

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

Playing with a Child : Modeling of Strategy to continue desire of others who get bored easily

横山 絢美*1 阿部 香澄*2 長井 隆行*3 大森 隆司*4
Ayami Yokoyama Kasumi Abe Takayuki Nagai Takashi Omori

*1 玉川大学 *2 電気通信大学
Tamagawa University The University of Electro-Communications

In order to realize a really interactive robot with human, we proposed a model of human intention estimation process and analyzed a human action decision process and Meta-strategy behind the decision. Meta-strategy is a system to change own action decision strategy according to the situation. We implemented a playmate robot that can play with a child according to the analysis. In this task, the robot estimates the player's interest to the robot by using the facial information (smile, direction or gaze etc.). We propose the play module switching strategy based on the player's state estimation.

1. はじめに

ロボットはこれまで、ロボットにしかできない分野、あるいはロボットの方が効率的に活動できる分野で使われてきた。しかし、コンピュータ技術の高度化に伴い、人手不足や人材の有効活用など、ロボットが人の作業を代替するといった、ロボットにもできる分野へと、その活動範囲は広がりつつある。また、少子高齢化、個世帯化、繰り返し作業からの解放といった現代社会における問題やニーズに対し、ロボットによる人間の生活支援への期待も高まっている。

しかし、現在のロボット研究は、それらを機器としてとらえることと高度な機能を備えているが、我々の生活サポートや作業支援に不可欠な対人インタラクションについては、まだ不十分である。これに対し我々は、ロボットには、ある課題・作業を達成するために必要な物理的な能力に加え、例えば人と円滑にインタラクションをしたり、状況の変化や他者の振る舞いに臨機応変に対応するなど、高いレベルの対人インタラクション能力を合わせ持つべきであると考え。具体的には、物理環境を考慮した行動に加え、ユーザの意図のような心理的要素も考慮した行動決定モデルが必要である。

本稿では、高度な対人サービス機能ロボットの実現を目指し、他者の意図推定に基づく行動決定過程の計算モデル化、新しい行動決定手法としての他者意図の能動的誘導について解説する。そしてそのモデルに基づいて人間のメタ戦略的行動を分析し、その分析に基づいてロボットの対人支援機能の部分的実装とモデルの検討を行ったので報告する。

2. 社会的インタラクション場面への適応

2.1 他者の意図推定

我々は常に他者と相互作用をし、その過程で他者の意図あるいは行動予測を行っている。このような、他者の意図推定/行動予測は他者とのコミュニケーションを実現するための重要な手段と考える。

では、どのようにして我々は他者の意図を推定しているのだろうか。ある特定の行動をする場合には、その裏側に何か達成したい意図または目標が存在する。我々はその目標を達成するため、こう振る舞えばよいなどと考えて自身の行動を決定する。

一方、我々は他者の意図を直接観測する事は出来ないが、他者の置かれている状況と、その時の振舞いを観測することは可能である。そこで、我々は他者の行動を観察し、他者の状況を自己に置き換えて、自分であればこのように考え、次にはこのような行動をするというように他者の意図を推定すると考えられる。

2.2 他者の意図推定に基づく行動決定

意図推定の手法として、他者の行動や発話、振舞いなどの情報を自己の経験と照らし合わせて他者の意図を推定し、その情報をもとに自身の行動を決定することは我々も多く経験している。この行為は他者との円滑なインタラクションの実現にもつながっている。我々は、このような他者から自己への一方向の行動決定の戦略を「受動的な行動決定」と呼ぶ。

しかし、「受動的な行動決定」では他者の意図に従った行動決定は可能であるが、自己は常に他者に合わせて行動しなければならない。そこで、時には自身の意図を他者に伝え、自己の意図に合うように他者の行動を誘導する場合もあるだろう。我々は、このように他者に自己の意図を推定させて他者に望ましい意図あるいは行動を誘導する戦略を「能動的な行動決定」と呼ぶ。



図 1: 受動的/能動的な行動決定

2.3 推定のレベル

他者の行動からその意図を推定し、それに基づいて自身の行動を決定する「受動的戦略」を我々は日常的に行っている。本研究では、このような行動決定を「レベル1の戦略 (Lv.1)」と呼ぶ。また Lv.1 の他にも、「自身は他者からどのように思われているか」というように、他者の意図を一段深く推定し、自身の行動を決定する場合もある。このような行動決定を我々は「レベル2の戦略 (Lv.2)」と呼ぶ。

一方、他者がどのように考えているかを推定するのではなく、自身の意図/目標を他者に明示的に見せることで相手の Lv.1

3.5 保育士の行動戦略

図2の「緊張 慣れ 楽しい 飽き 興味の変更」という一連の流れは、基本的には時間とともに遷移していくと考える。これに対し、保育士の行動はこの時間変化を意図的に短縮あるいは延長する行為ととらえられる。例えば、子供が「緊張」や「慣れ」状態にある場合は、会話や共同作業などを通して「緊張 慣れ」、「慣れ 楽しい」というように、次の状態へ移る時間を短縮させる。また、「楽しい」状態では遊びを通して褒めたり、勝たせたりすることでその状態を延長させる。一方、子供が「飽きた」状態になりかけている場面で保育士は、例えば「間違えてももう一回できるから大丈夫だよ」などと声をかけて子供の状態を「楽しい」状態へと戻す新たなパスを作るといった行為が観察された。

また観察後の回想から、保育士はこの遊びを通じて子供の遊びに対する姿勢を推定し、その後の遊び戦略を考えていた。例えば、カードゲームでは子供がこの遊びをどの程度理解しているかを判断して手加減の程度を決めたり、絵本を読み聞かせながら、どの程度ひらがなが読めるかなどを判断し、文字遊びで用いる単語数を決めるなどの戦略を用いていた。

以上から我々は、保育士は子供の行動や言動、表情などを観察し、その状態を把握することで、子供への対応を変更していく「メタ戦略」を取っていたと考える。遊び観察中の保育士の行動は、子供の心理状態を制御するものと考えられる。また、子供の行動は基本的にはLv.0に基づくものであり、これに対して保育士はLv.1の戦略を取って子供の行動に対応していた、と解釈できる。

4. ロボットへの実装

4.1 人の顔情報を用いた興味度推定

保育士と子供の遊び観察により、子供の状態推定の指標として、顔情報（笑顔/顔向きなど）、行動パターン（物に触れる/周りを見渡すなど）、会話情報（口数など）が使えそうだと考えた。そこで、我々は顔情報に注目し、OKAO Vision（オムロン）を用いて子供の遊びに対する興味度の推定を試みた。OKAO Visionは、入力画像から顔を検出し、その領域画像から特徴点を検出して両目と口の端点の座標を特定すると同時に、顔向きの角度も算出する。

本研究では、ロボットと子供が向き合った状態で、子供の視線がロボットまたは遊びの対象領域に向いている場合、子供は遊びに注意を向けていると考え、その視線方向を顔向きのトラッキングにより推定した。そして本研究では、興味度 $d(t)$ を以下のように定義した。

$$d(t) = t + \sum l - 1k = t(h(k) + s(k))/2l \quad (1)$$

ここで、 $s(t)$ は時刻 t における笑顔度、 $h(t) \in [0, 1]$ は顔向きである。 $h(t)$ はプレイヤーがロボットまたは遊びの対象領域を向いている場合を1とし、それ以外を0とする。 l はフレーム長である。

4.2 ロボットとのチャット実験

被験者の興味度がどの程度実際を表せるか検証するため、ロボットと子供の対話実験を行った。被験者は6歳の男女各1名の計2名で、ロボットの前に座って対話をしてもらい、その間の状態を計測した。実験の様子を図3に示す。

被験者とロボットは実験前に5分程度簡単な対話を行い、被験者をロボットに慣れさせた。この時の対話は、実験者が口



図3: ロボットと子供のチャット実験

ボットの対話の操作をし、会話が弾むようにした。本実験では、ロボットとの会話に対する子供の興味度の変化を観察するため、ロボットの会話戦略として次の3条件を用意した。

条件1: 一度きりの質問の連続 (約5分間)

条件2: 一度だけ返答 (約3分間)

条件1で、子供の応答に対して一度だけ返答する。

条件3: オペレータとの会話 (約3分間)

チャット機能によりロボットとほぼ自由に対話。

条件1では、子供ははじめはロボットとの会話に興味を示すが、ロボットの会話パターンが一定であるため、次第に子供は何か言いたくなって様々な会話を始める。しかし、その会話に対してロボットは応答をしないため、次第に面白くなくなり「飽き」状態へ遷移する。

子供の状態が「飽き」になったところでロボットの会話戦略が条件2に移り、これまで話しかけても応答しなかったロボットが、一度だけ応答をするようになる。これにより、子供の興味度は一時的に回復するが、ロボットが応答をするのは1度きりであるため、再び「飽き」状態に戻る。

そこで、今度はロボットの会話戦略が条件3に移り、子供からの会話にロボットが興味を示すようになる。すると、会話が自然と弾み、ロボットに対する子供の注目度が向上すると同時に、ロボットとの会話に対する興味度も回復した。

図4に被験者の結果を示す。図は縦軸が興味度、横軸が経過時間を示し、5秒毎の興味度をプロットした。実験開始から300秒まで（赤部分）は条件1、300秒から480秒まで（青部分）は条件2、480秒以降（黄部分）は条件3の区間である。500秒付近で興味度が急上昇しているが、これは480秒あたりで条件3が始まってロボットの会話方略が変化した効果と考えられる。

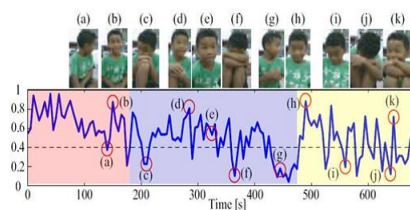


図4: チャット実験の結果

次に、実験のビデオを見ながら、人間がプレイヤーの状態を興味あり/なしに手動でラベル付けを行った。そして、この人間の評価と閾値で興味度を興味あり/なしに分類した結果を比較した。その結果を図5に示す。

顔向きと笑顔度から算出した興味度について、その値が0.45よりも大きい場合を興味あり、0.45よりも小さい場合を興味



図 5: チャット実験における興味度評価

なしと設定した場合に、人間の評価による興味度と最も一致した。特に条件 3 の開始前 (450 秒付近) の被験者の飽きが計測できていることが分かる。これらの事より、顔向きと笑顔度による興味度でプレイヤーの状態を推定することはある程度は可能と考える。

4.3 ロボットとのカードゲーム

ロボットに実装する遊びのバリエーションとして、子供とロボットによるカードゲーム (神経衰弱) 実験を行った。ロボットの行動パターンとして「ゲームの初めにじゃんけんをして順番を決める」、「相手の順番で相手の引いたカードに合わせて遊ぶ (悲しむ)」、「ロボットの順番の時に一致する 2 枚のカードを選ぶ」などを用意した。ただ、使用したロボットのハンドではテーブル上のカードはつかめないため、ロボットはカードを指差して被験者に裏返してくれるよう頼んだ。

4.4 結果

カードゲーム中の被験者の興味度を画像から 5 秒間隔で計測し、人間の判断による評価と比較した結果を図 6 に示す。

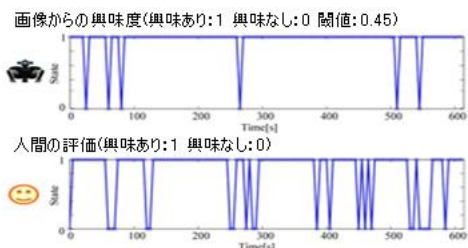


図 6: 興味度評価の比較

図 6 の上段は興味度指標を用いた評価、下段は人手による評価の結果であり、チャット時と同様に閾値を 0.45 に設定した。グラフを比較すると、チャット実験結果よりも一致率が低い事が分かる。この差について、カードゲームではカードをめくるなど、ロボットが動くため、被験者は最初ロボットを怖がって、笑顔が見られなかった事によると考える。この事は、実験中の被験者の表情変化からも明白である (図 7)。

被験者は、実験開始直後の表情は強ばっているが、時間が経過するにつれて和らぎ、次第に笑顔が見られた。しかし、子供の表情に笑顔が少ないからと言って、子供が遊びに集中していないわけではない。このような場合について、例えば遊びの初期段階では笑顔度についての閾値を低く設定するなどの事前知識をロボットに与えるなどの対応が必要であろう。



図 7: 時間経過に伴う表情の移り変わり

4.5 考察

ロボットと子供の遊び実験を通し、子供と遊べる遊びロボットシステムの基礎的機能を評価した。このシステムを利用すれば、例えば興味度が低い値を連続して示している場合、ロボットは遊びを切り替えて、子供を飽かさせずに長時間遊べることが期待される。

また、提案した顔情報を用いた興味度推定指標はある程度は子供の状態を推定できることが示された一方で、改善すべき事柄も明らかになった。より適応度の高いロボットの実現のため、顔情報を用いた興味度の推定以外の指標も必要と考える。

5. まとめ

本稿では高度な対人支援ロボットを実現するため、受動的な行動決定、能動的な行動誘導といった他者の意図推定に基づく行動決定過程を計算モデル化し、高度な対人支援に必要な要素機能を検討した。具体的には、保育士と子供の遊び観察により、ロボットに実装する際に必要な他者の状態推定指標を検討し、人の行動決定過程におけるメタ戦略の存在とその仕組みのモデル化を行った。また、顔情報を用いた興味度推定の指標を、人とロボットによるインタラクション実験で評価をし、子供の状態を推定できる可能性が示唆された。

以上から、我々が日々行っている行動決定の裏側にあるメタ行動戦略システムの解析は、人と円滑なロボットの実現には欠かせない過程であり、今後この切り口でメタ戦略のモデル的理解を進める事は、対人行動を支援するためのインタラクション実現のために必要かつ有効な手段と考える。

今後は、ロボットと人によるインタラクション実験により、被験者の状態推定指標や人間行動をベースとしたロボットの行動決定モデルの確立を目的とし、対人支援のような高度なサービス機能をロボットで実現するため、相手の意図を推定し、状況に応じて行動決定を行うような、人間の柔軟な行動決定過程の理解を目指す。

参考文献

- [1] 横山 絢美, 大森 隆司: 協調課題における意図推定に基づく行動決定過程のモデル的解析, 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. J92-A, No.11, pp.734-742, Nov.2009
- [2] 阿部 香澄, 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: 子供や高齢者の遊び相手をする Playmate robot の実現と課題, 電気学会計測研究会, IM-10-081, 2010
- [3] Ayami Yokoyama, Takashi Omori: Modeling of Human intention estimation process in social interaction scene, WCCI2010, Fuzzy Decision/MMI #247, July.2010