

所有欲求モデルに基づく注意・興味・欲求表出行動の時間的影響

Behavioral durations expressing attention, interest, and desire in ownership desire model

上野 楓^{1*} 吉田 直人^{1†} 米澤 朋子^{1‡}

¹ 関西大学

¹ Kansai University

Abstract: 本研究では、エージェントが人間と同じようなオブジェクトに対する認識や理解のある行動をすることで、人間のエージェントに対する共感の生成を目指し、これまでにエージェントの所有に関わる欲求のモデル（所有欲求モデル）を構築してきた。本モデルは、外部刺激やエージェントの好みに応じた注意、興味、欲求が発生する内部モデルと、それぞれに応じて発生する行動デザインからなる。本稿では、モデルにおける行動デザインの妥当性を検証するために、行動の継続時間の影響、および、行動を始めるまでの時間遅れの影響を調査した。その結果、反応遅れが短く、行動の継続時間が長いほど、エージェントの注意や興味、所有に対する欲求を強く感じさせることが示唆された。

1 はじめに

近年の日本において、高齢者の増加による介護者不足や、少子高齢化による働き手の人手不足 [1,2]、ならびに、賃金問題による労働者不足の問題 [3] に対して、人間の労働を代替するロボットやエージェントが求められている [4-9]。その中でも、保育士や介護士などの見守りや支援労働の代替としてのロボットやエージェント研究は盛んに行われている [10-13]。これらの現場では、ユーザが作業用ロボットを操作するのではなく、擬人化ロボットやエージェントが自律的に動作し、人間とのコミュニケーションに馴染みながら見守り、支援することが望まれている [14-17]。これらのロボットや擬人化エージェントによる支援には、周辺環境理解に基づく周辺オブジェクト（モノ）を介したインタラクションが重要な機能であると考えられる [17,18]。

一方、人間同士のモノを介したコミュニケーションを考えた時、各モノに対する“所有”という概念が存在する [19,20]。所有は、個人の所有物や共有物、誰にも所有されていない物など、オブジェクトの帰属を意味すると同時に、それを取り巻く人間同士の関係性までも表すため [21-23]、オブジェクトを介したコミュニケーションにおいては重要な概念である。しかし、ロボット自身の所有に至る内部状態のモデルは確立されていない。

本研究では、人間とエージェントのモノを介したコミュニケーションにおいて、時空間内で連続的に変化する所有欲求を、エージェントの内部状態モデルとして構築することを目指す。エージェントが人間と同じようにモノに対する興味や欲求を持っているかのようにふるまうことで、人間のエージェントに対する共感を促進する効果が期待できる。

我々はこれまでにエージェントの所有に関わる欲求のモデル（所有欲求モデル）とその計算手法について検討してきた [24]。提案モデルは、外部刺激やエージェントの好みに応じた注意、興味、欲求が発生する内部モデルと、それぞれに応じて発生する行動デザインからなる。さらに、[25,26]では、[24]にて提案した内部モデルのうち、注意や興味のパラメータをフィルタリングし興味や欲求のパラメータが発生するよう構成した。また、欲求を調整するための抑制パラメータと調整後欲求パラメータを追加した。そして検証では、各内部状態の表出行動としてデザインしたエージェントの所有に関わる3種類の各行動（注意行動、興味行動、欲求行動）が、個別にエージェントの各内部状態（注意、興味、欲求）を表現するのかを調べ、それぞれの行動デザインの妥当性が示された。また、変化する仮想エージェントの行動を提示した時に、実験参加者がエージェントの内部状態の変化を感じるのかに関しての実験を実施した。その結果、変化する行動を提示した場合、各行動の継続時間や行動を起こすまでの時間遅れの影響があることが示唆された。

本稿では、[25,26]にて構成した所有欲求モデルに基づき、1) 注意や興味パラメータへのフィルタリングお

*連絡先： 関西大学
大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1
E-mail: k479795@kansai-u.ac.jp

†日本学術振興会特別研究員

‡連絡先： yone@kansai-u.ac.jp

よび、欲求を調整する抑制パラメータと調整後欲求パラメータの計算処理を含めた内部モデルの数値計算手法を検討するとともに、2) これまでに検討してきた提案モデルの行動デザインの妥当性に関して、所有表現の各行動を始めるまでの反応遅れの影響、および、各行動の継続時間の影響を調査した。検証では、3DCGモデルで作成された仮想エージェントと球体のボールを用いて、i) 反応遅れの影響に関して、モノが動いてからエージェントが視線を向ける注意行動を示すまでの時間（反応遅れ）を要因として検証した。また、各行動の継続時間の影響に関して、ii) 所有欲求が高まるおよび、iii) 減退する注意行動、興味行動、欲求行動の継続時間を要因とし検証した。以上の検証に基づいて、反応遅れや各行動の継続時間がエージェントの各内部状態の強さに影響に関して議論する。

2 関連研究

認知的インタラクションデザイン学に関するサーベイ論文 [27] では、人と人工物のインタラクションにおいて、時間的随伴性と空間的随伴性の組み合わせが重要であると論じている。また、人間は注意を向けた箇所では、知覚の感度が上がり、反応時間の短縮が見られること [28] や、他者の視線の動きに敏感に反応する [29] ことから、人間同士でインタラクションを行なっている際にも反応時間の変化が発生し、それに他者が反応することがあると考えられる。これらのことから、エージェントのモノへの反応遅れが短いほど、よりエージェントの注意を強く感じさせる可能性があると考えた。

また Gaze Mirroring [30] という擬人化エージェントにユーザの注視行動を模倣させることでユーザとの共同注視を働きかけるシステムを用いた実験では、ユーザが興味を持つ対象ほど注視時間が長くなる傾向が示された。これらより、人は他者の注視時間から影響を受けている可能性が考えられる。提案モデルにおいてデザインした各行動では、視線の動きが含まれているため、各行動の継続時間に影響を与える可能性があると考えられる。

以上より、本検証では、エージェントの反応遅れが短いほど、注意を強く感じさせ、また、各行動が長いほど注意や興味、欲求の状態を強く感じさせると仮定し検証を実施した。

3 所有欲求モデルにおける内部モデルと行動デザイン

我々の先行研究 [24-26] における所有欲求モデル (図 1) の概要と、注意や興味パラメータへのフィルタリングおよび、欲求を調整する抑制パラメータと調整後欲

求パラメータの計算手法を示す。所有欲求モデルには、内部モデルと行動デザインから構成されている。内部モデルでは、各内部パラメータの状態を計算処理する。行動デザインでは、各内部パラメータに応じて行動を表出させる。以下に各詳細を述べる

内部モデル 内部モデルでは、データベース（記憶）や外界から影響を受け、所有に基づく内部パラメータが変動する。内部パラメータは、注意、興味、欲求、抑制、及び調整後欲求パラメータを検討した。具体的には、まず周辺の外界情報から影響を受け、エージェントの周辺のモノへの注意が高まり、各モノに対する注意パラメータが決定される。各モノに対する注意パラメータは興味パラメータへの入力値となり、フィルタ後の数値が興味パラメータとなる。そして、興味パラメータが閾値を超えると、欲求パラメータへの入力値となり、フィルタ後の数値が欲求パラメータとなる。さらに、欲求パラメータに対して、他者がそのモノを所有している度合いを格納したデータに基づいた抑制パラメータが働き、二つのパラメータの間で調整された値を調整後欲求パラメータとする。次に、各パラメータの詳細を述べる。

注意パラメータ: 注意パラメータは、視界に入るモノに関する情報がインプットされることで変化する。モノに関する情報として、Saliency map [?] のパラメータとして用いられている、モノの色や形、輝度の変化が視界に現れ注意パラメータに影響する。注意パラメータは、視界に入る全てへのモノへ発生する注意の容量 [31] を 100% とし、それぞれのモノに分配されているとした (式 1)。

また、注意パラメータの変化を時系列で考えた時に、注意に関わる情報のインプットに変化がない場合に注意パラメータの値は減衰するが、インプットに変化がある場合には減衰しない [32,33]。このような注意パラメータの時間的変化が蓄積された値を A' とする。本稿では、注意パラメータの変動を考慮した蓄積部の計算モデルは未検討であるが、今後検討する必要がある。

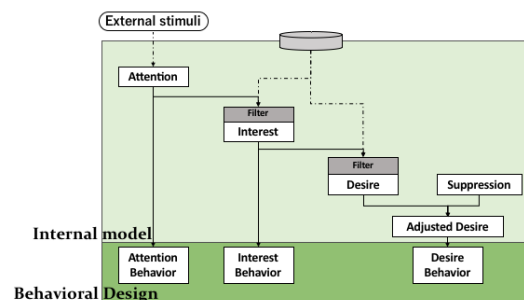


図 1: 所有欲求モデル

$$\sum_{i=0}^n A_i = 1 \quad (1)$$

興味パラメータ :興味は、欲求を引き起こす内発的同期の一つであり [34,35], モノに対する個人の好みや、快・不快感情が影響して発生する [36]. よって、好みや快・不快感情などの興味に関わる要素が、注意パラメータからの入力に対してフィルタとして働くことで、興味パラメータが変動すると考えた. フィルタ (IF) の働きと興味パラメータ (I) の関係は式2とした.

$$I_i = A_i \times IF_i \quad (2)$$

注意パラメータと同様に、変化を時系列で考えた時に注意パラメータからのインプットに変化がない場合には興味パラメータの値は減衰する、インプットに変化がある場合には減衰しないと考えられる. 興味パラメータが時間的に蓄積された値を I' とする. I' が閾値 Th_I を超えると、欲求パラメータが計算される.

欲求パラメータ :欲求の高まりは、興味を抱いた全てのモノに対して所有への欲求が高まるのではなく、より興味の度合いが高いモノに対して欲求が発生すると考えられる. また、欲求にも好みや経験が影響すると考え、興味パラメータからの入力にフィルタが働くことで欲求パラメータが変化することとした. 欲求パラメータを (D), 欲求のフィルタを (DF) とした式3で表す. 尚、興味パラメータにおいても、時間的変化の蓄積部の計算モデルは未検討であるため、今後議論する必要がある.

$$D_i = I'_i \times DF_i \quad (3)$$

抑制パラメータ :抑制パラメータは、他者が所有状態やモノを注視している時に、エージェントが欲求パラメータの高まりのみに応じて欲求行動を表出しないように、抑制を働かせるためのパラメータである. 他者のモノを所有している度合いを表す所有確率の値を代入する. 尚、他者のモノの所有確率に関しては、[37] のような別のモデルによる計算が必要であると考えられるため、本モデルでは議論しない.

調整後欲求パラメータ :調整後欲求パラメータは、欲求パラメータと抑制パラメータの拮抗を調整し、最終的に調整された欲求として出力する為に設定するパラメータである. 調整後欲求パラメータを AD , 抑制パラメータを S としたとき、 t_1-t_2 間の欲求パラメータと抑制パラメータの拮抗が計算される式を以下のように表す (式4). AD_i の値が閾値 (Th_{AD}) を越えると、欲求行動を行う.

$$AD_i = \int_{t_1}^{t_2} (D_i - S_i) dt \quad (4)$$

表 1: 行動デザイン

所有欲求レベル0	初期行動	対象のモノ以外へ視線を向ける
所有欲求レベル1	注意行動	モノへの注視
所有欲求レベル2	興味行動	モノへの凝視 (黒目を見開くき体を向ける)
所有欲求レベル3	欲求行動	モノへ近づく

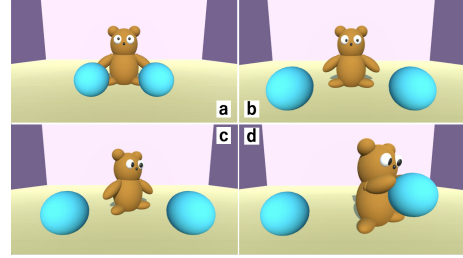


図 2: エージェントの行動

行動デザイン 本研究では表1と図2に示すように所有欲求に基づく行動をデザインした. 内部モデルの各パラメータの状態を表出するアウトプット部分として機能する. つまり、注意や興味などの各内部パラメータの状態がそれぞれ行動として表出される.

所有欲求のレベルが0の状態では、モノに対して、注意、興味、欲求が全く発生していない初期状態を表現するために、モノ以外の方へ視線を向けるエージェントの行動を初期行動として設定した (図2a).

注意行動は、モノへ視線 (瞳孔) を向ける行動とした. 各モノに対してそれぞれ注意が分配されているが、その割合に応じて、視線の停留時間が変化する (図2b).

興味行動は、前述したとおり興味パラメータが閾値を超えると発生する. Margaret らの研究では、興奮画像が瞳孔系を拡大すると報告している [38]. これを参考に、興味行動はそのモノの方へ体を向け、瞳孔を見開く動作を設定した (図2c).

欲求行動は、欲求パラメータが抑制パラメータで調整された後の調整後欲求パラメータの値に応じて発生する. 本稿では、欲求行動を、「モノへ近づく」行動とした (図2d).

4 検証

本検証では、3つの実験を実施した. 実験1では、モノが動いてからエージェントが視線を向ける注意行動を示すまでの反応の遅れ時間を要因とし、反応遅れと実験参加者が感じるエージェントの注意の強さの関係を調査する. また、実験2, 3では、所有欲求が高まるおよび、減退する方向の注意行動、興味行動、欲求行動の継続時間を要因とし、各行動と実験参加者が感じるエージェントの各内部状態の強さの関係を調査した. 検証では、3DCGモデルで作成されたくま型の仮

想エージェントと球体のボールを用いて動画刺激を提示し、実験参加者にアンケートに回答させるとで、主観評価を得た。

4.1 エージェントのモノへの反応遅れと注意の強さの関係性

目的：本実験では、動くモノに対するエージェントの注意行動の反応の遅れが、実験参加者の感じるエージェントの注意の強さに影響するかを調査する。実験では、Unity¹にて作成したくま型の仮想エージェントと球体の3DCGを用いた。ボールが動いた後にエージェントが注意行動を表出する動画を実験参加者に提示し、アンケート回答により主観評価を得た。ボールが動いてからエージェントが注意行動を表出するまでの時間を要因として比較した。

実験仮説：実験参加者は以下のように感じると仮定した。

- モノが動いてからエージェントが注意行動を表出するまでの時間が長いほど、エージェントの注意の状態が弱く、非覚醒状態のように感じる。
- モノが動いてからエージェントが注意行動を表出するまでの時間が短いほど、エージェントの注意の状態が強くなり、覚醒状態のように感じる。
- ボールに対する好みや重要性、大切さなどの価値観がエージェントにあるように感じる。

予備調査：モノが動いてからエージェントが注意行動を表出するまでの反応遅れの時間を要因として実験を行うためには、反応遅れの時間の長さが自然に感じられる範囲の中で条件を設定する必要があると考え、以下の2段階の予備調査により自然な反応遅れの時間の範囲を確認した。

1段階目の予備調査では、モノが動いてからエージェントが注意行動を表出するまでの反応遅れが、0.0秒、0.3秒、0.5秒、0.7秒、1.0秒、1.5秒、2.0秒、3.0秒となる8種類の動画を準備し、4名に対して提示インタビューを行なった。その結果、0.0秒と0.3秒ではモノが動いてから反応するまでの時間が早すぎる、また、2.0秒と3.0秒では、モノが動いてから反応するまでの時間が遅すぎるとして、4名全員が不自然であると回答した。また、0.5秒と1.5秒は2名が不自然であると回答し、2名が自然であると回答した。0.7秒と1.0秒は4名全員が自然であると回答した。

これらの結果から、0秒から0.5秒の間、および、1.0秒から1.5秒の間について不自然と感じさせる地点があると考え、この2区間のそれぞれについてエージェントの行動遅れが0.1秒刻みとなるような刺激動画; 0.0

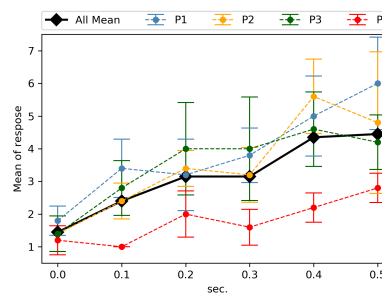


図 3: 0.0 秒–0.5 秒の平均値とその標準偏差

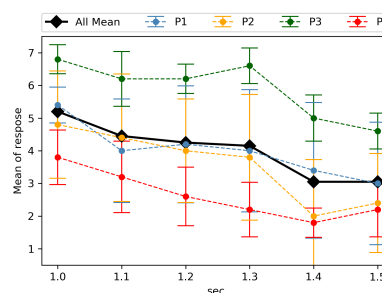


図 4: 1.0 秒–1.5 秒の平均値とその標準偏差

秒から 0.5 秒と 1.0 秒から 1.5 秒の各 6 条件をそれぞれ 4 名の実験参加者に提示した。動画は 1 条件につき 5 回提示し、実験参加者は毎視聴においてアンケートに回答した。尚、各条件のカウンターバランスを考慮し反復して提示した。アンケートでは、自然を 7、不自然を 1 とした 7 段階から 1 つを選択させることでエージェントの動作の自然さを評価した。

4 名の参加者それぞれの回答の平均値と標準偏差、そして全ての平均値を図 4.1, 図 4 に示す。2 つのグラフを見ると、自然さの値は 0.3 秒から 0.4 秒の間で増加し、1.3 秒と 1.4 秒の間で減少している。これより、統計値ではないものの、自然さの限界範囲を 0.4 秒と 1.3 秒と仮定し、その間で 0.4 秒刻みに実験条件を設定することとした。よって、実験条件は、0.5 秒、0.9 秒、1.3 秒とした。

実験条件：実験条件は、モノが動いてからのエージェントの注意行動が開始するまでの時間を要因 (D) とした、0.5 秒後 (d1)、0.9 秒後 (d1)、1.3 秒後 (d1) の 1 要因計 3 条件の被験者内計画である。各条件は順序交叉を行って提示した。

実験参加者：実験には 20–26 歳の 19 名が参加した。

実験材料：実験に用いる刺激動画は Unity を用いて、球体 (ボール) とくま型の仮想エージェント (くま) の 3DCG オブジェクトによる各条件ごとの動作アニメーションを作成し、解像度 1280×720pixel の動画としてレンダリングした。

エージェントの行動：本実験のエージェントの行動の

¹<https://unity3d.com/jp/unity/whats-new/unity-2017.3.1>

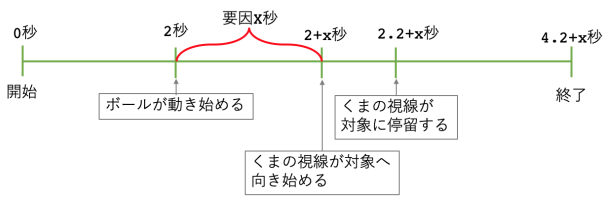


図 5: エージェントの行動設計

設計に関して図5に示す。0-2秒は初期状態でボールもくまも動かず停止している。開始から2.0秒後にボールが転がり始める。その後、各条件の時間が経過したら、くまの視線がボールへ向けて動き始め、0.3秒でモノに停留する。その後、2秒経過すると終了する。左右に配置したボールを全く同じ青色に統一し、ボールとくまの動作をいずれの条件でも左右対象に同じ動きとした。

実験手続き：実験参加者は、動画提示用モニタの前に着座し、同意書へ署名後、実験の説明を聞く。このとき、本実験に登場する注意という単語の意味が、対象への意識が高まった状態を指すことを教示した。次に、実験課題の練習問題を行い、実験課題に進む。実験課題では、各条件の刺激動画を視聴する毎にアンケートへ回答する。全ての動画視聴とアンケートへの回答が終了したら、本実験の感想を自由記述形式で回答する。
評価指標：くまの様子についての質問であることを実験参加者に伝え、以下の質問項目に対し、5段階（1. 全くそう思わない, 2. そう思わない, 3. どちらでもない, 4. そう思う, 5. 非常にそう思う）で回答させ、平均オピニオン評点（mean opinion score）を得る。

1. 左/右側のボールへの注意が強かったように感じた
2. 左/右側のボールへの興味が強かったように感じた
3. ぼーっとしているように感じた
4. よそ事を考えているように感じた
5. 左/右側のボールが好きなように感じた
6. 左/右側のボールを重要なものだと思っているように感じた
7. 左/右側のボールを大切なものだと思っているように感じた

実験参加者は各条件を左右体験するため、各条件を2試行分視聴し主観評価を行った。このとき、エージェントが右側のボールへ行動する動画では、右側のボールに関する質問項目のみを提示し、回答した。2試行で得られた得点の平均を1要因分散分析で評価した。

結果：各質問項目に対する回答の平均とその標準誤差を図6と表2に示す。1要因分散分析の結果、Q1-Q4の

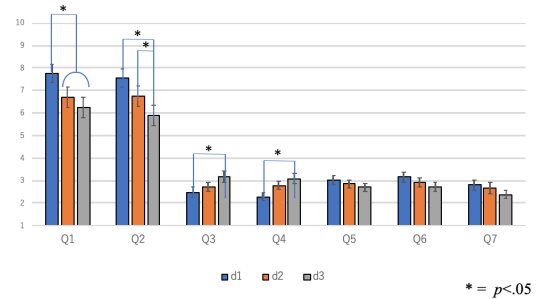


図 6: 結果の平均と標準誤差

表 2: 1 要因分散分析の結果

	F	p	多重比較
Q1	5.62	*	d1>d3, d1>d2
Q2	9.01	*	d1>d3 d2>d3
Q3	3.83	*	d3>d1
Q4	5.58	*	d3>d1
Q5	1.32	0.28	—
Q6	1.61	0.21	—
Q7	1.79	0.18	—

* = $p < 0.05$

各質問項目において有意差が確認できたことから、多重比較を行った。以下にその結果を述べる。

Q1のボールへの注意さに関しては、1.3秒（d3）と0.9秒（d2）より0.5秒（d1）の方が有意に平均値が高かったことから、注意行動の反応遅れが小さい方が注意を強く感じさせる可能性が示唆された。一方、1.3秒（d3）と0.9秒（d2）の間に有意差が認められなかった。これに関して、0.5秒と0.9秒の時間遅れの差はボールへの注意の感覚に反映されていたことから、1.3秒（d3）と0.9秒（d2）の注意行動の時間遅れでは、フェヒナーの法則のようなより短時間での変化のほうが人間に知覚されやすいという特性により、時間遅れの差が知覚できなかった可能性が考えられる。Q2のボールへの興味の強さに関しては、0.5秒（d1）と0.9秒（d2）が1.3秒（d3）より有意に平均値が高かったことから、反応遅れが短い方がエージェントの興味の状態を強く感じさせると示された。次に、Q3、Q4のエージェントの覚醒状態に関する項目では、1.3秒（d3）のほうが0.5秒（d1）より有意に平均値が高かったことから、注意行動の反応遅れが大きい方が非覚醒状態に感じさせると示された。

4.2 所有欲求が高まる方向の行動の継続時間の影響

目的：本実験では、所有欲求へ高まる方向のエージェントの行動において、注意行動、興味行動、欲求行動の各個別の行動の継続時間が、実験参加者の推測するエー

ジェントの内部状態に影響するのかを調査する。各行動の継続時間を個別に評価するため、実験を3つに分類し以下のことを評価した。

- 実験 2-1：所有欲求へ高まる方向の注意行動の継続時間の影響
- 実験 2-2：所有欲求へ高まる方向の興味行動の継続時間の影響
- 実験 2-3：所有欲求へ高まる方向の欲求行動の継続時間の影響

実験仮説 :実験 2-1 では、エージェントの注意行動の継続時間が長いほど実験参加者がエージェントの注意をより強く感じ、興味がじわじわと発生しているように感じる、または、注意行動は注意の状態だけではなく、興味の状態までも感じさせると仮定し実施した。

実験 2-2 では、エージェントの興味行動の継続時間が長いほど実験参加者が興味をより強く感じ、欲求がじわじわと発生しているように感じる、または、興味行動はエージェントの注意と興味の状態だけでなく、所有への欲求の状態までも感じさせると仮定し実施した。

実験 2-3 では、エージェントの欲求行動の継続時間が長いほど実験参加者はエージェントの欲求をより強く感じると仮定して実施した。

実験参加者 :実験には、20-29 歳の計 21 名が参加した。

実験条件 :

実験条件は以下の通りである。

- 実験 2-1：注意行動の継続時間要因 E (e1 : 1 秒, e2 : 2 秒, e3 : 4 秒, e4 : 8 秒) の 1 要因 4 条件
- 実験 2-2：興味行動の継続時間要因 F (f1 : 1 秒, f2 : 2 秒, f3 : 4 秒, f4 : 8 秒) の 1 要因 4 条件
- 実験 2-3：欲求行動の継続時間要因 G (g1 : 1 秒, g2 : 2 秒, g3 : 4 秒, g4 : 8 秒) の 1 要因 4 条件

それぞれ被験者内計画で、各条件は順序交叉を行った。各条件の設定は、人間の感覚量が刺激強度の対数に比例して知覚されるとするフェヒナーの法則を参考とし、2 を底とした指数 x を変数とする指数関数的に感覚を設定した。

実験刺激 :実験 1 と同様に、球体のオブジェクトとくま型のエージェントの 3DCG モデルを用いた。また、実験 1 と同様の方法で作成する。

エージェントの行動 :実験 2-1 で用いるエージェントの注意行動の設計に関して図 7 に示す。0.0-1.0 秒の間はエージェントの視線が斜め上の空を見る初期行動の状態である。その後、1.0-1.2 秒の間は、エージェントの黒目が動きはじめ、対象に視線が停留する。そして、各条件の時間が経過したら、0.2 秒で対象から視線が離れ、斜め上の空を見る初期行動に戻る。その状態で 0.5 秒経過したら終了となる。

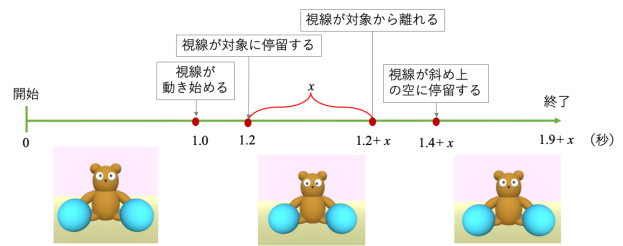


図 7: 実験 2-1 のエージェントの行動設計

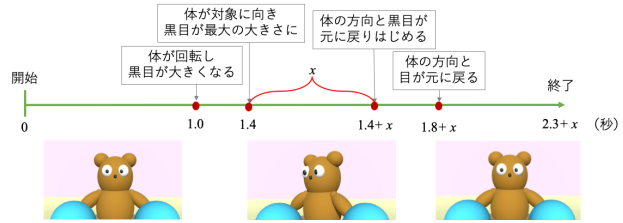


図 8: 実験 2-2 のエージェントの行動設計

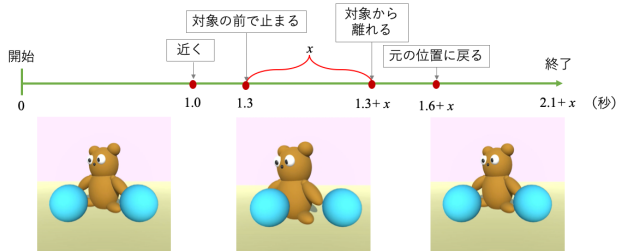


図 9: 実験 2-3 のエージェントの行動設計

次に、実験 2-2 で用いるエージェントの興味行動の設計に関して図 8 に示す。エージェントの視線が対象のボールへ向いている状態から開始し、その状態で 1.0 秒経過したら、その後 0.4 秒の間にボールの方へエージェントの体が回転し、黒目が大きくなり目が見開かれる。そして、各条件の時間が経過したら、0.4 秒でエージェントの体が元の方向に戻り、黒目が元の大きさに戻る。その状態で 0.5 秒経過したら終了となる。

次に、実験 2-3 で用いるエージェントの欲求行動の設計に関して図 9 に示す。開始してから 1.0 秒間は、エージェントが対象のボールの方へ体を向け、目を見開いて凝視している。その後、0.3 秒間でボールへ近づき前で止まる。そして、その状態で各条件の時間が経過したら、0.3 秒間かけて対象から離れ、元の位置に戻る。その状態で 0.5 秒経過したら終了となる。

実験手続き :実験 1 と同様である。

評価指標 :以下のくまの様子についての質問のうち、Q4-Q6 は 5 段階 (1. 全くそう思わない, 2. そう思わない, 3. どちらでもない, 4. そう思う, 5. 非常にそう思う) で回答させ、MOS を得る。また Q1-Q3 は、Q1 が、全く注意がない状態を 1、最も注意が強い状態 10、Q2 は、全く興味がない状態を 1、最も興味強い状態 10、Q3 は、全く欲しいという気持ちがない状態を 1、最も欲

しいという気持ちが強いか状態を 10 とした 1-10 段階の回答を得る。

1. 左/右側のボールへの注意が強かったように感じた
2. 左/右側のボールへの興味が強かったように感じた
3. 左/右側のボールを欲しいと思う気持ちが強かったように感じた
4. 左/右側のボールへの注意が徐々に強くなったように感じた
5. 左/右側のボールへの興味が徐々に強くなったように感じた
6. 左/右側のボールが欲しいという気持ちが徐々に強くなったように感じた

実験 1 と同様に、実験参加者は各条件を左右の 2 試行分視聴し主観評価を行った。また、エージェントが右側のボールへ行動する動画では、右側のボールに関する質問項目のみを提示し回答させた。2 試行で得られた得点の平均を 1 要因分散分析で評価した。

実験 2-1 の結果：実験 2-1 の回答の平均とその標準誤差を図 10 に示す。また、1 要因分散分析と多重比較の結果を表 3 に示す。

まず、エージェントの各条件の注意行動を見た時の注意や興味、所有への欲求の強さに関する項目 Q1-Q3 について述べる。Q1 の結果より、8 秒 (e4) > 4 秒 (e3) , 2 秒 (e2) > 1 秒 (e1) の順に有意に平均値が高く、この順にエージェントの注意の状態を強く感じさせることが示唆された。また、Q2, Q3 の結果では、8 秒間継続する注意行動 (e4) の方が、それ以外の条件 (e1-e3) より有意に平均値が高かった。これより、注意行動の継続時間が長いほど、よりエージェントの注意、興味、所有への欲求を強く感じさせる傾向があることが示唆された。また、継続時間が長い注意行動はエージェントの注意の状態と興味や所有への欲求の状態の両方が混在した状態となっている可能性がある。

次に、エージェントの各条件の注意行動から、注意や興味、所有への欲求が徐々に高まったように感じたかに関する項目 Q4-Q5 について述べる。Q4, Q5 では、8 秒間継続する注意行動 (e4) が他の条件 (e1-e3) よりも、有意に平均値が高かった。これより、8 秒間継続する注意行動は、注意と興味の両方が徐々に強くなるように感じさせることが示唆された。Q6 では有意差が認められなかった。

実験 2-2 の結果：実験 2-2 の回答の平均とその標準誤差を図 11 に示す。また、1 要因分散分析と多重比較の結果を表 4 に示す。

まず、エージェントの興味行動を見た時の、注意や興味、所有への欲求の強さに関して、Q1-Q3 では、8 秒継続する興味行動 (f4) が、1 秒と 2 秒間継続する興味行動 (f1, f2) より有意に平均値が高かったことから、

興味行動の継続時間が長いほど、よりエージェントの注意、興味、所有への欲求の状態を強く感じさせる可能性が示唆された。

次に、注意や興味、所有への欲求が徐々に高まったように感じたかに関する項目 Q4-Q5 について述べる。Q4 では、4 秒間継続する興味行動 (f3) が、1 秒間継続する興味行動 (f1) より有意に平均値が高かった。また、8 秒継続する興味行動 (f4) が 1, 2, 4 秒間継続する興味行動 (f1-f3) より有意に平均値が高かった。Q5 では、8 秒間継続する興味行動 (f4) が 1, 2, 4 秒間継続する興味行動 (f1-f3) より有意に平均値が高かった。Q6 では、8 秒間継続するの興味行動 (f4) が、1 秒と 2 秒間継続するの興味行動 (f1, f2) より有意に平均値が高かった。これらより、8 秒の興味行動は、注意と興味の内部状態だけでなく、所有への欲求までの表現していた可能性が示されたと同時に、注意・興味・所有への欲求が徐々に強くなっているように感じさせる可能性も示唆された。

実験 2-3 の結果：次に実験 2-3 の回答の平均とその標準誤差を図 12 に示す。また、1 要因分散分析と多重比較の結果を表 5 に示す。

まず、Q1-Q3 のエージェントの欲求行動を見た時の注意や興味、所有への欲求の強さに関して述べる。Q1, Q3 において、8 秒継続する欲求行動 (g4) は 1, 2, 4 秒継続する欲求行動 (g1-g3) より有意に平均値が高かった。また、Q2 では 8 秒継続する欲求行動 (g4) が、1, 2 秒間継続するの欲求行動 (g1, g2) より有意に平均値が高かった。これらより、8 秒程度の長い欲求行動は、よりエージェントの注意や、興味、所有への欲求の状態を強く感じさせる可能性が示唆された。

注意や興味、所有への欲求が徐々に高まったように感じたかに関しては、Q4 において、8 秒継続する欲求行動 (g4) が 1, 2 秒間継続するの欲求行動 (g1, g2) より有意に平均値が高かった。また、Q5, Q6 では 1, 2, 4 秒間継続するの欲求行動 (g1-g3) より、8 秒継続する欲求行動 (g4) のほうが、有意に平均値が高かった。これらより、8 秒程度の長い欲求行動は、徐々にモノへの注意、興味、所有への欲求が強くなるように感じさせる可能性が示唆された。

4.3 所有欲求が減退する方向の行動の継続時間の影響

目的：本実験では、注意、興味、所有への欲求の減退を表すエージェントの行動において、注意行動、興味行動、欲求行動の各個別の行動の継続時間が、実験参加者の推測するエージェントの内部状態に影響するかを調査する。本実験も、実験 2 と同様に各行動の継続時間を個別に評価するため、実験を 3 つに分類し以下のことを評価した。

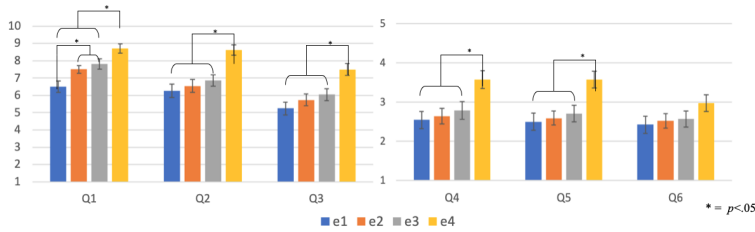


図 10: 実験 2-1 の結果の平均と標準誤差

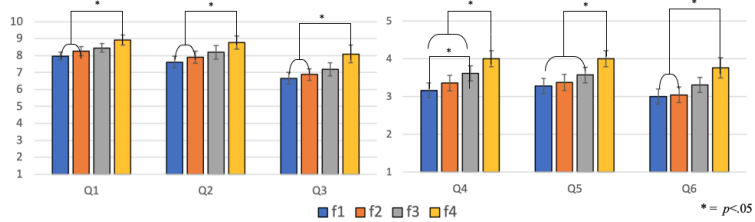


図 11: 実験 2-2 の結果の平均と標準誤差

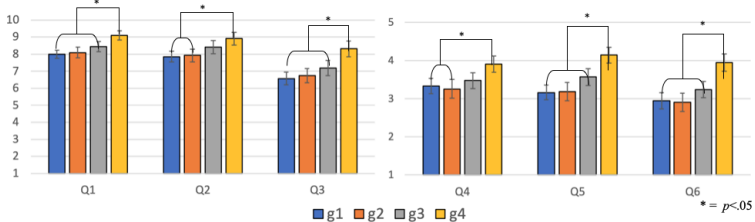


図 12: 実験 2-3 の結果の平均と標準誤差

- 実験 3-1 : 注意減退表現における注意行動の継続時間の影響
- 実験 3-2 : 興味減退表現における興味行動の継続時間の影響
- 実験 3-3 : 欲求減退表現における欲求行動の継続時間の影響

実験仮説 : 実験 3-1 では、注意行動の継続時間が長いほど実験参加者がエージェントの注意をより強く感じ、エージェントの注意や興味がじわじわと減少しているように感じる、または、注意行動はエージェントの注意の状態だけではなく、興味の状態までも表現していると仮定した。

実験 3-2 では、興味行動の継続時間が長いほど実験参加者がエージェントの興味をより強く感じ、興味や所有への欲求がじわじわと減少しているように感じる、または、興味行動はエージェントの注意と興味の状態だけでなく、所有への欲求の状態までも感じさせると仮定した。

実験 3-3 では、欲求行動の継続時間が長いほど実験参加者が欲求をより強く感じ、エージェントの欲求がじわじわと減少しているように感じると仮定した。

実験参加者 : 参加者は実験 2 と同じである。尚、実験 2 の後に実験 3 に参加させた。

表 3: 実験 2-1 の 1 要因分散分析の結果

	<i>F</i>	<i>p</i>	多重比較
Q1	19.51	*	e4>e1-e3, e2,e3>e1
Q2	22.09	*	e4>e1-e3
Q3	14.12	*	e4>e1-e3
Q4	13.33	*	e4>e1-e3
Q5	12.64	*	e4>e1-e3
Q6	2.47	0.07	-

* = $p < 0.05$

表 4: 実験 2-2 の 1 要因分散分析の結果

	<i>F</i>	<i>p</i>	多重比較
Q1	6.85	*	f4>f1,f2
Q2	5.36	*	f4>f1,f2
Q3	5.04	*	f4>f1,f2
Q4	10.99	*	f4>f1-f3 f3>f1
Q5	6.81	*	f4>f1-f3
Q6	4.25	*	f4>f1,f2

* = $p < 0.05$

表 5: 実験 2-3 : 1 要因分散分析の結果

	<i>F</i>	<i>p</i>	多重比較
Q1	8.05	*	g4>g1-g3
Q2	4.74	*	g4>g1,g2
Q3	8.91	*	g4>g1-g3
Q4	4.76	*	g4>g1,g2
Q5	12.21	*	g4>g1-g3
Q6	10.31	*	g4>g1-g3

* = $p < 0.05$

実験条件 : 実験条件は以下の通りである。

- 実験 3-1 : 注意行動の継続時間要因 H (h1 : 1 秒, h2 : 2 秒, h3 : 4 秒, h4 : 8 秒) の 1 要因 4 条件
- 実験 3-2 : 興味行動の継続時間要因 I (i1 : 1 秒, i2 : 2 秒, i3 : 4 秒, i4 : 8 秒) の 1 要因 4 条件
- 実験 3-3 : 欲求行動の継続時間要因 J (j1 : 1 秒, j2 : 2 秒, j3 : 4 秒, j4 : 8 秒) の 1 要因 4 条件

それぞれ被験者内計画で、各条件は順序交叉を行った。
実験刺激 : 実験 2 と同様の方法で作成、提示する。

エージェントの行動 : 実験 3-1 のエージェントの注意行動の設計に関して図 13 に示す。まず、視線が対象のボールに停留している状態から開始し、その状態で各条件の時間が経過したら、0.2 秒かけて視線がボールから離れ、斜め上の空を見た状態で再び視線が停留する。その状態で 0.5 秒経過すると終了となる。

次に、実験 3-2 のエージェントの興味行動の設計に関して図 14 に示す。エージェントの体がボールの方に向き、黒目が大きく見開かれている状態から開始され、その状態で各条件の時間が経過したら、その後の 0.4 秒間で、ボールに視線が停留したまま黒目が小さくなり、注意行動の際の目の大きさとなる。また、体が回転し正面に向く。その状態で 0.5 秒経過すると終了となる。

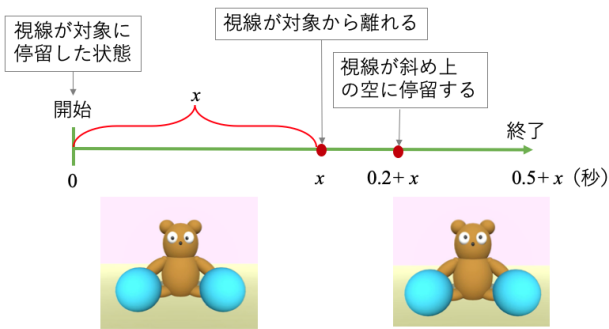


図 13: 実験 3-1 のエージェントの行動設計

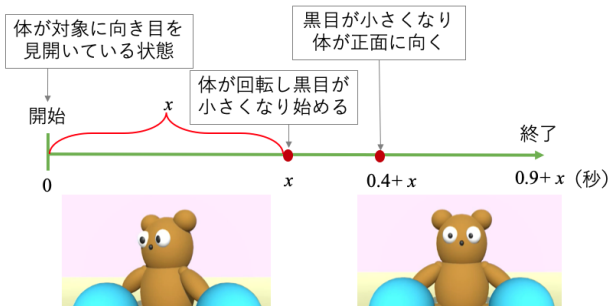


図 14: 実験 3-2 のエージェントの行動設計

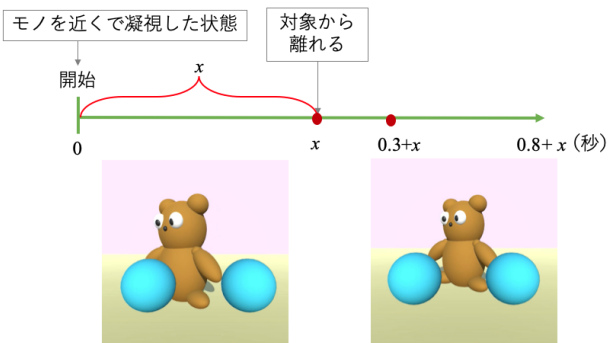


図 15: 実験 3-3 のエージェントの行動設計

次に、実験 3-3 のエージェントの欲求行動の設計に関して図 15 に示す。まず、ボールの近くで凝視した状態から開始され、各条件の時間が経過すると、エージェントが 0.3 秒かけてボールから離れ停止する。その状態で 0.5 秒経過すると終了となる。

実験手続き : 実験 1 と同様である。

評価指標 : 以下のくまの様子についての質問のうち、Q4-Q6 は 5 段階で回答させ、MOS を得る。また Q1-Q3 では、Q1 が、全く注意がない状態を 1、最も注意が強い状態 10、Q2 は、全く興味がない状態を 1、最も興味が高い状態を 10、Q3 は、全く欲しいという気持ちがない状態を 1、最も欲しいという気持ちが高い状態を 10 とした 1-10 段階の回答を得る。

1. 左/右側のボールへの注意が強かったように感じた
2. 左/右側のボールへの興味が強かったように感じた

3. 左/右側のボールを欲しいと思う気持ちが強かったように感じた
4. 左/右側のボールへの注意が徐々に弱くなったように感じた
5. 左/右側のボールへの興味が徐々に弱くなったように感じた
6. 左/右側のボールが欲しいという気持ちが徐々に弱くなったように感じた

実験 1 と同様に、実験参加者は各条件を左右の 2 試行分視聴し主観評価を行った。また、エージェントが右側のボールへ行動する動画では、右側のボールに関する質問項目のみを提示し回答させた。2 試行で得られた得点の平均を 1 要因分散分析で評価した。

実験 3-1 の結果 : 実験 3-1 の回答の平均とその標準誤差を図 16 に示す。また、1 要因分散分析と多重比較の結果を表 6 に示す。

まず、エージェントの各条件の注意行動を観て、注意や興味、所有への欲求が強くなったように感じたかに関する項目 Q1-Q3 について述べる。Q1 の結果では、8 秒、4 秒 (h4, h3) > 2 秒 > 1 秒 (h1, h2) の順に有意に平均値が高かった。また、Q2 では、8 秒 (h4) > 4 秒 (h3) > 2 秒 (h2) > 1 秒 (h1) の順に有意に平均値が高かった。Q3 では、8 秒の注意行動 (h4) が、1 秒と 2 秒の注意行動 (h1, 2) より有意に平均値が高かった。また、4 秒の注意行動 (h3) が 1 秒の注意行動 (h1) より有意に平均値が高かった。これらから、注意行動の継続時間が長い方がよりエージェントの注意、興味、所有への欲求を強く感じさせる傾向がある可能性が示唆された。ただし、2 秒と 4 秒の間に差があるのが Q2 だけであった。

次に、エージェントの各条件の注意行動を観て、注意や興味、所有への欲求が徐々に弱くなったように感じたかに関する項目 Q4-Q6 について、結果を述べる。Q4 では、1 秒と 2 秒継続する注意行動 (h1, h2) が 4 秒継続する注意行動 (h4) より有意に平均値が高かった。また、1 秒の注意行動 (h1) が 4 秒間継続する注意行動 (h3) より有意に平均値が高かった。Q5 では、1 秒継続する注意行動 (h1) が 8 秒継続する注意行動 (h4) より有意に平均値が高かった。Q6 では、1 秒と 2 秒継続する注意行動 (h1, 2) が 8 秒継続する注意行動 (h4) より有意に平均値が高かった。以上の結果より、継続時間が短い注意行動のほうが、徐々に注意、興味、所有への欲求が弱くなるように感じさせる傾向が示唆された。ただし、2 秒と 4 秒の間には差が認められなかった。

実験 3-2 の結果 : 実験 3-2 の回答の平均とその標準誤差を図 17 に示す。また、1 要因分散分析と多重比較の結果を表 7 に示す。

まず、エージェントの各条件の興味行動を見た時の、注意や興味、所有への欲求の強さに関して述べる。Q1-Q3では、8秒継続する興味行動(i4)が1秒と2秒の興味行動(i1, i2)より有意に平均値が高かった。また、4秒間継続する興味行動(i3)が1秒の興味行動(i1)より有意に平均値が高かった。これらの結果から、興味行動の継続時間が長いほど、注意や興味、所有への欲求を強く感じさせる傾向がある可能性が示唆された。ただし、いずれの項目においても1秒と2秒の間、及び、2秒と4秒の間で有意差が認められなかった。

次に、エージェントの注意や興味、所有への欲求が徐々に弱くなったように感じたかに関する項目Q4-Q6について述べる。Q4では、1秒と2秒の興味行動(i1, i2)が8秒の興味行動(i4)より有意に平均値が高かった。また、Q5では、1秒、2秒、4秒継続する興味行動(i1, i2, i3)が8秒継続する興味行動(i4)より有意に平均値が高かった。Q6では、1秒と2秒の興味行動(i1, i2)が4秒と8秒継続する興味行動(i3, i4)より有意に平均値が高かった。これらより、継続時間が短い興味行動は、注意、興味、所有への欲求が徐々に弱くなるように感じさせる傾向が示唆された。ただし、1秒と2秒の間の有意差は認められなかった。また、2秒と4秒の間で有意差が認められたのはQ6のみであった。

実験3-3の結果：実験3-3の回答の平均とその標準誤差を図18に示す。また、1要因分散分析と多重比較の結果を表8に示す。

まず、エージェントの各条件の欲求行動を見た時の注意や興味、所有への欲求の強さに関する項目について述べる。Q1では、8秒と4秒継続する欲求行動が、1秒と2秒の欲求行動より有意に平均値が高かった。また、Q2, Q3では、8秒(j4) > 4秒(j3) > 2秒, 1秒(j2, j1)の順に有意に平均値が高かったことから、8秒(j4) > 4秒(j3) > 2秒, 1秒(j2, j1)の順にエージェントの興味や所有への欲求を強く感じさせることが示唆された。これらの結果より、欲求行動の継続時間が長いほど、注意や興味、所有への欲求が強く感じさせる傾向がある可能性が示唆された。ただし、いずれの項目にはおいても1秒と2秒の間で有意差が認められなかった。

次に、エージェントの各条件の欲求行動を観て、注意や興味、所有への欲求が徐々に弱くなったように感じたかに関する項目Q4-Q6について述べる。Q4では、1秒と2秒、4秒継続する欲求行動(j1, j2, j3)が、8秒継続する欲求行動(j4)より有意に平均値が高かった。また、Q5では、1秒と2秒の欲求行動(j1, j2)が、8秒継続する欲求行動(j4)より有意に平均値が高かった。Q6では、2秒継続する欲求行動(j2)が、4秒と8秒継続する欲求行動(j3, j4)より有意に平均値が高く、また1秒の欲求行動(j1)が、8秒の欲求行動(j4)より有意に平均値が高かった。以上の結果より、継続時

間短い興味行動は、注意、興味、所有への欲求が徐々に弱くなるように感じさせる傾向が示唆された。ただし、Q6において、2秒と4秒の間には有意差が認められたが、1秒と4秒の間に有意差が認められなかった。これは、1秒という短い欲求行動では、提示し始めのエージェントの状態が、「欲しい」という所有の欲求が高まっていた初期状態を表現できていなかったために、その弱まりを感じさせなかった可能性が考えられる。

5 考察

モノが動いてからエージェントの視線動作の反応遅れの影響を検証した実験1では、反応遅れが短い方が、エージェントの注意や興味を強く感じさせる可能性が示唆された。また、反応遅れが長いほど、非覚醒状態に感じさせる可能性が示唆された。

所有欲求が高まる方向の注意行動、興味行動、欲求行動の継続時間の影響を調べた実験2では、注意行動、興味行動、欲求行動の継続時間が長いほど、エージェントの注意、興味、所有への欲求を実験参加者により強く感じさせる傾向が示唆された。また、注意行動の継続時間が長いほど注意と興味が徐々に高まっているように感じさせ、興味行動と欲求行動の継続時間が長いほど注意と興味、所有への欲求が徐々に高まっているように感じさせる傾向が示唆された。

所有欲求が減退する方向の注意行動、興味行動、欲求行動の継続時間の影響を調べた実験3では、実験2と同様に、注意行動、興味行動、欲求行動の継続時間が長いほど、実験参加者にエージェントの注意、興味、所有への欲求をより強く感じさせる傾向が示唆された。また、注意行動、興味行動、欲求行動の継続時間が短いと、注意と興味、所有への欲求が徐々に弱くなっているように感じさせる傾向が示唆された。これらより本実験では、所有欲求へ高まる、および、減退するエージェントの行動において、エージェントの各行動の継続時間が実験参加者の推測するエージェントの内部状態に影響する可能性を示唆した。

本稿では、注意行動、興味行動、欲求行動が、実験参加者の感じるエージェントの注意、興味、所有の欲求へ個別に影響すると仮定していた。しかし、以上の検証の結果からは、各状態が繋がっており、波及するように全てのパラメータが変化する可能性が考えられた。これより、本研究アプローチのような、エージェントの各行動と各内部状態を個別に結びつけ、それらを3つに分類して検証する方法では内部状態の推測過程の詳細は判明できないともいえる。

6 おわりに

本研究では、人間とエージェントのモノを介したコミュニケーションにおいて、時空間内で連続的に変化する

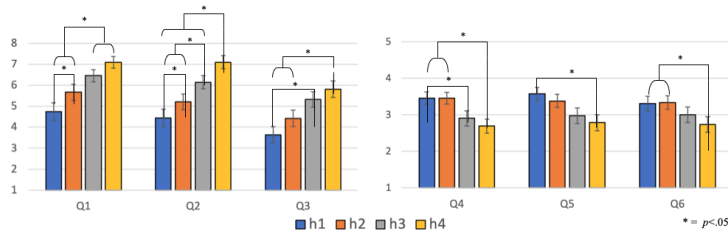


図 16: 実験 3-1 の結果の平均と標準誤差

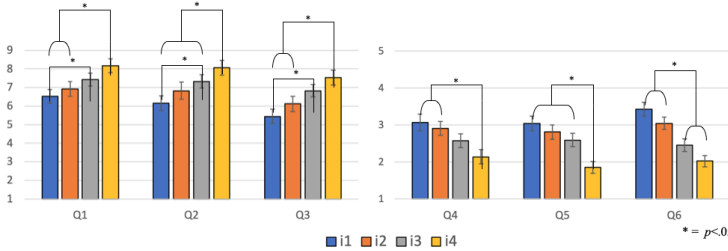


図 17: 実験 3-1 の結果の平均と標準誤差

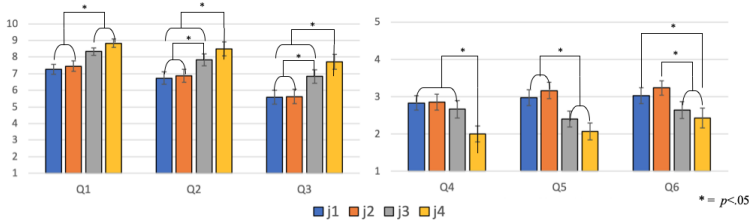


図 18: 実験 3-2 の結果の平均と標準誤差

るエージェントの内部の所有の欲求を、モデル化することを旨とし、これまでに提案してきた注意、興味、欲求のパラメータを持つエージェントの所有に関わる欲求モデルにおける、行動デザインの妥当性を検証した。

エージェントのモノに対する反応遅れの時間的影響を調べた実験では、反応遅れが短い方が、エージェントの注意や興味を強く感じさせる可能性が示唆され、また、反応遅れが長いほど、エージェントが非覚醒状態であるように感じさせる可能性が示唆された。さらに、デザインしたエージェントの注意行動、興味行動、欲求行動の継続時間に関しては、各行動の継続時間が長いほど、エージェントの注意、興味、所有への欲求をより強く感じさせる傾向が示唆された。

これらの結果より、今後各内部行動の継続時間の要因をモデルへ反映する必要があると考えられる。また、注意、興味、欲求の状態を分けて考えるのではなく、それぞれが波及し合うような変化に対するアプローチを検討する必要がある。

表 6: 実験 3-1 の 1 要因分散分析の結果

	F	p	多重比較
Q1	22.75	*	h4,h3>h1,h2, h2>h1
Q2	26.89	*	h4>h1-h3, h3>h1,h2, h2>h1
Q3	11.75	*	h4>h1,h2, h3>h1
Q4	6.03	*	h1,h2>h4, h1>h3
Q5	4.73	*	h1>h4
Q6	3.59	*	h1,h2>h4

* = p < .05

表 7: 実験 3-2 の 1 要因分散分析の結果

	F	p	多重比較
Q1	9.46	*	i4>i1,i2. i3>i1
Q2	13.40	*	i4>i1-i3. i3>i1
Q3	15.30	*	i4>i1,i2. i3>i1
Q4	6.57	*	i1,i2>i4
Q5	10.58	*	i1,i2,i3>i4
Q6	17.28	*	i1,i2>i3,4

* = p < .05

表 8: 実験 3-3 の 1 要因分散分析の結果

	F	p	多重比較
Q1	17.08	*	j4,j3>j1,j2
Q2	24.50	*	j4>j1-j3, j3>j1,j2
Q3	22.82	*	j4>j1-j3, j3>j1,j2
Q4	7.43	*	j1,j2,j3>j4
Q5	14.42	*	j1,j2>j3,j4
Q6	8.11	*	j2>j3,j4, j1>j4

* = p < .05

謝辞

本研究は科研費 25700021 および科研費 18K11383, 特別研究員奨励費 17J00704 の助成の一部を受け実施したものである。

参考文献

- [1] 厚生労働省. 日本の将来推計人口 (平成 29 年推計) の概要, 2017.
- [2] 井上博允. 人間型ロボットが拓く未来社会と新産業の創成. 日本ロボット学会誌, Vol. 22, No. 1, pp. 2-5, 2004.
- [3] 燕飛周. 保育士労働市場からみた保育待機児問題, nov 2002.
- [4] 中道大介, 西尾修一. 遠隔操作型コミュニケーションロボットにおける頷き動作の半自律化による操作主体感への影響. 人工知能学会論文誌, Vol. 31, No. 2, pp. H-F81.1-10, 2016.
- [5] 小田島正, 大西正輝, 田原健二, 向井利春, 平野慎也, 羅志偉, 細江繁幸. 抱え上げ動作による移乗作業を目的とした介護支援ロボット研究用プラットフォーム “ri-man” の開発と評価. 日本ロボット学会誌, Vol. 25, No. 4, pp. 554-565, 2007.
- [6] 井上博允, 比留川博久. 人間協調・共存型ロボットシステム研究開発プロジェクト. 日本ロボット学会誌, Vol. 19, No. 1, pp. 2-7, 2001.

- [7] 神田崇行, 石黒浩, 小野哲雄, 今井倫太, 中津良平. 人間と相互作用する自律型ロボット *robovie* の評価. *日本ロボット学会誌*, Vol. 20, No. 3, pp. 315–323, 2002.
- [8] 日本ロボット工業会. 21世紀におけるロボット社会創造のための技術戦略調査報告書: 平成12年度, 日機連12先端-8. 日本機械工業連合会, 2001.
- [9] 手嶋教之. 高齢者用福祉ロボットの現状と将来. *精密工学会誌*, Vol. 65, No. 4, pp. 507–511, 1999.
- [10] 中祐介, 伊納洋佑, 吉田直人. 身体動作・環境音のオノマトベを含むテキストコミュニケーション手法の検討 (特集論文「いい加減」なインタフェース). *ヒューマンインタフェース学会論文誌 The transactions of Human Interface Society*, Vol. 17, No. 1, pp. 97–106, 2015.
- [11] 中祐介. ユーザ状況に応じたモダリティボリューム調整表現による見守りコミュニケーションの検討. 関西大学修士論文, 2016.
- [12] 白鳥則郎, 菅原研次, 菅沼拓夫, 藤田茂, 小出和秀. Symbiotic computing-ポスト・ユビキタス情報環境へ向けて. *情報処理*, Vol. 47, No. 8, pp. 811–816, 2006.
- [13] 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.
- [14] 松日楽信人, 小川秀樹, 吉見卓. 人と共存する生活支援ロボット. *東芝レビュー*, Vol. 60, No. 7, pp. 112–115, 2005.
- [15] 田中一正. 暮らしと生活支援ロボット. *日本ロボット学会誌*, Vol. 30, No. 10, pp. 1008–1009, 2012.
- [16] 吉田直人, 古山卓弥, 米澤朋子. Effectiveness of ownership expression for real-world objects by facial expression of virtual agent. *IPSI Journal*, Vol. 56, No. 1, pp. 411–419, Jan 2015.
- [17] 廣川潤子, 松日楽信人, 小川秀樹, 和田達也. ユニヴァーサルデザイン・ウィズ・ロボットのコンセプト提案. *日本ロボット学会誌*, Vol. 26, No. 6, pp. 476–484, 2008.
- [18] 松日楽信人, 小川秀樹. 先端技術をリードするホームロボットの開発動向. *東芝レビュー*, Vol. 59, No. 9, pp. 1–2, 2004.
- [19] 橋本祐子ほか. 乳幼児の物の所有・占有・共有に関する理解の発達: 研究動向と課題の展望. *教育学論究*, No. 2, pp. 117–124, 2010.
- [20] Allan G Johnson. *The Blackwell dictionary of sociology: A user's guide to sociological language*. Wiley-Blackwell, 2000.
- [21] Lita Furby. The origins and early development of possessive behavior. *Political psychology*, pp. 30–42, 1980.
- [22] Peter G Hollowell. *Property and social relations*. Heinemann Educational Books, 1982.
- [23] Hildy Ross, Caroline Tesla, Brenda Kenyon, and Susan Lollis. Maternal intervention in toddler peer conflict: The socialization of principles of justice. *Developmental Psychology*, Vol. 26, No. 6, p. 994, 1990.
- [24] 上野楓, 吉田直人, 米澤朋子. オブジェクトに対する所有欲求内部設計とそれに基づく仮想エージェントの所有行動モデル. HAI シンポジウム 2017, pp. 14–23, 2017.
- [25] 上野楓, 吉田直人, 米澤朋子. エージェントの所有欲求の表出に向けた内部モデルと行動モデルの設計. 電気情報通信学会 HCS 研究会, Vol. HCS2018, No. 32, pp. 1–6, 2018.
- [26] Kaede Ueno, Naoto Yoshida, and Tomoko Yonezawa. Internal flow model and behavioral design for an anthropomorphic agent's ownership-desire model. In *Proceedings of the 6th International Conference on Human-Agent Interaction*, pp. 362–364. ACM, 2018.
- [27] 植田一博. 『認知的インタラクションデザイン学』の展望: 時間的な要素を組み込んだインタラクション・モデルの構築を目指して. *認知科学*, Vol. 24, No. 2, pp. 220–233, 2016.
- [28] 岩本隆茂, 和田博美. 行動心理学—社会貢献への道. 勁草書房, 2006.
- [29] 大神英裕, 実藤和佳子. 共同注意. *教育心理学年報*, Vol. 45, pp. 145–154, 2006.
- [30] 平山高嗣, 朴恵宣, 松山隆司. Gaze mirroring: ユーザの興味を顕在化させるための注視模倣. *信学技報*, HCS2008-71, March, 2009.
- [31] Daniel Kahneman. *Attention and effort*, Vol. 1063. Citeseer, 1973.
- [32] R.C. Atkinson and R.M. Shiffrin. Human memory: A proposed system and its control processes. Vol. 2 of *Psychology of Learning and Motivation*, pp. 89–195. Academic Press, 1968.
- [33] Ulric Neisser. *Cognitive psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts, 1967.
- [34] 青柳肇, 野田満. *ヒューマン・ディベロップメント*. ナカニシヤ出版, 2007.
- [35] E.L. Deci and R.M. Ryan. *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*. Perspectives in Social Psychology. Springer US, 2013.
- [36] S. Roland Hall. *Retail advertising and selling*. The History of advertising: 40 major books in facsimile. Garland Pub., 1985.
- [37] 上野楓, 吉田直人, 米澤朋子. 複数の人間の所有状態を推測するエージェントの設計 (ヒューマンコミュニケーション基礎). 電子情報通信学会技術研究報告 = IEICE technical report: *信学技報*, Vol. 115, No. 185, pp. 7–12, 2015.
- [38] Margaret M Bradley, Laura Miccoli, Miguel A Escrig, and Peter J Lang. The pupil as a measure of emotional arousal and autonomic activation. *Psychophysiology*, Vol. 45, No. 4, pp. 602–607, 2008.