

ロボット - 子ども間の関係構築における手つなぎの影響

How Important Is Holding Hands on Building Relationship Between Children and Robots

日永田智絵^{1*} 阿部香澄¹ 長井隆行¹ 下斗米貴之² 大森隆司²
Chie Hieida¹, Kasumi Abe¹, Takayuki Nagai¹, Takayuki Shimotomai², Takashi Omori²

¹ 電気通信大学

¹ The University of Electro-Communications

² 玉川大学

² Tamagawa University

Abstract: The influence of holding hands for building relationship between children and robots is investigated in this research. Especially on the first meeting, it is difficult for a child to be frank once he/she starts to deny the partner. This is a significant problem for the robot to be a friend with children. The initial approach of the robot to the child should be appropriate in the early stage of relationship building. We hypothesize that physical communications, such as walking with hand in hand, make the relationship between children and robots better. A holding hands system has been implemented in a real robot, and an experiment was conducted at a kindergarten to validate our hypothesis. The results strongly support our hypothesis.

1 はじめに

子どもは、初対面の相手に対して一度拒絶反応を起こすと打ち解けることが困難になる。従って、子どもとロボットのコミュニケーションにおいて、初対面の子どもに対してロボットがどのように振る舞うかは重要である。そこで我々は、初対面時の触覚を用いた身体的なコミュニケーションが、その後のロボット - 子ども間の関係性を良好なものにするとの仮説を立てた。触覚を用いた身体的なコミュニケーションは、コミュニケーションの中でも最も原始的なものといえる。このコミュニケーションは、心理臨床において絆や親近感を形成する、癒された感覚を与える、安全の感覚を伝えるなどといったポジティブな効果があるといわれている [1, 2, 3]。我々は、こうした触覚を用いた身体的なコミュニケーションを「フィジカルコミュニケーション」と呼ぶ。フィジカルコミュニケーションとして、背中をさする、腕や肩を組む、手をつなぐといった様々なものが存在するが、こうした物理的な接触には何かしらの意味付けがなされており、それが共有され記号としての性質を持つと考えられる。つまりこれが「コミュニケーション」と呼ぶ所以であり、こうした記号が創発するプロセスや人-ロボットインタラクション (HRI) における利用、効果の解明が本研究の最終的なゴールである。

本稿では、中でも「手をつなぐ」という行為に注目する。手をつなぐという行為は、日常的によく見られるコミュニケーションである。親と子で手をつないでいたり、カップルや夫婦で手をつないでいたり、時には友達同士でつないでいる場合もある。しかし手をつなぐという行為は、相手が全くの他人であった場合には抵抗がある行為である。かといって相手が物であった場合、手をつなぐではなく物を持つという行為に変わってしまう。我々はこの手をつなぐというフィジカルコミュニケーションをロボットに組み込むことで、ロボット - 子ども間の関係性を良好なものにするだけでなく、物でもなく他人でもないロボットの確立を目指すとともに、フィジカルコミュニケーションのポジティブな効果を利用した親しみやすいロボットの実現可能性を検証する。

本研究ではまず、子どもの遊び相手ロボット [12] を開発し、そのロボットに手をつないで一緒に歩く機能を実装した。そしてこの遊び相手ロボットを用い、5~6歳児を対象に幼稚園においてコミュニケーション実験を行なった。本稿では、この実験の結果を通して上述の仮説を検証した結果を報告する。

従来、触覚による人-ロボットインタラクションが研究されており「触覚コミュニケーション (インタラクション)」と呼ばれている [4, 5]。これらの研究では、全身に配置した触覚センサからの情報をどのように処理するか、その結果をどのように利用するかといったことが主に議論されており、本研究で目指す関係性の

*連絡先：国立大学法人電気通信大学
〒182-0021 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1
E-mail:hchie@apple.ee.uec.ac.jp

構築などへの応用は考えられていない。

一方、HRI の分野では近年、インタラクションにおけるタッチの効果が注目されている [6, 7, 8]。しかし、多くの研究は小型のペットロボットなどを対象としており、比較的大きなサービスロボットと一緒に手をつないで歩くといった、より日常的なコミュニケーションを扱ったものは少ない。山本らは手をつなぐことのできる移動ロボットを使って、人とロボットを操作する人との関係性を調査している [9]。しかしこの研究は横に並ぶという関係性を重視しており、人がロボットと物理的に接触することによる関係性が主眼である本研究とは異なるといえる。

著者らのグループでは、子どもとロボットが長期的に遊ぶために、ロボットが子どもの内部状態を推定しながら適切にふるまうことが重要であることを示した [10]。そのためにロボットが子どもの内部状態モデルをもち、その状態推定に従って行動を決定するモデルを提案した。しかし一緒に遊ぶためには、子どもとロボットの関係性を構築する初期の段階があり、文献 [10] ではそのようなフェーズを考えていないため、そもそも子どもがロボットとインタラクションを行わないということが生じる。本研究では、フィジカルコミュニケーションを初期の関係性構築に導入することで、こうした問題の解決の一助となると考える。

2 遊び相手ロボットのシステム

2.1 ロボットプラットフォーム

本研究で用いるロボットを図 1 に示す。これは、著者らのグループで開発している「LiPRO」である [11]。LiPRO は身長可変のロボットだが、本稿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 105cm に設定する。上半身には 7 自由度のアーム 2 つと 2 自由度の首、1 自由度の腰を有する。下半身の全方位台車により、平坦な屋内であれば、任意の方向に自由に移動することが可能である。また、頭部には視野角 120 度で 200 万画素、フレームレート 30fps のウェブカメラとキネクトを搭載し、操作者への映像の伝送やロボットによる環境認識のために使用される。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 LRF を搭載しており、これによって SLAM や自己位置推定、障害物回避を行うことができる。

2.2 ロボットの手つなぎ制御アルゴリズム

本稿では、子どもとロボットが手をつないで歩く際には子どもが行先を決めることを前提とする。従ってロボットは、子どもが動く方向を推定しながらその方向に台車を動かせばよい。図 1 (a) に、ロボットの移動方向算出に関する考え方を示す。ロボットのアームは、コンプライアンス制御により引っ張ることができるようになっている。よってロボットのアームを子どもが引く

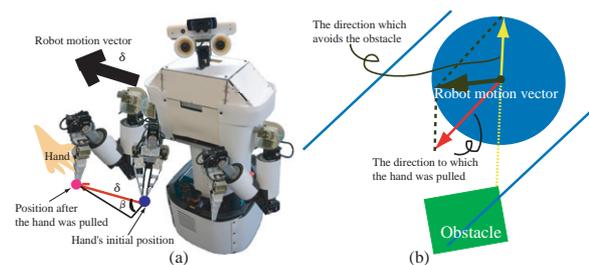


図 1: 手つなぎにおけるロボット (LiPRO) の方向制御 (a) 手を引かれた方向への移動ベクトル (b) 障害物回避方向との合成

ことにより、手先初期位置 (x_0, y_0) が手先位置 (x_1, y_1) へと変化する。この時の手先位置の差 $(x_1 - x_0, y_1 - y_0)$ を求め、その値から距離 δ と方向を計算する。これにより、引っ張られた方向へある決まった速度で台車を移動させることができる。この際、台車は直進速度と回転速度で制御しており、手先座標の差異から角度 β を算出し、その角度が大きいくほど回転速度を速くする。また、直進速度は、引っ張られた直線距離 δ が大きければ大きいくほど速く移動できるように比例制御する。

これにより、子どもが手を引く方向へ移動することができ、手をつないで一緒に歩くことができる。しかし一緒に歩く場合には、障害物を考慮する必要がある。そのために、ロボットの進行方向にロボットの直径 $+ \alpha$ を幅とする帯を考え、その中で最もロボットから近い点までの距離と角度を、「障害物までの距離と角度」と定義する。この点は、LRF によって容易に計測することができる。そして、この点から距離に反比例した仮想的な斥力が働くと考える。従ってロボットは、上述の引っ張られた距離と方向によって計算される移動方向と、障害物からの斥力をベクトル合成した結果に基づき実際の移動方向を決定する。障害物に基づいて移動方向を決める様子を、図 1 (b) に示す。

2.3 遠隔操作システム

ここでは、実験で使用するシステムについて述べる。実験は、子どもとロボットが一对一で遊ぶことを想定するが、現状のロボットでは完全に自律で子どもと遊ぶことは難しい。そこで、前述のロボットに遠隔操作システムを実装し、保育士がロボットを操作することで子どもとロボットのインタラクションを観察する。またこの実験には、遠隔操作によって得られる大量の操作データと環境データを使ってロボットの学習を行い、行動を自律化させるという将来的な狙いもある。本稿での目的は、前述の手つなぎアルゴリズムを実装し、手つなぎを最初に行った場合とそうでない場合を比べ、子どもとロボットの関係性が変化するかどうかを検証することにある。



図 2: 実験の様子 (a) 操作者の様子 (b) 操作部屋の様子 (c) 遊び部屋の様子 (d) 遊び部屋の俯瞰カメラによる映像

本システムにおいてロボットが取る動作を大きく分けると、音声発話、移動、顔の向きの移動（ヘッドトラッキング）、遊び、の4つとなる。

2.3.1 音声発話

操作者の発話を直接ロボットから出力すると、ノンバーバルな情報も伝わってしまうため、操作者の発話を音声認識し、その結果から音声を合成してロボットより出力する。音声認識には、Julius と Google 音声認識の2つのソフトウェアを併用したシステムを利用する。

2.3.2 ロボットの移動

手つなぎによる移動は、手をつないだ子どもが先行を決め（もしくはロボットが音声で指示する）、その後は操作することなくロボットは子どもに手を引かれて自動的に移動する。それ以外にも操作者が自身で自由に移動できる必要があるため、ジョイスティックを利用した前進、後退と左右回転による移動システムを搭載する。また動き出しと停止を滑らかにするとともに、位置の微調整を可能とした。台車に搭載した LRF により、ロボット進行方向の設定距離以内に物体を検知すると、前進命令をロボットに送信しないように制限する。これにより、子どもや壁に衝突する危険を防ぐことができる。

2.3.3 ヘッドトラッキング

操作者の頭部に地磁気センサを取り付けることで、操作者の頭部の動きを検知し、ロボットの頭部の動きと同期させる。これにより、操作者は頭部を動かす事によって視界を制御することが可能となり、より直感的な操作を実現する。

2.3.4 遊び

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、操作者はそれらを選択することで、半自動化された遊びプログラムを実行し、簡単な操作のみで子どもと遊ぶことができる。今回の実験において搭載する遊びモジュールは、(1) じゃんけん、(2) ○×ゲーム、(3)

サイコロ遊び、(4) 歌、(5) カニ歩き、(6) ジェスチャー、(7) プレゼント渡し、(8) 手つなぎ、(9) あっち向いてホイ、の9種類である。また本システムは、新たな遊びモジュールの追加が容易な設計となっている。

2.4 遠隔操作インターフェース

遠隔操作システムにおけるインターフェースは、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) とヘッドセットマイク、スピーカー、コントローラーの4つである。また、それぞれの遠隔操作インターフェースを接続し、ロボットに指示を送るメイン PC と、映像やロボットに送る指示情報などのデータを記録する記録用 PC が遠隔操作環境としてセットアップされている。

3 実験

手をつないで一緒に歩くことが、子どもとロボットのインタラクションにどれほどの効果をもたらすかを調べるための実験を行った。実験は、5～6歳児37人を対象とし、被験者が普段通う幼稚園において実施した。

3.1 実験条件

実験環境として、待機部屋と遊び部屋、操作部屋の3つを用意する。子どもと保護者は到着後まず待機部屋に入り、呼ばれるまで待機する。保育士は操作部屋からロボットを遠隔操作し、子どもは遊び部屋でロボットと交流する。操作者には事前にロボット操作練習の機会を、計5～6時間与えた。また、ロボットと子どもが初対面であることを想定し、操作者には子どもの名前と性別のみを事前情報として与える。遊び相手の子どもには、ロボットが遠隔操作されていることは伝えず、操作者はロボットが自律で動いているかのように操作する。実験は12日間に分け、1日あたり2～4名、合計で計37名（内男児23名、女児14名）に対し行う。操作者となる保育士は4人おり、一日あたり1人もしくは2人が遠隔操作を担当する。

実際の実験の様子を、図2に示す。遊び部屋には、子どもとロボットの他には保護者、また安全のためアシスタントが入室する。

3.2 実験のプロトコル

まず、アシスタントが待機部屋の子どもと保護者を遊び部屋まで案内する。子どもと保護者、アシスタントが入室後、操作者はロボットを操作し、子どもと一対一でコミュニケーション（遊び）を行うよう実験を設計した。保護者には、実験後のアンケートに答えてもらうこと、子どもとロボットのコミュニケーションになるべく関わらないで欲しいことを伝えた上でその場に同席してもらった。

実験開始時に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補助者から促した。その後保育士はロボットを遠隔操作して、自由に子どもとコミュニケーションを取る（遊ぶ）こととした。最後に子どもが退室する際には、プレゼントとしてロボットから消しゴムを手渡した。

実験は一人約30分間で行うこととし、37人を手つなぎを行う実験群（19名）と行わない統制群（18名）に男女比を保った上でランダムに振り分けた。実験群では、最初に家に入っているロボットと一緒に手をつないで外に出たいと子どもにお願いする形で手つなぎを促し、手をつないで一緒に歩く状況を作り出した。手をつないで歩いている最中のロボットは自動的に制御されるため、操作者（保育士）はロボットを操作することはない。統制群では、手つなぎまたはそれに類する行為を操作者側で禁止した。ただし、どちらのグループに関しても子どもには遊びの最中にロボットに触れることを禁止しなかった。実験中はロボットの動作データと共に、ビデオカメラ、携帯型心電計、加速度計によって子どもの状態を計測し記録した。また、調査前には保護者に子どもの性格検査をお願いした。

3.3 アンケート

ロボットに対する被験者の印象評価のために、以下のような質問項目を用意した。各項目は5段階で評価することとし（5:当てはまる、4:少し当てはまる、3:どちらともいえない、2:あまり当てはまらない、1:当てはまらない）、実験に同席した保護者が回答した。また以下の項目以外にも、子どもの普段の様子に関して5段階評価の質問を行った。

–調査に関する保護者へのアンケート–

- Q1: 調査前の機嫌はよかった
- Q2: 調査中の機嫌はよかった
- Q3: 調査後の機嫌はよかった
- Q4: 調査前は緊張していた
- Q5: 調査中は緊張していた
- Q6: 調査終了時に、調査が終わることがわかってほっとしたように見えた
- Q7: ロボットに親近感を持っているように見えた

Q8: 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

Q9: 自分から積極的にロボットに関わろうとしていた

Q10: 調査に使用したロボットを怖いと思っていた

Q11: 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か

–実験群のみ回答–

Q12: 手をつないだことでロボットに親近感がわいた

Q13: 手をつないで嬉しそうだった

さらに被験者の子どもに対しても、ロボットの印象に関する5段階評価のアンケートを実施した。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。

–子どもに対するアンケート–

Q14: リプロは本当の人間みたいだと思う

Q15: リプロは怖いと思う

Q16: リプロとお友達になりたいと思う

Q17: リプロは心があると思う

Q18: リプロともう一回遊びたいと思う

3.4 客観データ

実験では、一人あたり43GB、全体で1.6TBに及ぶ様々なデータを記録した。手をつなぐことによる子どもとロボットの関係性を客観的に調べるために、それらを用いて以下のような解析を行う。

(1) 子どもがロボットに対して親しみを感じている場合、それが物理的な距離として現れると考えられる。そこでロボットが見ている映像を通して子どもの顔を認識し、対応する奥行画像を用いてロボットとの距離を検証する。但しこれはロボットから見た映像であるため、常に対象の子どもの顔が観測できるわけではないが、直接的なインタラクションの際にはほぼ全ての場合においてロボットから子どもの顔が観測できる状態であった。

(2) 子どもの視線は非常に重要な情報であるが [10]、視線計測器などを装着することは難しいため、ロボットの視界映像から顔画像と奥行画像を解析して視線方向を推定し、ロボットが子どもを見ている際に子どもと目が合っている割合（視線一致率）を検証する。

(3) 子どもに装着した加速度計のデータを解析し、実験群と統制群で子どもの動きに変化があるかどうかを検証する。これは、ロボットとの親密さが子どもの身体的な動きに現れると考えられるためである。

4 結果と考察

4.1 アンケート結果

保護者に対するアンケートの有効回答数は、36（内実験群が18）であった。手つなぎに対する評価平均は、

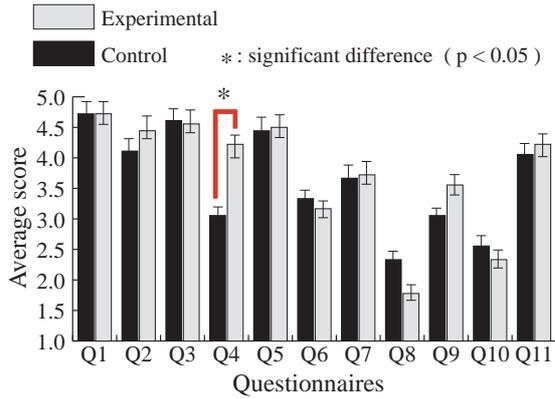


図 3: Q1 から Q11 までの評価平均

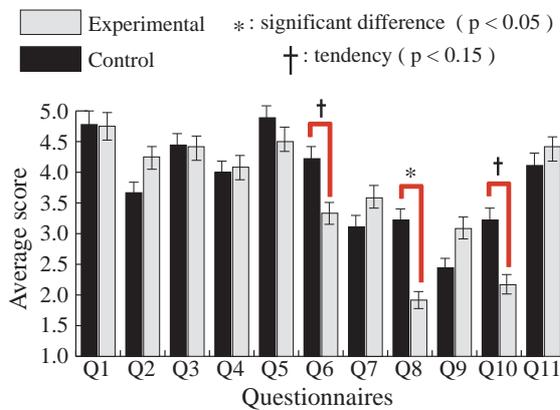


図 4: 緊張しやすいと答えた子どもを選択した場合の評価平均

Q12で4.44, Q13で4.27という結果であった。この結果は、手をつないで歩く行為が初対面のロボットに対する関係構築に効果的に働いていることを示唆しており、少なくともネガティブな影響をもたらしてはいないことを示している。また、調査に関する評価の平均は、図3のようになった。この評価に対して、 t 検定を用いた仮説検定を行ったところ、「Q4:調査前は緊張していた」に有意差が認められた。一方、「Q5:調査中は緊張していた」では有意差が確認できないため、実験群は統制群に比べ実験前は緊張度合が高かったが、実験中や実験後の緊張度合が同等のレベルになっている、つまり実験群において緊張の上昇度合いが抑えられている可能性を示唆している。またその他の項目においても若干のポジティブな効果が垣間見えるものの、はっきりとした差は認められない。

そこで、普段の子どもの様子に関する質問項目より、有意差が確認されたQ4に関連する「いつもと違う状況だと緊張しやすい方である」という項目において当てはまると回答した子どものみを抽出して解析を行った。

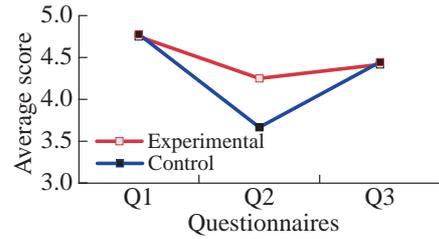


図 5: 子どもの気分に関する評価を時間的に並べた結果 (実験前 → 実験中 → 実験後)

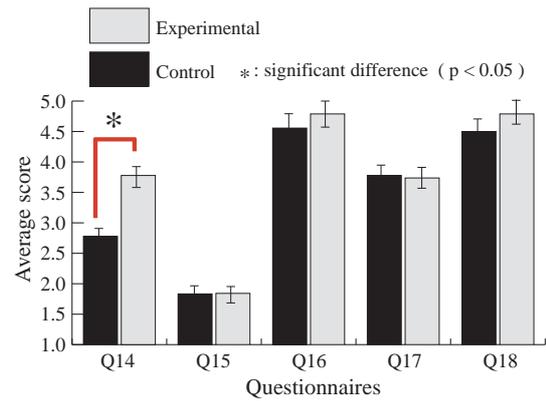


図 6: 子ども自身による Q14-Q18 の評価平均

結果を図4に示す。この際の有効回答数は、21 (内実験群が12) である。これにより「Q4:調査前は緊張していた」の項目の有意差がなくなり、「Q8: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」の項目で有意差が確認された。さらに、「Q6:調査終了時に、調査が終わることがわかってほっとしたように見えた」、「Q10:調査に使用したロボットを怖いと思っていた」の項目についても有意傾向が確認された。これは、子どもとロボットの間において、手つなぎというフィジカルコミュニケーションがポジティブな効果をもたらしていることを示唆している。さらに、Q1 → Q2 → Q3 の評価平均の推移を図5に示す。この結果は、手つなぎが、調査前 → 調査中 → 調査後という時間の流れを通して、子どもの機嫌を良好な状態に保っていることを示唆している。

また、子どもに対するアンケート結果を図6に示す。この結果より、「Q14:本当の人間みたいだと思う」という項目に有意差が確認できる。これは、手つなぎを行うことによりロボットに対して人間らしさを感じている可能性があることを示唆しており、大変興味深い結果である。勿論これは5~6歳児の内省報告であり結果を過大評価することはできないが、各群18人の被験者に対する平均値であり、回答方法も配慮していること

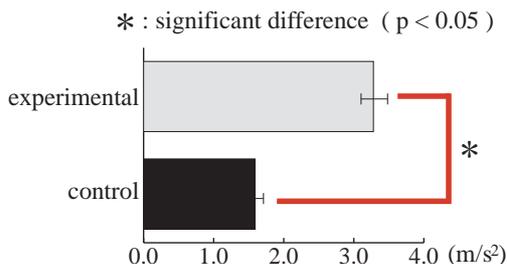


図 7: 平均加速度における実験群と統制群の比較

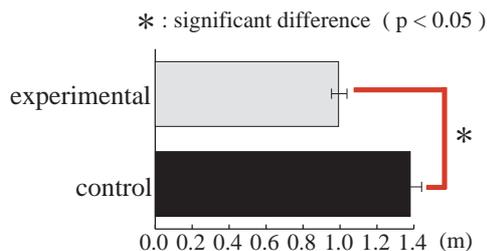


図 9: 子どもとロボットの距離における実験群と統制群の比較

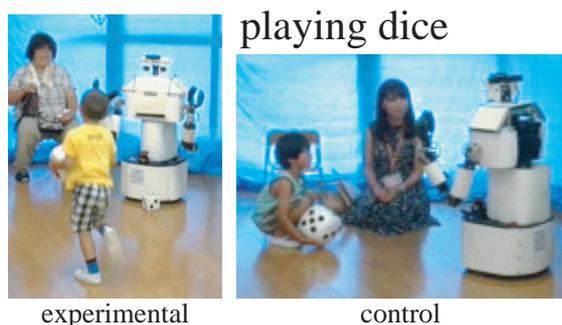


図 8: 実験群 (左) と統制群 (右) それぞれのサイコロ遊びの様子

を考えると十分に意味のある結果であるといえる。

4.2 客観データの解析結果

加速度計および距離・視線の解析には、アンケート解析の際抽出した、Q4に関連する「いつもと違う状況だと緊張しやすい方である」という項目において当てはまると回答した子どものデータを用いることとした。この際の有効数は、加速度計解析では 19 (内実験群が 11)、距離視線解析では 21 (内実験群が 12) であった。

子どもの遊び中における加速度の平均値を、実験群と統制群で比較した結果を図 7 に示す。前後方向の加速度の平均を t 検定により検定した結果、有意差が確認された。これは、子どもが緊張して固まることなく積極的に遊んでいたことを示唆している。図 8 はそれぞれの群において、サイコロ遊びをしているシーンを示している。定性的には、実験群の子どもがロボットと打ち解けて大きく動き回っているのに対し、統制群は緊張した状態が続いており、あまり大きな動きを見せないことが多い。

図 9 は、子どもとロボット間距離の各群における平均値の比較である。但し、これはロボットカメラの映像から全てのフレームで検出した被験者の顔に対する距離を、奥行画像によって求めた結果を用いて算出している。どちらの条件においても、全フレーム中の約 60% で顔が検出された。顔が検出できなかったのは、か

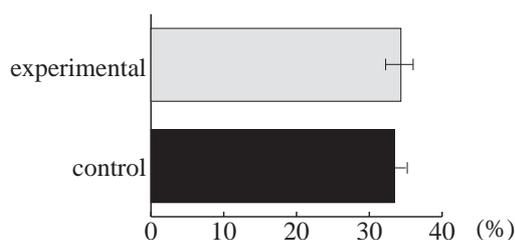


図 10: 子どもとロボットの視線一致率の比較

くれんぼなどの遊びで子どもが隠れている時と、ロボットが遊びの文脈で子ども以外の場所を見る必要がある場合がほとんどであり、解析には大きな影響はないと思われる。図 9 の結果は、子どもとロボットの距離が実験群の方が約 0.4m 近いことを示しており、検定の結果有意差が確認された。

一方、図 10 を見ると、子どもとロボットの視線一致率は、実験群と統制群にほとんど差がないことが分かる。この結果は、手つなぎが子どものロボットに対する親密性を高めるといふ我々の仮説に否定的な結果であるように見える。しかしながらこれには、子どもとロボットの距離が著しく遠い場合も加味されており、データが平均化されてしまっている可能性がある。

そこで、子どもとロボットがインタラクションを行うであろう近距離におけるデータを抽出し、子どもとロボットの距離や視線一致率を算出した。ここで近距離とは、ホールのパーソナルスペース理論より、1.2m 以内と設定した。子どものパーソナルスペースは成人のものとは異なる可能性が高いが、この値の設定によって大きな違いがなかったため、この値をそのまま使用した。また、キネクトの奥行は 0.4m より近距離を測距することができないため、0.4m~1.2m の範囲を計測していることに注意が必要である。

距離の比較結果を、図 11 に示す。この結果より、パーソナルスペース内であっても子どもとロボットの距離が実験群の方が近いという結果となり、検定の結果有意差が確認された。このことは、アンケートにおい

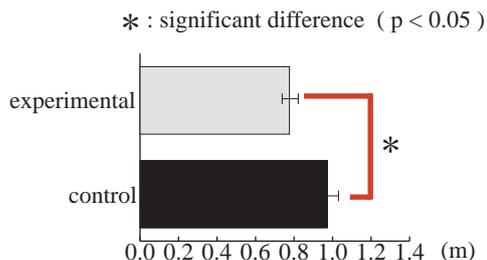


図 11: パーソナルスペース内 (< 1.2m) における子どもとロボットの平均距離の比較

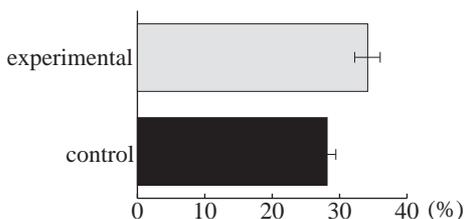


図 12: パーソナルスペース内 (1.2m) における子どもとロボットの視線一致率

て有意差が確認された「Q8: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」の項目が,客観的にも正しいことを裏付けている。

パーソナルスペース内での視線一致率に関する比較を,図 12 に示す。統計的な有意差は確認できなかったものの,明らかに実験群の一致率が統制群を上回っており,インタラクションを行う距離においては,手をつないだ群の子どもの方が,よりロボットのものを見ていることが示唆される。このことは逆に,手をつながなかった統制群の子どもが,遠巻きにロボットを見ているということを示唆しているといえよう。

4.3 考察

アンケートの結果は,手つなぎを行った場合,子どものロボットに対する恐怖心が和らぎ,近づきやすくなるということを示している。このことは手つなぎが,子どもが積極的にロボットとかかわろうとする心の働きを助けることを意味している。さらに客観データの結果も,この事実を強力にサポートしている。例えば加速度計の結果からは,実際に子どもがロボットに対して積極的にアプローチしていたことが分かる。また子どもとロボットの距離に関しては,手をつないだ群の方が有意にロボットに近い位置でコミュニケーションを行っていることが明らかとなった。これらより手つなぎが,子どもとロボットの良好な関係性構築に効果的であることは間違いない事実であろう。

図 13 は,各群における典型的な子どもの振る舞い

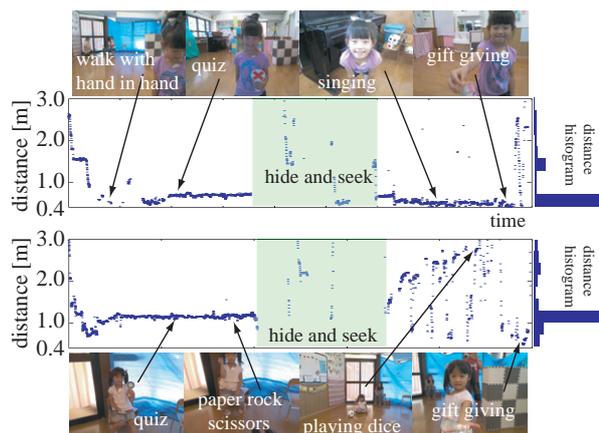


図 13: 実験群と統制群の子どもの典型的な行動例 (各点はロボットと子ども間の距離を表す) (上) 実験群 (下) 統制群

をロボットとの距離と共に時系列に並べたものである。明らかに実験群の子どもの方が,ロボットの近くまで無防備に近づいていることがわかる。右端に示した距離のヒストグラムからも,子どもが主にどの位置でロボットとインタラクションしているかが分かる。図の例では,実験群の子どもが椅子に座っているシーンがあるが,常に椅子に座っているわけではない。また,子どもが椅子に座った状態でも,保育士は子どもの様子を見ながらなるべく近くに近づこうとしていた。

目線一致率の検証により,実験群がパーソナルスペース内でよりロボットを見ていることが分かった。一方で,統制群が遠巻きにロボットを見ているということを示唆する興味深い結果を得た。子どもはロボットがどんなものであるかを観察し,安全だと分かった場合に,近づくことに対する恐怖感がなくなると考えられる。冒頭でも述べたように,手つなぎには安全の感覚を伝える効果があるといわれている [1]。つまり,手つなぎを行うことでロボットに対する安心感が芽生え,安全確認のために遠くからロボットを見る必要性が減少したと考えることができる。こうしたことが,結果として近距離でのコミュニケーションにつながっているであろう。

子どものアンケート結果では,「本当の人間みたいだと思う」という項目に有意差が確認された。これは手をつないで一緒に歩くという行為が,ロボットに対する人間らしさの感覚を誘発するという可能性を示唆している。この結果より人がロボットにある種の人らしさを感じたとき,親しみを覚えるのではないかと考えられる。そのある種の人らしさを感じる原因として,手をつなぐという身体的接触,物理的拘束が影響しているのだろう。つまり,手をつなぐことは物理的に相手と自分がつながる行為であり,動く速度や向かう方向



図 14: 実験中の手つなぎの様子

が一緒であるという一体感が、相手を自分と同じ種として感じさせていると予想できる。これが安全の感覚へとつながった可能性も考えられる。

手つなぎがロボットへの恐怖心を和らげ、近づきやすくし、親近感を芽生えさせるということに対する現象的な説明は様々考えることができる。手つなぎを行うことによって、半強制的に自分のパーソナルスペース内にロボットが入り込むことになる(図 14)。しかし、その際には手をつなぐ行為によって自分が対象を注視していなくても行動がある程度把握できる。つまり、相手であるロボットの行動は自分と連動しており、予測性が非常に高い状態にある。これにより一つの感覚を研ぎ澄まさずにすみ、緊張が和らぐ作用が生まれ、そこから恐怖心が和らぐとも考えられる。また、「本当の人間みたいだと思う」という質問項目で有意差が確認されたように、同じ種として感じる事が安心感や好感を与えるとも考えられる。今回の実験結果からは、こうした現象を帰属するためのメカニズムを特定することはできないが、今後そうした点をモデル化や実験を重ねることで検証し説明する必要がある。

何れにせよ、こうした手つなぎの有効性は、物と他人の間の存在であるロボットを超えて、家族または友達としてのロボットの確立の可能性をも示しているのではないだろうか。

5 まとめ

本研究では、フィジカルコミュニケーションがロボット-子ども間の関係性を良好なものにするとの仮説の下、手つなぎロボットを開発した。また、手つなぎが子どもとロボットのコミュニケーションに与える影響を検証するために、そのロボットを用いて5~6歳児、計37人を対象にしたコミュニケーション実験を行った。その結果、ロボットによる手つなぎが関係性の向上に

効果的であることが明らかとなった。

今後は、なぜ手つなぎが関係性の向上に効果的であるのかを探究すると共に、よりポジティブな効果を与えられるロボットシステムの開発を行いたい。また、被験者の年齢層に関する検討が必要である。特に日々ストレスを抱えている成人に対してどのような効果が期待できるのか、また高齢者に対しても子どもと同様な効果が期待できるのか、そうした点を検証したいと考えている。

謝辞

実験を実施するに当たり多大なご協力をいただいた柿の実幼稚園の関係者の皆様に心より感謝する。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」の助成を受け実施したものである。

参考文献

- [1] J. A. Horton, P. R. Clane, C. Sterk-Elison, and J. Emshoff, "Touch in Psychotherapy: A Survey of Patient's Experience", *Psychotherapy*, 32, 443-457, 1995
- [2] 今野, "発達心理臨床におけるタッチの意義", *文教大学教育学部紀要* 33, 37-47, 1999
- [3] J. A. Coan, H. S. Schaefer, R. J. Davidson, "Lending a Hand Social Regulation of the Neural Response to Threat", *Psychological Science*, 17(12), pp.1032-1039, 2006
- [4] T. Miyashita, T. Tajika, H. Ishiguro, K. Kogure, N. Hagita, "Haptic Communication Between Humans and Robots", *Springer Tracts in Advanced Robotics*, vol.28, pp 525-536, 2007
- [5] B. D. Argall and A. G. Billard, "A survey of Tactile Human-Robot Interactions", *Robotics and Autonomous Systems*, vol.58(10), pp.1159-1176, Oct.2010
- [6] S. Yohanan, K. E. MacLean, "The Role of Affective Touch in Human-Robot Interaction: Human Intent and Expectations in Touching the Haptic Creature", *International Journal of Social Robotics*, vol.4 (2), pp.163-180, Apr.2012
- [7] 福田, 塩見, 中川, 植田, "ヒューマンロボットインタラクションにおける SOCIAL TOUCH", *HAI シンポジウム 2012*, 3C-1, 2012
- [8] 米澤, 山添, 安部, "寄り添いぬいぐるみによる擬人的触覚表現に関する検討", *HAI シンポジウム 2011,II-1B-3*, 2011
- [9] 山本, 深町, 竹田, P. Ravindra, De Silva, 岡田, "マコので:「並ぶ関係」に基づく人とロボットのコミュニケーションの可能性を探る", *HAI シンポジウム 2012*, 2C-1, 2012
- [10] 阿部, 岩崎, 中村, 長井, 横山 下斗米, 岡田, 大森, "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
- [11] 丸山, 中村, 長井, "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, pp.2330-2333, 2012
- [12] 嶋原, 藤原, 安東, 日永田, アッタミミ, 長井, 岩崎, 下斗米, 大森, "サービスロボットのための遠隔操作システムの開発", 第14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, 2013