原著論文

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

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*

* 玉川大学, ** 電気通信大学

Estimating Children's Personality Tendencies by a Playing Robot

Akiko IWASAKI*, Takayuki SHIMOTOMAI*, Kasumi ABE**, Tomoaki NAKAMURA**,
Takayuki NAGAI** and Takashi OMORI*

* Tamagawa University, 6-1-1 Tamagawa-gakuen, Machida, Tokyo 194-8610, Japan

** The University of Electro-Communications, 1-5-1 Chofugaoka, Chofu, Tokyo 182-8585, Japan

Abstract : Various robots had been developed lately, not only for industrial use but for home use too. In our previous study, we had developed a playmate robot system that is designed to play with children. Child personality observation is important during play situations for smooth interaction, in order to sustain the child's interest. Therefore, we considered that the robot system should be able to distinguish children's personality types or tendencies. As a result, the relationship between the child's personality test score and head movement observed during the robot play interaction was found to be significant. This suggests the possibility of an adaptive robot system that plays with children in accordance to each child personality.

Keywords : playmate robot, children, personality test

1. はじめに

近年、産業用・研究用のみならず生活の中にまでロボットが進出し、我々がロボットに接する機会が増えている。近い将来、家庭環境で人と暮らすロボットも商品化され、ロボットと人とのインタラクションがますます多くなるであろう。

これまで、子どもと遊ぶロボットに関して多くの研究報告がある[1-9]。遊びの実現には環境・状況の認識だけでなく、相手の心的状態の認識とそれに基づいた行動決定が必要となる。特にロボットとの遊び場面における子どもの状態の推定手法に関しては、興味度[1, 2]や対人的感覚[3]、親近感[4]、没頭度[5, 6]に関する研究報告がある。例えば高橋らはロボットと子どもの関係性を新奇性と親近性という2つの視点で評価し、新奇性だけでは子どもがすぐに飽きてしまい適切な関係を築くことができないことを示している[4]。一方で、対人という意味では自閉症の遊戯療法が目的のロボット[10-13]やサービスロボット[12-14]も多く研究されているが、これらは子どもとのインタラクションを特に目的としているわけではない。

遊びのインタラクションをするロボットは、遊び相手の情報を知ることが重要である。先行研究[1-3, 7]でも指摘されているように遊びロボットにおける一つの目標は、子どもを飽きさせないことである。飽きさせないために現在の多くのロボットが取っている方策は、声をかけたり次々と新しい働きかけをして新奇性をもって興味を引く、というものである。しかし、単に新奇な遊びを提示していても、それがそのまま子どもの興味の維持につながるとは限らない。現実

は、ロボットはプログラムに従って動く機械であり、子どもの好みにあった行為で働きかけるシステムの実現には、相手の好みや性格をロボットが知っている必要がある。さらにその好みや性格から適切な働きかけをする必要もある。しかし、前述の研究はいずれも、複数の第三者の主観的評価を実験後に得て議論しており、子どもからの情報をもとにオンラインで行動を変えている訳ではない。また、事前に子どもの性格や好みの情報をロボットに与えるという方法は、実際の遊びの場面では現実的ではない。遊びながら子どもの情報を獲得して、適応的に働きかけをするシステムが必要である。

そこで本研究では、ロボットが子どもと遊んでいる間に計測できる子どもの行動指標から、遊びの好みや性格の傾向などの子どもの情報を推定するシステムの開発を目的とする。そのため、遊び相手ロボットによる子どもの遊び実験を行い、子どもの性格検査や遊びの好みとロボットから計測できる行動指標との対応について調査し、分析した。そして行動指標から推定可能と考えられる好みや性格について、ロボットと子どもの遊び場面での利用について議論する。

2. 実験方法

2.1 被験者

子どもの遊びの好みとそれに伴う行動などの特徴量を検討するため、5～6歳の子どもを対象にロボットとの1対1の遊び実験を行った[3]。ロボットについての印象を統制するため、被験者は初見の児童(平均=5.85歳, SD=0.3, 男児7人, 女児5人)を対象とした。このうち1人は実験が始まる前にロボットに会ったのを怖がって帰ったためデータから除外し、

11人のデータに関して分析を行った。本実験は玉川学園倫理委員会の承認を受けており、被験児の保護者には書面と口頭で実験の説明をして了承を得た上で実験を開始した。

2.2 遊びロボットシステム

本研究で使用したロボットプラットフォームは、図1の“DiGORO”である。DiGOROは、家庭内で家事などを行うことを目的とする家庭用サービスロボットである。6自由度の双腕アームと1自由度の腰、3本指のハンドを有し、その身体性を生かして、身体やおもちゃを使った高度な遊びができる。

また、頭部にはCCDカメラ（DFK31AU03, The Imaging Source社、画角横方向70deg、縦方向53deg）と赤外線TOFカメラ（SR4000, MESA社）が搭載されており[15]、人や物体のオンライン学習や正確な認識が可能である[16]。被験者のデータを取得するためUSB接続カメラ（HD Pro Webcam C910, Logitech社、画角78deg）とTOFカメラ（Kinect, Microsoft社）をロボットの中央部に設置し被験児を撮影した。USBカメラ・TOFカメラのいずれも480×640画素で1m程度の距離から撮影した。USBカメラでは顔画像を取得して顔認識ライブラリ（OkaoVison, Omron）で顔方向・顔角度・笑顔度を5fpsで算出できる（図2）。図2の赤い四角は認識された顔位置、青い線分は鼻位置を認識映像から顔付近を切り出して表示している。

ここで笑顔度とは、顔の口角の上がり具合やしわのつき方などからHaar-like特徴量により、認識対象者がどの程度の笑顔を浮かべているかを0～100の数値で示したものである[17]。本研究ではこれらを子どもの行動の特徴量とした。

ロボットが多くの遊びに対応することは、前述の興味度の視点で継続して子どもの興味を引くために重要である。本実験では安全性の配慮から子どもが室内で着席して遊ぶ状況を想定し、ロボットも移動せずに実験を行った。子どもとの遊び相手として、ロボットは子どもとできるだけ長く遊び続けられる必要がある。そのためロボットが相手の状態や遊びの状況に応じて、遊びや行動を切り替えるシステムが提案されている[2,3]。阿部らは、子どもの心的状態に関する状態遷

図1 遊び相手として使用したロボットDiGORO

図2 顔認識システムにおける視線・表情認識

移を構成し、状態推定アルゴリズムに基づき状態を推定している[3]。更に推定された状態に基づいて「カードゲーム（神経衰弱）」や「じゃんけん」、「絵本読み」などの遊びを切り替えるシステムを提案している。本研究ではこのシステムを用い、遊びを切り替えながらインタラクションを行なった。神経衰弱ゲームは子どもの認知度が高く、ほぼすべての子がルールを知っている若しくは簡単に理解できるため採用した。

2.3 手順

実験では、子どもが椅子に座ってロボットとテーブルを挟んで対面し、ロボットと遊んだ（配置は図3参照）。部屋には奥に仕切りがあり、ロボットの誤認識や動作の不具合に備えて操作者が被験児に見えない位置に待機していた。ロボットは自律的に動作するが、操作者は割込みでロボットを操作できる。実験中は実験補助者が常に被験児に付き添っていた。カードゲームではロボットがカードを指差し、実験補助者若しくは被験児がカードをめくった。

実験では、ロボットは子どもの表情、動きなどからロボットや遊びに対する興味の度合いを推定しながら行動を決定し

図3 実験配置図

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

た. 行った遊びは神経衰弱, じゃんけん, 絵本読みの3種類であった. 実験の間, ロボットに取り付けたカメラで子どもの正面からの映像を取得し, 行動をビデオとして記録した. ロボットの処理に使用しているカメラ以外に, 子どもの正面からの映像を取得できる位置に小型のカメラと Kinect を置き, 子どもの様子をビデオに, さらに3次元の動きをデータとして記録した. こうした記録は, 遊びに関する質問項目の結果と共に解析し, 遊びの好みや性格と振る舞いを関連付けるために利用した. また, Kinectによる3次元情報は, 子どもの視線や動きの量・方向を定量的に求めるために使った.

実験は, 子どもが入室してから, 対話モジュールを使用した慣らし (5分), 遊び (～25分), 退室という流れで行い, 実験時間は一人あたり最長30分とした. 遊びはトランプの神経衰弱とじゃんけん, 絵本読みを, 状況に応じて切り替えた. 対話中など, テーブルや手先を見る必要のない時は, ロボットは顔追跡でアイコンタクトを行った. 遊びの行動選択はロボットが行動指標に基づいて自律的に行い, その行動の実行タイミングのみはオペレータが遠隔操作で指示した. なお, このロボットシステムは, 子どもが興味を持って遊び続けられることを目的として, 推定した子どもの興味度に基づく行動選択モデルが実装されている. このモデルにより, 子どもからのロボットの印象評価が向上したという結果が得られた [3]. また, 現在の技術では音声認識のみでのスムーズな会話は困難であるため, オペレータが一部手動で操作を行った. 将来的には音声認識や実行タイミング決定はロボットが自律的に行う予定である.

2.4 聞き取り調査 (質問項目)

遊び実験の終了後, 被験児と保護者へ聞き取り調査を行った. 更に保護者に対しては, 対象児について13項目の性格的傾向を評価するTS式幼児・児童性格診断検査 [18] を実施した.

被験児には, 遊びについて好きな度合いに関する聞き取り調査を行い, 52種類の遊びそれぞれについて, 「好き」・「普通」・「嫌い」・「知らない」 (3, 2, 1, 0) の評価を得た. 遊びの一覧を表1に示す. 因子分析では計算上の都合から同じ回答であった18項目を除外して34項目 (表1 G01～G34) に関して分析した. 評価は表2のようになった. 表2中の

表1 遊び質問項目

遊びID	遊び
G01	あっち向いてホイ
G02	おまごごと
G03	カードゲーム (トレーディングカード)
G04	サッカー
G05	ピアノ・歌・音楽
G06	プラレール
G07	お人形遊び
G08	ロボット、人形で戦いごっこ
G09	絵本読み
G10	戦いごっこ
G11	ごっこ遊び
G12	小さい動物と遊ぶ
G13	お絵かき
G14	あやとり
G15	ブロック
G16	折り紙、粘土、工作
G17	パズル
G18	なぞなぞ
G19	お手玉
G20	カルタ取り
G21	ミニカー
G22	塗り絵
G23	じゃんけん
G24	虫取り
G25	縄跳び
G26	かけっこ
G27	椅子取りゲーム
G28	かくれんぼ
G29	積み木
G30	ブランコ
G31	しりとり
G32	編み物、ビーズ
G33	スイミング
G34	けいどろ
G35	7並べ
G36	アイロンビーズ
G37	アルプスいちまんじゃく
G38	野球
G39	ドッジボール
G40	ジェスチャーゲーム
G41	じじ抜き
G42	テレビゲーム
G43	ばば抜き
G44	ハンカチ落とし
G45	花一匁
G46	マイムマイム
G47	あぶくたった
G48	鬼ごっこ
G49	神経衰弱
G50	鉄棒
G51	伝言ゲーム
G52	大きい動物と遊ぶ

表2 子どもの遊びに関する回答

ID	gender	item ID																																	
		G01	G02	G03	G04	G05	G06	G07	G08	G09	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	G21	G22	G23	G24	G25	G26	G27	G28	G29	G30	G31	G32	G33	G34
C01	F	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	3	3	3	2	2	3	3	3	3	1	1	1	3	3	1	3	3	1	2	3	3	1	3
C02	M	1	1	2	3	2	3	1	3	2	3	1	2	3	3	3	2	3	1	2	3	1	3	3	3	1	1	2	1	3	3	2	3	2	
C03	F	3	2	2	1	2	2	2	1	2	3	2	2	3	3	2	3	3	2	2	3	2	3	3	1	3	3	3	2	3	3	3	3	3	
C04	M	2	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	2	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	2	3	1	3	3	3	3	0	1	2
C05	F	2	2	1	1	3	1	2	1	3	1	2	3	2	2	2	3	2	3	2	3	1	2	2	3	3	3	2	3	2	3	2	3	1	0
C06	M	3	3	1	1	3	3	3	1	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C07	F	2	3	3	1	3	2	3	1	3	1	3	3	3	1	3	3	3	2	1	2	2	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3	2	0
C08	M	2	3	3	2	3	2	2	3	3	3	1	2	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	0	2
C09	M	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	0
C10	M	3	1	3	2	3	3	1	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3
C11	M	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	2	1	3	3	3	3	3	0	3	3
C12	F	2	3	2	1	3	3	3	1	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	1	2	3	3	3	3	3	3	0	3	0

item IDは表1の遊びIDに対応している。実際にロボットが子どもと遊んだ神経衰弱（G49）は、ほぼすべての子どもが知っていると回答した。また、IDのC01～C12は被験児のIDである。

子どもの性格について、保護者が回答する形式で、質問紙法の性格診断テストであるTS式性格診断検査を実施した[18]。TS式性格診断検査は、未就学児童の性格について客観的に把握し、養育上必要な配慮を判断することを目的としたものである。その結果を、表3に示す。表3中の項目IDは、表3右側に示したものである。検査には、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・体質傾向の11項目、さらに、顕示性・神経質・情緒不安・自制力・依存性・退行性・攻撃性を総合した個人的安定、社会性・家庭適応・学校適応を総合した社会的安定の2項目がある。それぞれの項目の結果は1～99で表わされ、値が低いほど精神的に不安定であり、何らかの配慮が必要であるとされる。

3. 結果

遊びの実験は被験児の意思によって終了するか、30分を超えた段階で実験者が終了を促した。また、遊びを行う前に子どもを実験環境に慣れさせるために慣らし時間を5分程度設けた。この時に観測された行動の傾向と性格診断検査や遊びの好みに関するアンケートの結果との関係について得られた結果を示す。

3.1 行動の傾向と性格傾向の関係性

慣らしの段階におけるOkaoVisionによる被験児の顔方向の観測値は図4(a)のようになった。ここで横軸は時間であり、縦軸の正の方向は保護者を、負の方向は実験補助者に向く顔の角度を表わしている。この図の(a)は顔の向きの測定値そのもので、図4(b)では子どもが意図的に振り向いたタイミングをより明確に検出するために笑顔度も考慮した振り向き度である。

$$\text{振り向き度} = \text{笑顔度} \times \text{顔方向}$$

表3 児童性格検査
左：各児童の算出スコア、右：各項目

ID	gender	age	personality item ID												
			P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13
C01	F	5.1	30	10	25	15	60	70	20	99	99	50	60	20	40
C02	M	5.08	1	50	60	20	90	35	20	99	30	99	60	20	60
C03	F	5.11	15	65	60	20	75	35	30	99	60	99	80	35	85
C04	M	5.02	50	80	60	30	45	25	40	99	99	99	80	55	99
C05	F	6.03	10	75	45	5	90	50	15	99	30	99	75	30	55
C06	M	6.05	5	60	99	10	40	85	10	99	80	45	99	30	80
C07	F	5.08	80	50	35	99	20	70	99	10	30	10	99	70	10
C08	M	6.01	40	75	80	75	80	95	40	65	99	99	55	85	99
C09	M	5.1	50	99	80	40	30	50	40	99	30	15	60	55	40
C10	M	5.09	99	99	80	99	99	95	99	35	99	50	80	99	85
C11	M	5.09	50	50	80	40	75	70	80	99	60	99	25	70	85
C12	F	5.1	20	50	5	20	60	85	60	15	40	50	40	35	20

項目ID	診断項目
P01	顕示性が強い/顕示性なし
P02	神経質/神経質ではない
P03	情緒不安定/情緒安定
P04	自制力なし/自制力がある
P05	依存的/自立的
P06	退行的/生産的
P07	攻撃・衝動的/温和・理性的
P08	社会性なし/社会性がある
P09	家庭不適応/家庭適応
P10	学校不適応/学校適応
P11	体質的不安定/体質的安定
P12	個人的不安定/個人的安定
P13	社会的不安定/社会的安定

(a) OkaoVisionによる顔の方向観測値

(b) 振り向き度=笑顔度×顔方向

図4 ロボットによる対象被験児の観測情報に関する時間変化

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

これにより、保護者を頻繁に振り向く傾向が強い子どもとそうでない子どもが区別できると考えられる。

実際の遊びの場では、保護者や保育士は子どもの行動から遊びの好みだけではなく性格的傾向についても推測していると考えられる。そこで、本研究でも実験中の子どもの行動を観察して性格的傾向と関係のあると思われる特徴的な行動を抽出することで、ロボットによる推定の方法を検討する。

性格検査によって家庭適応のスコアが低い子どもには実験中何度も保護者を振り返って笑いかける、話しかけるなどの行動が特に顕著に見られた。この傾向は7名の評価者（平均年齢=22.3歳、SD=2.21、女性5名）にロボットに装備したwebカメラで記録したビデオを見てもらい、子どもが振り返っていると判断できるタイミングでボタンを押してもらった回数から判断した。振り返り回数の少ない子どもをno-turn群（6名）、少し振り返っている、または頻繁に振り返っている子どもをturn群（5名）とした。図5は振り返りの多寡に対する性格診断検査の家庭生活に関するスコアの関係を示している。丸は対象児のスコア、実線は中央値、破線は平均値を示している。一人の被験者については実験の最初の部分である慣らし段階で、ロボットを怖がり入室をためらい、振り返りを確認できなかったため分析から除いた。これら2群の家庭適応のスコアについて順位と検定を行ったところ、no-turn群で有意にスコアが高かった（ $W=28$, $p<0.05$, 両側）。

ロボットの観測した振り向き度の時系列に含まれる特徴量を抽出するため、すべての子どもの振り向き度の時間変化を正負方向で分け、各1次から4次の中心モーメントを算出して説明変数とし、性格傾向の点数を目的変数として重回帰分析を行った。ステップワイズによる変数選択を行っている。その結果、家庭適応／不適応の点数に関して、正方向（母親を振り向いている時）のみに3次・4次モーメントの係数で有意性（2次： $\beta_2 = -2.4e-04$, $p<0.1$, 3次： $\beta_3 = -4.3e-07$, $p<0.05$, 4次： $\beta_4 = -1.4e-10$, $p<0.05$ ）が得られた。この時の決定係数は $R^2=0.73$ であった。他の性格傾向に関しては有意な結果が見られなかった。

図5 対象児の振り返り有無と性格スコアの関係

さらに、評価者がボタンを押したタイミングを時系列データとして保存し、移動平均フィルタをかけたものを評価者による観測とした。図6の青線、緑線、赤線はそれぞれ振り向き度、閾値処理をした振り向き度、振り向きに関する評価者の平均を示している。振り向き度の絶対値に関して標準偏差SDを計算し、 $\pm 20SD$ の値を閾値とした。この評価者による観測とロボットの観測量の整合性を確認するために、各子どもにつき評価者の観測とロボットの観測量の相関係数を算出した。この計11個の相関係数について検定を行ったところ、有意な正の相関が得られた（ $W=66$, $p<0.001$, 順位と検定, 中央値=0.149）。また、評価者がビデオを見て振り返ったと判断した（ボタンを押した）回数と、ロボットの観測結果の間で順位と相関を計算したところ、3次モーメントが最も高く0.48であった。これらの結果はロボットの観測による振り向き度の妥当性を示している。

3.2 遊びの傾向と性格傾向の関係性

表2の遊びの好みの回答に関して因子分析を行った。因子分析からは、子どもの好きな遊びの偏りが見て取れると期待される。そこで、それぞれの遊びに何らかの因子が存することを仮定し、それらの因子と性格的要素の関連を調べるために、ケースを各被験者、変数を各遊びとして表2の結果を因子分析した。結果を図7に示す。なお、「好き」・「普通」・「嫌い」の値はそれぞれ3, 2, 1, 「知らない」の値を2と仮定し、因子分析には最小二乗法、回転にはVarimax法を用いた。

図6 ロボットの振り向き観測と評価者による観測

図7 因子分析結果

選んだ34種類の遊びからは2個の因子が抽出された。図7のように、第一因子は正の方向には「小さい動物と遊ぶ」などがあり、これらは面倒をみる、協力して遊ぶなどの協調性の必要なものであると考えられる。逆に負の方向には「サッカー」、「戦いごっこ」などがあり、これらは勝敗が分かれる、擬似的に対立するなどの競争的な要素の強いものである。よって、この因子を「協調・競争性」と呼ぶ。また、第二因子の正の方向には「あやとり」、「縄跳び」などがあり、これらは知識や技能を必要とし、一定のルールが存在するものであると考えられる。これとは対立して負の方向には「おままごと」、「塗り絵」などがあり、比較的ルールが少なく、能力などを気にせずに自由に、または創造的に遊ぶことのできるものであると考えられる。よって、この因子を「技能・創造性」と呼ぶ。また、結果の解析に当たり便宜的に図7の象限を第1象限から順に「協調・技能」「協調・創造」「競争・創造」「競争・技能」と呼ぶ。

なお、それぞれの遊びの因子について、一見正しくないように見えるものがいくつか存在する。例えば「かくれんぼ」は、競争性ではなく協調性を持つという結果になっている。これは、大人の場合は見つからないように隠れる競争性の高い遊びであると解釈することが多いが、子どもにとっては「自分を見つけてほしい」など、相手とのコミュニケーションを意識した協調性の高い遊びであるという解釈も考えられる。遊び実験中にも、子どもが意図的にロボットから隠れ、ロボットに見つけてもらおうとしたケースが存在した。これは、ロボットと競うことを意図した競争的な態度ではなく、ロボットとのコミュニケーションを図ろうとした協調的な態度であると考えられる。このように大人と子どもでは、それぞれの遊びに対する解釈に少なからず差異が存在する。

また、「かけっこ」は「かくれんぼ」と同様に競争的な遊びというよりは、一緒に走って楽しむ遊びであるという解釈もあると考えられる。今回は被験者が少ないことの影響もあり、必ずしも安定した結果とは言えないし、因子の名前につ

いても検討の余地がある。しかし、大学生を対象とした子ども時代の遊びの好みに関する報告では、造形系や技能・操作系などの因子を挙げており[19]、本研究で取り上げた軸と類似しているため、ある程度の信頼性はあると考えられる。

因子負荷量を子どもが「好き」と回答したものを1、「嫌い」としたものを-1で重みづけし、上記の4象限それぞれの重心を求めた。なお、各象限の重心がその象限を飛び出し「嫌い」の方に重心が傾いている場合、その象限の遊びが好きである度合いが0であるとみなし、重心の値を0とした。ここで4象限に分けて重心を求めたのは、もし因子全体で協調性と競争性を分けずに重心を求めた場合、協調性の高い遊びが好きで好きな子どもならば競争性の高い遊びは好まないという結果になってしまう可能性があるためである。

図7の各象限ごとに、表3の性格診断検査の結果との関係性を考察する。各象限を好む子どもと好まない子どもとで性格診断検査の各項目について $p<0.05$ でt検定を行い、有意差があるものを求め、表4にまとめた。その結果、どの象限においても、各遊びを好む子どもは好まない子どもより高いスコアを持ち、性格が安定していることが分かる。また、男女に差があることは、第2因子（強調—競争）の重心を男女別で見て、その値について $p<0.05$ でt検定を行ったところ有意差が認められたことから裏づけられる。

3.3 行動と遊びの好みの関係性

遊びの好みに関する特徴量に関して、3.1と同様に行動の特徴量を説明変数として重回帰分析を行ったが、有意な結果は得られなかった。遊びの創造性・競争性の特徴量について2群に分け、実験において絵本読みを行っている時の子どもの行動の特徴量(gaze, stare)の平均値を計算しt検定($p<0.05$)を行ったところ、有意な差が認められた。この時のstareとは子どもの視線方向の安定性を表しており、遊びの創造性・競争性の特徴量が大きい子どもはそうでない子どもに比べて視線方向の動きが有意に少なかった。

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

表4 遊びの好みと性格スコアの関係性

象限	好む子供	好まない子供	好む男児	好まない男児	好む女児	好まない女児
協調・技能	—		情緒安定	情緒不安定	—	
			生産的	退行的		
協調・創造	生産的	退行的	自制力あり	自制力なし	—	
			神経質でない	神経質		
競争・創造	顕示性なし	顕示性が強い	—		温和・理性的	攻撃・衝動的
	自制力あり	自制力なし				
	温和・理性的	攻撃・衝動的				
	個人的安定	個人的不安定				
競争・技能	情緒安定	情緒不安定	—		—	
	神経質でない	神経質				
	個人的安定	個人的不安定				

4. 議論・考察

家庭内で人と暮らすロボットを目指し、身体性を生かして子どもと遊ぶ、遊び相手ロボットを用いて子どもとの遊び実験を行った。それと同時に、遊びにおける他者の心的状態という、計測困難な状態量を扱うため、子どもの遊びの好みのアンケートや性格診断検査を行い、子どもの行動との関係性を調査した。

4.1 子どもの情報の推定法

本研究ではロボットに装備したKinectと顔認識の結果から性格と遊びの好みを推定する手法を提案し、その手法が有効であることを示した。実社会におけるコミュニケーションでは、人は相手の表情や行動を一定時間観察することで、相手の性格や好みを把握していると思われる。本研究では、ロボットも同様に、一緒に遊びながら子どもの表情や行動を推定することができれば、提案すべき遊びの種類や会話などの働きかけをより効果的に選択できると考えた。子どもとロボットの遊びに関する先行研究からは、例えば興味度 [1, 2] や、対人感覚 [3]、新奇性と親近感 [4] など多くの要素が子どもの視線の向きと関連して報告されており、本研究でも視線の向きを重視して分析した。遊びには興味度で表わされる「遊びへの興味や飽き」という要素の他に、ロボットへの視線の頻度で表わされる「ロボットへの対人感覚」という要素が存在する [3]。ロボットの振る舞いが他者モデルに基づけば、子どものロボットへの対人感覚を維持できることが示されている。

4.2 遊びの好みの推定

遊びの好みに関する今回の分析からは、遊びの好みによって特徴的な行動指標が存在することや、性別による好みの違いがあることが示された。結果は子どもが創造性の遊びを好むかどうかは、絵本を注視する割合から推定できることを示している。また、協調性と競争性の遊びの好みに関しては、男女差が認められた。性格の男女差については多くの文献で指摘されており、男性にとって競争性が優位であるなどの普遍的な性格傾向が存在する [20]。他の霊長類に関しても、オスはメスに比べ荒っぽい遊びを好む傾向にある [21]。

子どもの遊びの好みを把握する上で、性別による生物学的な影響は避けられない。

4.3 性格の推定

性格診断検査のスコアに対する回帰分析の結果から、家庭適応に関する予測能力が高く、ロボットの観測による推定が有効であることが明らかとなった。また家庭適応に関して、振り返り行動との関係 (図5)、ロボットによる行動観測との関係 (図6) から、振り返り行動の関与が強く示唆された。今回の調査では、ロボットの観測指標の中心モーメントを説明変数として用いたが、他の性格傾向との有意性は観測されなかった。本研究により、ロボットによる性格の傾向の推定システムの可能性を示した。家庭適応と振り返りの傾向は、親子の関係性を測る尺度になりうる。家庭適応のスコアは、子どもが家庭内で心理的に安定しているかを推測するものとされており、養育者の顔色をうかがう傾向が関与すると考えられる [18]。これまでの心理学的な研究では、母子間に限らず、存在価値を確認する再確認行動について議論されている [22]。本研究では対象児の養育者に対する振り向き行動との関係性が見られたが、これも子どもが行う自身の存在価値に関する確認行動であると解釈できる。従来の多くの研究ではその指標として評価者の主観による評価値を用いている。しかし本研究で示したロボットによる観測は、ここで注目する性格傾向に関する客観的な評価方法としての可能性を示している。

今回の結果は、社会心理学的な応用についても重要な位置を占めるものである。過去の研究から、性格に関する質問項目によって家庭生活や学校生活における適応性の予測をする試みに関して報告がなされている [23]。さらに、得られた性格に関する情報を元に、ロボットを用いた遊戯療法などの形で応用できる可能性もある。

本研究における遊び相手ロボットは、親あるいは養育者が忙しくしている家庭で、一時的な保育の代行者としてのplaymateが実用的ではないかと考える。対人感覚を持たせて長時間子どもの興味を引きつけて遊び相手として機能しつつ、子どもの発育の責任をもつ養育者には検知した状況を報告する「発達の支援装置」あるいは「一時的代行装置」としての役割である。すなわち、子どもの行動からその状況を継

統的に推定する、さらには保護者が外部の専門家との相談を行う場合にはその根拠となる情報を提供するというような利用方法である。そのようなシステムとして機能するためには、現状では検出できる性格特徴が不足であり、さらに今後の実現に向けた取り組みが必要である。

4.4 今後の展望

本研究では、対人感覚は子どもの興味を持続させようとするロボットの適切な働きかけによって維持されようと考え、これを実現するシステムのための基礎的検討を行った。子どもは、相手が自身の好みに合った遊びなどの行為を継続して働きかけてくる間に、相手が自身のことを理解していると考えられる信頼感、好ましい遊びをしてくれるという親近感のような感覚をもつであろう。それを継続することが対人感覚を維持し、結果として飽きのこない遊び相手につながると考える。

また、より多くの子どもの性格と行動データ、更にその効果の評価を検討する必要がある、発達支援の装置としての実現には多くの課題が残っている。本研究はその初期の試みという位置づけとなる。今回行った実験ではサンプル数が少なく、多くの被験者に聞き取り調査と遊び実験などを継続して行う必要がある。また、短時間に行う実験室での実験と異なり、家庭ではロボットと子どもが長期的に関わっていくことが想定される。そこで、長期間の情報から子どもの好みを把握していくことが有効であると考えられる。さらに、子どもがロボットに慣れる早さなどがそれぞれ異なるなどの予想から、本研究ではロボットとの実験が初めての子どものみで分析を行った。今後は保育士などの人間との反応の違いや2回目以降の実験に対する反応も分析することを検討する。

5. 結 論

本研究では、家庭内で人と暮らすロボットを目指し、遊び相手ロボットを用いて子どもとの遊び実験を行った。子どもの性格や好みに応じた遊びシステムを構築するための基礎研究として、別に行った児童性格検査の結果との関係性の有無について調査した。本研究により各性格スコアと遊びの好み、またロボットから観測した視線や表情に関する値との関係が存在することが明らかとなった。

本研究で使用したロボットシステムは、身体機構や計算処理に高スペックを必要とするため、即現実の応用としては費用やメンテナンスの面で難しい。しかし最近のネットワークやクラウド技術の進歩により処理能力の壁はかなり低くなってきており、行動観察に必要な機材は低価格のカメラで実現できる可能性がある。

謝 辞

本研究は、科研費(基盤(C)23500240)及び新学術領域研究「伝達創成機構」(領域番号4103)課題番号21120010、若手研究(B)22700225の助成を受け実施したものである。

参 考 文 献

- [1] 下斗米貴之, 阿部香澄, 岩崎安希子, 長井隆行, 大森隆司: ロボットによる子どもの興味度の推定, 第13回日本感性工学会大会予稿集, F24, 2011.
- [2] Shimotomai, T., Abe, K., Yokoyama, A., Nagai, T., and Omori, T.: Estimation of children's interest dynamics while communicating with robots, Proc. of International Conference of Cognitive Neurodynamics, P15, 2011.
- [3] 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: 子どもと遊ぶロボット: 他者の状態推定に基づく行動決定モデルの適用, HAIシンポジウム, I-2B-3, 2011.
- [4] 高橋英之, 宮崎美智子, 岡田浩之, 大森隆司: 「新奇性」と「親近性」の軸から子どもとロボットの関係性を捉える, HAIシンポジウム2011, I-2B-2, 2011.
- [5] Castellano, G., Pereira, A., Leite, I., Paiva, A., and McOwan, P.W.: Detecting user engagement with a robot companion using task and social interaction-based features, Proc. of International Conference on Multimodal Interfaces, pp.119-126, 2009.
- [6] Sanghvi, J., Castellano, G., Leite, I., Pereira, A., McOwan, P.W., and Paiva, A.: Automatic Analysis of Affective Postures and Body Motion to Detect Engagement with a Game Companion, Proc. of ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, Lausanne, Switzerland, pp.305-312, 2011.
- [7] Tanaka, F., Cicourel, A., Movellan, J.R.: Socialization, between toddlers and robots at an early childhood education center, Proc. of the National Academy of Science of the USA, Vol.104, No.46, pp.17954-17958, 2007.
- [8] Kozima, H., Michalowski, M.P., and Nakagawa, C.: Keepon: A Playful Robot for Research, Therapy, and Entertainment, International Journal of Social Robotics, Vol.1, No.1, pp.3-18, 2009.
- [9] 神田崇行, 佐藤瑠美, 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論文誌, Vol.7, No.1, pp.27-38, 2005.
- [10] Dautenhahn, K., Werry, I., Rae, J., Dickerson, P., and Stribling, P., Ogden, B.: Robotic Playmates: Analysing Interactive Competencies of Children with Autism Playing with a Mobile Robot, In: Dautenhahn, K., Bond, A., Canamero, L., Edmonds, B. (eds.): Socially Intelligent Agents - Creating Relationships with Computers and Robots, Kluwer Academic Publishers, pp.117-124, 2002.
- [11] Howard, A.M., Park, H.W., and Kemp, C.C.: Extracting Play Primitives for a Robot Playmate by Sequencing Low-Level Motion Behaviors, Proc. of IEEE Int. Symp. on Robot and Human Interactive Communication, pp.360-365, 2008.
- [12] Trevor, A.J.B., Park, H.W., Howard, A.M., and Kemp, C.C.:

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

Playing with Toys: Towards Autonomous Robot Manipulation for Therapeutic Play, Proc. of ICRA, pp.2139-2145, 2009.

- [13] Park, H.W. and Howard, A.M.: Understanding a Child's Play for Robot Interaction by Sequencing Play Primitives Using Hidden Markov Models, Proc. of ICRA, pp.170-177, 2010.
- [14] Asoh, H., Motomura, Y., Asano, F., Hara, I., Hayamizu, S., Itou, K., Kurita, T., Matsui, T., Vlassis, N., Bunschoten, R., and Krose, B.: Jijo-2: an Office Robot That Communicates and Learns, IEEE Intelligent Systems, Vol.16 Issue 5, pp.46-55, 2001.
- [15] Attamimi, M., Mizutani, A., Nakamura, T., Nagai, T., Funakoshi, K., and Nakano, M.: Real-Time 3D Visual Sensor for Robust Object Recognition, Proc. of IROS, pp.4560-4565, 2010.
- [16] Attamimi, M., Mizutani, A., Nakamura, T., Sugiura, K., Nagai, T., Iwahashi, N., Okada, H., and Omori, T.: Learning Novel Objects Using Out-of-Vocabulary Word Segmentation and Object Extraction for Home Assistant Robots, Proc. of ICRA, pp.745-750, 2010.
- [17] 小西嘉典, 木下航一, 勞世広, 川出雅人: リアルタイム笑顔度推定, インタラクション, No.2008, Vol.4, pp.47-48, 2008.
- [18] 高木俊一郎, 坂本龍生, 園山繁樹, 門田光司, 谷川弘治, 伊東真理: TS 式幼児・児童性格診断検査 手引き, 金子書房, 1997.
- [19] 酒井恵子: 子ども時代の遊びの好みと価値志向性, 日本教育心理学会総会発表論文集, p.606, 2010.
- [20] Feingold, A.: Gender Differences in Personality: A Meta-Analysis, Psychological Bulletin, Vol.116, No.3, pp.429-456, 1994.
- [21] Hassett, J.M., Siebert, E.R., Wallen, K.: Sex differences in rhesus monkey toy preferences parallel those of children, Hormones and Behavior, Vol.54, Issue 3, pp.359-364, 2008.
- [22] 勝谷紀子: 改訂版重要他者に対する再確認傾向尺度の信頼性・妥当性の検討, パーソナリティ研究 13 (1), pp.11-20, 2004.
- [23] Anthony D. Pellegrini: Domination and social integration in the behavior of kindergarten children in an experimental play situation, Early Childhood Research Quarterly, 7, pp.565-577, 1992.

岩崎 安希子 (非会員)

2012年 電気通信大学電子工学科卒業。現在、玉川大学大学院工学研究科電子情報工学専攻修士課程在学中。日本認知科学会学生会員。

下斗米 貴之 (正会員)

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。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。

阿部 香澄 (非会員)

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 同大学院電気通信学研究科修士課程修了。現在、同大学院情報理工学研究科博士課程在学中。知能ロボットに関する研究に従事。

中村 友昭 (非会員)

2007年 電気通信大学電気通信学部・電子卒。2009年 同大学院電気通信学研究科修士課程修了。2011年 同大学院博士課程修了。博士(工学)。2011年 日本学術振興会特別研究員(PD)。知能ロボットに関する研究に従事。

長井 隆行 (非会員)

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准教授。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, 情報処理学会, 人工知能学会, 電子情報通信学会, IEEE 各会員。

大森 隆司 (非会員)

1980年 東京大学工学研究科修了, 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。現在にいたる。博士(工学)。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, 日本神経回路学会などの会員。