

人見知りの子どもとロボットの良好な関係構築に向けた 遊び行動の分析

阿部 香澄^{1,a)} 日永田 智絵¹ アッタミミ ムハンマド¹ 長井 隆行^{1,b)}
岩崎 安希子^{2,†1} 下斗米 貴之^{2,†2} 大森 隆司² 岡 夏樹³

受付日 2014年3月18日, 採録日 2014年9月12日

概要: 核家族における育児負担軽減などを目的として, 我々は家庭内で子どもと遊ぶロボットの実現を目指している. 具体的には, 子どもの遊び友達となり, 親が家事などをする 30 分ほどの間, 子どもの興味を引きつけ遊んでいてくれるロボットである. 保育者が誰とでも遊べるように, このロボットがどんな子どもとも柔軟に遊べることが望ましいと我々は考えている. しかし実際は, 子どもの内向的性格などが原因で一緒に遊べない場合がある. そこで本研究では, ロボットとの良好な関係構築が容易でない子どもへの対応方法を検討し, その方策として, 子どもの性格に応じた行動選択の仕組みを考える. この仕組みを実現する第 1 歩として, 本論文では “人見知りの子どもが親近感を持つために有効な遊び行動が存在する” という仮説を検証する. まず我々はロボットが子どもに対して親密な態度を示しやすい “親和的遊び行動” と, 不安が強くても遊べる “不安緩和遊び行動” を定義し, 遊び行動を分類した. そして保育者が遠隔操作するロボットと 5~6 歳児との遊び実験を行い, これらの遊び行動と親近感の関係を調べた. その結果, “親和的遊び行動” と “不安緩和遊び行動” の両方の要素を持つ遊び行動が, 人見知りの子どもにも有効であることが示唆される結果を得た.

キーワード: 遊び相手ロボット, 子ども, 性格, 人見知り, HRI

Play Strategies for Building Good Relationships between Shy Children and Robots

KASUMI ABE^{1,a)} CHIE HIEIDA¹ MUHAMMAD ATTAMIMI¹ TAKAYUKI NAGAI^{1,b)}
AKIKO IWASAKI^{2,†1} TAKAYUKI SHIMOTOMAI^{2,†2} TAKASHI OMORI² NATSUKI OKA³

Received: March 18, 2014, Accepted: September 12, 2014

Abstract: In order to decrease the burden of childcare on caregivers in nuclear families, we aim to implement robotic playmates to play with children at home. Such robots can befriend children, playing with them for periods of about 30 minutes while the parent does household work. Like childcare workers, the robots should be able to play flexibly with any child. However, more introverted children seem unable to play with these robots, and it is difficult to establish good relationships between robots and such children. We therefore investigated ways in which robots could play with introverted children. For this purpose, our future work aims to implement an action selection system according to children's personality. In this paper, as a first step, we hypothesize and test the existence of an effective play strategy for making a shy child friendlier. First we defined those play actions in which the robot expresses intimacy to children as “affiliative play,” and play actions with highly anxious children as “relief-anxiety play.” We conducted a communication experiment, in which 5- to 6-year-old children and a robot teleoperated by a preschool teacher were involved. We found that both “affiliative play” and “relief-anxiety play” were effective for shy children.

Keywords: Playmate robot, Child, Personality, Shyness, HRI

¹ 電気通信大学
The University of Electro-Communications, Chofu, Tokyo
182-8585, Japan

² 玉川大学
Tamagawa University, Machida, Tokyo 194-8610, Japan

³ 京都工芸繊維大学
Kyoto Institute of Technology, Kyoto 606-8585, Japan

^{†1} 現在, 蛇の目ミシン工業株式会社
Presently with JANOME SEWING MACHINE CO., LTD.

^{†2} 現在, 株式会社先端力学シミュレーション研究所
Presently with Advanced Simulation Technology of Mechan-
ics R&D, Co., Ltd.

a) k_ishii@apple.ee.uec.ac.jp

b) tnagai@ee.uec.ac.jp

1. はじめに

近年の核家族化は養育者の子育てに対する負担の増大を引き起こし、大きな社会問題となっている。こうした問題の1つの解決手段として、筆者らのグループでは、家庭内で子どもの相手をする遊び相手ロボットの実現を目指している。具体的には、養育者が家事などをする30分ほどの間、子どもの興味を引きつけ遊んでいてくれるロボットであり、こうしたロボットは養育者の負担軽減の一助となることが期待できる。現在、子どもを相手としたロボットの研究は様々行われている。たとえば、自閉症の遊戯療法を目的としたロボット [1], [2] や、教育を目的としたロボット [3] などがあげられる。一方、家庭内で子どもの遊び相手となるロボットには、1人の子どもと長期にわたって遊ぶことも求められるが、こうしたロボットの報告は少ない。集団の子どもを相手にしたロボットの長期的なやりとりの報告 [3], [4] は存在するものの、ロボットがそれぞれの子どもに合わせて行動しているわけではなく、様々な性格を持った個々の子どもと長時間遊び通せるとは限らない。また子どもからの関わりを引き出すロボットが提案されているが [5]、このロボットと子どもの交流時間は1分以内と短時間であり、遊びを持続させることには着目していない。こうした背景のもと、我々のグループでは、家庭内で子どもと長い時間そして長期的に遊び続けることができるロボットの実現を最終的なゴールとしている。

我々が目指すのは、子どもにとっての遊び友達のような存在のロボットである。ロボット自体が癒しや子ども同士の遊び道具となるスタンスもあるが [2], [6]、我々は子どもが友達としてのロボットと遊具を使って遊ぶことを重視する。子どもにとって遊びは心身の発達を促す重要な学びの場であり、1人で遊ぶよりも友達と一緒に遊ぶことで、あるいは友達と道具を使って遊ぶことで、気遣い・公平、創造性、自己表出といった能力が発達するという [7]。ロボットはただ子どもの興味を引く存在ではなく、ロボット自体が遊びに主体的に参加する。そして子どもはロボットにポジティブな感情を持ち、ロボットと一緒に身体やおもちゃを使って活動的に遊ぶ。これが、我々の理想とする遊び相手ロボットの姿である。

我々は、どんな子どもとも遊べる柔軟なロボットの実現を目指す。対人サービスを目的としたロボットである以上、保育者がどんな子どもとも遊びを成立させるように、ロボットはコミュニケーション相手を選ばず接する必要がある。相性が合わないからと一部の子どもに対応しないのであれば、その子どもの養育者はサービスの恩恵を受けられない。しかし先行研究 [8] のロボットがいざ子どもと遊ぶと、初対面では3割の子どもと遊び通すことができなかった。その研究で我々は、個々の子どもに柔軟に対応できる仕組みとして、刻々と変わる子どもの興味や飽きの度

合いを推定しながら行動を決定する仕組みを用意した [8]。しかしその3割の子どもは、恥ずかしい・怖いといって遊びを中断したり、そもそもロボットに近づけなかったりした。人間の大人が初対面の子どもと遊ぶ場合も、たいていの子どもが初めは多少なりとも緊張しているものだが、しばらく経った後に慣れて楽しみ出すかどうかは、子どもの性格に大きく左右される。たとえば内向的な子どもはなかなか打ち解けず、仲良く遊ぶのが難しい。

このようなロボットに消極的な相手に対し、遊び相手ロボットに限らず現在の多くの対人ロボットは配慮をしていない。たとえば神田らの調査では、ロボットと子どもが長期的に交流し友好的な関係を築いている [4]。その中で“ロボットと友達になることができそう”だとはじめに思っていた子どもはより長くコミュニケーションできると述べているが、そう思っていなかった子どもへの対応方法は検討していない。佐竹らは、対話ロボットが道行く人の動きから対話が始まりできそうな相手を見積もるという対話の開始方法を提案している [9]。しかし、ロボットとインタラクションの意図がない者への積極的なアプローチは検討していない。このように、人-ロボットインタラクションに関する研究では、対話がもともと容易な相手とのコミュニケーションしか検討しておらず、ロボットに対して消極的な相手を考慮しているものはほとんどない。

そこで本研究ではこのように従来焦点が当てられてこなかった関係構築がより困難な相手に着目し、ロボットの対応方法を考える。関係構築が困難な相手への対応は、子ども相手ロボットに限られた問題ではない。発達障害者やニーズの高い高齢者を対象としたロボットにも同様に発生する問題であり、コミュニケーションの本質に踏み込んだ本研究の成果は広く対人ロボットに寄与すると考える。

2. どんな子どもとも遊ぶために

2.1 内向的性格の子ども

初対面での交流において内向的な子どもがなかなか打ち解けにくいのは、外向型の幼児よりも内向型の幼児の恐怖心が強い傾向にあること [10] が一因ではないかと考える。内向的な子どもには、強い恐怖心や緊張を取り除き、ロボットと遊べるまでの関係性を構築することが実は重要であったのではないかと。そういった性格の違いを考慮しなかったために、先行研究のロボットが遊べなかった可能性は高い。

さらに内向的な子どもは表現が控えめで、外向的な子どもに比べて、持っている要求や心的状態を把握しにくい。太田は、内向的な子どもについて、保育者の視点から次のように述べている。“教師が幼児の特徴をつかんで援助するとき、外向的なはっきりした行動を示す子は教師としても要求を受け入れてやるような援助がしやすいが、内向的で表情や言葉が少なく自己主張の弱い幼児は、現在、集団生活の中でどのような要求や不安を持っているか、その洞

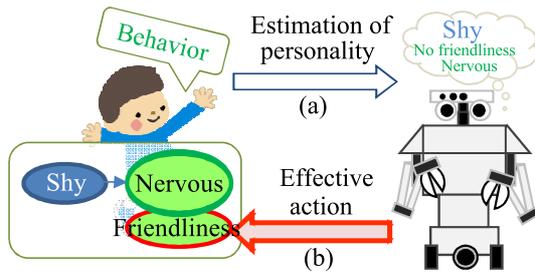


図 1 性格に応じた行動選択の仕組み

Fig. 1 Action selection system according to a child's personality.

察ははなはだ困難である [11]”。内向的な子どもへの対応はその要求の推定という点で困難であり、先行研究で実現したような、子どもの心的状態の推定にのみ基づく行動決定では対応が難しいといえる。

2.2 性格に応じた行動選択

それでは内向的な子どもとはどんな遊びも難しいのかといえば、そうではない。清水によると集団に入りにくい内向的な幼児が積木を好むという [12]。このような性格に合った遊びを選べば、ロボットが内向的な子どもとも遊べるのではないだろうか。さらにその遊びを通して、子どもからロボットへの親近感といったポジティブな感情を引き出せれば、良好な関係を築き、長期的に遊べる可能性もある。ここでいう良好な関係とは、“子どもがロボットからの働きかけをおおた受け入れ、遊びが成立し、ロボットに対するポジティブな感情（親近感）を持つ”状態とする。親近感を持てれば「友達になりたい」「また遊びたい」といった思いが生まれ、次の遊びの継続へつながらと考える。もし内向的な子どもの親近感を上げるのに有効な遊び行動があると仮定すると、ロボットは子どもが内向的であることを推定し（図 1(a)）、その性格に適した有効な行動をとることで子どもの親近感を上げ（図 1(b)）、内向的な子どもとも良好な関係を築けるだろう。

性格に応じた行動決定の重要性は、内向的な子どもとの初対面での関係構築に限った話ではない。たとえば怖がりな子どもには安心感を持たせる遊び行動をとったり、集中力が続かない子どもには短時間で楽しめる遊びを行ったり、性格とそれが影響する心的状態または関係性を考慮して行動することで、ロボットが多様な子どもと長く遊ぶことができる。多様な性格に応じた行動決定モデルを構築すること、これは本研究の今後の重要な課題であり、ひいては対人ロボット全体のコミュニケーションにおける本質的課題であるといえるだろう。

以上のように、本研究では関係構築が困難な子どもにロボットが対応する方法として、ロボットが子どもの性格や関係性に着目したうえで行動を選択するという仕組みを考える。

本論文では、ロボットと子どもが初対面で交流しなければならないという状況をふまえ、内向的性格の中でも人見知り性格に注目する。内向的性格についてまとめた藤岡の報告によれば、内向的性格には動機（例：1人好き）や本人が感じる不安などで多様性があり、その一種である人見知り（shyness）は、不慣れな対人的状況での抑制^{*1}を示す傾向である [13]。初対面では人見知り性格の有無に遊びの成立が左右されると推測する。ただし、人に対する抑制がロボットに対しても見られるかどうかは明らかでなく、本研究を通して確かめる必要がある。人見知りでも遊ぶことができ、かつ親近感を上げられる有効な遊びが分かれば、前述の仕組みによってロボットが人見知りに対応できるだろう。そこで本論文では、人見知りの子どもの親近感を良くするために有効な遊び行動があるかどうかを解明したい。性格に応じた行動決定の仕組みを実現するためには、ロボットが人見知り性格を推定する手法も確立しなければならないが、これは今後の課題とし、本論文では扱わないこととする。以上をふまえ、本論文では次の仮説を検証する。

仮説 1：人見知りの子どもが親近感を持つために有効な遊び行動が存在する。

仮説を検証するために、保育者が遠隔操作するロボットと子どもの遊び実験を行う。実験では、遊び行動や子どもの振舞いといった客観データ、子どもの性格検査、そしてロボットに対する子どもの印象評価のためのアンケートといった主観データを記録する。それらのデータを解析し、

- 人見知り性格が親近感に及ぼす影響の有無
- 人見知り性格のあり・なし別に親近感に影響を及ぼした遊び行動

を分析して、仮説の検証を試みる。この仮説が正しければ、そしてその特性が明らかになれば、人見知りの子どもとも良好な関係を築ける柔軟な遊び相手ロボットの実現に向けて、大きく前進すると考える。

3. 親近感を高める遊び行動

本章では、人見知りの親近感を高めるために有効なのはどんな遊び行動であるかについて検討する。以降、遊びの最中に行われる行動と遊びをまとめて遊び行動と呼ぶ。

3.1 親和的遊び行動

まず子ども全般の親近感を高めるために有効な遊び行動とは、ロボットが子どもに対して親密な態度を示しやすい遊び行動であると我々は推測し、これを親和的遊び行動と定義する。相手の名前を呼んだり、相手のよく知っている内容に関する知識を披露したり、「あなたを知ってるよ」、

*1 慣れない状況における気質的な不安や警戒が現れた行動。

表 1 用意した遊び行動の詳細と分類
Table 1 Details and classifications of play.

遊び行動	親和的遊び行動	不安緩和遊び行動	行われる内容
じゃんけん	×	○	操作者が選択したグー・チョキ・パーの手の形をロボットが出し、子どもとじゃんけんをする。
○×ゲーム	○	○	ロボットが問題文を出し、子どもが手に持った○・×の札をあげて回答する。ロボットも○×札で正解を示す。
サイコロ遊び	×	○	ロボットと子どもがそれぞれサイコロを投げ、出目の大きさ比べや、出目の足し算をする。
歌	×	○	勇気 100%・大きな栗・幼稚園園歌をロボットが単独で歌ったり、子どもと一緒に歌う。
カニ歩き	×	×	左右のハンドをハサミに見せかけ、カニの姿勢をとったまま横向きに移動して、子どもと一緒にカニ歩きをしたり、カニ歩きで競争したりする。
ジェスチャ	△	×	ロボットが右アームを左右に振る・前後に振る・捻るといった動きをする。たとえば子どもに手を振ったりできる。
手つなぎ	○	○	ロボットが差し出した右ハンドを子どもが引き、子どもに先導される形でロボットが自動的についていく。
あっち向いてホイ	×	×	じゃんけんを行い、勝った側が指で上下左右の好きな方向を指定し、その方向が負けた側の顔の向きと一致したら、勝った側の勝利となる。
プレゼント渡し	—	—	ロボットが子どもにカゴを差し出し、カゴの中に入った消しゴム人形をプレゼントする。
かくれんぼ	○	○	ロボットが鬼役となって隠れた子どもを探したり、反対にロボットが隠れて子どもに探してもらったりする。室内に隠れ場所となる障害物を 2カ所設置する。
かけっこ	×	×	発話でスタートの合図を出し、移動して子どもと走る速さを競う。
会話	○	×	特定の遊びを行っていないときに話をする。(例：自己紹介、幼稚園に関する話題など)
名前の発話	○	—	子どもの名前を発話する。(例：「○○ちゃんの番だよ。」)
「ね」の発話	○	—	終助詞の「ね」をつけて発話する。(例：「遊んでね。」)

「あなたに興味があるよ」という風に、相手にこちらの親密な態度を示すことが、相手からロボットへの親近感につながると考える。たとえば、子どもの名前を呼ぶこと、着ている服や親など子どもに深く関係する内容について会話をすること、子どもが通う幼稚園に関するクイズ、物の受け渡し遊び、ボディタッチ、などが親和的遊び行動に相当するだろう。しかし人見知り性格を加味した場合、これらの親和的遊び行動のすべてが親近感を持たせられるわけではない。対人不安が大きい人見知りの子どもにただ積極的に仲良くなろうとすれば、かえって不安をあおり、逆効果になる可能性もある。

3.2 人見知り

一般的に人見知りとは、乳児が知らない人へ示す回避反応のことであるが、乳児期以降の子どもが見知らぬ人に対して恥ずかしがったり嫌ったりすることも人見知りと呼ばれる。人見知り行動の原因は、乳児においても学童期においても、相手に近づきたい心理と怖いから離れたい心理の葛藤状態であると報告されている [14]。つまり人見知りの子どもは相手に大きな不安をいだいていると同時に、本当は強くコミュニケーションを望んでいるのである。したがって、人見知りの子どもと遊ぶ場合には、この対人不安を気にしなくても済むか、あるいは取り除いて遊べるのが大切なのではないかと考える。

3.3 不安緩和遊び行動

子どもが受動的あるいはあまり意識しなくてもできる遊び行動は、対人不安の強い状態でも遊ぶことができると推測する。このような遊び行動を、不安緩和遊び行動と定義する。たとえば絵本の読み聞かせ、何度も経験のあるじゃんけん、無意識に重ねるだけでも形ができる積み木などで

ある。あるいは能動的に動く必要があっても、安心感を得ていればできる遊び行動もあると考える。たとえば物を握る行為は緊張した子どもの心の支えになる可能性があり、いつもと違う場所に行った子どもが木の枝や小石を握りしめて心の安定を図るといった例が、西垣らによって報告されている [15]。積み木、ボール遊び、旗揚げなどは、物を握ることによって不安が緩和でき、対人不安があっても遊べる可能性が高い。実際に積み木に関しては、清水が内向的な子どもが他の活動よりも抵抗を感じずにできる遊びだと述べている [16]。

人見知りの子どもの親近感を高められる遊び行動とは、親和的遊び行動のうち不安緩和遊び行動の要件を満たす遊び行動であると推測する。よって人見知りに有効な遊び行動に関して我々は次の仮説を立てる。

仮説 2：人見知りに有効な遊び行動は、親和的遊び行動と不安緩和遊び行動の両方の要素を持つ遊び行動である。

3.4 実験で用意する遊び行動

本論文では、人見知りの子どもに有効な遊び行動が存在するという仮説 1、そしてその遊び行動が親和的遊び行動かつ不安緩和遊び行動であるという仮説 2 を、保育士が操作するロボットと子どもの遊び実験によって検証する。

実験で用意する遊び行動は、表 1 のとおりである。各遊び行動は、半自動化されてロボットに搭載されている。ロボットシステムの詳細は 4 章で述べる。搭載する遊び行動の選定は、保育者への事前の聞き取りと実装可能性の検討（技術的に可能か、ロボットとのインタラクションが明らかに不自然でないか）をもとに行った。プレゼント渡しは、ロボットが実験参加のお礼をして遊びの終了を知らせる目的で用意した (5.2 節 実験プロトコル参照)。そのた

め遊び行動の分類からは除外する。

今回の実験で準備する遊び行動のうち、親和的遊び行動に相当するものは、表 1 の 2 列目に示すように○×ゲーム、ジェスチャ、かくれんぼなどである。○×ゲームでは、子どもが通う幼稚園に関する出題をすることで親密な態度が表出できると考える。バイバイと手を振るといったジェスチャの一部の行為は、親密さを表現できる可能性がある。かくれんぼは、大人の視点からすると捕食・非捕食の競争的な遊び行動であるが、子どもにとっては“相手に見つけてもらえる”，“相手の自分に対する興味を確認できる”協調的な遊び行動としてとらえられている可能性があり [17]，これも親和的遊び行動だと考える。ロボットが名前を呼ぶ行為は、塩見らの行った科学館におけるロボットと来館者のコミュニケーション実験でも、好意的に受け入れられている [18]。終助詞「ね」は、Maynard によると、聞き手に対する話し手の親しみの態度を表す機能を持つという [19]。

不安緩和遊び行動の分類は、表 1 の 3 列目に示したとおりである。○×ゲームやサイコロ遊び、プレゼント渡しなどでは、物を持つことにより緊張が緩和すると考える。歌はロボットが単独で歌うとき受動的に遊べる。手をつなぐことは幼児同士の場合“手をつないであげる”ことではなく“手をつないでもらう”ことを意味し、安心感や安定感への嗜好性を持っていると報告されている [20]。ロボットを物体・おもちゃとしてとらえない限り、手つなぎでも同様に安心感が得られるのではないかと推測する。かくれんぼでは子どもが隠れている間に不安を落ち着かせられると考える。子どもの名前の発話、終助詞「ね」の発話はごく短時間であるため、不安緩和の要素は規定できないと考え、分類からは除外する。

4. 遊び相手ロボットシステム

4.1 遠隔操作ロボットを使った遊び行動の分析

人見知りの子どもの有効な遊び行動を探るための方法として、本研究では、保育者が遠隔操作するロボットを使った実験を行う。ただし注意したいのは、本研究の将来の目標は自律で遊べるロボットであり、遠隔操作ロボットでの実験はそのための方法論であるということだ。保育者が子どもと遊びを成立させるノウハウのうち、ロボットの身体的な制限の中で実現可能なものを効率良く得たい。よって本論文では遠隔操作ロボットを用い、ロボットの身体的制限の中で有効な遊び行動を探る。

4.2 実験で用いる遊び相手ロボット

ここからは実験で使用する遊び相手ロボットの概要と遠隔操作システムについて述べる。

本研究で目指す遊び相手ロボット [8] は、家庭内での子どもの相手を目的としている。そこで、実験では子どもと 1 対 1 で遊ぶことを想定する。社会的遊びの発達段階を見

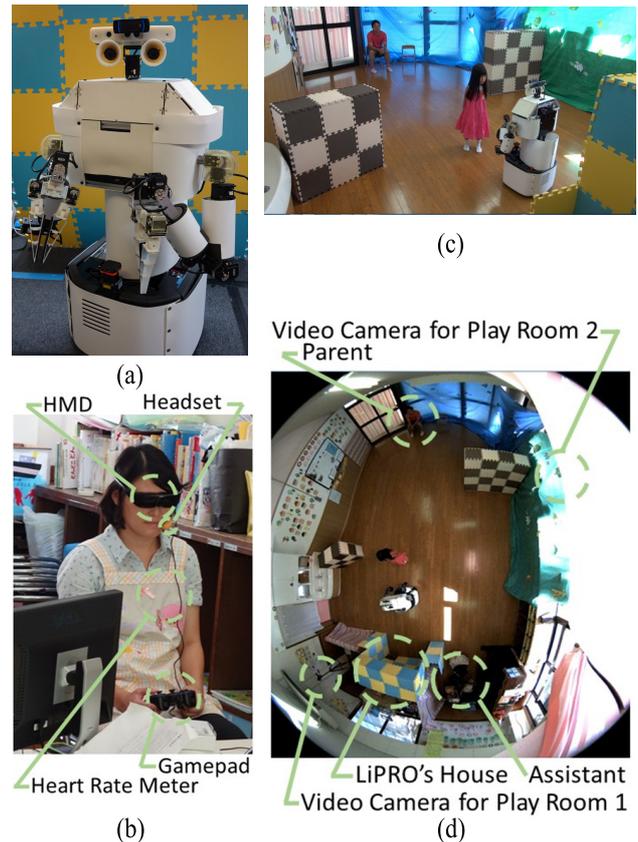


図 2 実験環境 (a) LiPRO (b) 操作者 (c) 遊び部屋 (d) 遊び部屋の俯瞰映像

Fig. 2 Experiment environment: (a) robot platform “LiPRO”, (b) operator (a preschool teacher), (c) play room, and (d) overview of the play room.

ると、子どもが他者と意図的に一緒に遊ぶ“協同遊び”が観察されるのは、5、6 歳頃であるため、子どもの年齢は 5、6 歳とする。遊びは屋内で行うことを基本とする。

4.3 ロボットプラットフォーム

本研究では、筆者らのグループで開発したロボット LiPRO [21] を用いる (図 2(a))。LiPRO は身長が可変だが、本論文では子どもとの身長差を考慮し、床から頭頂部までおよそ 105 cm に設定した。上半身には 7 自由度のアーム 2 つと 2 自由度の首、1 自由度の腰、そして下半身には全方位台車がある。頭部にはウェブカメラと、RGB カメラおよび深度センサで構成される Kinect を搭載する。台車にはマイクが設置されており、子どもの声やロボットの周囲の音声を拾う。台車前部にはレーザレンジファインダ (LRF) を搭載しており、これによって前方角度 270 度以内の物体との距離を測定し、SLAM による自己位置推定、障害物回避を行う。

4.4 遠隔操作システム

遠隔操作インタフェースを装着した操作者の様子を、図 2(b) に示す。

ロボットの頭の向きを操作するため、操作者は頭部にヘッドマウントディスプレイ (HMD) を装着する。HMD の画面には、ロボット頭部に搭載したカメラからの映像と、後述する遊びモジュールを操作するための選択肢が表示される。操作者は自身の頭部を動かすことで、ロボットの頭部に同じ動作をさせることができ、直感的に視界を制御できる。

ロボットに発話をさせるために、操作者は頭部に装着したヘッドセットマイクに向かって発話する。操作者の発話は音声認識され、その結果から合成音声生成されてロボットより出力される。音声認識を介することで、抑揚といった現システムで再現困難な情報が意図せず含まれることを避けている。また、間違った音声認識結果の発話を聞いた子どもがロボットに不信感を持つことを防ぐため、遠隔操作者の傍にいる発話補助者が音声認識結果のフィルタリングを行う。発話補助者は PC 上に表示される音声認識結果を判別し、状況にふさわしいものであれば発話ボタンを押して音声認識結果をロボットから発話させる。

ロボットの移動は、ゲームパッド上のジョイスティックで行う。ロボットの前進後退はジョイスティックの上下、回転移動は左右で操作する。

4.5 遊びの操作

本システムには複数の遊びモジュールが搭載されており、操作者はゲームパッドでその遊びモジュールを選択する。各遊びは半自動化されており、簡単な操作だけで子どもと遊ぶことができる。

5. 1対1の遊び実験

5.1 実験条件

子どもは5~6歳の39名(平均年齢5歳9カ月, $SD = 5.0$ カ月, 男25名, 女14名)を対象とした。ロボットの操作を担当する保育者は勤務年数約10年の幼稚園教諭4名(平均36歳, すべて女性)とした。また、子どもに同伴する保護者に、実験時の印象評価や子どもの性格検査を依頼した。実験は子どもがふだん通う幼稚園で、12日間、1日あたり2~4名の子どもに対して行った。保育者は1日あたり1名もしくは2名が遠隔操作を担当した。操作者となる保育者には事前に計5~6時間のロボット操作練習を行った。また、ロボットと子どもが初対面であることを想定し、保育者には子どもの名前と性別のみを事前情報として与えた。操作者は幼稚園でその子どもの担任を経験していない保育者が担当し、事前に子どものことを知っていた場合でもその子どもを知らないという体で接した。

5.2 実験のプロトコル

まず、子どもと保護者は到着後、待機部屋で待機した。保護者はその間、子どもの性格検査に回答した。次にアシ

スタントが子どもと保護者を遊び部屋(図2(c), (d))まで誘導し、この3名が同時に遊び部屋に入室した。保護者は入り口近くの椅子に座った。保護者には、子どもとロボットのコミュニケーションになるべくかかわらないでほしいこと、交流後にアンケートに答えてもらうことを伝えたいので同席してもらった。交流開始時、ロボットは部屋奥のロボットの家に入っており、子どもにはロボットの見える好きな位置に行ってもらうようにアシスタントから促した。その後保育者がロボットを遠隔操作して、自由に子どもと遊んだ。ロボットが遠隔操作されていることは子どもには伝えず、操作者はロボットが自律で動いているかのように操作した。交流時間は1人約30分とした。最後に子どもが退室する際には、操作者はプレゼント渡しモジュールを実行し、子どもに消しゴムを手渡した。交流中にロボットがとる行動は、最後のプレゼント渡し以外は操作者に一任した。遊びが終了した後、アシスタントは子どもと保護者を待機部屋まで案内した。待機部屋では子どもと保護者それぞれにアンケートを実施し、操作を担当した保育者にもアンケートを実施して、全行程終了とした。

交流中に行った遊び行動は表1のとおりであり、本実験の目的は、これらが行われた量と人見知りの子どもの親近感との関連を調べることにある。ただし退出時に全員が行ったプレゼント渡しは、解析には使用しないこととする。

5.3 性格検査とアンケート

交流前に保護者に対して、TS式幼児・児童性格診断検査と小学生用主要5因子性格検査を実施した。TS式幼児・児童性格診断検査は就学前の子どもや小学生を適用範囲とした、養育者による他者評価形式の性格検査である。検査項目は、顕示性・神経質・情緒不安・自制力・依存性・退行性・攻撃性・社会性・家庭適応・学校適応・体質的安定の11項目である。それぞれの項目は値が低いほど精神的に不安定で何らかの配慮が必要とされている。小学生用主要5因子性格検査は、基本的な性格の次元といわれる5つの直交因子(外向性、協調性、良識性、情緒安定性、知的好奇心)と問題攻撃性を評価する。この検査は本来、小学生を適用範囲とした検査であるが、幼児を対象とした検査が少ないことと、この検査による両親の他者評定と児童の自己評定の相関が高い[22]ことから、子どものこととして回答してもらう形で保護者に実施した。

交流後、ロボットに対する子どもの印象評価のために、(1)子ども、(2)実験に同席した保護者、(3)ロボットを操作した保育者、にアンケートを実施した。各質問項目は基本的に5段階評価とした。子どもへのアンケート(表2)は、ロボットの印象に関する質問からなり、実施に際しては質問の分かりやすい紙を用意し、そこにスタンプを押す形で答えてもらうなど、子どもが回答しやすいように最大限の注意を払った。保護者へのアンケート(表3)は、子

表 2 子どもに対するアンケート
Table 2 Questionnaires for children.

ID	質問項目
C1	リプロは本当の人間みたいだと思う
C2	リプロは怖いと思う
C3	リプロとお友達になりたいと思う
C4	リプロは心があると思う
C5	リプロともう一回遊びたいと思う

表 3 保護者に対するアンケート
Table 3 Questionnaires for parents.

ID	質問項目
P1	調査前の機嫌は良かった
P2	調査中の機嫌は良かった
P3	調査後の機嫌は良かった
P4	調査前は緊張していた
P5	調査中は緊張していた
P6	調査終了時、調査が終わることが分かってほっとしたように見えた
P7	ロボットに親近感を持っているように見えた
P8	ロボットは、人間が裏で操作していると分かっているように見えた
P9	できるだけロボットに関わりたくない、または近づきたくないように見えた
P10	自分から積極的にロボットに関わろうとしていた
P11	調査に使用したロボットを怖いと思っていた
P12	調査に使用したロボットに好感を持っていた
P13	ロボットに対して興味を持っているように見えた
P14	保護者の方からみてロボットはお子様の遊び相手をうまくできていた
P15	調査に使用したロボットをどのような存在だと思っているように見えたか、イメージに近いものを選択してください (複数回答可)
P16	ふだんからキャラクターに人格があると見なしている
P17	着ぐるみなどを怖がることが多い
P18	ロボット (今回調査に使用したもの以外) が好き、または興味がある
P19	周囲に甘えることはよくある
P20	いつもと違う状況だと緊張しやすい方である
P21	人見知りはありません
P22	年下の世話をしたがることはよくある
P23	好奇心は強い方である
P24	興味を持ったものにはすぐに触れようとしていたり、自分から近づいたりすることがある

表 4 操作者 (保育者) に対するアンケート
Table 4 Questionnaires for the operator (preschool teacher).

ID	質問項目
O1	部屋に入ってきたときは緊張しているように見えた
O2	調査中は緊張しているように見えた
O3	調査終了時に、調査が終わることが分かってほっとしたように見えた
O4	部屋に入ってきたときは機嫌が良さそうに見えた
O5	調査中は機嫌が良さそうだった
O6	調査終了時は機嫌が良さそうだった
O7	ロボットに対して興味を持っているように見えた
O8	ロボットに好感を持っていた
O9	ロボットは、人間が裏で操作していると分かっているように見えた
O10	自分から積極的にロボットに関わろうとしていた
O11	ロボットを怖がっていた
O12	できるだけロボットに関わりたくない、または近づきたくないように見えた
O13	ロボットに親近感を持っているように見えた
O14	調査に使用したロボットをどのような存在だと思っているように見えたか、イメージに近いものを選択してください (複数回答可)

子どもとロボットのやりとりを見て感じた子どもの印象を問う質問と、子どものふだんの様子に関する質問からなる。保育者へのアンケート (表 4) は、ロボットを通したやりとりで感じた子どもの印象を問う質問からなる。

5.4 データの記録

実験中は 4 章で述べた遠隔操作システムにより、ロボットの動作データおよび環境データを記録した。記録したデータは、ロボットが発話した文字情報、実行された遊びモジュールの情報、ロボット頭部カメラからの RGB 画像、距離画像である。また、遊び部屋と操作部屋に設置した 4 台のビデオカメラによる映像も記録した。

5.5 映像からの子どもとロボットの客観指標の算出

子どもがロボットに親近感を持ったかどうかは、ロボットと子どもの間の距離、および子どもの笑顔度に現れると考える。そこで、子どもからロボットへの親近感の程度を客観的にとらえるために、子どもとロボットの距離および子どもの笑顔度を求めた。本研究では、装置を装着せず自由に遊べ、かつ大がかりな装置を必要としない画像解析による計測を採用した。今回の実験では遊びの最中に移動するため、定点カメラで子どもの顔の映像をつねに記録することが難しい。そこで、ロボット視点からの映像を用いた。客観指標は、映像を実験後に処理し、時系列データとして算出した。

子どもとロボットの距離 (以下 DIST) ロボットの視界にあたる Kinect の RGB 画像から子どもの顔を検出し、距離情報と照らし合わせることで、ロボットから子どもの顔までの距離を求めた。

子どもの笑顔度 (以下 C_SMILE) 子どもが笑顔である度合いを 0~100 で表す。Kinect の RGB 画像から OKAO Vision を用いて算出した。

ただし、使えるのはロボットの視点からの映像のみであり、つねに対象とする子どもの顔を観測できるわけではない。

6. 実験結果

子ども 39 名のうち全員が交流中に遊びを中断することなくロボットと遊ぶことができた。しかしアンケートと記録データがすべて有効だったのは 31 名であった。以降、この 31 名について解析する。

本実験の目的は、仮説 1: 人見知りの子どもが親近感を持つために有効な遊び行動が存在する、および仮説 2: 人見知りに有効な遊び行動は、親和的遊び行動と不安緩和遊び行動の両方の要素を持つ遊び行動である、の検証である。解析は以下の手順で行った。

- (1) 子どものロボットへの親近感を評価するために、保護者が回答したアンケートの P7 “ロボットに親近感を持っているように見えた” という親近感得点を取り上げ、その信頼性を客観指標および他のアンケート項目との関係から検証した。
- (2) 人見知り性格がロボットへの親近感に影響しているかどうかを、保護者が回答したアンケートの P21 “人見知りはあまりしない方である” という人見知り得点、

表 5 アンケート P7 親近感得点との相関 (**: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$, 無印: 有意でない)

Table 5 Correlation with P7 friendliness score. (**: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$, none: no significant difference.)

データ	項目	相関係数		
客観指標	DIST 平均	-0.577 **		
	C.SMILE 平均	0.391 *		
保育者 アンケート	O4 部屋に入ってきたときは機嫌が良さそうに見えた	0.237		
	O5 調査中は機嫌が良さそうだった	0.390 *		
	O2 調査中は緊張しているように見えた	-0.292		
	O4 調査終了時に、調査が終わることが分かってほっとしたように見えた	-0.506 **		
	O8 ロボットに好感を持っていた	0.622 **		
	O11 ロボットを怖がっていた	-0.538 **		
	子ども アンケート	C3 リプロとお友達になりたいと思う	0.524 **	
		C5 リプロともう一回遊びたいと思う	0.417 *	
		保護者 アンケート	P1 調査前の機嫌は良かった	0.041
			P2 調査中の機嫌は良かった	0.539 **
			P3 調査後の機嫌は良かった	0.394 *
P4 調査前は緊張していた	-0.250			
P5 調査中は緊張していた	-0.401 *			
P6 調査終了時、調査が終わることが分かってほっとしたように見えた	-0.478 **			
保護者 アンケート	P7 ロボットに親近感を持っているように見えた	1.000		
	P9 できるだけロボットに関わりたくない、または近づきたくないように見えた	-0.575 **		
	P10 自分から積極的にロボットに関わろうとしていた	0.717 **		
	P11 調査に使用したロボットを怖いと思っていた	-0.690 **		
	P12 調査に使用したロボットに好感を持っていた	0.681 **		
	P13 ロボットに対して興味を持っているように見えた	0.433 *		
	P20 いつもと違う状況だと緊張しやすい方である	-0.507 **		
	P21 人見知りはあまりしない方である	0.645 **		
	P24 興味を持ったものにはすぐに触れようとしたり、自分から近づいたりすることがある	0.514 **		
	性格検査	TS 式 顯示性	-0.445 *	
		TS 式 攻撃性	-0.425 *	
		小学生用主要 5 因子 外向性	0.428 *	

および P7 親近感得点別に人数を計数して確かめた。

- (3) 人見知りの子どもの中で親近感を持った/持たなかったの差が、遊びを通して生じたものであるかどうかを、10分ごとの客観指標の変化によって確認した。
- (4) P7 親近感得点と行われた遊び行動の関係から、人見知りの子どもの親近感に影響した遊び行動を探した。

6.1 親近感の評価指標

まず P7 親近感得点が子どもからロボットへの親近感の評価指標として妥当であるかを確かめる。

P7 親近感得点と、各アンケート得点および客観指標とのピアソンの積率相関を求め、 t 値に変換して有意水準 5% (相関係数の境界値 ± 0.355) と 1% (相関係数の境界値 ± 0.456) で無相関検定した。有意な相関のあった項目とそれに関連する項目は表 5 に示すとおりである。

P7 親近感得点との相関は次のようになった。まず客観指標において、ロボット-子ども間距離 DIST の平均とは有意な負の相関 ($p = 0.001 < 0.01$) がみられ、親近感が高いほど子どもがロボットに近づいていることが分かる。笑顔度 C.SMILE とは有意な正の相関 ($p = 0.03 < 0.05$) が

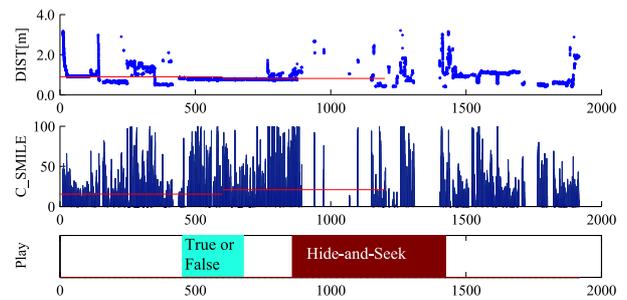


図 3 客観指標の例 (親近感あり・人見知り)

Fig. 3 Example of objective measures of a shy child who had feeling of friendliness: distance between the robot and the child (top), smile intensity of the child (second), and play (true or false and hide-and-seek). Red lines indicate average over 10 minutes.

みられ、親近感が高いほど子どもが笑顔であることが分かる。図 3 に得られた客観指標の例を示す。

保育者のアンケートでは、P7 親近感得点の高得点な子どもがロボットに対してポジティブな印象を持つことで一致している。子どものアンケートでは、C3 “お友達になりたい” と有意な正の相関 ($p = 0.002 < 0.01$)、C5 “もう一回遊びたい” と有意な正の相関 ($p = 0.020 < 0.05$) がみられ、子ども自身に尋ねた印象評価においても、保護者の P7 親近感得点が高い子どもほど良い評価となっている。保護者のアンケートでは、P7 親近感得点の高い子どもがロボットに対してポジティブな印象を持つことで一致している。

以上の結果は、P7 親近感得点の信頼性を保証しているといえるだろう。よってこれ以降、P7 親近感得点を子どものロボットへの親近感の評価指標に用い、解析を進める。

6.2 人見知りと親近感の関係

ここでは親近感在人見知り性格に影響しているかどうかを検証する。

表 5 より P7 親近感得点は P21 人見知り得点と有意な正の相関 ($p = 0.0001 < 0.01$) がみられ、人見知り性格が子どもからロボットへの親近感に影響していることが確認できた。さらに詳しく両者の関係を見るため、人見知りする子どもの人数と、ロボットに親近感を持った子どもの人数を確認する。

P21 人見知り得点の結果より、31 名のうち人見知りしない子ども (P21 人見知り得点 4, 5, 以下非人見知り群) は 14 名、人見知りする子ども (P21 得点 1~3, 以下人見知り群) は 17 名であった。また親近感を持った子ども (P7 親近感得点 4, 5) は 19 名 (うち、非人見知り群 13 名、人見知り群 6 名)、持たなかった子ども (P7 得点 1, 2) は 6 名 (うち、非人見知り群 0 名、人見知り群 6 名)、どちらもいえない (P7 得点 3) は 6 名 (うち、非人見知り群 1 名、人見知り群 5 名) であった (図 4)。つまり、人見知りしない子どもであればほぼ全員がロボットに親近感を持ち、そ

して逆に、親近感を持たなかった子どもは、全員が人見知りであった。この結果が指し示すのは、人見知りへの対応がいかに困難であるかということだろう。人見知りは本来ロボットではなく人に対する反応である。子どもがロボットを人と同じようにとらえていたどうかは、P15 “調査に使用したロボットをどのような存在だと思っているように見えたか” で人見知り群 17 名中 12 名が “よく分からない、または今まで出会ったことがない存在” と回答していることから、断定できない。しかし少なくとも人見知りの性格はロボットとのコミュニケーションにおいても影響するといえる。

6.3 親近感の変化

親近感に対する性格の影響は大きいですが、人見知りの子どもにのみ着目すると、17 名中 6 名つまり人見知りの 1/3 は親近感を持ったことが分かる。この人見知り群の親近感の差が遊びの中で生じたものかどうかを検証する。

まず人見知り群の中で P7 親近感得点と性格検査の各得点の間の相関を求めたところ、いずれも有意な相関はみられなかった。つまり人見知り群の中で子どもが親近感を持てたか否かは性格によらなかったことが分かる。次に 10 分間区切りの子どもごとの距離 DIST と笑顔度 C_SMILE の平均を求め、P7 親近感得点との積率相関を求めた (表 6)。その結果、笑顔度では交流開始直後の 10 分間では親近感と笑顔度に相関がみられないのに対し、これ以降の 10 分ごとでは有意な正の相関 ($p = 0.007 < 0.01$, $p = 0.004 < 0.01$) がみられた。距離に関しては、全時間帯で有意な負の相関

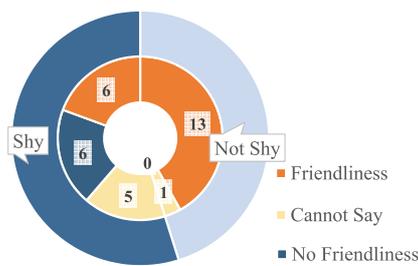


図 4 P7 親近感得点および P21 人見知り得点別の子ども人数の内訳
Fig. 4 Breakdown of the number of children by friendliness and shyness.

表 6 人見知り群における P7 親近感得点と子どもの振舞いに関する客観指標との相関係数 (**: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$, 無印: 有意でない)

Table 6 Correlation between friendliness and behavior of shy children (**: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$, none: no significant difference).

時間	DIST	C_SMILE
0~10	-0.584 *	0.088
10~20	-0.729 **	0.628 **
20~30	-0.536 *	0.663 **

($p = 0.014 < 0.05$, $p = 0.001 < 0.01$, $p = 0.027 < 0.05$) がみられるものの、0~10 分よりも 10~20 分で相関の度合いが強くなっていった。よって、親近感は最初大きな違いはなく、交流開始から 20 分の変化していったものだと考えられる。

6.4 親近感に影響した遊び行動の分析

人見知り群において、最終的な親近感と交流中に各遊び行動が行われていた量との関連を検討する。そのために、表 1 のじゃんけんから会話まで (プレゼント渡しを除く) の 11 種の遊び行動が実行されていた時間を数え上げ、各遊び行動が行われていた時間を算出した。名前の発話、終助詞「ね」の発話に関しては、それらをロボットが発話した回数を、発話ログから計数した。交流 0~10 分、10~20 分における遊び時間と P7 親近感得点との積率相関を求めたところ、0~10 分で \times ゲームに有意な正の相関 ($p = 0.017 < 0.05$)、10~20 分でかくれんぼに有意な正の相関 ($p = 0.045 < 0.05$) がみられた。また、0~10 分で歌に有意傾向の負の相関 ($p = 0.066 < 0.1$)、10~20 分で \times ゲームに有意傾向の負の相関 ($p = 0.099 < 0.1$) がみられた。それ以外の遊び行動は、最終的な親近感への影響は確認されなかった。

発話回数に関しては、交流時間 0~15 分の範囲で同様に P7 親近感得点との積率相関を求めたところ、子どもの名

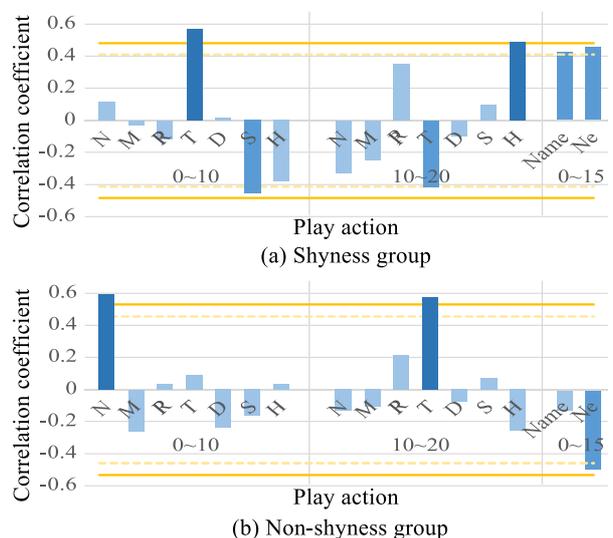


図 5 遊び行動と P7 親近感得点の相関
Fig. 5 Correlation between play actions and friendliness. Solid lines mean border of significance level $\alpha = 0.05$, and dotted lines mean border of $\alpha = 0.1$. Play actions include times of each play and the number of the robot’s utterance: N = Nothing (conversation), M = Move, R = Rock-scissors-paper, T = True or false, D = Dice game, S = Song, H = Hide-and-seek, Name = Utterance of the child name, Ne = Utterance of the final particle “ne”.

前の発話、終助詞「ね」の発話ともに有意傾向の正の相関 ($p = 0.094 < 0.1$, $p = 0.064 < 0.1$) がみられた。

これらの結果を図 5 (a) に示す。なおほとんど行われなかった遊び行動は図 5 から除いた。

また比較のために、非人見知り群においても同様に遊び時間・発話回数との積率相関を求めた。ただし今回の非人見知り群では親近感がない子どもはいなかったため、P7 親近感得点の値は 3~5 の範囲となっている。結果、0~10 分で実行モジュールなし (会話) に有意な正の相関 ($p = 0.024 < 0.05$)、10~20 分で○×ゲームに有意な正の相関 ($p = 0.032 < 0.05$)、0~10 分で終助詞「ね」の発話に有意な負の相関 ($p = 0.032 < 0.05$)、0~15 分で「ね」の発話に有意傾向の負の相関 ($p = 0.065 < 0.1$) がみられた (図 5 (b))。

人見知り群の結果で有意あるいは有意傾向の相関がみられた遊び行動は、非人見知り群のものとは異なることが分かる。

7. 考察

7.1 遊び行動の分類から見た効果

本研究は、ロボットとの関係構築が容易でない子どもに対応できる仕組みを実現する第 1 歩として、仮説 1: 人見知りの子どもが親近感を持つために有効な遊び行動が存在する、仮説 2: 人見知りにも有効な遊び行動は、親和的遊び行動と不安緩和遊び行動の両方の要素を持つ遊び行動である、を検証する目的で行った。保育者が遠隔操作するロボットと子どもが遊ぶ実験を行った結果、0~10 分の○×ゲームと 10~20 分のかくれんぼを多く行った人見知りの子どもほど、ロボットへの親近感が高まることが示された。また 0~10 分の歌、10~20 分の○×ゲームは逆効果の傾向がみられた。さらに 0~15 分間の終助詞「ね」をつけた発話、0~15 分間の子どもの名前発話、有効な傾向があることが示された。したがって仮説 1 の、“人見知りの子どもが親近感を持つために有効な遊び行動の存在” は立証されたといえる。

仮説 2 では、人見知りの親近感を上げるのは親和的遊び行動と不安緩和遊び行動の両方の要素を持つ遊び行動だと考えた。本実験で行った遊び行動では、○×ゲーム、手つなぎ、かくれんぼがこれに相当する。手つなぎは交流中ほとんど行われなかったことから、その影響は確認できなかった。しかし、○×ゲームとかくれんぼは、これらを多く行った人見知りの子どもほど親近感が高まるという結果を得た。これらの遊び行動は不安緩和要素によって人見知りの子どもでも遊ぶことができ、かつ親和的要素によって親近感を高めることができたのではないかと推測する。○×ゲームは 10~20 分では親近感に対し逆効果の傾向がみられたが、これは○×ゲームを交流の中盤に行うのではなく、最初に行うのが良いことを表していると考えられる。

実際○×ゲームは問題数が 8 問と限られていたため、中盤に行われている場合は序盤では実施されず、序盤で行った場合には中盤では実施されなかった。○×ゲームは初期段階で行って早く安心感を与え、その後他の遊びに移行することが良いということではないだろうか。またかくれんぼは 0~10 分では効果が確認できなかったが、その理由として、交流初期では子どもが部屋の状況を把握しきれていなかったことがあげられる。実際、交流初期にかくれんぼをすると、子どもが戸惑う様子が観察された。以上の結果より、人見知りにも有効な遊び行動は親和的遊び行動と不安緩和遊び行動の両方の要素を持つ遊び行動であるという仮説 2 は、立証されたと考えられる。

親和的遊び行動である名前発話と「ね」の発話は人見知りにも有効であった。これらの発話は短時間であり、不安緩和要素は規定できないと考えた。しかし実際には、名前と「ね」はそれ単体ではなく、他の遊び行動が行われている最中に発話された。一緒に行われた遊び行動は会話に限らず、○×ゲームやサイコロ遊びといった不安緩和遊び行動も多かった。このような同時に行われていた遊びの不安緩和効果が働き、発話の親和的効果が表れたのではないかと推測する。実際の発話の例を以下に示す。

(○×ゲームの最中にて) 「○○くんすごいね。」 「○○くん幼稚園の事詳しいね。」 「全問正解だね。」
--

0~10 分の歌は、有意傾向ではあるが、親近感を低くするという結果が出ている。これはロボットシステムの問題である可能性が高い。ロボットの歌の出力と通常の発話には異なるソフトウェアを使用しており、それぞれの声と同じではなかったため、子どもに不信感をいだかせたのではないかと推察する。実際ロボットが歌いだすと、不審な顔をする子どもや、スピーカを探そうとする子どもが存在した。

終助詞「ね」は人見知りの子どもには有効だったが、一方の人見知りしない子どもに対しては逆効果であった。音声合成で発話される「ね」の韻律は必ずしも自然ではなかったため、人見知りほど緊張せず余裕があった子どもには、「ね」が多用されるとその違和感が気になったのかもしれない。

非人見知り群では、0~10 分で実行モジュールなし (会話) が多く親近感が高まっている。会話は人見知りでもない子どもの親しみを増加させるが、逆に人見知りの子どもには影響していない。我々の遊び行動の分類では、会話は親和的遊び行動であるが、不安緩和遊び行動ではない。親和的遊び行動は子ども全般に対して親近感を高め、そのうち不安緩和遊び行動であるものだけが人見知りにも有効だと我々は予測したが、会話が非人見知りにものみ効果があっ

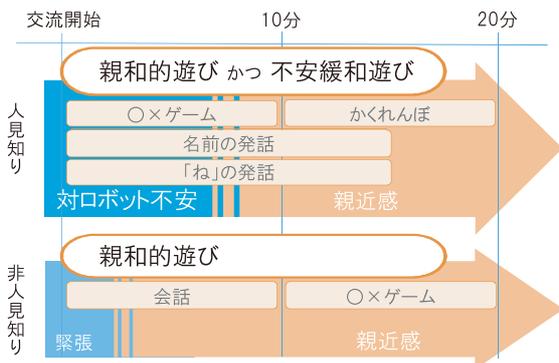


図 6 親近感を高める遊び行動の戦略

Fig. 6 Strategies for building a sense of friendliness.

たという結果は、これを支持するものと考えられる。つまり、性格の違いによって異なる有効なアプローチが存在することを示唆しているだろう。初対面の子とも遊ぶとき、まずは会話で仲良くなろうというのが一般的に想像しやすい方策であるが、この方法は人見知りでない子どもだけに適している可能性がある。清水が内向的な幼児について“ほめことばよりも、実際に簡単でおもしろい積木遊びをさせる方が効果的な子どものいることを知らされた [16]”と述べているように、人見知りには無理に会話で仲良くなろうとせず、不安の強い状態でもできる遊び行動をしながら親密な態度を示す方が、心の距離を縮め、親しくなれるということではないだろうか。我々は先行研究で、子どもをロボットに慣れさせる目的で、子どもとロボットの交流の最初に5分程度の会話を設けていた。しかしこの方法が実は人見知りでない子どもにだけ有効に働き、人見知りの子どもには慣らしの役目になっていなかったことが示唆される。どんな子どもとも遊べるロボットを実現するにあたり、今回得られた知見は非常に有用である。

以上の結果をまとめ、人見知りの子どものロボットへの親近感を高めるために有効だと思われる遊び行動の戦略を図6に示す。

8. おわりに

本論文では、遊び相手ロボットが友好的な関係を築きにくい性格の子どもと良好な関係を構築するための方法について検討し、その方策として子どもの性格に応じてロボットが行動選択する仕組みを考えた。この仕組みを実現するための第1歩として、本論文では人見知りの子どもに焦点を当て、人見知りの子どもの親近感を高めるために有効な遊び行動を探った。保育者が遠隔操作するロボットと5～6歳児との遊び実験を行った結果、人見知り性格がロボットへの親近感に影響すること、そして“人見知りの子どもが親近感を持つために有効な遊び行動が存在する”こと、さらに“人見知りには有効な遊び行動は、親和的遊び行動と不安緩和遊び行動の両方の要素を持つ遊び行動である”こ

とを確認した。本実験の結果は、人見知りには人見知りに合った対応方法があるということを示唆している。一般に子どもに接する際には、まずは会話をして仲良くなっていくという方策が想像しやすいが、人見知りの子どもにそれは適さない。不安の強い状態でもできる遊び行動をしながら親密な態度を示すことが、人見知りの子どもと仲良くなるためのアプローチであろう。

本論文の成果を将来子どもの性格の違いに対応する自律の遊び相手ロボットを実現させる一助としたい。そもそもロボット自体には人の心の状態を推定するという機能はなく、本論文の知見は経験の長い保育者のノウハウを行動分析から抽出したものすぎない。一方で我々は経験則に頼って相手に合わせた行動をとるだけでなく、人間の基本的な内部過程についての洞察を持ってより一般的な状況への対応をしているように思える。ロボットが子どもだけでなくより広い範囲の人とコミュニケーションをとるためには、そのような“人間についての洞察”を解明していく必要があるだろう。

今後は、有効な行動の解析を“ほめる”といった遊び行動の中にも含まれる詳細なレベルにおいても行いたい。さらに今回明らかになった行動戦略を実行するためには、遊びながらロボットが子どもの人見知りを推定できる必要があり、これを今後の課題としたい。

謝辞 実験を実施するにあたり多大なご協力をいただいた学校法人柿の実学園柿の実幼稚園の関係者の皆様方に心より感謝する。本研究は、科研費(基盤(C)23500240)および新学術領域研究「伝達創成機構」,「認知的インタラクションデザイン学」の助成を受け実施したものである。

参考文献

- [1] Wainer, J., Dautenhahn, K., Robins, B. and Amirabdollahian, F.: A Pilot Study with a Novel Setup for Collaborative Play of the Humanoid Robot KASPAR with Children with Autism, *International Journal of Social Robotics*, Vol.6, No.1, pp.45-65 (2014).
- [2] Kozima, H., Michalowski, M.P. and Nakagawa, C.: Keekon: A Playful Robot for Research, Therapy, and Entertainment, *International Journal of Social Robotics*, Vol.1, No.1, pp.3-18 (2009).
- [3] Tanaka, F., Cicourel, A. and Movellan, J.R.: Socialization between toddlers and robots at an early childhood education center, *Proc. National Academy of Sciences*, Vol.104, No.46, pp.17954-17958 (2007).
- [4] 神田崇行, 佐藤留美, 才脇直樹, 石黒 浩: 対話型ロボットによる小学校での長期相互作用の試み, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol.7, No.1, pp.27-37 (2005).
- [5] 三宅泰亮, 山地雄士, 大島直樹, デシルバラビンドラ, 岡田美智男: Sociable Trash Box: 子どもたちはゴミ箱ロボットとどのように関わるのかフィールドにおける調査結果とその考察, 人工知能学会論文誌, Vol.28, No.2, pp.197-209 (2013).
- [6] Wada, K., Shibata, T., Asada, T. and Musha, T.: Robot Therapy for Prevention of Dementia at Home: Results of Preliminary Experiment, *Journal of Robotics and*

- Mechatronics*, Vol.19, No.6, pp.691-697 (2007).
- [7] 姜 信善, 滝川裕子: 子どもの遊びと自立性・自己像との関連について: 遊び種類・遊び能力を中心に, 富山大学人間発達科学部紀要, Vol.6, No.2, pp.1-14 (2012).
 - [8] 阿部香澄, 岩崎安希子, 中村友昭, 長井隆行, 横山絢美, 下斗米貴之, 岡田浩之, 大森隆司: 子供と遊ぶロボット: 心的状態の推定に基づいた行動決定モデルの適用, 日本ロボット学会誌, Vol.31, No.3, pp.263-274 (2013).
 - [9] 佐竹 聡, 神田崇行, Glas, D.F., 今井倫太, 石黒 浩, 萩田紀博: 対話ロボットの人間へのアプローチ方法: 対話ロボットの対話開始に対する戦略, 日本ロボット学会誌, Vol.28, No.3, pp.327-337 (2010).
 - [10] 黒田実郎: 幼児の恐怖: その原因と除去, 幼児の教育, Vol.68, No.10, pp.36-43 (1969).
 - [11] 太田一栄: 幼児の友だち関係と教育: 日々の保育にふれて, 幼児の教育, Vol.67, No.4, pp.57-71 (1968).
 - [12] 清水エミ子: 積木遊びにおける幼児集団の比較, 幼児の教育, Vol.57, No.9, pp.49-50 (1958).
 - [13] 藤岡久美子: 友達と遊ばない子どもの発達: 幼児期児童期の引込み思案・非社会性研究の動向, 山形大学紀要(教育科学), Vol.15, No.4, pp.9-23 (2013).
 - [14] Matsuda, Y.-T., Okanoya, K. and Myowa-Yamakoshi, M.: Shyness in Early Infancy: Approach-Avoidance Conflicts in Temperament and Hypersensitivity to Eyes during Initial Gazes to Faces, *PLoS one*, Vol.8, No.6, p.e65476 (2013).
 - [15] 西垣吉之, 山田陽子, 馬場佑真, 西垣直子: 子どもにとっての『もの』の持つ意味について, 中部学院大学・中部学院大学短期大学部研究紀要, No.10, pp.85-87 (2009).
 - [16] 清水エミ子: 積木遊びにおける幼児集団の研究から, 幼児の教育, Vol.58, No.10, pp.27-31 (1959).
 - [17] 岩崎安希子, 下斗米貴之, 阿部香澄, 中村友昭, 長井隆行, 大森隆司: 遊びロボットによる子どもの性格傾向の推定に関する研究, 日本感性工学会論文誌, Vol.12, No.1, pp.219-227 (2013).
 - [18] 塩見昌裕, 神田崇行, イートンダニエル, 石黒 浩, 萩田紀博: RFID タグを用いたコミュニケーションロボットによる科学館での展示案内, 日本ロボット学会誌, Vol.24, No.4, pp.489-496 (2006).
 - [19] Maynard, S.K.: *An introduction to Japanese grammar and communication strategies [Revised Edition]*, pp.99-100, Japan times (2009).
 - [20] 柴田直峰: 幼児どうしが手をつなぐ行動についての一考察, 立命館文學, No.599, pp.38-46 (2007).
 - [21] 丸山恭平, 中村友昭, 長井隆行: 低コストな家庭用ヒューマノイドロボットの開発: ロボカップ@ホームから記号創発研究まで, 第13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, 3H2-2 (2012).
 - [22] 村上宣寛: 小学生用主要5因子性格検査(LittleBigFive2)の妥当性, 日本パーソナリティ心理学会大会(発表論文集), 日本パーソナリティ心理学会大会, P1-14 (2010).



阿部 香澄

2009年電気通信大学電気通信学部知能機械工学科卒業。2011年同大学大学院修士課程修了。現在、同大学院情報理工学研究科博士課程在学中。知能ロボティクスに関する研究に従事。日本ロボット学会, 人工知能学会各学生

会員。



日永田 智絵 (学生会員)

2014年電気通信大学電気通信学部知能機械工学科卒業。現在、同大学大学院情報システム学研究科修士課程在学中。知能ロボティクスに関する研究に従事。IROS2014 IEEE RAS Japan Chapter Young Award 受賞。日本ロ

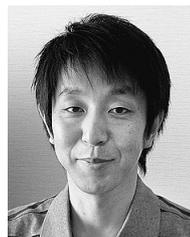
ボット学会, IEEE 各学生会員。



アッタミミ ムハンマド

2010年電気通信大学電気通信学部電子工学科卒業。2012年同大学大学院修士課程修了。現在、同大学院情報理工学研究科知能機械博士課程在学中。知能ロボティクスに関する研究に従事。日本ロボット学会, 人工知能学会

各学生会員。



長井 隆行 (正会員)

1993年慶應義塾大学理工学部電気工学科卒業。1997年同大学大学院博士課程修了。博士(工学)。1998年電気通信大学電子工学科助手。2003年カリフォルニア大学サンディエゴ校客員研究員。2004年電気通信大学大学院

電気通信学研究科助教授。現在、同大学院情報理工学研究科教授。2011年より玉川大学脳科学研究所特別研究員を兼務。知能システム, 知能ロボティクスに関する研究に従事。日本ロボット学会, 人工知能学会, 電子情報通信学会, IEEE 各会員。



岩崎 安希子

2012年電気通信大学電気通信学部電子工学科卒業。2014年玉川大学大学院工学研究科電子情報工学専攻修士課程修了。現在、蛇の目ミシン工業株式会社勤務。



下斗米 貴之

2003年北海道大学大学院工学研究科博士課程後期修了。博士(工学)。2004年国立リハビリテーションセンター研究所流動研究員。2007年関西学院大学理工学部情報科学科契約助手。2010年玉川大学脳科学研究所研究員。2014

年先端力学シミュレーション研究所勤務。現在に至る。感性工学・統計的学習論に関する研究に従事。日本ロボット学会正会員、感性工学会正会員、神経回路学会会員、電子情報通信学会正会員。



大森 隆司

1980年東京大学大学院工学研究科修了。1988年東京農工大学工学部助教授。1998年教授。2000年北海道大学大学院を経て。2006年より玉川大学教授。現在に至る。工学博士。脳というシステムに知的な行動が生まれる情

報メカニズムに興味がある。電子情報通信学会、日本認知科学会、日本神経回路学会等の会員。



岡 夏樹 (正会員)

1979年東京大学工学部計数工学科卒業。(財)新世代コンピュータ技術開発機構、松下電器産業(株)等を経て。2003年より京都工芸繊維大学教授。現在に至る。認知発達の計算モデルの構築とその工学的応用を目指している。

博士(工学)。FIT2007論文賞他受賞。人工知能学会、日本認知科学会各会員。