

子どもの性格を考慮して遊ぶロボットの実現に向けた基礎的検討

Preliminary Study on Robots that Play with a Child Considering Him/Her Personality

阿部香澄 *¹
Kasumi Abe

日永田 智絵 *¹
Chie Hieida

嶋原 宏明 *¹
Hiroaki Shigihara

長井 隆行 *¹
Takayuki Nagai

下斗米 貴之 *²
Takayuki Shimotomai

大森 隆司 *²
Takashi Omori

*¹電気通信大学

The University of Electro-Communications

*²玉川大学

Tamagawa University

Playing with introverted children is difficult for robotic playmates. We therefore investigate how the robot should play with shy children, with whom the robot is not able to build a good relationship. In this paper, we hypothesized that there exists an effective play strategy for building a good relationship with such a shy child. In order to elucidate such a play strategy, we conducted an experiment, in which 5-6 year-old children and a teleoperated robot by a preschool teacher were involved. As a result, valid play strategy for shy children was revealed in this research.

1. はじめに

内向的な性格の子どもを相手に遊ぶことは難しい。外向的な子どもと比べて表現が控えめで、持っている要求や心的状態を把握しづらい上に、人や場所に対する不安・緊張が大きく、なかなか打ち解けさせられないからだ。現在の遊び相手ロボットはもともと対話や遊びができそうな相手とのコミュニケーションしか検討しておらず、このような子どもへ対応することは困難である。例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 [神田 05]。その中で、ロボットと友達になれ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されていない。我々が先行研究で実現した遊び相手ロボット [阿部 13] は子どもの性格を考慮しておらず、恥ずかしがったり怖がったりする3割の子どもと最後まで遊び通すことができなかった。内向的な子どもに対して外向的な性格の子どもと同じように接しては良好な関係を構築できない。ロボットがどんな子どもとも遊ぶためには、子どもの性格を考慮した対応が不可欠である。

そこで本稿では子どもの性格を考慮して柔軟に遊べるロボットの実現に向け、内向的な子どもへのロボットの対応方法を検討する。内向的な性格には様々な種類があるが、今回は子どもとロボットが初対面という状況を想定し、不慣れた相手に対する性格の人見知りを取り上げる。

人見知りの子どもへの対策を探るための方法として、本研究では、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を立て、保育者が遠隔操作するロボットを使った実験を行う。人間の保育者は子どもの状態に応じて働きかけを変え、遊ぶのが難しい子どもとでも遊びを成立させる。ゆえに保育者が操作すれば、ロボットの与えられた身体的制限の中でも効果的な行動をとり、ほとんどの子どもと実験の間、遊び通すことができると予想する。ただ、ロボットと遊び通すことができたとしても、先行研究でロボットと遊べなかったような人見知りの子どもはそうでない子どもと比べ、親近感のようなロボットとの関係構築の質に差があると思われる。そこで、遠隔操作ロ

ボットと子どもの遊びを行い、主観評価や客観データによって子どもとロボットの関係構築の質を評価する。そして交流中に行われた遊び行動との関連を解析することで、人見知りの子どもとの関係構築に有効な遊び行動の検証を試みる。

以上のように本稿では、ロボットとの関係構築が容易でない内向的な子どもへの対応方法を検討する。保育者が遠隔操作するロボットと子どもの遊び実験を実施し、この解析を通して、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を検証した結果を報告する。

2. 遊び相手ロボットシステム

本研究で目指す遊び相手ロボット [阿部 13] は子どもと1対1で遊ぶことを想定する。子どもの対象年齢は、他者と意図的に一緒に遊ぶ協同遊びが観察される5, 6歳とする。遊びは屋内で行うことを基本とする。

2.1 遠隔操作システム

ロボットには著者らのグループで開発した LiPRO [丸山 12] を用いる (図 1(a))。LiPRO は高さおよそ 105cm で、上半身は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を搭載する。遠隔操作インタフェースを装着した操作者の写真を図 1(b) に示す。ロボットの視界を操作するため、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、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で生成されてロボットより出力される。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。

2.2 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

連絡先: 阿部香澄, 電気通信大学情報理工学研究所, 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, k_ishii@apple.ee.uec.ac.jp

表 1: 用意した遊びの詳細

遊び	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○・×の棒を挙げて回答する。ロボットも○×棒で正解を示す。
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、出目の大きさを比べ、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。
ジェスチャー	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。例えば子どもに手を振ったりできる。
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。
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。
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 箇所設置する。
かけっこ	発話でスタートの合図を出し、子どもと走る速さを競う。

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。用意した遊びの詳細を表 1 に示す。

3. 1 対 1 の遊び実験

3.1 実験条件

子どもは 5~6 歳の 39 名（平均年齢 5 歳 9 か月、 $SD = 5.0$ か月、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。実験は子どもが普段通う幼稚園にて、12 日間、1 日あたり 2~4 名の子どもに対して行った。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、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た。

3.2 実験のプロトコル

まず、子どもと保護者は待機部屋にて待機し、保護者はその間、子どもの性格検査（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）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 1(c)(d)）まで誘導し、3 人同時に入室した。保護者は入り口近くの椅子に座った。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。ロボットに対する子どもの印象評価のために、待機部屋で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。アンケートは基本的に 5 段階評価とした。

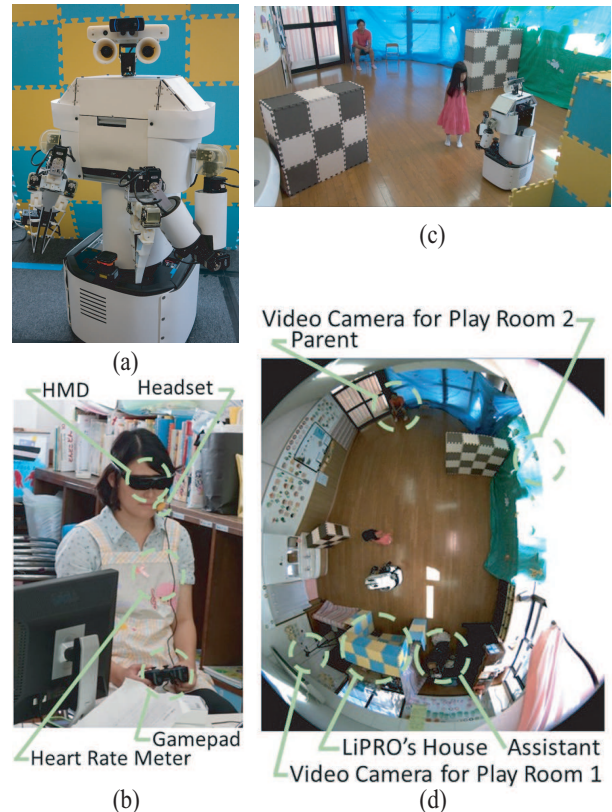


図 1: 実験環境 (a) LiPRO (b) 操作者 (c) 遊び部屋 (d) 遊び部屋の俯瞰映像

実験中は遠隔操作システムにより、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、ロボット頭部カメラからの RGB 画像、距離画像を記録した。

3.3 映像からの子どもとロボットの客観指標の算出

交流中の子どもやロボットの様子を客観的に捉えるために、(1) 子どもとロボットの距離（以下 DIST）：ロボットの視点にあたるカメラから子どもの顔までの距離、(2) 子どもの笑顔度（以下 C_SMILE）：子どもが笑顔である度合い（0~100）、の 2 つの客観指標を求めた。これらの客観指標はロボット視点からの画像を実験後に処理し、時系列データとして算出した。ただし、使えるのはロボットの視点からの画像のみであり、常に対象とする子どもの顔を観測できるわけではない。

4. 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全て有効だったのは 31 名であった。以降、この 31 名について解析する。解析は以下の手順で行った。

1. 子どもとロボットとの関係構築の質を評価するための指標の信頼性を確認した。指標として、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”という親近感項目を取り上げ、その信頼性を客観データ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との関係構築の質に影響しているかどうかを、人見知り得点および親近感得点別に人数を計数して確かめた。

表 2: 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)

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	O1 部屋に入ってきたときは機嫌がよさそうに見えた	0.237
	O2 調査中は機嫌がよさそうだった	0.390 *
	O3 調査中は緊張しているように見えた	-0.292
	O4 調査終了時、調査が終わることがわかってほっとしたように見えた	-0.506 **
	O5 ロボットに好感を持っていた	0.622 **
	O6 ロボットを怖がっていた	-0.538 **
子ども アンケート	C1 リブロとお友達になりたいと思う	0.524 **
	C2 リブロともう一回遊びたいと思う	0.417 *
保護者 アンケート	P1 調査前の機嫌はよかった	0.041
	P2 調査中の機嫌はよかった	0.539 **
	P3 調査後の機嫌はよかった	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わかってほっとしたように見えた	-0.478 **
	P7 ロボットに親近感を持っているように見えた	1.000
	P8 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 **
	P9 自分から積極的にロボットに関わろうとしていた	0.717 **
	P10 調査に使用したロボットを怖いと思っていた	-0.690 **
	P11 調査に使用したロボットに好感を持っていた	0.681 **
	P12 ロボットに対して興味を持っているように見えた	0.433 *
	P13 いつもと違う状況だと緊張しやすい方である	-0.507 **
	P14 人見知りはありませんか	0.645 **
	P15 興味を持ったものにはすぐに触れようとして、自分から近づいたりすることがある	0.514 **
性格検査	TS 式 顕示性	-0.445 *
	TS 式 攻撃性	-0.425 *
	小学生用主要 5 因子 外向性	0.428 *

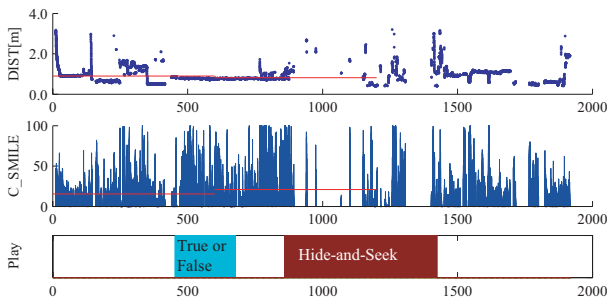
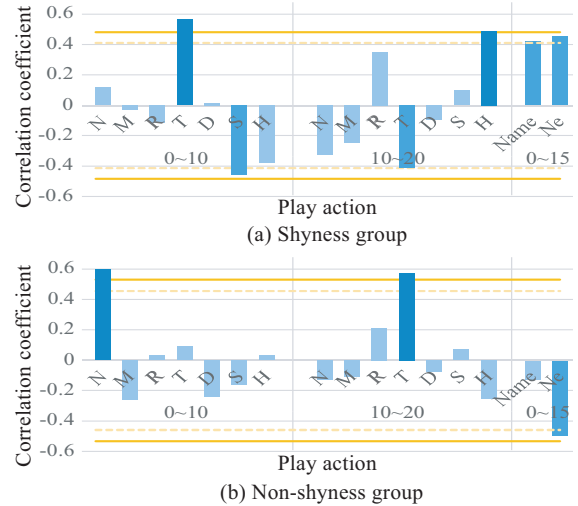


図 2: 客観指標の例 (親近感あり・人見知り). 上: DIST, 中: C.SMILE, 下: ○×ゲームとかくれんぼ. 赤線は 10 分間の平均.)

3. 親近感の度合い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を高めるのに効果があったと考えられる遊び行動を探した。

4.1 関係構築の質の評価指標

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、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 2 に示す通りである。親近感得点と DIST の平均とは有意な負の相関 ($p < 0.01$) 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わかる。C.SMILE とは有意な正の相関 ($p < 0.05$) がみられ、親近感が高いほど子どもが笑顔であることがわかる。図 2 に得られた客観指標の例を示す。また親近感得点の高い子どもに対し、保育者、子ども、保護者のアンケート評価は、“お友達になりたい”といったようないずれもロボットとのポジティブな関係を表すことで一致している。よって親近感得点が子どもとロボットの関係性を表す指標として妥当だと判断し、これを関係性の評価指標として用いる。

図 3: 遊び行動と親近感得点の相関 (実線は有意水準 $\alpha = 0.05$, 点線は $\alpha = 0.1$ の境界. N:なし(会話), M:移動, R:じゃんけん, T:○×ゲーム, D:サイコロ遊び, S:歌, H:かくれんぼ, Name:子ども名前, Ne:終助詞「ね」.)

4.2 人見知りと親近感の関係

P14 人見知り項目の結果より、31 名のうち人見知りしない子ども (P14 得点 4, 5, 以下 Non-S 群) は 14 名、人見知りする子ども (P14 得点 1~3, 以下 S 群) は 17 名であった。また親近感を持った子ども (P7 得点 4, 5) は 19 名 (内, S 群 6 名)、持たなかった子ども (P7 得点 1, 2) は 6 名 (内, S 群 6 名)、どちらもいえない (P7 得点 3) は 6 名 (内, S 群 5 名) であった。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。子どもがロボットを人と同じように捉えていたどうかは断定できないが、少なくとも見慣れぬ人に対する抑制反応はロボットとのコミュニケーションにおいても影響したといえる。そして、親近感に対する性格の影響は大きい、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わかる。

4.3 親近感に影響した遊び行動の分析

S 群において、最終的な親近感と交流中に行われた遊び行動との関連を分析する。まず 11 種の遊びが実行されていた時間を交流 0~10 分, 10~20 分で数え上げ、親近感得点との積率相関を求めたところ、0~10 分で○×ゲーム, 10~20 分でかくれんぼにそれぞれ有意な正の相関 ($p < 0.05$) がみられた。また、0~10 分で歌, 10~20 分で○×ゲームにそれぞれ有意傾向の負の相関 ($p < 0.1$) がみられた。それ以外の遊びは、最終的な親近感への影響は確認されなかった。さらにロボットの発話回数を比較する。ロボットが発話した回数, ロボットが子どもの名前を呼んだ回数, 終助詞「ね」を語尾につけて発話した回数を計数し、親近感得点との積率相関を求めたところ、交流時間 0~15 分の範囲で子どもの名前の発話, 終助詞「ね」の発話ともに有意傾向の正の相関 ($p < 0.1$) がみられた。これらの結果を図 3(a) に示す。なおほとんど行われなかった遊びは図 3 から除いた。

また比較のために、Non-S 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 (図 3(b))。ただし今回の Non-S 群では親近感がない子どもはいなかったため、親近感得点の値は 3~5 の範囲となっている。

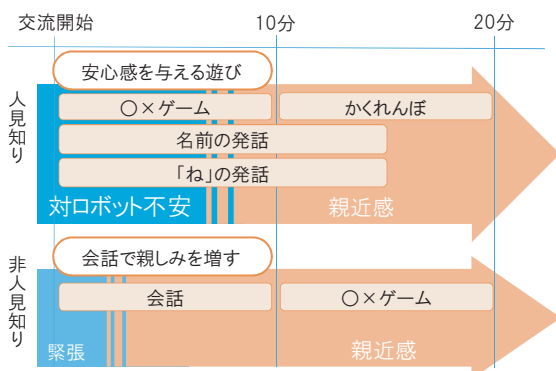


図 4: 親近感を高める遊びの戦略

5. 考察

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の戦略を図 4 に記す。

5.1 遊び行動の効果

〇×ゲームが有効だった理由は次のように考える。〇×ゲームでは子どもが両手に〇×が書かれた棒を持つ。西垣らの報告では、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 [西垣 09] がある。このように、棒を持つことが初対面のロボットに緊張した子どもの心の支えとなり、打ち解ける助けとなった可能性が考えられる。物を持つ遊びにはサイコロ遊びもあるが、〇×ゲームは移動をせずに済む点も有効だったのではないかと考える。〇×ゲームのように人見知りの子どもが安心して取り組める遊びを他に用意するとすれば、積み木が考えられる。積み木は物を手に持つ遊びで、移動する必要も少なく、さらに清水 [清水 59] が内向的な子どもが他の活動よりも抵抗を感じずに遊べる遊びだと述べている。また〇×ゲームは Non-S 群の交流中盤でも正の相関がみられている。出題内容が子どもの通う幼稚園に関するものだったことから、子どもはロボットが自身の幼稚園のことも知っている近い存在だと感じたのではないかと推察する。その特性から、〇×ゲームは人見知り性格に関わらず親近感を高める遊びになったと考えられる。

かくれんぼは 10~20 分で有効であった。かくれんぼは見つける側と隠れる側とにわかれるため一見すると競争する遊びだが、子どもにとっては協調的な遊びとして捉えられている可能性がある [岩崎 13]。子どもはロボットに探してもらうことでロボットから親しみを感じたり、ロボットを見つけることで心の距離を縮めていったりしたのかもしれない。ただし交流開始初期では、部屋の状況を把握しきれていないためか、かくれんぼをすると子どもが戸惑う様子が観察された。かくれんぼが 10~20 分のときに有効なのは、ある程度場所に慣れた後にその効果が発揮されるということだろう。

終助詞「ね」は有意傾向ではあるが、S 群で親近感を高めている。伊豆原は“話し手は「ね」を用いることで、聞き手を話し手の提供する情報（知識・意向・気持ち・感覚など）の中に引き込み、聞き手を話し手と同じ場に立たせて、共感的に話を進めよう”と述べている [伊豆 01]。「ね」によって子どもは徐々にロボットとの共感領域に引き込まれ、ロボットと自身が近いものと感じて親しみを抱いていったのではないかと推察する。一方の人見知りしない子どもに対しては「ね」が逆効果の傾向にあった。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。

Non-S 群では、0~10 分で実行モジュールなし（会話）が多いほど親近感が高まっている。会話の多さは、人見知りでない子どもでは親しさを増加させるが、逆に人見知りの子どもでは影響していない。清水は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がいることを知らされた” [清水 59] と述べている。無理に会話で仲良くなろうとするよりも、まずは〇×ゲームといった安心感を持ちながらできる遊びで心の距離を縮めていく方が、人見知りの子どもと親しくなれるということではないだろうか。Matsuda は人見知り行動の原因を、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している [Matsuda 13]。つまり人見知りの子どもは相手に不安を抱えているものの、同時にコミュニケーションを望んでいる。そのため、アプローチにはまず対話ではなく、不安を取り除く遊びが効果的なのだと考えられる。

6. おわりに

本稿では、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た。内向的な性格の中でも特に人見知りの子どもに焦点を当て、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った結果、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な遊び行動の存在が示唆された。一般に想像しやすい、会話を多く行って仲良くなるという方略ではなく、まずは安心感を持たせられる遊びをするというのが、人見知りの子どもと仲良くなれるアプローチ方法であろう。

本稿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。また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、今後の課題としたい。

参考文献

- [Matsuda 13] 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)
- [阿部 13] 阿部 香澄, 岩崎 安希子, 中村 友昭, 長井 隆行, 横山 純美, 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)
- [伊豆 01] 伊豆原英子: 「ね」と「よ」再再考, 愛知学院大学教養部紀要, Vol. 49, No. 1, pp. 35-49 (2001)
- [丸山 12] 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, pp. 3H2-2 (2012)
- [岩崎 13] 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)
- [神田 05] 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)
- [清水 59] 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)
- [西垣 09] 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)