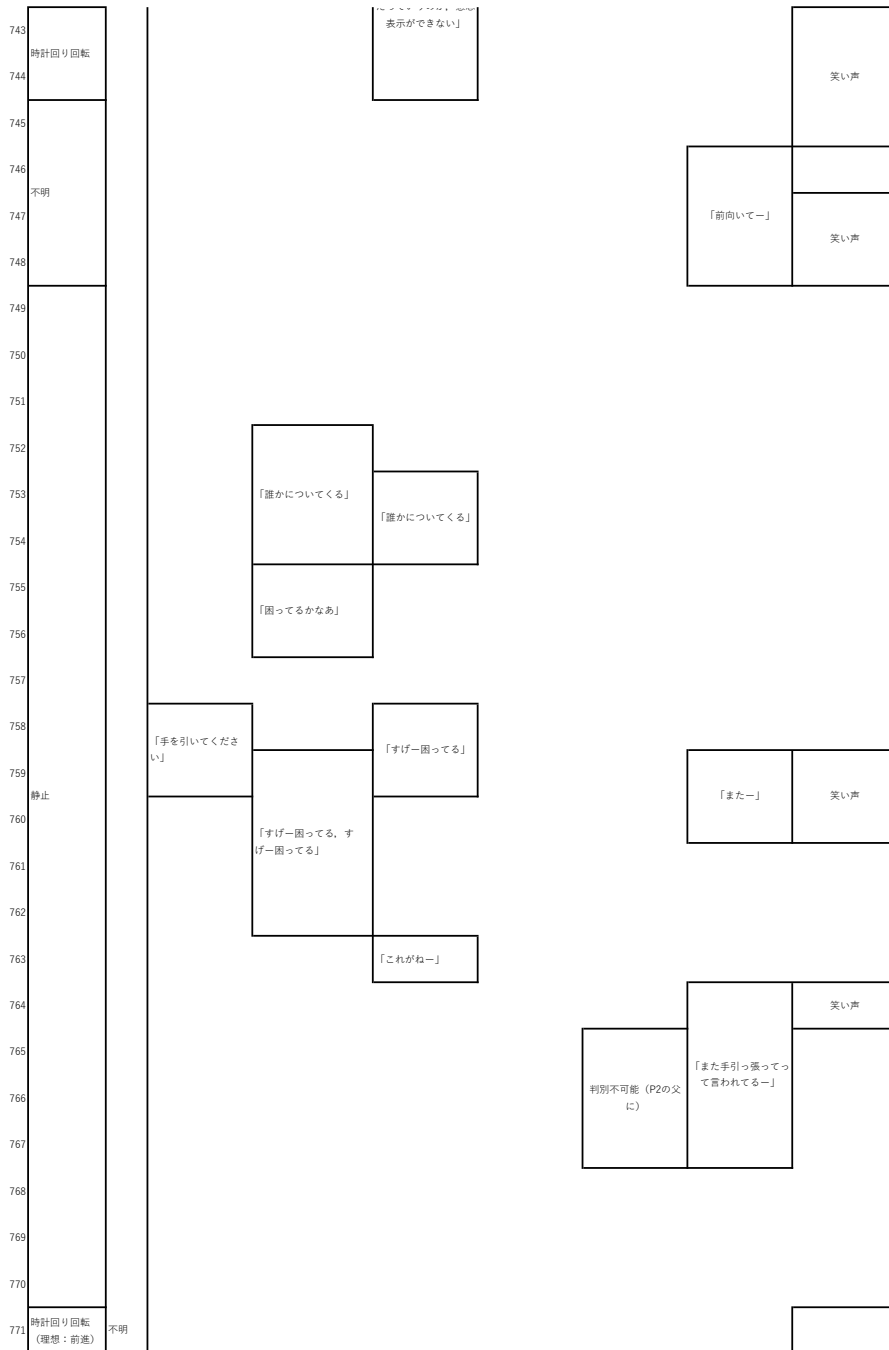


627				
628		不明		
629			「ここは前に進ませてあげようよ」	
630				
631	時計回り回転			
632	静止			
633	反時計回り回転			
634				
635				
636	静止		「皆で前に進ませてあげよう？」	
637				
638				
639			「うまいうまい」	
640			「そうそう、いいぞいいぞ」	
641				
642				
643	前進		「うまいぞ」	
644				
645		白		
646			「そうなんだよ、そうなんだよね」 (P2に対して)	「近くで駄目って言われるんだよね、たまに近くていい時もあるからしっかりしない」 (著者に対して)
647				
648				
649				
650	静止			「近すぎる」
651			「ロボットと仲良くするのってすごい難しいの」 (P2に対して)	
652				
653				
654				「一人の方がやりやすいけど、みんながやると色んな方向見ちゃえ」 (著者に対して)
655				

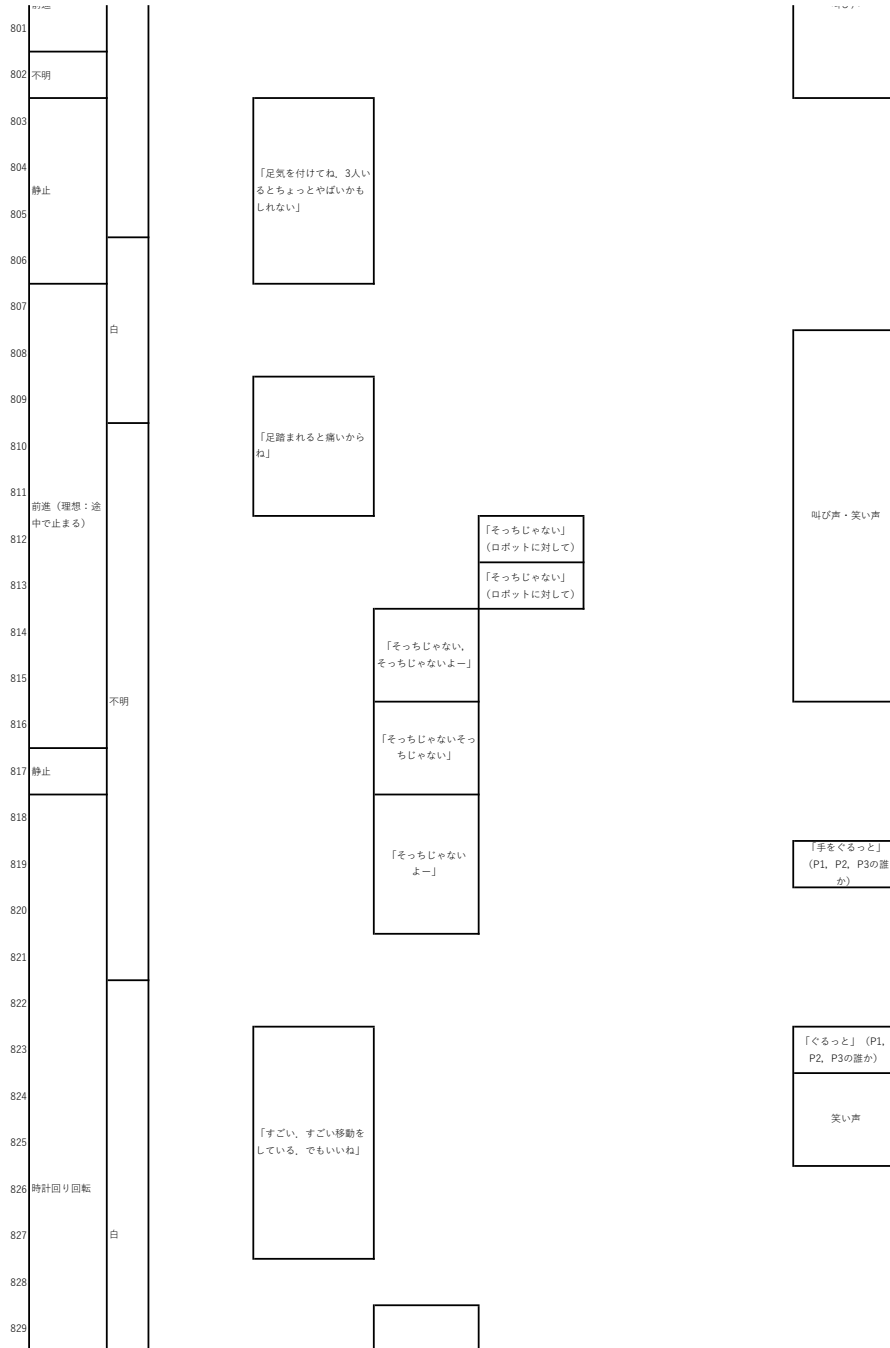






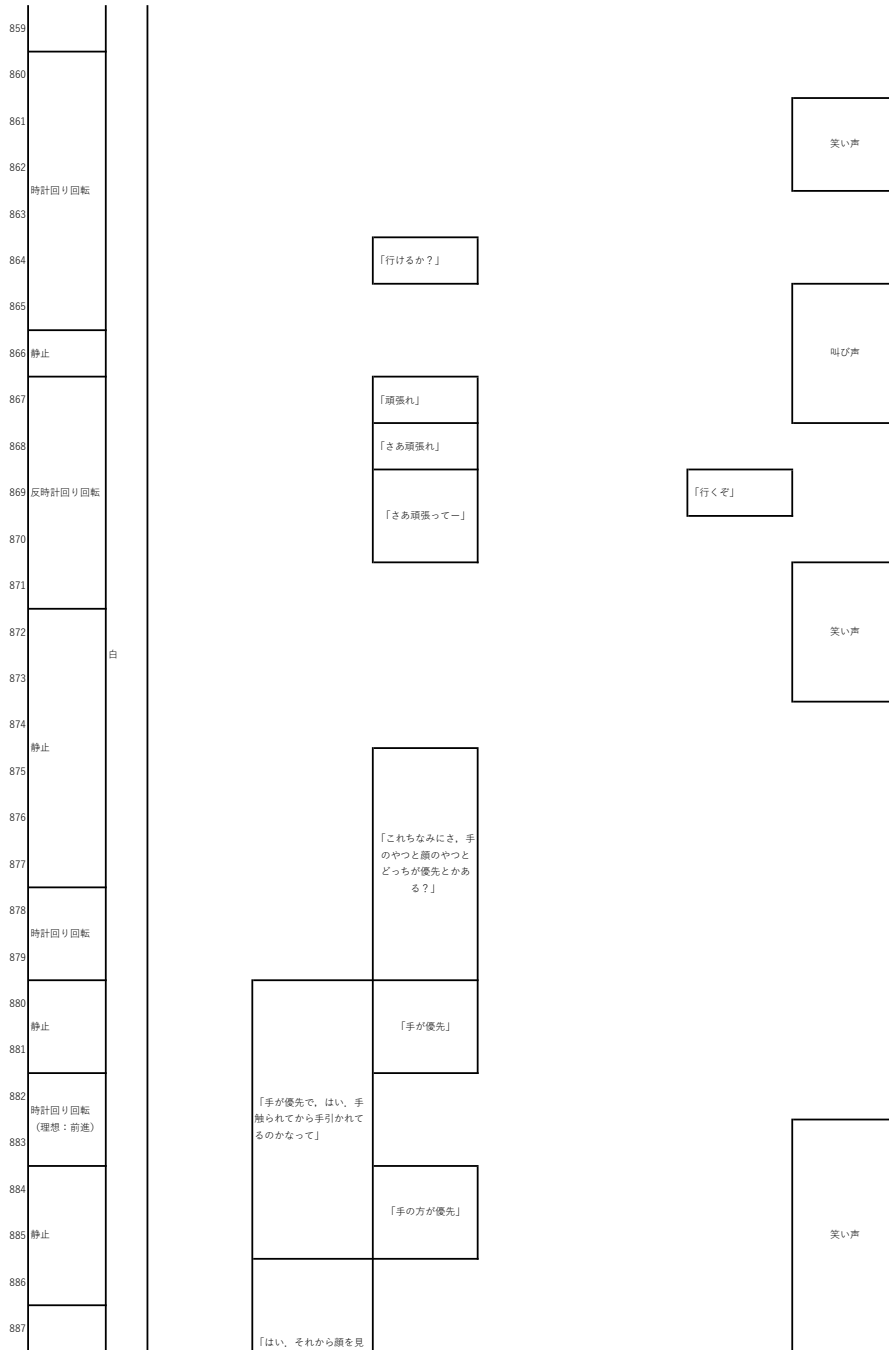


772				叫び声・笑い声
773				
774	不明			
775				
776		「気を付けて、気を付けて」		
777				
778	反時計回り回転		「そっじゃない (P3が横向きに引っ張った)」	叫び声・笑い声
779				
780				
781	不明			
782				
783	静止			
784				
785		「うまいうまいうまい、 足だけ、みんな足気を付けてね」		
786				
787				
788	前進	「足、Pepperにひかれ ちゃだめだよ」		
789				
790				
791		Pepperの肩を押さえて 「足足足！足足！」		
792				叫び声・笑い声
793				
794				
795		「ちょっと手戻す、手戻すよ、大丈夫？大丈夫？」		
796				「踏まれちゃうー」
797	時計回り回転			笑い声
798				
799				
800	静止	「よし」		叫び声



830					
831					
832					
833					
834					
835	前進				
836		不明			
837	静止				
838					
839					
840					
841	反時計回り回転				
842					
843					
844		白			
845	静止				
846					
847					
848	時計回り回転 (理想：前進)				
849					
850	静止	不明			
851					
852	反時計回り回転				
853					
854					
855					
856					
857	静止				
858					

「さうですねー、これだけ大きいものと遊ぶのはただあまりないのかなーと」	
「そっちに行っちゃろぞー」	叫び声・笑い声
「頭張れー（判別可能）頭張れ」	
「気を付けてね」	
「あとちょっとで痛いって言っちゃうから」	
「うまいぞ」	「頭張れ頭張れ頭張れ」
「みんな自分の足だけ、自分の足は気を付けて」	
	叫び声・笑い声
「頭張れ、そうそうそう、いいいいいよ」	



917			けて]	
918				叫び声・笑い声
919	時計回り回転		「足気をつけてよ」	
920				
921			「だい、大丈夫か？」	
922			「大丈夫かー？」	
923				
924	反時計回り回転	白	「さあ頑張れ、最後あとちょっと、はい頑張れ頑張れ」	叫び声・笑い声
925				
926				
927			「気を付けて」	
928	前進			
929				
930				
931				
932	時計回り回転	不明		
933			「うまいね、ありがとう」	
934		白		叫び声
935				
936			「足足扶まないで」	
937			「あ、足足足足足、手手手を置いて、手を手を手を下ろして、手を下ろして」	
938				
939	不明			
940				
941			「足大丈夫？」	
942		不明		
943	静止		「自分でほら、足を入れちゃ駄目だよそれは」(P3がロボットの足元にわざと足を入れようとした)	
944				
945				

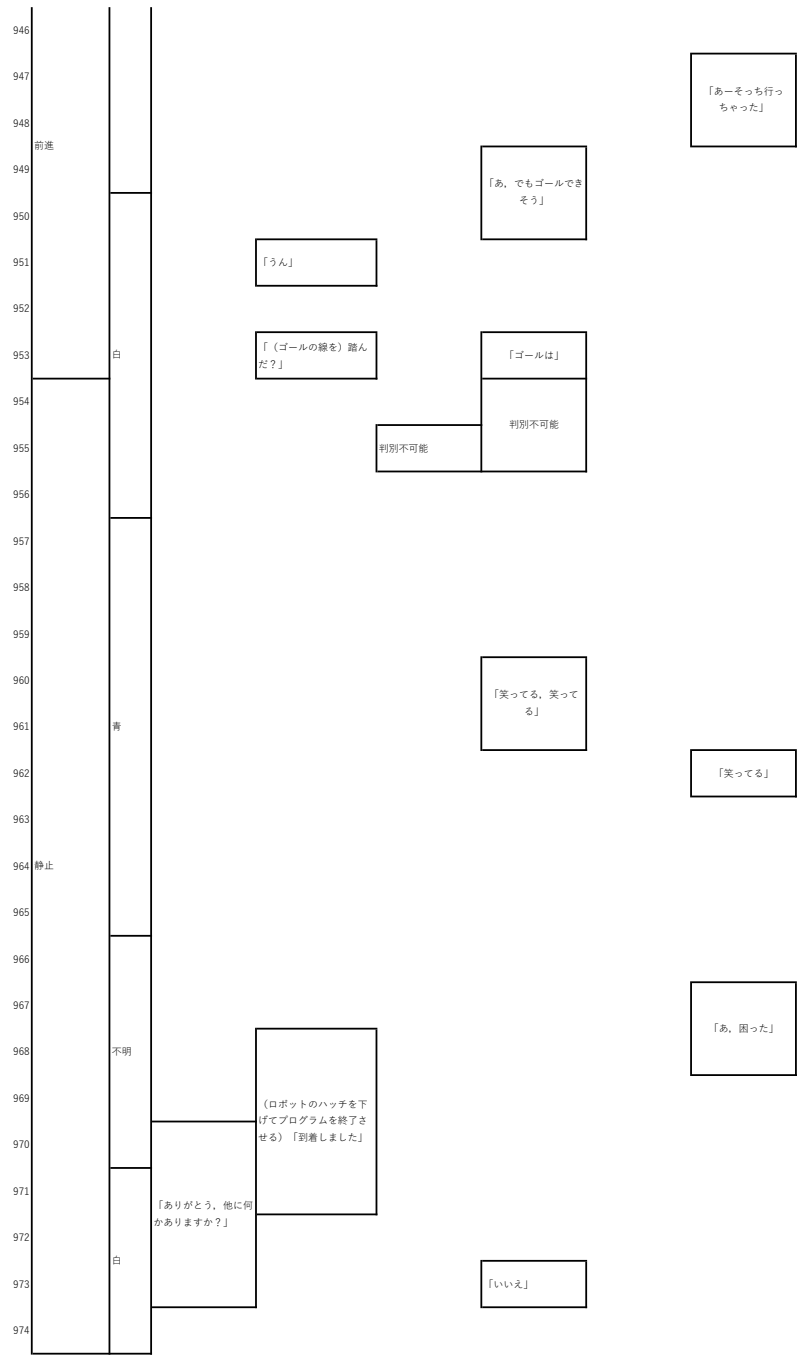


Fig. A.1: 5.3 節で述べた評価 1 の観察記録.

A.4 5.4節補足：評価2の観察記録

秒	NAO	Pepper	P10 (視線)	P10 (発話)	P11 (視線)	P11 (発話)	SC
1							
2		「うん、した」					
3							
4							
5							
6							
7							
8	「楽しかったな あ」						
9							
10							
11		「今日 はたくさん のお友だちができた ねえ」					
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18	「できたねえ」						
19							
20							
21							
22		「できたお友達の名前を 言っていこう」					
23							
24							
25							
26							
27							

判別不可能

28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41

「P11さん, P14さん, P10さん, P8さん, P6さん, P7さん」

42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55

「P4さん, P5さん, P3さん, P2さん, P2さん, P1さん, P10さん」

P5

56
57
58
59

自分の母 (P9)

60
61 「みんないろいろ
62 ところから来て
63 いるね」

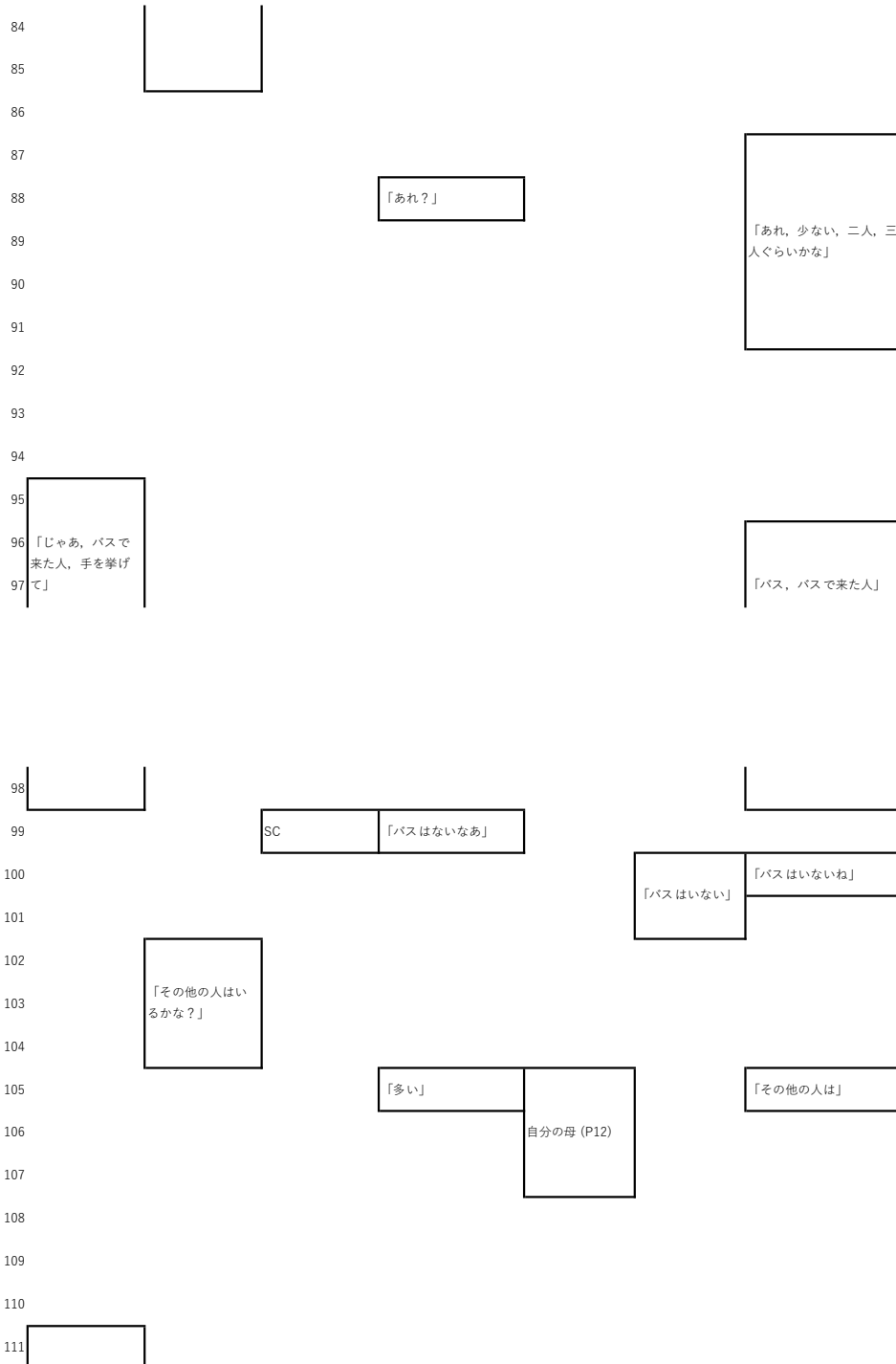
64
65
66
67 「そうだね、P5さ
68 さんは、未来館まで
69 「歩き」で来たん
だって」

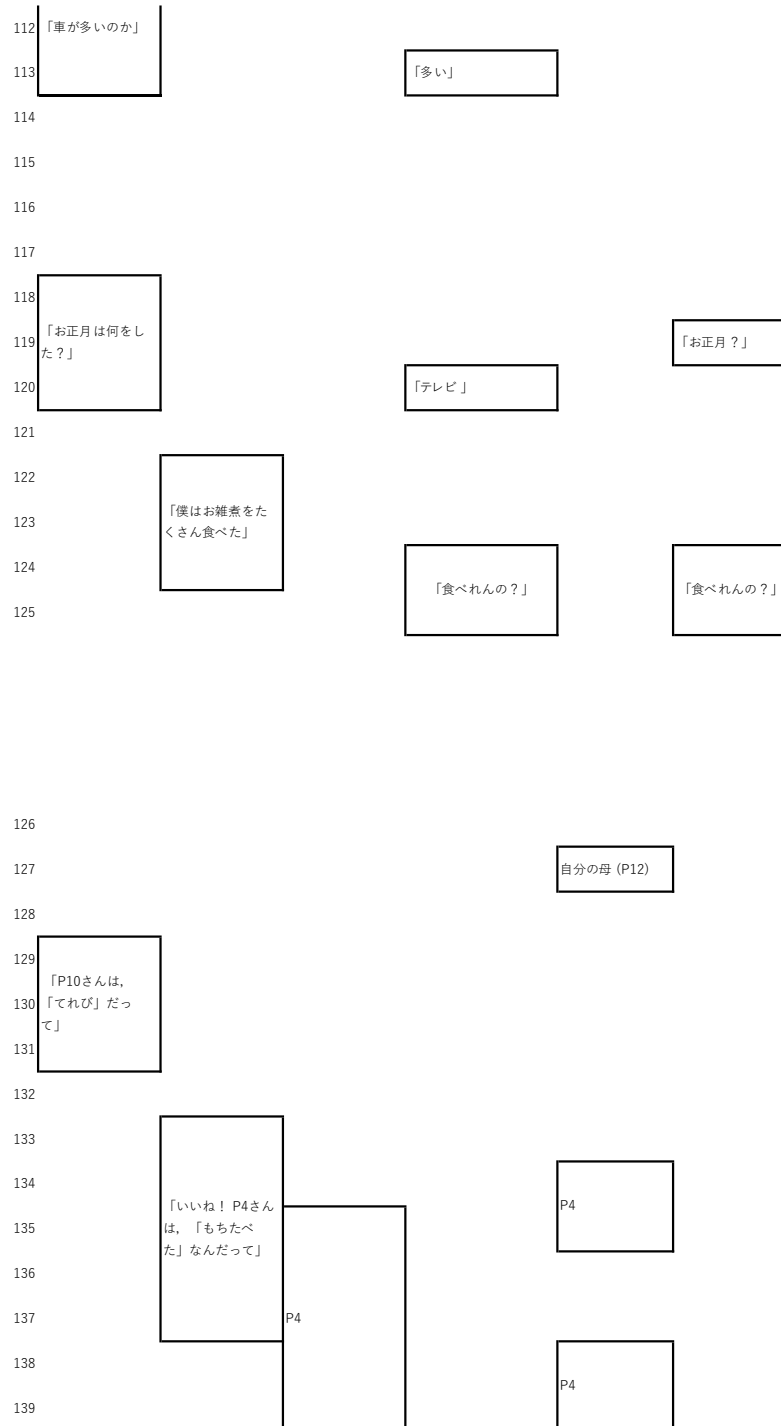
70
71
72

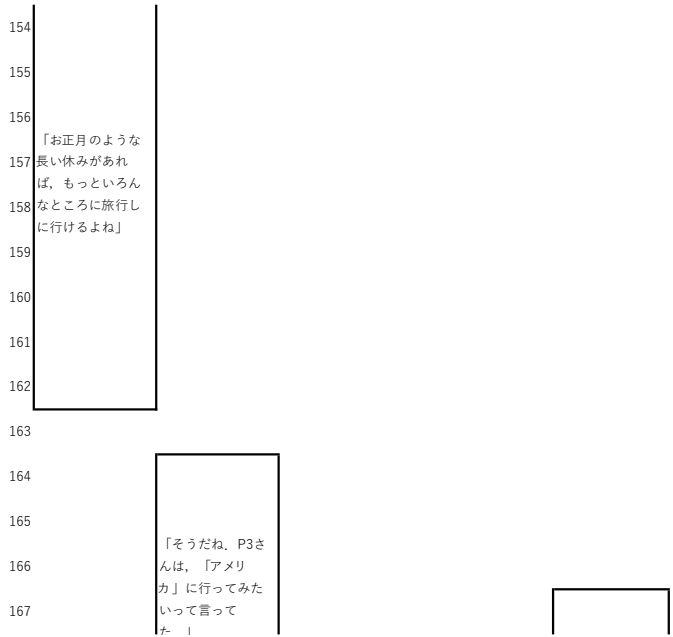
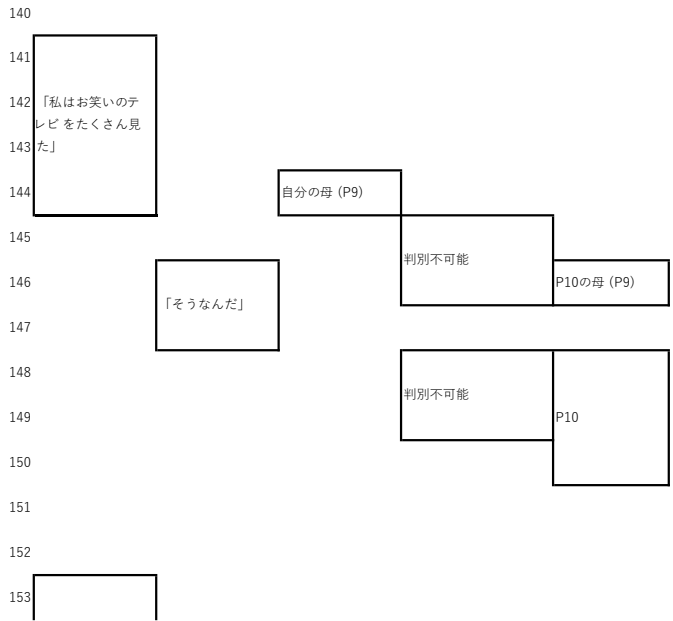
P5

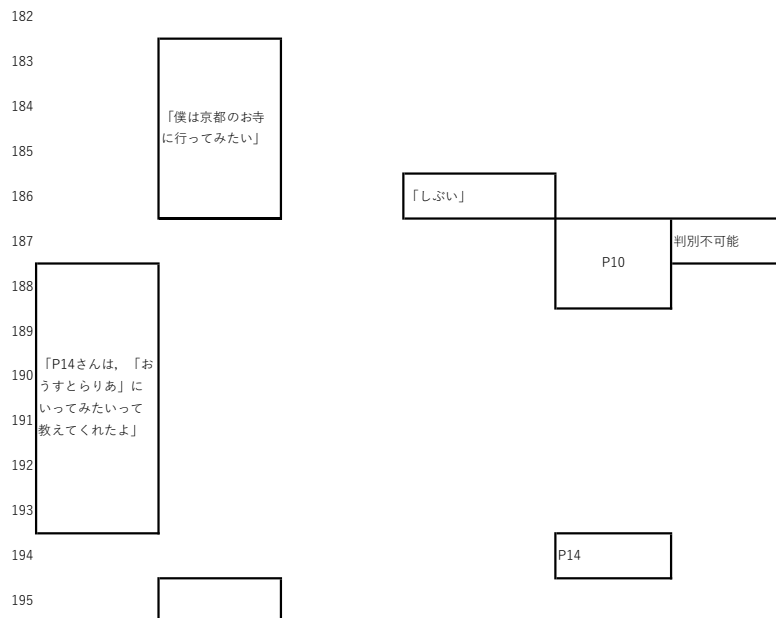
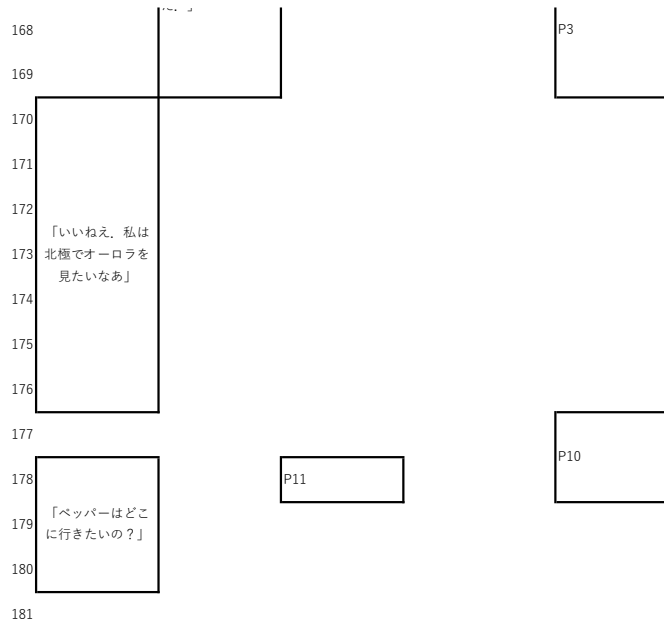
73 「P11さんは、「く
74 くくるま」で来た
75 んだって」（注：
76 「く」を2回余計に
認識したためこの
ような言葉になっ
ている）

77
78
79
80
81 「他のみんなはど
82 うかな？電車で来
83 た人、手を挙げて」









196
197 「それもいいね、
198 今度私達も行こう
199 ね」
200

201

202

203

204

205

206

207
208 「そういえば、学
209 校の宿題やっ
た？」

判別不可能

210
211

「え、あんの？」

212
213 「僕はちょっと
214 やった」

「あんの？」

215

「いつから始まんのか？」

216

217 「私は全然やって
218 ない」
219

自分の母 (P12) 笑い声

220

221
222
223

P?

224 「P2さんは、「理
225 科」が好きだっ
226 て、教えてもらえ
227 ばいいじゃない」

228

229

230

231

232

233 「本当だ、あの
234 ね、P8さんは「リ
235 か」が好きって
236 言っていたよ、
237 NAOも宿題頑張ろ
うっと」

「

P2

238

239

240

241

242 「がんばれ、
243 NAO」

244

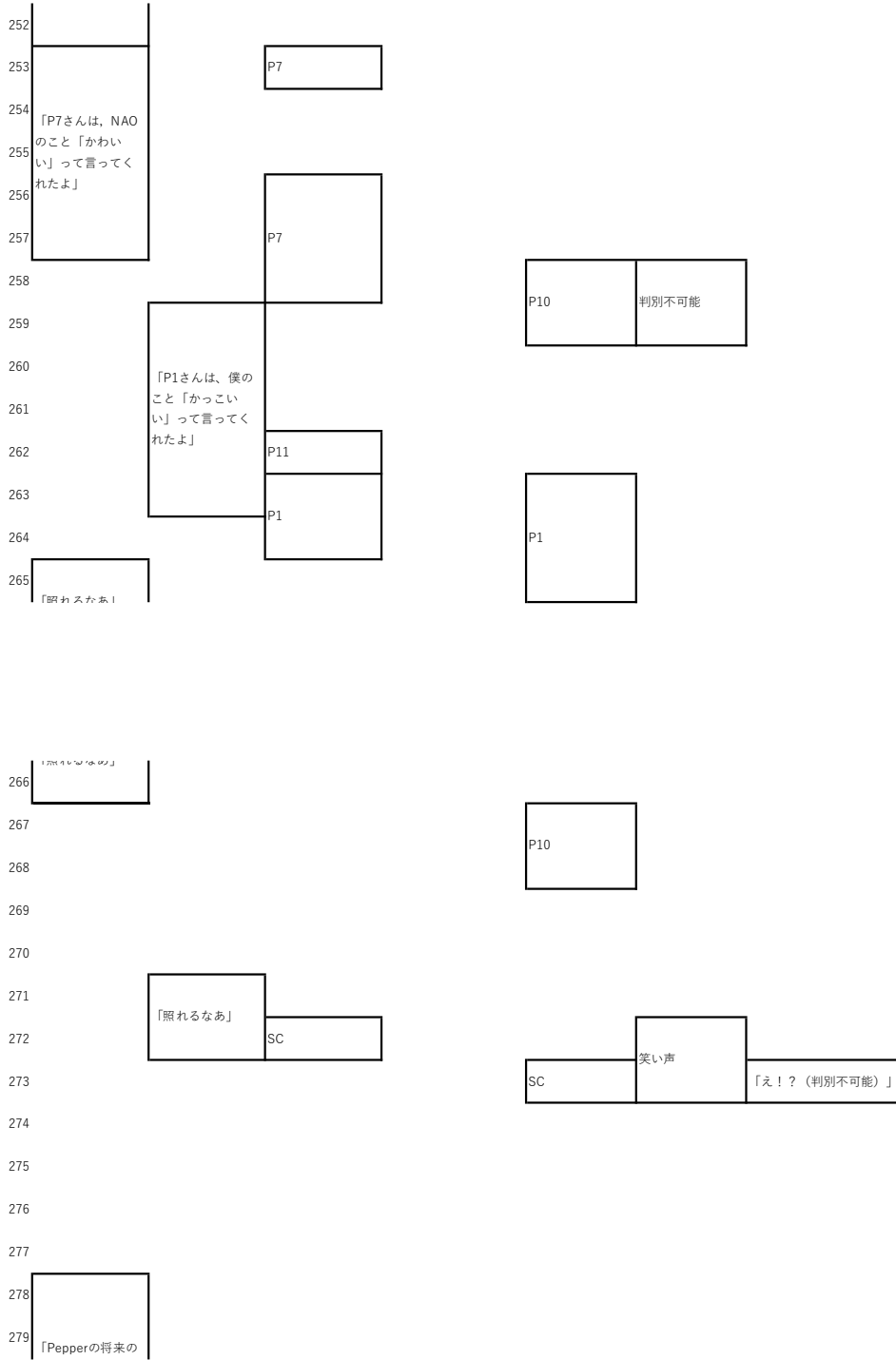
245 「あるの？」

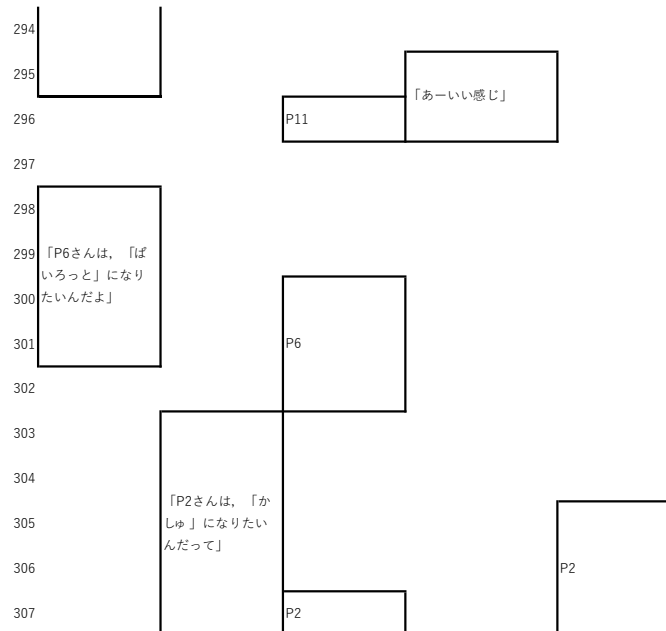
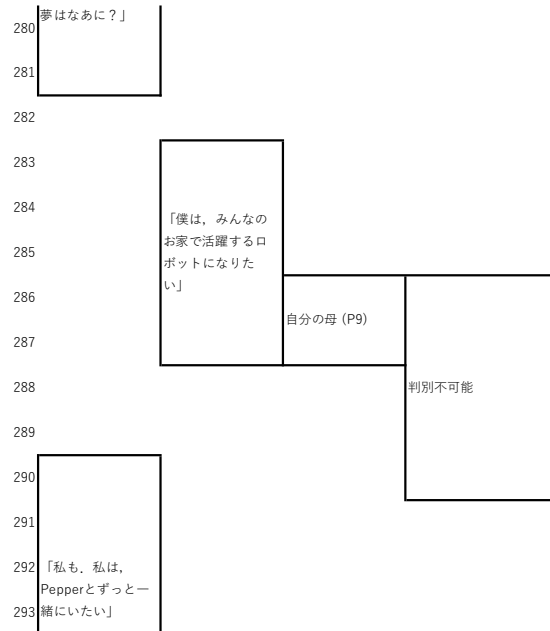
246 自分の母 (P12)

247 判別不可能

248 P10

249 「みんながNAOた
250 ちのことをどう
251 思っていたかも聞
いたよね」





308

309 「他のみんなはど
310 うかな？」

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

「P4さんは、何に
なりたい？」

P4

SC

P4

P4

SC

P4

「P4さん」

「P4さん、はい、何になり
たい？」

322

323

324 「素敵」

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

「P11さんは、ど
う？」

P11

「先生ですって」

「素敵って！」

「P11さんはどうですか？
何になりたい？将来。」

336

337

338

339

340

341

342

P11

343

344

自分の母 (P12)

345

346

P11

347

「テニス選手」

348

「おー」

「おー」

349

350

「みんなの夢が叶うといいね」

351

352

353

「いいですね」

354

355

「うん」

356

自分の父 (P13)

357

358

359

360

361

「みんな、仲良くしてくれて本当に」

362

363

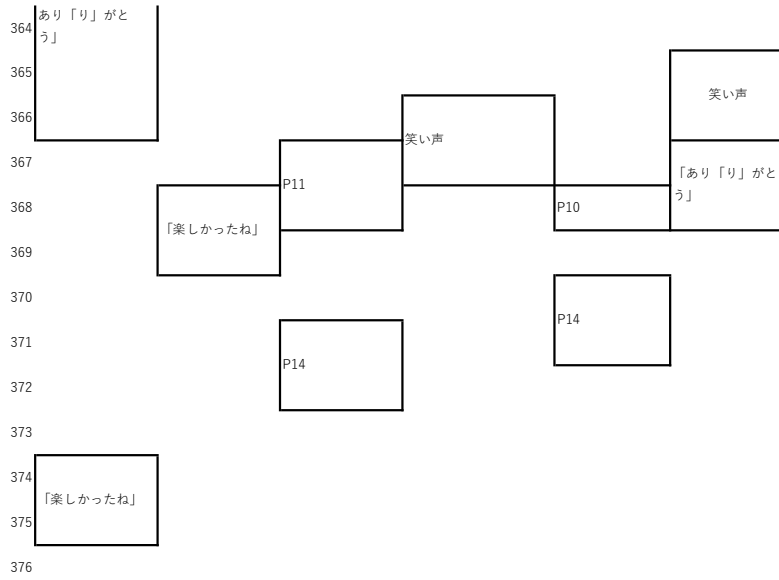


Fig. A.2: 5.4 節で述べた評価 2 の観察記録.

A.5 6.3節補足：評価3の観察記録

行き

番号	日時	動画ファイル	着目する時間
1	2019/8/23 (1回目)	GOPR0016	0:00-4:20

なし

番号	日時	動画ファイル	着目する時間			
1	2019/8/23 (1回目)	GOPR0016	8:06-11:15			
グループ番号	個人番号	時間	性別	すれ違っただけか	15秒以上の接近か	15秒以上の接近の場合：会話の有無
1	1	8:31	M			
2	2	8:33	M			
3	3	8:34	M			
4	4	8:53-8:55	M			
5	5	8:58-9:04	F		○	
6	6	8:58-9:05	M		○	
7	7	9:01-9:14	F			
8	8	9:01-9:14	F			
9	9	9:01-9:14	F			
10	10	9:01-9:09	M			
11	11	9:01-9:09	M			
12	12	9:09	M			
13	13	9:09-9:26	F		○	○
14	14	9:42-9:45	F			
15	15	9:47-9:49	M			
16	16	9:49-9:55	F			
17	17	9:53-9:57	F			
18	18	9:53-9:57	F			
19	19	10:11-10:14	F			
20	20	10:11-10:14	F			
21	21	10:17-10:20	M			

番号	日時	動画ファイル	着目する時間			
3	2019/8/23 (2回目)	GOPR0018	0:45-3:58			
グループ番号	個人番号	時間	性別	すれ違っただけか	15秒以上の接近か	15秒以上の接近の場合：会話の有無
1	1	1:11-2:27	M			
2	2	1:11-2:27	M			
3	3	1:11-2:27	M		○	○
4	4	1:11-2:27	F			
5	5	1:11-2:27	F			
6	6	2:42-3:18	F		○	○
7	7	2:42-3:18	F			

番号	日時	動画ファイル	着目する時間			
3	2019/8/23 (2回目)	GOPR0018	7:07-10:08			
グループ番号	個人番号	時間	性別	すれ違っただけか	15秒以上の接近か	15秒以上の接近の場合：会話の有無
3	8	7:21-8:34	F			
4	9	7:29-8:34	M			
5	10	7:31-7:32	M			
6	11	8:02-8:03	M	○		
7	12	8:51-8:56	M			

番号	日時	動画ファイル	着目する時間
5	2019/8/24 (1回目)	GOPR0020	0:10-3:35

なし

番号	日時	動画ファイル	着目する時間			
5	2019/8/24 (1回目)	GOPR0020	6:25-9:12			
グループ番号	個人番号	時間	性別	すれ違っただけか	15秒以上の接近か	15秒以上の接近の場合：会話の有無
1	1	7:50-7:58	F			

番号	日時	動画ファイル	着目する時間			
7	2019/8/24 (2回目)	GOPR0022	0:35-3:24			
なし						
番号	日時	動画ファイル	着目する時間			
7	2019/8/24 (2回目)	GOPR0022	7:17-9:54			
グループ番号	個人番号	時間	性別	すれ違っただけか	15秒以上の接近か	15秒以上の接近の場合：会話の有無
1	1	7:27-7:40	F			
2	2	9:03-9:06	M			
番号	日時	動画ファイル	着目する時間			
9	2019/9/18	GOPR0024	14:15-16:36			
なし						
番号	日時	動画ファイル	着目する時間			
12	2019/10/11	GOPR2538	0:23-2:53			
グループ番号	個人番号	時間	性別	すれ違っただけか	15秒以上の接近か	15秒以上の接近の場合：会話の有無
1	1	1:59-2:08	F			

Fig. A.3: 6.3 節で述べた評価3の観察記録(行き).

帰り

番号	日時	動画ファイル	着目する時間			
1	2019/8/23 (1回目)	GOPR0017	1:08-4:17			
グループ番号	個人番号	時間	性別	すれ違っただけか	15秒以上の接近か	15秒以上の接近の場合：会話の有無
1	1	1:08-2:11	M			
	2	1:08-2:11	M		○	○
	3	1:08-2:11	M			
2	4	2:30-4:17	F		○	○
	5	2:30-4:17	F			
3	6	2:39-2:47	M			
4	7	2:40-2:51	F			
5	8	3:46-3:48	F			
6	9	3:55-3:56	M			

番号	日時	動画ファイル	着目する時間			
2	2019/8/23 (1回目)	GOPR0017	7:49-10:28			
グループ番号	個人番号	時間	性別	すれ違っただけか	15秒以上の接近か	15秒以上の接近の場合：会話の有無
7	10	8:15-8:18	M			
8	11	8:34-9:41	F		○	○
9	12	8:48-8:53	F			
10	13	8:43-9:54	M		○	

番号	日時	動画ファイル	着目する時間			
4	2019/8/23 (2回目)	GOPR0019	0:41-4:03			
グループ番号	個人番号	時間	性別	すれ違っただけか	15秒以上の接近か	15秒以上の接近の場合：会話の有無
1	1	1:14-4:03	M		○	○
	2	1:14-4:03	F			

番号	日時	動画ファイル	着目する時間			
4	2019/8/23 (2回目)	GOPR0019	7:15-12:08			
グループ番号	個人番号	時間	性別	すれ違っただけか	15秒以上の接近か	15秒以上の接近の場合：会話の有無
2	3	7:45-7:53	F			
	4	7:45-7:53	F	○		
3	5	9:22	F			
4	6	11:23-11:26	M			

番号	日時	動画ファイル	着目する時間			
6	2019/8/24 (1回目)	GOPR0021	0:25-2:52			
グループ番号	個人番号	時間	性別	すれ違っただけか	15秒以上の接近か	15秒以上の接近の場合：会話の有無
1	1	1:09-2:52	M		○	○
	2	1:09-2:52	M			
2	3	1:23-1:48	M		○	
3	4	1:25	M			
4	5	1:48-2:09	M		○	
5	6	1:59-2:10	F			
6	7	2:01-2:03	M			
7	8	2:19-2:32	M			

番号	日時	動画ファイル	着目する時間			
6	2019/8/24 (1回目)	GOPR0021	5:48-8:49			
なし						

番号	日時	動画ファイル	着目する時間			
8	2019/8/24 (2回目)	GOPR0023	1:00-4:22			
グループ番号	個人番号	時間	性別	すれ違っただけか	15秒以上の接近か	15秒以上の接近の場合：会話の有無
1	1	1:09-4:22	M		○	○
	2	1:09-4:22	M			
2	3	3:23-3:27	M			

番号	日時	動画ファイル	着目する時間			
8	2019/8/24 (2回目)	GOPR0023	7:44-10:50			
グループ番号	個人番号	時間	性別	すれ違っただけか	15秒以上の接近か	15秒以上の接近の場合：会話の有無
3	4	9:41-10:50	M		○	○
4	5	10:06-10:25	M		○	
5	6	10:38-10:50	M			

番号	日時	動画ファイル	着目する時間			
10	2019/9/18	GOPR0025	0:30-3:20			
グループ番号	個人番号	時間	性別	すれ違っただけか	15秒以上の接近か	15秒以上の接近の場合：会話の有無
1	1	2:35	F	○		
2	2	2:36	M	○		
3	3	3:00-3:10	M			

番号	日時	動画ファイル	着目する時間
13	2019/10/11	GOPR2539	0:10-2:26

なし

Fig. A.4: 6.3 節で述べた評価3の観察記録(帰り).

A.6 6.4節補足：評価4の観察記録

秒	著者（発話）	著者（振る舞い）	ロボット（発話）	ロボット（振る舞い）	子ども（発話）	子ども（振る舞い）
318	「みなさんこんに ちは。」					
319						
320	「私はこの展示エ リアのお隣の研究 エリアという所か らやってきまし た、ヒューマノイ ドプロジェクトの 東風上です。」					
321						
322						
323						
324						
325						
326						
327						
328						
329						
330	「今日はここにい る、人型ロボット のPepper、名前は シナモンっていう んですけど」					
331						
332						
333						
334						判別不可能
335	「シナモンってい う名前付けてま す」	客席に対し微笑み顔 く				
336						
337	「一緒に発表して いきます。」					
338						
339						
340						
341						
342						
343						
344						
345						
346						
347						
348						
349						
350						
351	「今日のミッショ ンということで2					
352						

353 つ用意していま
354 す。1つ目は、こ
355 れから私達が発表
356 していくんですけど、この私達がど
357 うやって一緒に発
358 表しているかとい
359 うのを、仕組みを
360 見てみましょうと
361 いうものです。も
362 う1つが、将来ど
363 んなロボットと暮
364 らしたいか考えて
365 みましょうという
366 ものになっていま
367 す。では、ここか
368 らシナモンに交代
369 をしてお話しま
370 してもらおうと思
371 います。交代する時は
372 合図を出してシナ
373 モンにお話しま
374 してもらいます。その
375 合図はこういうも
376 のです（OKマーク
377 の実演）。これを
378 OKマークと名付け
379 て、この合図をシ
380 ナモンに見せてお
381 話してもらおう
382 とします。で
383 は、実際にやって
384 みます。」

OKマークのポーズ
を子ども達に見せる

389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424

OKマークのポーズ をロボットに見せる	「OK」
------------------------	------

「こんにちは、 シナモンです」	:greeting-pose
「コチさんとわたしは ¥¥pau=500¥¥未来館の研究エリアからやってきました」	:pointing-left-pose
「今日わ ¥¥pau=500¥¥よろしくお願ひします ¥¥pau=500¥¥」	:bowing-pose
「今 ¥¥pau=500¥¥色々なロボットが開発されています」	:spread-hands-smally
「例えば ¥¥pau=500¥¥車いすロボットのように¥¥pau=500¥¥人が身につけるロボット」	:raise-left-hand-low

手を挙げる (1人)

拍手 (複数人)

客席に微笑む

425	「ホット」	
426		
427		
428	「海に潜って生き物を探すロボットのように ¥¥pau=500¥¥人の代わりに動いてくれるロボット」	:raise-right-hand-low
429		
430		
431		
432		
433		
434		
435		
436		
437		
438	「家事などを手伝ってくれるロボットのように ¥¥pau=500¥¥人と一緒に暮らすロボットなどがあります」	:nodding-pose
439		
440		
441		
442		
443		
444		
445		
446		
447	「その中でも、コチさんは ¥¥pau=500¥¥友達になってくれるロボットが ¥¥pau=500¥¥いる といいなと思っています」	:spread-hands-widely
448		
449		
450		
451		
452		
453		
454		
455		
456	「これまで ¥¥pau=500¥¥一緒に歩いてくれるロボットや」	:raise-left-hand-low
457		
458		
459		
460		

461		
462		
463		
464		:reset-pose
465		
466		
467		
468		
469		
470		
471	<p>「シナモンが、 今、私達の紹介を してくれました。 ここからはミッ ション1です。一 緒に発表している 仕組みを見てみま しょう。私とシナ モンがどうやって 一緒に発表してい るか仕組みを見て みましょう。そし て、この仕組みを 見た後に、皆さん もシナモンにこの OKマーク、合図出 しをやってみま しょう。ではもう 一回シナモンに交 代して説明しても らいます。」</p>	
472		
473		
474		
475		
476		
477		
478		
479		
480		
481		
482		
483		
484		
485		
486		
487		顔を左に向けて著者の 合図を待つ
488	スライドに向かって 手を挙げる	
489		
490		
491	OKマークのポーズ を子ども達に見せる	
492		
493		
494		
495		
496		

497			
498			
499			
500			
501			
502			
503	OKマークのポーズ をロボットに見せる		
504		「OK」	
505			
506			
507			
508			
509	「ここからは、このトークの中で、どうやってわたしが動いているかを説明します」	:spread-hands-widely	
510			
511			
512			
513			
514			
515			
516			
517			
518	「まず、わたしはパソコンから指示を受けて動きます。¥¥pau=1000¥¥指示のことを、プログラムといいます」	:pointing-right-pose	
519			
520			
521			
522			
523			
524			子ども達で発話 (判別不可能)
525			
526			
527	「プログラムの流れを説明します」	:nodding-pose	
528			
529			
530			
531			
532	「まず、コチさん		

533	から説明交代の合図が出ます」	:ok-pose
534		
535		
536		
537	「合図があったら、今やっているみたいに、あらかじめ決められた身振りをつけながら、台本をしゃべります」	:spread-hands-smally
538		
539		
540		
541		
542		
543		
544		
545	「台本を読み終えるまでこの手順を繰り返します」	:raise-right-hand-high
546		
547		
548		
549		
550		
551		
552		
553		
554		
555		
556		
557		
558		
559		
560		
561		
562		
563		
564		
565		
566		
567		
568		

569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586 「シナモンが、
587 今、自分はプログ
588 ラムというものを
589 使って動いている
590 よと教えてくれま
591 した。じゃあどう
592 してシナモンはこ
593 の（OKマークの実
594 演）OKマークが分
595 かるんでしょう
596 か。その仕組みを
597 私の方から説明し
598 ます。今、ここに
599 写っているビデオ
600 は、実はシナモン
601 のカメラで見えて
602 いる世界の様子で
603 す。ここには私が
604 写っていて、で、
何だろな、何か
棒、虹色の棒のよ
うなものが写って
います。これは何
かというと、シナ
モンが予想してい
る、この私の骨格
の位置になってい
ます。こういう何
だろな何か（OK

605 マークのジェス
606 チャをする) こう
607 いうマークをして
608 るようなのに沿っ
609 て線が描いてある
610 んですけど、で、
611 さっきシナモン
612 の、シナモンは、
613 パソコンで動いて
614 いるプログラムを
615 使って動いている
616 よと言ってくれた
617 んですけど、実は
618 そのプログラムの
619 中に、この人の骨
620 格を予想するプロ
621 グラムというのも
622 動いています。そ
623 れを使ってシナモ
624 ンはこのOKマーク
625 を認識していま
626 す。で、その仕組
627 みを詳しく見てみ
628 ます。まずシナモ
629 ンは周りにいる人
630 の骨格を探しま
631 す。でその人がOK
632 マークをしている
633 かを確認します。
634 OKマークはどう
635 やって、これはOK
636 マークだっていう
637 のを見ているかと
638 いうと、人の関節
639 の位置を見ていま
640 す。今回は、手首
641 が肘よりも上で、
642 肘が首よりも上、
643 で、それが右腕も
644 左腕も両方ある、
645 なので、(条件に
646 当てはまる腕の形
647 を色々見せる) こ
648 うとか、こうと
649 か、そういう時を
650 OKマークとみなし
651 ています。で、こ
652 れはプログラムで
653 こうやって書いて
654 いるんですけど、
655 この条件を色々変
656 えていくと、他の
657 ポーズも分かるよ
658 うになります。で

顔を左に向けて著者の
合図を待つ

641 はもつー凹、ンア
642 モンに交代して、
643 今度はPepperの目
644 についてお話して
645 もらおうと思いま
646 す。」
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676

OKマークに似た
ポーズを子ども達に
見せる

677				
678				
679	OKマークのポーズ をロボットに見せる			
680		「OK」		
681				
682				
683				
684	「ところで ¥¥pau=500¥¥私の 目はどこでしょ うッ？」			
685				
686				
687				
688		:wondering-pose		
689				
690			自分の目を指さす (1人)	
691				
692				
693	「¥¥pau=2000¥¥ 実は ¥¥pau=500¥¥オレ ンジ色で囲まれ た、おでこのカメ ラで皆さんのこと を見えています。」			
694				
695				
696			:show-top-camera	
697				
698				
699				
700	「¥¥pau=1000¥¥ これだけでは、皆 さんがどれくらい 遠くにいるかはわ からないです」			
701				
702				
703				
704			:watching-pose	
705				
706				
707				
708	「そこで、水色で 囲まれた、目の部 分で、皆さんまで の距離を測りま			
709				
710				
711				
712				

713	す。	
714	¥¥pau=1000¥¥この	:raise-right-hand-high
715	画像では、いろ	
716	が薄いほど遠くに	
717	あります」	
718		
719		
720		
721		
722	「それでは、	:wondering-pose
723	¥¥pau=500¥¥皆さ	
724	んで、	
725	¥¥pau=500¥¥この	
726	オッケーマークを	
727	私に出してみま	
728	しょう」	
729		
730		
731	「皆さんのオッ	
732	ケーマークは	
733	¥¥pau=200¥¥私に	
734	伝わるかなッ？	
	¥¥pau=2000¥¥」	

Fig. A.5: 6.4 節で述べた評価 4 の観察記録.

発表文献

学術論文誌

1. 東風上奏絵, 岡田慧, 稲葉雅幸. 子どものためのロボット研究における科学館での研究者とロボットによる合同発表の有用性評価. 日本ロボット学会誌 (2021年12月29日採録決定).

国際会議

2. K. Kochigami, K. Okada, and M. Inaba. Behavior Design of a Robot in a Public Place for Enriching Child-Robot Interaction in a Group. In *Companion of the 2018 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2018)*, pp.155-156, 2018.
3. K. Kochigami, K. Okada, and M. Inaba. Social Acceptance of Interactive Robots in Japan: Comparison of Children and Adults and Analysis of People's Opinion. In *Companion of the 2018 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2018)*, pp.157-158, 2018.
4. K. Kochigami, K. Okada, and M. Inaba. Effect of Walking with a Robot on Child-Child Interactions. In *Proceedings of the 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2018)*, pp.468-471, 2018.
5. K. Kochigami, K. Okada, and M. Inaba. Does an Introduction of a Person in a Group by a Robot Have a Positive Effect on People's Communication?. In *Proceedings of the 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2018)*, pp. 692-698, 2018.
6. K. Kochigami, K. Okada, and M. Inaba. Pilot Study on Robot's Open Diary to Deepen Friendships with a Child and Promote Communication between a Child and People. In *Companion of the 2021 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2021)*, pp. 104-108, 2021.
7. K. Kochigami, K. Okada, and M. Inaba. Design of Taking a Walk with a Robot that Receives Care from a Person and Indirectly Mediates Communication with Strangers. In *Proceedings of the 2021 IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2021)*, pp. 1927-1934, 2021.

国内学術講演会

8. K. Kochigami, Y. Kakiuchi, K. Okada, and M. Inaba. Study of starting conversation system by observing a person's curiosity to a robot. In *Proceedings of the 2017 JSME Conference on Robotics and Mechatronics*, 2P2-F08, 2017.

9. K. Kochigami, Y. Kakiuchi, K. Okada, and M. Inaba. Study of walking together system by following a person or holding hands. In Proceedings of the 2017 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, 2P2-F07, 2017.
10. 東風上奏絵, 岡田慧, 稲葉雅幸. 子どもとロボットのふれ合い評価とロボット教育の両立を目指した科学コミュニケーション活動の試み. 第35回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, 3H3-01, 2017.
11. 東風上奏絵, 岡田慧, 稲葉雅幸. 子どもに分かりやすく伝えることを目指した研究者とロボットの合同研究紹介システムの開発と評価. 第37回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, 3F3-06, 2019.
12. 東風上奏絵, 岡田慧, 稲葉雅幸. 人との長期的なふれ合いを目指した人型ロボットの起床・就寝・休息制御を用いたインタラクションシステムの開発第37回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, 3F3-04, 2019.
13. 東風上奏絵, 北川晋吾, 岡田慧, 稲葉雅幸. 手繋ぎ誘導を通したロボットへの場所教示・移動経験記憶と移動時の周囲の人とのインタラクション評価. 第20回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会講演概要集, 1E1-05, 2019.

受賞

14. K. Kochigami, K. Okada, and Masayuki Inaba. Effect of Walking with a Robot on Child-Child Interactions. *Nanjing City Prize (LBR), The 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2018)*, 2018.8.27.
15. K. Kochigami. *2018 Google Women Techmakers Scholar, Asia Pacific*, 2018.10.13.
16. 東風上奏絵, 北川晋吾, 岡田慧, 稲葉雅幸. 手繋ぎ誘導を通したロボットへの場所教示・移動経験記憶と移動時の周囲の人とのインタラクション評価. 第20回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(*SI2019*) 優秀講演賞, 2019.12.27.

参考文献

- [1] 国立教育政策研究所生徒指導研究センター. 「社会性の基礎」を育む「交流活動」・「体験活動」－「人とかかわる喜び」をもつ児童生徒に－, 2004.
- [2] 文部科学省. 小学校学習指導要領(平成29年告示)解説平成29年7月特別活動編. https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afielddfile/2019/03/13/1387017_014.pdf(2022年3月1日閲覧).
- [3] 文部科学省. 小学校学習指導要領(平成29年告示)解説平成29年7月総合的な学習の時間編. https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afielddfile/2019/03/18/1387017_013_1.pdf(2022年3月1日閲覧).
- [4] 文部科学省国立教育政策研究所. 子どもの社会性が育つ「異年齢の交流活動」－活動実施の考え方から教師用活動案まで－. https://www.nier.go.jp/shido/centerhp/2306sien/2306sien3_2s.pdf(2022年3月1日閲覧).
- [5] 内閣府. 令和元年版 少子化社会対策白書 <https://www8.cao.go.jp/shoushi/shoushika/whitepaper/measures/w-2019/r01webhonpen/index.html> (2022年3月1日閲覧).
- [6] 国立社会保障・人口問題研究所. 第15回出生動向基本調査 http://www.ipss.go.jp/ps-doukou/j/doukou15/report15html/NFS15R_mokuji.html (2022年3月1日閲覧).
- [7] 内閣府. 国民白書 平成19年版 https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/9990748/www5.cao.go.jp/seikatsu/whitepaper/h19/01_honpen/index.html (2022年3月1日閲覧).
- [8] K. Nishiyama, K. Oishi, and A. Saito. Passersby Attracted by Infants and Mothers' Acceptance of Their Approaches: A Proximate Factor for Human Cooperative Breeding. *Evolutionary Psychology*, Vol. 13, No. 2, 2015.
- [9] J. McNicholas and G. M. Collis. Dogs as catalysts for social interactions: Robustness of the effect. *British Journal of Psychology*, Vol. 91, No. 1, pp. 61–70, 2000.
- [10] D. L. Wells. The facilitation of social interactions by domestic dogs. *Anthrozoös*, Vol. 17, No. 4, pp. 340–352, 2004.
- [11] 富永光昭. ドイツの促進学校における学校犬の活用. 大阪教育大学障害児教育研究紀要, Vol. 31, pp. 55–60, 2008.
- [12] 今野洋子, 尾形良子. 札幌市における動物介在教育(AAE)の実態と課題-モデル動物介在教育(AAE)の探究-. 人間福祉研究, Vol. 13, pp. 29–42, 2010.
- [13] S. Andrist, I. Leite, and J. Lehman. Fun and Fair: Influencing Turn-Taking in a Multi-Party Game with a Virtual Agent. In *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children*, pp. 352–355, 2013.
- [14] H. Trinh, L. Ring, and T. Bickmore. Dynamicduo: co-presenting with virtual agents. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1739–1748, 2015.
- [15] 清水崇博, 井庭崇. 体験学習におけるファシリテーションのパターン分析. 情報処理学会研究報告. MPS, 数理モデル化と問題解決研究報告, 第58巻, pp. 89–92, 2006.
- [16] D. F. Glas, K. Wada, M. Shiomi, T. Kanda, H. Ishiguro, and N. Hagita. Personal Greetings: Personalizing Robot Utterances Based on Novelty of Observed Behavior. *International Journal of Social Robotics*, Vol. 9, pp. 181–198, 2017.
- [17] 文部科学省. 子どもの徳育の充実に向けた在り方について(報告)3. 子どもの発達段階ごとの特徴と重視すべき課題. https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/053/gaiyou/attach/1286156.htm(2022年3月1日閲覧).

- [18] K. Kochigami, K. Okada, and M. Inaba. Design of taking a walk with a robot that receives care from a person and indirectly mediates communication with strangers. In *Proceedings of the 2021 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, pp. 1927–1934, 2021.
- [19] K. Kochigami, K. Okada, and M. Inaba. Effect of Walking with a Robot on Child-Child Interactions. In *Proceedings of the 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pp. 468–471, 2018.
- [20] K. Kochigami, K. Okada, and M. Inaba. Does an Introduction of a Person in a Group by a Robot Have a Positive Effect on People’s Communication? In *Proceedings of the 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pp. 692–698, 2018.
- [21] 東風上奏絵, 岡田慧, 稲葉雅幸. 子どものためのロボット 研究における科学館での研究者とロボットによる合同発表の有用性評価. 日本ロボット学会誌. 10 ページ, 2021 年 12 月 29 日採録決定通知.
- [22] ベネッセ教育総合研究所. 第 2 回 放課後の生活時間調査 子どもたちの 24 時間. <https://berd.benesse.jp/shotouchutou/research/detail1.php?id=4690> (2022 年 3 月 1 日閲覧).
- [23] 文部科学省. 小学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説 平成 29 年 7 月総則編. https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387017_001.pdf (2022 年 3 月 1 日閲覧).
- [24] 内閣府. 登下校防犯プラン 全文. https://www8.cao.go.jp/youth/bouhan/pdf/h30_honbun.pdf (2022 年 3 月 1 日閲覧).
- [25] 国立教育政策研究所生徒指導研究センター. 「社会性の基礎」を育む「交流活動」・「体験活動」－「人とかかわる喜び」をもつ児童生徒に－, 2004.
- [26] 山下陽平, 窪田由紀. 小学生を対象とした対人関係ゲームの学級全体への効果の検討. *人間科学*, Vol. 1, pp. 8–14, 2019.
- [27] E. ゴッフマン 著(丸木 恵祐・本名 信行訳). 集まりの構造. 誠信書房, 1980.
- [28] 株式会社 Mujin. <https://www.mujin.co.jp/> (2022 年 3 月 1 日閲覧).
- [29] 小林洋, 関口雄太, 伴野裕, 野口建彦, 高橋悠, 渡辺広樹, 豊田和孝, 植村宗則, 家入里志, 富川盛雅, 大平猛, 橋爪誠, 藤江正克. 視野を操作する機能を有する単孔式手術支援ロボットの開発. 計測自動制御学会論文集, Vol. 49, No. 1, pp. 183–189, 2013.
- [30] AI 灌水施肥ロボット ZeRo.agri(ゼロアグリ). <https://www.zero-agri.jp/> (2022 年 3 月 1 日閲覧).
- [31] K. Kaneko, H. Kaminaga, T. Sakaguchi, S. Kajita, M. Morisawa, I. Kumagai, and F. Kanehiro. Humanoid Robot HRP-5P: An Electrically Actuated Humanoid Robot With High-Power and Wide-Range Joints. *IEEE Robotics and Automation Letters*, Vol. 4, No. 2, pp. 1431–1438, 2019.
- [32] 杉山久佳, 辻岡哲夫, 村田正. ネットワーク化された群ロボットによる被災者発見システム. 情報処理学会論文誌, Vol. 46, No. 7, pp. 1777–1788, 2005.
- [33] 垣内洋平, 掃部雅幸, 下村信恭, 柚木崎創, 野沢峻一, 岡田慧, 稲葉雅幸. 転倒起立動作を可能とする耐荷重接触点を備えた等身大人間型ロボットプラットフォーム RHP2 の開発. 日本ロボット学会誌, Vol. 36, No. 10, pp. 703–712, 2018.
- [34] N. Mangold, S. Gupta, O. Gasnault, G. Dromart, J. D. Tarnas, S. F. Sholes, B. Horgan, C. Quantin-Nataf, A. J. Brown, S. L. Mouélic, R. A. Yingst, J. F. Bell, O. Beyssac, T. Bosak, F. Calef, 3rd., B. L. Ehlmann, K. A. Farley, J. P. Grotzinger, K. Hickman-Lewis, S. Holm-Alwmark, L. C. Kah, J. Martinez-Frias, S. M. McLennan, S. Maurice, J. I. Nuñez, A. M. Ollila, P. Pilleri, J. W. Rice, Jr.,

- M. Rice, J. I. Simon, D. L. Shuster, K. M. Stack, V. Z. Sun, A. H. Treiman, B. P. Weiss, R. C. Wiens, A. J. Williams, N. R. Williams, and K. H. Williford. Perseverance rover reveals an ancient delta-lake system and flood deposits at Jezero crater, Mars. *Science*, Vol. 374, No. 6568, pp. 711–717, 2021.
- [35] 石黒浩, 神田崇行, 宮下敬宏(編). コミュニケーションロボット-人と関わるロボットを開発するための技術. オーム社, 2005.
- [36] 大江岳世志. スマートホテルプロジェクトについて. 日本ロボット学会誌, Vol. 34, No. 5, pp. 316–319, 2016.
- [37] 導入事例. Pepper for Biz 3.0 <https://www.softbankrobotics.com/jp/product/biz3/case/> (2022年3月1日閲覧).
- [38] 日本経済新聞. 日立, 三菱東京UFJ銀行によるロボット IT技術を使った商品・サービス紹介の実証実験を支援 https://www.nikkei.com/article/DGXLRS447724_Z00C17A6000000/ (2022年3月1日閲覧).
- [39] T. Kanda, M. Shiomi, Z. Miyashita, H. Ishiguro, and N. Hagita. A Communication Robot in a Shopping Mall. *IEEE Transactions on Robotics*, Vol. 26, No. 5, pp. 897–913, 2010.
- [40] M. Shiomi, T. Kanda, H. Ishiguro, and N. Hagita. Interactive Humanoid Robots for a Science Museum. *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 22, No. 2, pp. 25–32, 2007.
- [41] 石超, 佐竹聡, 神田崇行, 石黒浩. 客引きロボット 導入に向けた社会実験. 日本ロボット学会誌, Vol. 35, No. 4, pp. 334–345, 2017.
- [42] Y. Okafuji, J. Baba, J. Nakanishi, J. Amada, Y. Yoshikawa, and H. Ishiguro. Persuasion Strategies for Social Robot to Keep Humans Accepting Daily Different Recommendations. In *Proceedings of the 2021 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, pp. 1950–1957, 2021.
- [43] 坂井市. 高齢者見守りロボット活用事業 <https://www.city.fukui-sakai.lg.jp/kourei/kenko/fukushi/koreisha/shien/papero-mimamori.html> (2022年3月1日閲覧).
- [44] D. Karunaratne, Y. Morales, T. Nomura, T. Kanda, and H. Ishiguro. Will older adults accept a humanoid robot as a walking partner? *International Journal of Social Robotics*, Vol. 11, No. 2, pp. 343–358, 2019.
- [45] T. Sono, S. Satake, T. Kanda, and M. Imai. Walking partner robot chatting about scenery. *Advanced Robotics*, Vol. 33, No. 15–16, pp. 742–755, 2019.
- [46] A. M. Sabelli, T. Kanda, and N. Hagita. A conversational robot in an elderly care center: an ethnographic study. In *Proceedings of the 6th international conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, pp. 37–44, 2011.
- [47] 加納政芳, 清水太郎. なんにもできないロボット babyloid の開発. 日本ロボット学会誌, Vol. 29, No. 3, pp. 298–305, 2011.
- [48] M. Kanoh. A Robot as 'Receiver of Care' in Symbiosis with People. *Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Intelligent Informatics*, Vol. 27, No. 6, pp. 193–201, 2015.
- [49] K. Wada and T. Shibata. Robot Therapy in a Care House - Results of Case Studies -. In *Proceedings of the 15th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pp. 581–586, 2006.
- [50] K. Wada and T. Shibata. Living with Seal Robots in a Care House - Evaluations of Social and Physiological Influences. In *Proceedings of the 2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 4940–4945, 2006.

- [51] M. Ligthart, T. Fernhout, M. A. Neerincx, K. L. A. van Bindsbergen, M. A. Grootenhuis, and K. V. Hindriks. A Child and a Robot Getting Acquainted - Interaction Design for Eliciting Self-Disclosure. In *Proceedings of the 18th International Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems (AAMAS '19)*, pp. 61–70, 2019.
- [52] T. Akiyoshi, J. Nakanishi, H. Ishiguro, H. Sumioka, and M. Shiomi. A Robot That Encourages Self-Disclosure to Reduce Anger Mood. *IEEE Robotics and Automation Letters*, Vol. 6, No. 4, pp. 7925–7932, 2021.
- [53] T. Kanda, T. Hirano, D. Eaton, and H. Ishiguro. Interactive Robots as Social Partners and Peer Tutors for Children: A Field Trial. *Human-Computer Interaction*, Vol. 19, No. 1, pp. 61–84, 2004.
- [54] F. Tanaka, K. Isshiki, F. Takahashi, M. Uekusa, R. Sei, and K. Hayashi. Pepper learns together with children: Development of an educational application. In *Proceedings of the 2015 IEEE-RAS 15th International Conference on Humanoid Robots (Humanoids)*, pp. 270–275, 2015.
- [55] F. Tanaka and S. Matsuzoe. Children Teach a Care-Receiving Robot to Promote Their Learning: Field Experiments in a Classroom for Vocabulary Learning. *Journal of Human-Robot Interaction*, Vol. 1, No. 1, pp. 78–95, 2012.
- [56] M. Shiomi, T. Kanda, I. Howley, K. Hayashi, and N. Hagita. Can a social robot stimulate science curiosity in classrooms? *International Journal of Social Robotics*, Vol. 7, pp. 641–652, 2015.
- [57] T. Kanda, R. Sato, N. Saiwaki, and H. Ishiguro. A Two-Month Field Trial in an Elementary School for Long-Term Human Robot Interaction. *IEEE Transactions on Robotics*, Vol. 23, No. 5, pp. 962–971, 2007.
- [58] M. Shimada, T. Kanda, and S. Koizumi. How Can a Social Robot Facilitate Children’s Collaboration? In *Proceedings of the 4th International Conference on Social Robotics*, pp. 98–107, 2012.
- [59] S. Chandra, P. Alves-Oliveira, S. Lemaignan, P. Sequeira, A. Paiva, and P. Dillenbourg. Children’s peer assessment and self-disclosure in the presence of an educational robot. In *Proceedings of the 25th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, pp. 539–544, 2016.
- [60] O. Palinko, J. Shimaya, N. Jinnai, K. Ogawa, Y. Yoshikawa, and H. Ishiguro. Improving Teacher-Student Communication During Lectures Using a Robot and an Online Messaging/Voting System. In *Proceedings of the 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, pp. 1–7, 2018.
- [61] E. J. G. van der Drift, R. Beun, R. Looije, O. A. B. Henkemans, and M. A. Neerincx. A Remote Social Robot to Motivate and Support Diabetic Children in Keeping a Diary. In *Proceedings of the 9th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, pp. 463–470, 2014.
- [62] I. Kruijff-Korbayová, E. Oleari, A. Bagherzadhalimi, F. Sacchitelli, B. Kiefer, S. Racioppa, C. Pozzi, and A. Sanna. Young Users’ Perception of a Social Robot Displaying Familiarity and Eliciting Disclosure. In A. Tapus, E. André, J. C. Martin, F. Ferland, and M. Ammi, editors, *Social Robotics. ICSR 2015. Lecture Notes in Computer Science*, p. 9388. Springer, Cham, 2015.
- [63] K. Dautenhahn. Robots as social actors: Aurora and the case of autism. In *Proceedings of the Third International Cognitive Technology Conference*, pp. 359–374, 1999.
- [64] B. Vanderborght, R. Simut, J. Saldien, C. Pop, A. S. Rusu, S. Pintea, D. Lefeber, and D. O. David. Using the social robot probio as a social story telling agent for children with asd. *Interaction Studies*, Vol. 13, No. 3, pp. 348–372, 2012.

- [65] H. Kozima, M. P. Michalowski, and C. Nakagawa. Keepon. *International Journal of Social Robotics*, Vol. 1, No. 1, pp. 3–18, 2009.
- [66] 宮本英美, 李銘義, 岡田美智男. 社会的他者としてのロボット: 自閉症児-ロボットの関係性の発展. *発達心理学研究*, Vol. 18, No. 1, pp. 78–87, 2007.
- [67] T. Yamamoto, T. Nishino, H. Kajima, M. Ohta, and K. Ikeda. Human support robot (HSR). In *ACM SIGGRAPH 2018 emerging technologies*, 2018.
- [68] K. Okada, M. Kojima, Y. Sagawa, T. Ichino, K. Sato, and M. Inaba. Vision based behavior verification system of humanoid robot for daily environment tasks. In *Proceedings of the 2006 IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots (Humanoids)*, pp. 7–12, 2006.
- [69] Y. Watanabe, K. Nagahama, K. Yamazaki, K. Okada, and M. Inaba. Cooking Behavior with Handling General Cooking Tools based on a System Integration for a Life-sized Humanoid Robot. *Paladyn, Journal of Behavioral Robotics*, Vol. 4, No. 2, pp. 63–72, 2013.
- [70] L. Kunze, M. Beetz, M. Saito, H. Azuma, K. Okada, and M. Inaba. Searching objects in large-scale indoor environments: A decision-theoretic approach. In *Proceedings of the 2012 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp. 4385–4390, 2012.
- [71] K. Yamazaki, R. Ueda, S. Nozawa, Y. Mori, T. Maki, N. Hatao, K. Okada, and M. Inaba. System integration of a daily assistive robot and its application to tidying and cleaning rooms. In *Proceedings of the 2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 1365–1371, 2010.
- [72] Y. Furuta, K. Okada, Y. Kakiuchi, and M. Inaba. An Everyday Robotic System that Maintains Local Rules Using Semantic Map Based on Long-Term Episodic Memory. In *Proceedings of the 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, pp. 1–7, 2018.
- [73] 藤田雅博, 景山浩二, 大槻正, 天貝佐登史, 土井利忠. エンターテインメントロボット AIBO の開発. *日本ロボット学会誌*, Vol. 21, No. 1, pp. 55–56, 2003.
- [74] GROOVE X. LOVOT <https://lovot.life/> (2022年3月1日閲覧).
- [75] A. Lim, T. Mizumoto, T. Ogata, and H. G. Okuno. A Musical Robot that Synchronizes with a Coplayer Using Non-Verbal Cues. *Advanced Robotics*, Vol. 26, No. 3–4, pp. 363–381, 2012.
- [76] K. Ogawa, T. Chikaraishi, Y. Yoshikawa, S. Nishiguchi, O. Hirata, and H. Ishiguro. Designing robot behavior in conversations based on contemporary colloquial theatre theory. In *Proceedings of the 23rd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pp. 168–173, 2014.
- [77] A. Fallatah, J. Urann, and H. Knight. The Robot Show Must Go On: Effective Responses to Robot Failures. In *Proceedings of the 2019 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, pp. 325–332, 2019.
- [78] Y. Fernaeus, M. Håkansson, M. Jacobsson, and S. Ljungblad. How Do You Play with a Robotic Toy Animal? A Long-Term Study of Pleo. In *Proceedings of the 9th International Conference on Interaction Design and Children*, pp. 39–48, 2010.
- [79] 日本科学未来館. ロボット実演 <https://www.miraikan.jst.go.jp/calendar/robot/> (2022年3月1日閲覧).
- [80] ソフトバンクニュース. ロボット 応援団がパワーアップ! Pepperと Spotがコラボダンスでホークスを応援します https://www.softbank.jp/sbnews/entry/20200710_01 (2022年3月1日閲覧).

- [81] Pepper PARLOR について. <https://pepperparlor.com/about/> (2022 年 3 月 1 日閲覧).
- [82] 加藤謙介, 渥美公秀, 矢守克也. ロボット介在活動における物語生成—有料老人ホームにおけるペット型ロボットを用いた活動の事例—. 実験社会心理学研究, Vol. 43, No. 2, pp. 155–173, 2004.
- [83] K. Jeong, J. Sung, H.-S. Lee, A. Kim, H. Kim, C. Park, Y. Jeong, J. Lee, and J. Kim. Fribo: A Social Networking Robot for Increasing Social Connectedness through Sharing Daily Home Activities from Living Noise Data. In *Proceedings of the 2018 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pp. 114–122, 2018.
- [84] Y. Matsuyama, H. Taniyama, S. Fujie, and T. Kobayashi. Framework of communication activation robot participating in multiparty conversation. In *Dialog with Robots - Papers from the AAAI Fall Symposium, Technical Report*, pp. 68–73, 2010.
- [85] 藤江真也, 松山洋一, 谷山輝, 小林哲則. 人同士のコミュニケーションに参加し活性化する会話ロボット. 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. J95-A, No. 1, pp. 37–45, 2012.
- [86] E. S. Short, K. Swift-Spong, H. Shim, K. M. Wisniewski, D. K. Zak, S. Wu, E. Zelinski, and M. J. Matarić. Understanding social interactions with socially assistive robotics in intergenerational family groups. In *Proceedings of the 26th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, pp. 236–241, 2017.
- [87] RoBoHoN. <https://robohon.com/> (2022 年 3 月 1 日閲覧).
- [88] K. Hayashi, T. Kanda, T. Miyashita, H. Ishiguro, and N. Hagita. Robot manzai: Robot conversation as a passive–social medium. *International Journal of Humanoid Robotics*, Vol. 5, No. 1, pp. 67–86, 2008.
- [89] 吉池佑太, 小嶋宏幸, P. R. D. Silva, 岡田美智男. Mawari: 参加メタファに基づくソーシャルインタフェースの提案. ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 13, No. 1, pp. 1–8, 2011.
- [90] 井原なみは, 入戸野宏. 対象の異なる“かわいい”感情に共通する心理的要因. 広島大学大学院総合科学研究科紀要 I 人間科学研究, Vol. 7, pp. 37–42, 2012.
- [91] 梅田聡, 安西祐一郎, 今井むつみ, 入來篤史, 片山容一, 亀田達也, 開一夫, 山岸俊男. 共感. 岩波書店, 2014.
- [92] R. Neumann and F. Strack. “Mood contagion”: The automatic transfer of mood between persons. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 79, No. 2, pp. 211–223, 2000.
- [93] T. L. Chartrand and J. A. Bargh. The chameleon effect: the perception-behavior link and social interaction. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 76, No. 6, pp. 893–910, 1999.
- [94] N. Guéguen. Mimicry and seduction: An evaluation in a courtship context. *Social Influence*, Vol. 4, No. 4, pp. 249–255, 2009.
- [95] R. B. van Baaren, R. W. Holland, K. Kawakami, and A. van Knippenberg. Mimicry and Prosocial Behavior. *Psychological Science*, Vol. 15, No. 1, pp. 71–74, 2004.
- [96] J. N. Bailenson and N. Yee. Digital Chameleons: Automatic Assimilation of Nonverbal Gestures in Immersive Virtual Environments. *Psychological Science*, Vol. 16, No. 10, pp. 814–819, 2005.
- [97] L. Wood, K. Martin, H. Christian, A. Nathan, C. Lauritsen, S. Houghton, I. Kawachi, and S. McCune. The pet factor-companion animals as a conduit for getting to know people, friendship formation and social support. *PLOS ONE*, Vol. 10, No. 4, pp. 1–17, 2015.
- [98] N. Guéguen and S. Ciccotti. Domestic Dogs as Facilitators in Social Interaction: An Evaluation of Helping and Courtship Behaviors. *Anthrozoös*, Vol. 21, No. 4, pp. 339–349, 2008.

- [99] 阿部浩之, 湯沢昭. ワークショップにおける合意形成プロセスの評価. 都市計画論文集, Vol. 36, pp. 55–60, 2001.
- [100] K. Severinson-Eklundh, A. Green, and H. Hüttenrauch. Social and collaborative aspects of interaction with a service robot. *Robotics and Autonomous Systems*, Vol. 42, No. 3-4, pp. 223–234, 2003.
- [101] K. Wada and T. Shibata. Robot therapy in a care house - its sociopsychological and physiological effects on the residents. In *Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp. 3966–3971, 2006.
- [102] 金じゅひ, 白石照美, 金惠蓮. 科学館展示における展示手法と教育的効果に関する基礎的研究. 日本デザイン学会研究発表大会概要集, 第 57 巻, p. P15, 2010.
- [103] K. Abe, M. Shiomi, Y. Pei, T. Zhang, N. Ikeda, and T. Nagai. Chicaro: tele-presence robot for interacting with babies and toddlers. *Advanced Robotics*, Vol. 32, No. 4, pp. 176–190, 2018.
- [104] G. F. Melson. Child development robots: Social forces, children’s perspectives. *Interaction Studies*, Vol. 11, No. 2, pp. 227–232, 2010.
- [105] S. Enz, M. Diruf, C. Spielhagen, C. Zoll, and P. A. Vargas. The Social Role of Robots in the Future—Explorative Measurement of Hopes and Fears. *International Journal of Social Robotics*, Vol. 3, No. 3, pp. 263–271, 2011.
- [106] 江間有沙, 秋谷直矩, 大澤博隆, 服部宏充, 大家慎也, 市瀬龍太郎, 神崎宣次, 久木田水生, 西條玲奈, 大谷卓史, 宮野公樹, 八代嘉美. “運転・育児・防災活動, どこまで機械に任せるか: 多様なステークホルダーへのアンケート調査. 情報管理, Vol. 59, No. 5, pp. 322–330, 2016.
- [107] 内尾優子, 仲村真理子. 技術者と子どもたちとがつながるプログラム! —「科学のびっくり箱! なぜなにレクチャー」. 日本サイエンスコミュニケーション協会誌, Vol. 4, No. 1, pp. 12–15, 2015.
- [108] 内田麻理香. ロボットとサイエンスコミュニケーション. 日本ロボット学会誌, Vol. 29, No. 2, pp. 148–150, 2011.
- [109] J. Li. The benefit of being physically present: A survey of experimental works comparing copresent robots, telepresent robots and virtual agents. *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 77, pp. 23–37, 2015.
- [110] 小田博志. エスノグラフィー入門 <現場>を質的研究する. 春秋社, 2010.
- [111] 杉万俊夫(編著). コミュニティのグループ・ダイナミクス. 京都大学学術出版会, 2006.
- [112] S. Sabanovic, M. P. Michalowski, and R. Simmons. Robots in the wild: observing human-robot social interaction outside the lab. In *Proceedings of the 9th IEEE International Workshop on Advanced Motion Control*, pp. 596–601, 2006.
- [113] J. Forlizzi. How robotic products become social products: An ethnographic study of cleaning in the home. In *Proceedings of the 2nd ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, pp. 129–136, 2007.
- [114] 秋谷直矩, 丹羽仁史, 岡田真依, 山崎敬一, 小林貴訓, 久野義徳, 山崎晶子. 高齢者介護施設におけるコミュニケーションチャンネル確立過程の分析と支援システムの提案. 情報処理学会論文誌, Vol. 50, No. 1, pp. 302–313, 2009.
- [115] 三隅二不二, 阿部年晴. 参加観察法. 続有恒, 苧阪良二(編), 観察(心理学研究法 10), pp. 139–181. 東京大学出版会, 1974.
- [116] N. K. Denzin. *The research act: A theoretical introduction to sociological methods*. Transaction publishers, 1970.

- [117] 谷口明子. 観察(フィールドワークの). サトウタツヤ, 春日秀朗, 神崎真実(編), 質的研究法マッピング: 特徴をつかみ, 活用するために, pp. 211–218. 新曜社, 2019.
- [118] S. Turkle, C. Breazeal, O. Dasté, and B. Scassellati: Encounters with kismet and cog: Children respond to relational artifacts. <http://web.mit.edu/people/sturkle/encounterswithkismet.pdf> (2022年3月1日閲覧).
- [119] 中原淳. 語りを誘発する学習環境のエスノグラフィー. 日本教育工学雑誌, Vol. 23, No. 1, pp. 23–35, 1999.
- [120] B. C. Bruce and A. Rubin. *Electronic quills: A situated evaluation of using computers for writing in classrooms*. Lawrence Erlbaum, 1993.
- [121] ルーシー・A・サッチマン(佐伯胖監訳). プランと状況的行為—人間—機械コミュニケーションの可能性. 産業図書, 1999.
- [122] 日本科学未来館 未来館について. <https://www.miraikan.jst.go.jp/aboutus/> (2022年3月1日閲覧).
- [123] 日本科学未来館 研究エリア. <https://www.miraikan.jst.go.jp/research/facilities/> (2022年3月1日閲覧).
- [124] 日本科学未来館 科学コミュニケーターについて. <https://www.miraikan.jst.go.jp/aboutus/communicators/> (2022年3月1日閲覧).
- [125] 小川義和, 亀井修, 中井沙織. 科学系博物館と大学との連携によるサイエンスコミュニケーター養成の現状と課題. 科学教育研究, Vol. 31, No. 4, pp. 328–339, 2007.
- [126] 日本科学未来館: 日本科学未来館「研究エリア」入居プロジェクトの公募について. <https://www.miraikan.jst.go.jp/research/facilities/koubo/> (2022年3月1日閲覧).
- [127] 日本科学未来館: 市民参加型研究(オープンラボ)の企画提案募集について. <https://www.miraikan.jst.go.jp/research/openlab/koubo/> (2022年3月1日閲覧).
- [128] 入野野宏. “かわいい”に対する行動科学的アプローチ. 広島大学大学院総合科学研究科紀要 I 人間科学研究, Vol. 4, pp. 19–35, 2009.
- [129] 石黒浩. アンドロイドサイエンス. システム/制御/情報, Vol. 49, No. 2, pp. 47–52, 2005.
- [130] C. Breazeal and B. Scassellati. A Context-Dependent Attention System for a Social Robot. In *Proceedings of the Sixteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 1146–1153, 1999.
- [131] 神田崇行, 石黒浩, 小野哲雄, 今井倫太, 前田武志, 中津良平. 研究用プラットフォームとしての日常活動型ロボット “Robovie” の開発. 電子情報通信学会論文誌(D-I), Vol. J85-D-I, No. 4, pp. 380–389, 2002.
- [132] S. Shiotani, T. Tomonaka, K. Kemmotsu, S. Asano, K. Oonishi, and R. Hiura. World’s first full-fledged communication robot “Wakamaru” capable of living with family and supporting persons. *Mitsubishi Juko Giho*, Vol. 43, No. 1, pp. 44–45, 2006.
- [133] ソフトバンクロボティクス. NAO <https://www.softbankrobotics.com/jp/product/nao/> (2022年3月1日閲覧).
- [134] ソフトバンク. Pepper(ペッパー) <https://www.softbank.jp/robot/pepper/> (2022年3月1日閲覧).
- [135] 戸上真人, 天野明雄. 人間共生ロボット EMIEW の騒音下音声認識技術. 計測と制御, Vol. 46, No. 6, pp. 484–487, 2007.

- [136] J. Osada, S. Ohnaka, and M. Sato. The Scenario and Design Process of Childcare Robot, PaPeRo. In *Proceedings of the 2006 ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, pp. 80–es, 2006.
- [137] M. L. Glocker, D. D. Langleben, K. Ruparel, J. W. Loughhead, R. C. Gur, and N. Sachser. Baby Schema in Infant Faces Induces Cuteness Perception and Motivation for Caretaking in Adults. *Ethology*, Vol. 115, No. 3, pp. 257–263, 2009.
- [138] 吉武裕美子, 勝身俊之, 南口誠, 西川雅美, 宮正光, 近藤みずき, 白仁田沙代子, 田辺里枝, 山本麻希. 「かわいい」を取り入れた科学実験・工作のコミュニケーション効果. *科学技術コミュニケーション*, Vol. 19, pp. 31–42, 2016.
- [139] H. Nittono. The two-layer model of kawaii: A behavioural science framework for understanding kawaii and cuteness. *East Asian Journal of Popular Culture*, Vol. 2, No. 1, pp. 79–95, 2016.
- [140] コンラート・ローレンツ 日高敏高丘直通(訳). *動物行動学 II*. 思索社, 1989.
- [141] 大坊郁夫. *しぐさのコミュニケーション—人は親しみをどう伝えあうか*. サイエンス社, 1998.
- [142] M. L. Almanza-Sepúlveda, A. Dudin, K. E. Wonch, M. Steiner, D. R. Feinberg, A. S. Fleming, and G. B. Hall. Exploring the morphological and emotional correlates of infant cuteness. *Infant Behavior and Development*, Vol. 53, pp. 90–100, 2018.
- [143] 小原一馬. 「かわいいおばあちゃん」: 女子大生の「かわいい」の語法に見られる、ライフコース最終期に関する社会の葛藤する価値観の止揚. *教育・社会・文化: 研究紀要*, Vol. 7, pp. 25–43, 2000.
- [144] 井原なみは, 入戸野宏. 幼さの程度による“かわいい”のカテゴリ分類. *広島大学大学院総合科学研究科紀要 I 人間科学研究*, Vol. 6, pp. 13–17, 2011.
- [145] 戸田正直. *ロボットと感情*. 日本ロボット学会誌, Vol. 4, No. 6, pp. 665–669, 1986.
- [146] A. C. Little. Manipulation of Infant-Like Traits Affects Perceived Cuteness of Infant, Adult and Cat Faces. *Ethology*, Vol. 118, No. 8, pp. 775–782, 2012.
- [147] K.-L. Marton. Examining the optimal level of the baby schema on lifeless objects / A babasema optimumanak vizsgalata eletelen tárgyakon. *Magyar Pszichológiai Szemle*, Vol. 72, No. 2, pp. 163–186, 2017.
- [148] お茶の水女子大学子ども発達教育研究センター, お茶の水女子大学グローバル協力センター. *幼児教育ハンドブック*. お茶の水女子大学子ども発達教育研究センター, 2004.
- [149] J. ボウルビイ(著), 黒田実郎(訳). *母子関係の理論〈1〉愛着行動*. 岩崎学術出版社, 1991.
- [150] NHK 放送文化研究所. 2015 年 国民生活時間調査報告書. https://www.nhk.or.jp/bunken/research/yoron/pdf/20160217_1.pdf.
- [151] 吉城秀治, 辰巳浩, 堤香代子, 川浪晃. 歩行形態に着目した幼児連れ歩行者の安心な歩行環境の検討. *土木学会論文集 D3(土木計画学)*, Vol. 72, No. 5, pp. I_1075–I_1083, 2016.
- [152] マイケル・トマセロ 著(大堀壽夫・中澤恒子・西村義樹・本多啓訳). *心とことばの起源を探る*. 勁草書房, 2006.
- [153] N. A. Myers, R. K. Clifton, and M. G. Clarkson. When they were very young: Almost-threes remember two years ago. *Infant Behavior and Development*, Vol. 10, No. 2, pp. 123–132, 1987.
- [154] D. B. Pillemer and S. H. White. Childhood Events Recalled by Children and Adults. *Advances in Child Development and Behavior*, Vol. 21, pp. 297–340, 1989.

- [155] J. ボウルビィ 著(二木武監訳). 母と子のアタッチメント 心の安全基地. 医歯薬出版株式会社, 1993.
- [156] M. Quigley, B. Gerkey, K. Conley, J. Faust, T. Foote, J. Leibs, E. Berger, R. Wheeler, and A. Ng. ROS: an open-source Robot Operating System. In *ICRA Workshop on Open Source Software*, 2009.
- [157] E. Pot, J. Monceaux, R. Gelin, and B. Maisonnier. Choregraphe: a graphical tool for humanoid robot programming. In *Proceedings of the 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pp. 46–51, 2009.
- [158] T. Belpaeme, P. Baxter, J. d. Greeff, J. Kennedy, R. Read, R. Looije, M. Neerinx, and I. B. M. C. Zelati. Child-Robot Interaction: Perspectives and Challenges. In G. Herrmann, M. J. Pearson, A. Lenz, P. Bremner, A. Spiers, and U. Leonards, editors, *Social Robotics. ICSR 2013. Lecture Notes in Computer Science*, p. 8239. Springer, Cham, 2013.
- [159] D. G. Lowe. Object recognition from local scale-invariant features. In *Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Computer Vision*, Vol. 2, pp. 1150–1157, 1999.
- [160] 池田七海, 岡田涼. 保育場面における幼児の援助要請行動. *子育て研究*, Vol. 9, pp. 31–41, 2019.
- [161] 片山顕裕, 針生悦子. 幼児におけるジェスチャーの視点. *教育心理学研究*, Vol. 55, No. 2, pp. 266–275, 2007.
- [162] 岡田美智男. 人とのかかわりを指向する〈弱いロボット〉とその展開. *日本ロボット学会誌*, Vol. 34, No. 5, pp. 299–303, 2016.
- [163] M. Okada, S. Sakamoto, and N. Suzuki. Muu: Artificial creatures as an embodied interface. In *Proceedings of the 27th International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH 2000)*, p. 91, 2000.
- [164] 礪波朋子, 藤井洋之, 岡田美智男, 麻生武. 子どもとロボットとのコミュニケーション成立の考察-モノを媒介とした共同行為. *ヒューマンインタフェース学会誌*, Vol. 7, No. 1, pp. 141–148, 2005.
- [165] Y. Yamaji, T. Miyake, Y. Yoshiike, P. R. S. D. Silva, and M. Okada. STB: Child-dependent sociable trash box. *International Journal of Social Robotics*, Vol. 3, No. 4, pp. 359–370, 2011.
- [166] N. Ohshima, Y. Ohyama, Y. Odahara, P. R. S. D. Silva, and M. Okada. Talking-Ally: The influence of robot utterance generation mechanism on hearer behaviors. *International Journal of Social Robotics*, Vol. 7, No. 1, pp. 51–62, 2015.
- [167] M. Fujita. On activating human communications with pet-type robot AIBO. *Proceedings of the IEEE*, Vol. 92, No. 11, pp. 1804–1813, 2004.
- [168] G. F. Melson, P. H. Kahn, A. Beck, B. Friedman, T. Roberts, E. Garrett, and B. T. Gill. Children’s behavior toward and understanding of robotic and living dogs. *Journal of Applied Developmental Psychology*, Vol. 30, No. 2, pp. 92–102, 2009.
- [169] A. Kerepesi, E. Kubinyi, G. Jonsson, M. Magnusson, and A. Miklósi. Behavioural comparison of human-animal (dog) and human-robot (AIBO) interactions. *Behavioural Processes*, Vol. 73, No. 1, pp. 92–99, 2006.
- [170] B. Friedman, P. H. Kahn, and J. Hagman. Hardware Companions? What Online AIBO Discussion Forums Reveal about the Human-Robotic Relationship. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 273–280, 2003.
- [171] A. Weiss, D. Wurhofer, and M. Tscheligi. ”I Love This Dog”—Children’s Emotional Attachment to the Robotic Dog AIBO. *International Journal of Social Robotics*, Vol. 1, No. 3, pp. 243–248, 2009.

- [172] A. L. Thomaz and M. Cakmak. Learning about objects with human teachers. In *Proceedings of the 4th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, pp. 15–22, 2009.
- [173] 株式会社 東郷製作所. いやし型赤ちゃんロボット「スマイビ S」<https://www.togoh.co.jp/products/care-smiby.html> (2022年3月1日閲覧).
- [174] 三浦佐藤 寛(著). なるほど! 心理学観察法(心理学ベーシック 第4巻). 北大路書房, 2018.
- [175] ケビン・ワーバック, ダン・ハンター(三ツ松新(監訳) 渡部典子(訳)). ウォートンスクールゲーミフィケーション集中講義. 阪急コミュニケーションズ, 2013.
- [176] 加納圭, 水町衣里, 岩崎琢哉, 磯部洋明, 川人よし 恵, 前波晴彦. サイエンスカフェ参加者のセグメンテーションとターゲティング: 「科学・技術への関与」という観点から. *科学技術コミュニケーション*, Vol. 13, pp. 3–16, 2013.
- [177] 内田麻理香, 原塑. 欠如モデル・一方向コミュニケーション・双方向コミュニケーション 科学技術コミュニケーションにおける中核概念の再配置. *科学技術社会論研究*, Vol. 18, pp. 208–220, 2020.
- [178] M. Bucchi. Of deficits, deviation and dialogue: theories of public communication of science. In M. Bucchi and B. Trench, editors, *Handbook of Public Communication of Science and Technology*, pp. 57–76. Routledge, 2008.
- [179] R. E. Borchelt. Public relations in science: managing the trust portfolio. In M. Bucchi and B. Trench, editors, *Handbook of Public Communication of Science and Technology*, pp. 147–158. Routledge, 2008.
- [180] 中村征樹. サイエンスカフェ: 現状と課題. *科学技術社会論研究*, Vol. 5, pp. 31–43, 2008.
- [181] 五十嵐美樹, 東風上奏絵, 野村一貴, 野村圭史, 日隈脩一郎, 平田優香: “科学技術と社会の臨界、あるいは葛藤: 霊長類とプログラミングから考える”, 東京大学科学技術インタープリター養成プログラム研修旅行記, 2019年. http://science-interpretor.c.u-tokyo.ac.jp/wp-content/uploads/2018/04/2018_study_tourreport.pdf.
- [182] トランス・サイエンスの時代の学問の社会的責任. 小林傳司. *学術の動向*, Vol. 17, No. 5, pp. 5_18–5_24, 2012.
- [183] 日本科学未来館: 未来設計会議「創られるパートナー～あなた+ロボット=幸せ?」. <https://www.miraikan.jst.go.jp/sp/miraisekkei/> (2022年3月1日閲覧).
- [184] 江渡浩一郎, 土井裕人. 共創型イノベーションを創出する: ニコニコ学会βの活動を通じて. *情報管理*, Vol. 59, No. 10, pp. 666–675, 2017.
- [185] 三村麻子. ICTとロボットで離島地区の社会問題に向き合う – 佐世保高専の科学コミュニケーション活動. *日本サイエンスコミュニケーション協会誌*, Vol. 7, No. 1, pp. 26–29, 2017.
- [186] 春日匠. 日本におけるサイエンスショップの可能性: 市民社会が担う公共性のために. *科学技術コミュニケーション*, Vol. 1, pp. 36–46, 2007.
- [187] 小林傳司. 誰が科学技術について考えるのか – コンセンサス会議という実験 – . 名古屋大学出版会, 2004.
- [188] 江間有沙. 「技術者の哲学」と「社会」を繋ぐ問題設定と対話設計. *日本ロボット学会誌*, Vol. 36, No. 4, pp. 250–253, 2018.

以上

1p～ 260p 完

博士論文

東京大学大学院学際情報学府
学際情報学専攻 博士課程
東風上 奏絵