

子供の内部状態を推定しながら遊ぶ Playmate Robot の実現

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*
 †電気通信大学 ‡学校法人玉川学園 *玉川大学

1 はじめに

遊び相手ロボットへ求められる要求の一つは、子供と長くあるいは長期的に遊び続けられることである。人間の大人が子供の相手をする際の戦略は、子供の振る舞いから集中や飽きといった心の状態を推定し、その結果に基づいて最も効果の高いと思われる行動を選択するというものである。このような子供の内部状態に基づく適切な働きかけは、子供の遊びへの興味を維持すると共に、著者らが「対人感覚」とよぶ「相手がきちんと応えてくれる」という感覚を子供にもたせることができ、遊びの継続に貢献すると考える。

Castellano らはロボットと子供がチェスで遊ぶときの子供の没頭具合を測っている [1]。しかし、その推定結果や子供についての知識を用いてロボットの行動を選択することは検討しておらず、この実験で子供の興味と対人感覚を維持することは困難だと予想される。

本稿では、子供と長く遊び続けられる Playmate Robot の実現を目標に、子供の内部状態推定に基づく行動決定モデルの構築・実装・評価を行う。

2 子供の内部状態に基づく行動決定モデル

保育士と子供が遊ぶ様子の観察 [2] から、子供の内部状態の変化と、ロボットの行動戦略を統合した行動決定モデル(図 1)を構築した。このモデルを利用することで、子供の内部状態に応じた行動選択を実現する。モデルによって、ロボットがとる行動に応じた子供の内部状態の変化が予測できる。これを規範としてロボットは子供の興味を持続させるような行動を選択する。

図 1 の $S_0 \sim S_3$ は子供の内部状態であり、子供の遊びへの興味の度合いに対応している。 S_1 を「とても興味あり」、 S_2 を「興味あり」、 S_3 を「興味なし」状態とし、これを推定興味度と呼ぶ。

観測 $z(t)$ は、内部状態を推定するための子供の振る舞いの観測指標であり、視線、笑顔度、動き、凝視度の 4 つを用いる。 $S_1 \sim S_3$ の各状態で各指標が発生する出力確率を計算し、それらを掛け合わせた尤度が最も高い状態をそのときの内部状態とする。各指標の出力確率 $p(*|S_n)$ は正規分布で表現し、正規分布の各パラメータは予備実験 [3] のデータを基に算出した。

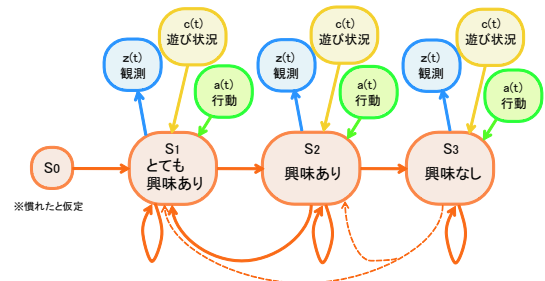


図 1: 遊びにおける子供の内部状態遷移モデル



図 2: 実験風景: 左はロボット, 中央はじゃんけんの場面, 右は神経衰弱の場面

行動 $a(t)$ はロボットの行動であり、(1)わざと間違える、(2)相手への反応、(3)ロボット自身の反応、(4)じらす、(5)変速、(6)何もしない(ゲーム行動を続行)、(7)遊びを切り替える、(8)同じ遊びをする、の 8 つとする。

ロボットの実際の行動選択は次のような手順となる。まず、子供の観測 $z(t)$ から内部状態 S_n を推定する。遊び状況 $c(t)$ の判定からそのときにとり得る行動が複数決まり、その中から、内部状態が次の時刻に S_1 か S_2 に遷移する確率の高い行動の一つを選択する。以降、遊び状況 $c(t)$ が切り替わるごとにこれを繰り返す。

子供と遊ぶ際に保育士は行動の繰り返しを避けており、行動には相手を飽きさせないための効力が存在すると考えられる。効力はその行動が実行される度に減少し、時間の経過と共に元の状態に戻ると考える。ロボットの行動選択における効力の変化は、各状態の遷移確率の変化で表現した。

3 行動決定モデルの検証実験

前述のモデルをロボット上に実装し、検証実験を行った。ロボットは、図 2 の家庭用サービスロボット“DiG-ORO”で、今回の実験では、トランプの神経衰弱(図 2 中央)と、じゃんけん(図 2 右)を実装した。実験では、子供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。被験者は、4~6 歳の 6 名(男 3, 女 3, 平均 5.5 歳)である。提案モデルの有効性を検証するために、比較対象として、子供の内部状態は考

Implementation of Playmate Robots that play with a child estimating the mental state
 †Kasumi Abe, Akiko Iwasaki, Tomoaki Nakamura, Takayuki Nagai
 ‡Ayami Yokoyama
 *Takayuki Shimotomai, Hiroyuki Okada, Takashi Omori
 †The University of Electro-Communications
 ‡Tamagawa Academy * Tamagawa University

慮せずに、遊び状況だけから行動を選択する「状況モデル」を用意した。6名中3名に対してはロボットの行動選択に提案モデルを適用し、残りの3名には状況モデルを使用した。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決定についてはオペレータが遠隔操作した。実験時間は一人あたり最長30分とした。

実験後、被験者について良く知る幼稚園の教員3名に子供の内部状態を評価してもらった。子供の状態は、子供がロボットまたは遊びに興味を持っている程度(5段階)として、正面から子供を撮った映像を見ながら連続的に評価してもらった。これを基準興味度とする。また、各子供の評価直後に、その子供についての5段階評価のアンケートに回答してもらった。

3.1 実験結果

子供6名中、4名(提案モデル2, 状況モデル2)は実験時間いっぱいまで遊び、2名(提案モデル1, 状況モデル1)は子供が途中で遊びの続行を拒み、中断した。

推定興味度を5点で平滑化して、子供ごとに基準興味度との相関係数を計算したところ、全ての子供に関して有意な正の相関がみられ($p < 0.05$, two-sided, sign test), 推定興味度がある程度有効であることが分かった。

3.2 内部状態遷移モデル条件と状況モデル条件の比較

提案モデルで最後まで遊んだ2名、状況モデルで遊んだ2名における教員によるアンケートの各項目の平均得点を計算し、提案モデルと状況モデルのグループの平均値の差についてt検定を適用した。結果、「今回の調査で使ったロボットが好きか」といった、実験が印象に影響を及ぼす質問項目に有意差($p < 0.05$)が認められ、提案モデルを適用して遊んだ方が、実験によってロボットに対する印象が良くなっていることが示された。アンケートの「実験が楽しかったか」と「またロボットと遊びたいか」の平均得点が、提案モデルを適用した場合の方が高くなっていることも考えると、提案モデルによって、子供のロボットへの対人感覚を維持することができたのではないかと推測できる。

アンケートの結果を裏付けるために、ロボットと子供の関係性の定量的な評価を試みる。図3(a), (b)は教員評価による基準興味度の推移、図3(c), (d)は子供がロボットを見ている頻度と机を見ている頻度の5分間の移動平均で、(a), (c)は提案モデルで遊んだ女兒1名、(b), (d)は状況モデルで遊んだ女兒1名の結果である。基準興味度(a), (b)では、どちらも特に飽きているような傾向はなく、両者とも遊びを楽しんでいたと推定される。しかし、(c), (d)を見ると、提案モデルの子供はロボットと机を同程度(平均: 机54%, ロボット46%)で見ているのに対し、状況モデルの子供は時間が経つにつれてロボットをあまり見なくなっているのが分かる(平均: 机62%, ロボット38%)。同様の傾向は、残りの2名の子供にも見られた。以上の結果はいずれも内

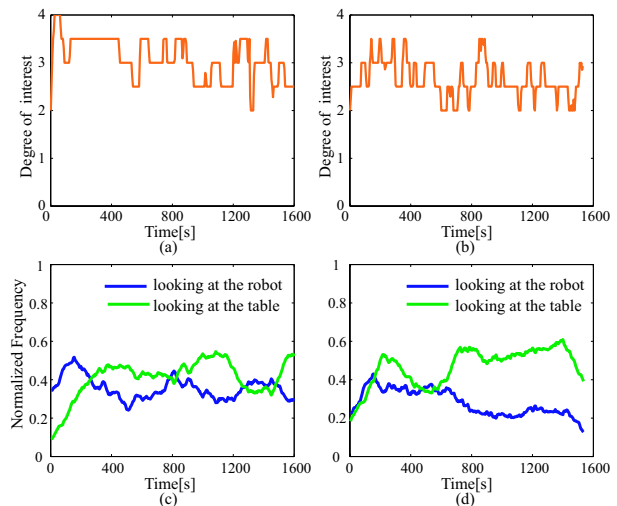


図3: 女兒2名の結果: (a) 提案モデルの1名の基準興味度, (b) 状況モデルの1名の基準興味度, (c) 提案モデルの1名のロボットと机を見る頻度の移動平均, (d) 状況モデルの1名のロボットと机を見る頻度の移動平均

部状態推定に基づく行動決定モデルが有効に働き、子供とロボットの関係を良好に保ったことを示唆している。また、ロボットへ視線を向ける頻度が子供のロボットへの対人感覚を良く表していると考えることができ、この尺度を直接計測できる可能性を示している。

4 おわりに

本稿では、子供の遊びへの興味とロボットへの対人感覚を維持し、子供とより長く遊び続けられる Playmate Robot を実現するために、子供の内部状態推定に基づく行動決定モデルの構築・実装・評価を行った。実験の結果、提案モデルを適用した場合の方がロボットと子供の関係性が良好に保たれ、また遊びたいといったロボットへの好印象につながる事が示唆された。

現状では被験者数が少ないため、今後はさらに被験者を増やして実験を行う必要がある。

謝辞

実験にご協力いただいた玉川学園幼稚園の飯塚先生をはじめとする教員の方々に、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.Sanghvi, et al, "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, 2011
- [2] 横山 他, "子供と遊ぶ: 飽きやすい相手の意欲を維持するメタ戦略のモデル化", 第25回人工知能学会全国大会, 2D1-OS5a-1, 2011
- [3] 阿部 他, "子供や高齢者の遊び相手をする Playmate robot の実現と課題", 電気学会研究会, IM-10-081, 2010