

# インタラクションによって発生するアニメシー知覚生成過程のモデル化 —対象の停止時間が与える影響の検討—

## Modeling of Animacy Perception Generation Processes Generated by Interaction

### — Examination of the influence of the stop-time of the object —

安達 優菜<sup>1</sup> 田和辻 可昌<sup>2</sup> 松居 辰則<sup>3</sup>  
Yuna Adachi<sup>1</sup>, Yoshimasa Tawatsuji<sup>2</sup>, and Tatsunori Matsui<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 早稲田大学人間科学部

<sup>1</sup> School of Human Sciences, Waseda University

<sup>2</sup> 早稲田大学データ科学センター

<sup>2</sup> Center for Data Science, Waseda University

<sup>3</sup> 早稲田大学人間科学学術院

<sup>3</sup> Faculty of Human Sciences, Waseda University

**Abstract:** The purpose of this study is to construct a model for the process of generating animacy perception toward an artifact during an interaction. Based on previous studies, response latency plays an important role for the occurrence of animacy perception. To verify our hypothesis for appropriate latency for animacy perception, we analyzed the relationship between animacy perception and the duration of the response time. The results showed that existence of the particular duration, especially 0 seconds response, rather than the particular series of duration, is involved in the generation of animacy perception.

## 1. はじめに

私たちは日々の生活の中で無意識のうちに生物と無生物を選り分けている。しかし、生物学的な定義こそ存在するものの、私たちが日々を生きる中でその定義に沿って判断しているとは言い難い。むしろ私たち人間が社会的インタラクションを考えるにあたっては、対象の有機物/無機物以外の観点から生物性の評価を行っていると考えられる。人型エージェントをはじめ、より一層機械と人間との関わりが多くなると予想される社会においては、人間がロボットに対しどのような認識をするのかについて考えることは有用である。なぜなら、ロボットのどのような動きに対して人間がどのように感じるのかを解明することで、ロボットと人間とのより心地よく、より良い共生を考えることができるからである。ここで、人間が対象を生物と感ずる知覚のことをアニメシー知覚といい、これまでも多くの研究が行われてきた。アニメシー知覚の研究の原点は Heider and Simmel [1]にある。彼らの実験では単純な数個の幾何学図形が動いている映像を被験者に提示した。その結果、被験者はそれらの図形に生物性を感じたと報告している。すなわち、人間は有機物とも無機物の

観点以外からあたかも生き物であるという錯覚を生じさせることがあるとの知見を得ている。こうした Heider and Simmel の研究 [1] から派生し、Gyulai は幾何学図形が運動の中で一時停止をする様子を被験者に見せ、生物性知覚を及ぼすかという実験を行い、約半数の人は生物と判断・残りはどちらともいえないという結果を出したことがわかった [2]。

このようにアニメシー知覚についての研究は数多くなされている。しかし、上記で紹介した研究例のように、その実験のほとんどは被験者が対象の動きを一方的に観察した上でアニメシー知覚の発生条件を検証したものである [1] [2] [3]。すなわち、実験中に対象と人間とのインタラクションを含んだ条件を考慮していない。ロボットと人間との共生を考えるにあたっては人間から機械へのアプローチと、それに対する機械からの応答があるものが一般的であり、そこで発生するアニメシー知覚について検討する必要があると考えられる。加えて、従来のアニメシー知覚研究では、コンピュータ上のディスプレイに写されたものを観察対象としているものがほとんどであり、実際のロボットを使用したものは多くない [1] [2] [3]。以上のことから本研究では実空間上かつインタラクション有りという条件を前提にしたア

ニマシー知覚発生原理を解明することを目的とする。その上で、変数として「人間が対象に触れてから対象が動くまでの時間」（以下、応答時間）を設定し、実在のロボットを使用した実験を行った。その結果、普遍的に人がアニマシー知覚を感じる応答時間は 0 秒、すなわち触れた瞬間に動くという条件であることが分かった。その他、応答時間 0 秒以外の場合にも被験者のアニマシー知覚を感じる傾向をいくつかに分類できるという結果が得られた。加えて、上記の試行を 3 連続で行い、その中で停止時間をパターン化して提示する実験を行った。結果、パターンそのものにアニマシー知覚を引き起こす要因はなく、パターン内の応答時間によってアニマシー知覚が引き起こされるという知見を得た。

## 2. 目的

有機物・無機物の垣根を超えて、人間はどのように「生物のように見える/見えない」を区別しているのか、このような問題を考える場合、相手が犬であれば、人型エージェントであれば、幾何学図形であれば「生物のように見える」場合には共通する要因の存在の可能性が予想される。本研究では「対象が刺激を受け取った後の応答時間」という現象に焦点を当て、実験を通して検証を行い、最終的には人間が対象を生きると知覚する際の脳機能のモデルを構築することでアニマシー知覚に関する情報処理メカニズムの説明を試みることを目指す。Gyulai の研究[2]とも関連し、生物がある行動の合間に一時停止を行うと、観察者は「対象が何かを思考しているのではないか」と解釈する傾向があることが分かっている。また、植田は時間随伴性という言葉を用いて、インタラクションにおける時間情報の有無が社会的シグナルとして捉えられ、対象の意図や心を読むという関係性が生じる一つの要因となると述べている[4]。ただし、Gyulai の研究[2]では停止時間を変数として細かに変化させているわけではなく、対象をアニメーションとして観察するのみで、対象とのインタラクションは見られなかった。よって本研究では、Gyulai の研究[2]で使用された時間の変数に、実空間でのインタラクションの要素を取り入れ、アニマシー知覚を最も誘発する応答時間が存在すると仮定する。そして、対象が刺激を受け取ったのちにどれほどの応答時間を取ればアニマシー知覚が発生するのか、その範囲を検討することを目的とする。

## 3. 手法

先行研究を踏まえ、本研究では「生物性を感じるような、短すぎず長すぎないちょうど良い応答時間が存在する」という仮説を設定した。そして、仮説

をもとにしたアニマシー知覚生成過程に関する認知モデル（以下、認知モデルと略する）を作成した。詳細は「4. アニマシー知覚生成過程に関する認知モデル」で説明する。ここで、あらかじめ実施した予備実験を踏まえた結果、認知モデル及びその検証実験は、大きく以下の 2 つに分けて行うこととした。1 つ目は「対象に刺激を与えてから動くまでの個別の絶対的応答時間によってアニマシー知覚発生に違いは生じるのか」を調べる実験（実験  $\alpha$ ）である。2 つ目は「対象に刺激を与えてから動くまでの応答時間をパターン化させることで、被験者のアニマシー知覚の発生には違いが生じるのか」を調べる実験（実験  $\beta$ ）である。ここでパターンとは、実験  $\alpha$  で用いた動きを 3 連続で提示した場合の、応答時間の組み合わせのことを指す。以上の実験は全て対面ですべて実施した。

## 4. アニマシー知覚生成過程に関する認知モデル

### 4.1. 実験 $\alpha$

実験  $\alpha$  では、「対象に刺激を与えてから動くまでの特定の応答時間の違いによって、被験者のアニマシー知覚の発生には違いが生じるのか」を調べることを目的とした。実験  $\alpha$  における認知モデルを図 1 に示す。実験  $\alpha$  では、「ある秒数  $s_{lower}$  より長く、かつある秒数  $s_{upper}$  より短ければアニマシー知覚が起こる」という仮説をたて、アニマシー知覚が生じるための境界となる停止時間  $s_{lower} \cdot s_{upper}$  を特定することを目的とした。

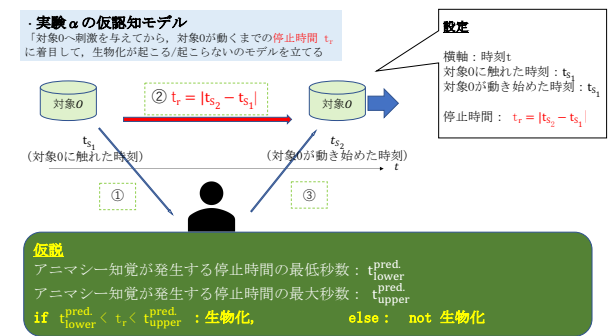


図 1：実験  $\alpha$  におけるかせるモデル

本モデルでは時間  $t$  に関して  $t_{s1}$ ,  $t_{s2}$ ,  $t_r$  を設定した。  $t_{s1}$  は被験者が対象に刺激を与えた時刻、  $t_{s2}$  は対象が動き出す時刻、  $t_r$  は  $|t_{s2} - t_{s1}|$  であり、本実験ではこの  $t_r$  を変数とした。先行研究においては、応答時間を変数として扱っているものは見受けられない。一時停止の有無が有意に働くという結果を導いた研究においても、単一の時間を使ったのみである。よつ

て、実験  $\alpha$  では  $t_r$  を様々に変化させた上でアニメーション知覚を発生させるための応答時間の上限  $t_{upper}^{pred}$  下限  $t_{lower}^{pred}$  のおおよその秒数を導き出すことを目指した。

## 4.2 実験 $\beta$

実験  $\beta$  では、「対象に刺激を与えてから動くまでの応答時間をパターン化させることで、被験者のアニメーション知覚の発生には違いが生じるのか」を調べることを目的とした。実験  $\beta$  における認知モデルを図 2 に示す。ここでは、新たに変数  $P$  を導入し、アニメーション知覚が発生するパターンの集合  $P_{animacy}$  が存在すると仮定し、これを特定することを目的とした。パターンは 3 連続の試行における応答時間によって構成されるため、各 3 回の応答時間を  $P\{t_{r1}, t_{r2}, t_{r3}\}$  のように表し、 $P\{t_{r1}, t_{r2}, t_{r3}\}$  が  $P_{animacy}$  に含まれるか否かによって生物化の生起の判定を行った。

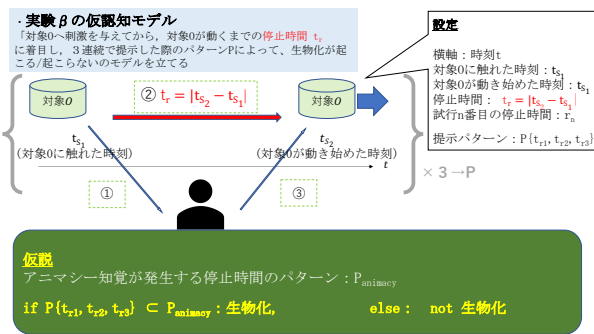


図 2：実験  $\beta$  における認知モデル

## 5. 実験

被験者は早稲田大学の有志学生 17 名 (男性 10 名, 女性 7 名, 平均年齢 21.4 歳 (SD 値は 1.0)) であった。被験者には写真 1 に示したロボットの赤いボタンに触れ、任意の応答時間の後に反応して動くロボットに対する印象評価を求めた。応答時間は、0 秒から 10 秒の範囲でランダムに提示するプログラムをあらかじめ組み込んでおき、被験者がロボットについている赤いボタンをタッチすることで順に発動するようにした。1 つの試行が終わるごとに、被験者には印象評価を求めた。ロボットは LEGO の MINDSTORMS EV3 を使用して作成した。大きさは小型の愛玩動物の平均に近くなるように設計し、全長 19cm, 高さ 17cm とした。



写真 1：予備実験で使用したロボット

見た目についてはロボットらしさ及び動物らしさを極端に表出しないように、黒いフェルト布で全体を覆った。動きは一方方向、一定距離とした。実験風景を以下の写真 2 に示す。左側が被験者、右側が実験者である。

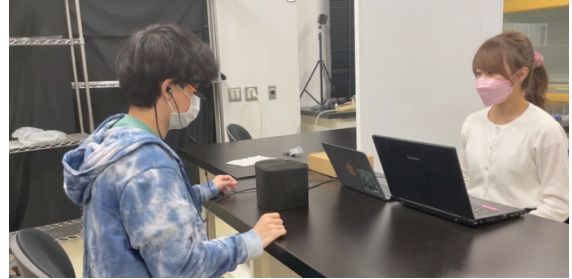


写真 2：実験風景

まず、提示する応答時間については、予備実験での結果により評価に差が生じると考えられた秒数で設定した。具体的には、実験  $\alpha$  では 0 秒から 10 秒 (0 秒, 1 秒, 2 秒, ..., 10 秒の計 11 通り) とした。応答時間はランダムに 1 回ずつ計 10 試行した。実験  $\beta$  では、応答時間を 0 秒, 2 秒, 4 秒, 6 秒の 4 種類とし、表 1 に示すような (A) ~ (G) の 7 種類のパターン、22 種類の応答時間の組み合わせを設定した。なお、 $t_{s1}$ ,  $t_{s2}$ ,  $t_{r3}$  はそれぞれ試行 1 回目, 試行 2 回目, 試行 3 回目であることを指す。また、ひとつ前の試行から停止時間が長くなる場合は「↑」、短くなる場合は「↓」、変わらない場合は「→」の記号を用いている。被験者にはパターン (A) ~ (C) と (D) ~ (G) のいずれか 1 つを提示することとした。

表 1：実験  $\beta$  で使用したパターンの内訳

パターン名	パターンの形	具体的な停止時間の組み合わせ(秒,秒,秒)
(A)	$t_{s1} \rightarrow t_{s2} \rightarrow t_{s3}$	(0,0,0), (2,2,2), (4,4,4), (6,6,6)
(B)	$t_{s1} \uparrow t_{s2} \downarrow t_{s3}$	(0,2,0), (0,4,0), (0,6,0), (2,4,2), (2,6,2), (4,6,4)
(C)	$t_{s1} \downarrow t_{s2} \uparrow t_{s3}$	(2,0,2), (4,0,4), (6,0,6), (4,2,4), (6,2,6), (6,4,6)
(D)	$t_{s1} \downarrow t_{s2} \rightarrow t_{s3}$	(2,0,0), (4,0,0), (6,0,0), (4,2,2), (6,2,2), (6,4,4)
(E)	$t_{s1} \uparrow t_{s2} \rightarrow t_{s3}$	(0,2,2), (0,4,4), (0,6,6), (2,4,4), (2,6,6), (4,6,6)
(F)	$t_{s1} \rightarrow t_{s2} \downarrow t_{s3}$	(2,2,0), (4,4,0), (6,6,0), (4,4,2), (6,6,2), (6,6,4)
(G)	$t_{s1} \rightarrow t_{s2} \uparrow t_{s3}$	(0,0,2), (0,0,4), (0,0,6), (2,2,4), (2,2,6), (4,4,6)

次に、被験者に提示する印象評価のためのアンケート調査について説明する。質問項目は、龍輪らの先行研究[5]を参考にし、Dennett の三つのスタンス[6]を用いた 7 段階の評定尺度法を採用した。ただし、予備実験の結果、物理スタンス・設計スタンス・意図スタンスの 3 構成ではなく、意図スタンスのみの構成することとした。さらに、各質問に自由記述を取り入れた。具体的には、実際に被験者に提示した質問は以下の質問項目は以下の通りとした。

- 【質問 1】対象は心を持っていたようだ
- 【質問 2】【質問 1】に関して、対象のどのような動きからその評価を選びましたか?
- 【質問 3】対象は思考していたようだ

- 【質問4】 【質問3】に関して、対象のどのような動きからその評価を選びましたか？
- 【質問5】対象は生きていますようだ
- 【質問6】 【質問5】に関して、対象のどのような動きからその評価を選びましたか？

この質問は実験 $\alpha$ 、実験 $\beta$ の両方で使用し、さらに実験 $\alpha$ 、実験 $\beta$ 終了後に、実験全体に関するアンケート調査及びインタビュー調査を実施した。

## 6. 結果

今回の実験では、被験者数が多くはないため、被験者全体の平均的な傾向ではなく、被験者のデータを個々に分析したのち、全体の傾向を導き出した。

### 6.1 被験者全体を踏まえた傾向

実験 $\alpha$ の結果、被験者の傾向は以下4点に整理された。

- 「心を持っているようだ」と「生きていますようだ」は似た評価で捉えられることが多い。
- 「思考しているようだ」については、思考する行動を連想させるための応答時間が必要であり、多くの被験者で応答時間に比例して評価が高くなる傾向があった。
- 応答時間0秒は、生物の逃避行動や反射行動に結びつけられることが多く、「生きていますようだ」に対する評価が最も高くなる傾向がある。
- 応答時間0秒以外の「心を持っているようだ」と「生きていますようだ」の評価については被験者ごとにⅠ～Ⅲの3通りの傾向に分類される。

- 少し考えてから行動しているように見えるから2～4秒で生物性が高まる(反対に、5秒～8秒ほどが機械の応答時間に見えるから生物性の評価が低くなる)
- 機械の応答時間にしては長すぎる、または考えてから行動しているように見えるから6秒～で生物性の評価が高まる。
- (少数派だが)1～3秒は一般的なコンピュータや家電の応答時間と似ているため機械のように見えて生物性の評価が下がる。

次に、実験 $\beta$ の結果、被験者の傾向は以下の3点に整理された。

- 実験 $\alpha$ 同様、応答時間0秒が含まれると「生きていますようだ」という項目の評価値は高くなる
- パターン内の秒数変化が大きいくほど、生物の動きとしての予測のしづらさが感じられるため、評価が高くなる。
- 具体的にアニメシー知覚に影響を与えるパターンは見出されなかったものの、実験 $\alpha$ の評価で生物性の評価が高い秒数が多い場合のパターン

では、その評価も比較的高まる傾向が見られる。以上から、実験 $\alpha$ 、実験 $\beta$ を通して示唆される傾向としては、「パターン自体にアニメシー知覚を引き起こす要因はなく、絶対的な応答時間そのものがアニメシー知覚を引き起こす要因となっている」と考えられる。

### 6.2 被験者のデータ例全体例

#### (1) 実験 $\alpha$ の具体的結果

結果の具体例として一人の被験者の回答を図3に示す。この被験者の回答傾向には、6.1で整理した4点すべてが含まれており、全被験者の中で最も代表性が高い被験者である。縦軸は評価値、横軸に停止時間(秒)、実線(赤)は質問1、破線(青)は質問2、点線(緑)は質問3に対する評価値を示している。

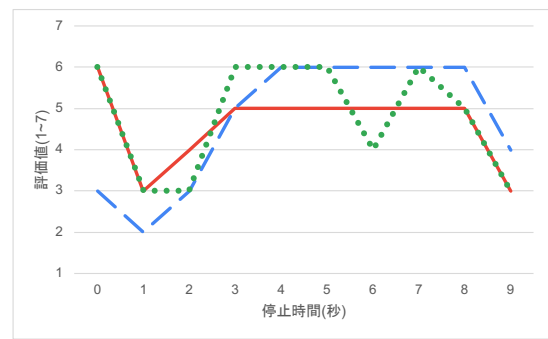


図3：被験者の停止時間に対する評価値

図3からは、いずれの質問でも、応答時間0秒で評価が高く、1,2秒で下がり、3秒から再び評価が上がってある程度一定となり、9秒で再び下がるという傾向を示していることがわかる。これは、自由記述から「応答時間0秒では触れてすぐ動く動きが動物の本能的な行動に結びついた」ことによるものであることがわかった。本能的な行動がどのような行動なのかについては、インタビューにおいて、「逃げるような行動」と考えていることがわかった。ただし、質問3において0秒の評価が低くなっているのは、「思考するための時間が確保されていないように感じた」とのことであった。さらに、3～9秒で評価が一定で高くなっていることに関しては、自由記述から「短すぎず長すぎない応答時間が、生物が何か反応するための時間と似ている」と感じていることがわかった。さらに、インタビューの中で、「1～2秒の応答時間というのは機械の読み込み時間に似ている。パソコンの読み込み時間や家電製品の応答時間のようなイメージを持った」と述べていた。その上で、「生物が考えたり心で思ったりする時間はそれよりも長いイメージがある」と述べており、これが3～9秒の生物性に関する評価値が上昇することに対応しているものと考えられ

る。また、質問5では応答時間6秒の場合に評価が低くなっているが、これは提示順が全体の2番目、かつ提示順1回目が応答時間0秒であったことにより、機械の故障のイメージが出てきてしまったことによるものと考えられる。最後に応答時間9秒で評価が低くなったことに関しては、自由記述から「動くまでの時間が長すぎる」「10秒くらいの応答時間のように思えて、キリが良い気がした」と述べている。「動くまでの時間が長すぎる」については、「短すぎず長すぎない応答時間」の上限が見えたということで意味のある評価となった。「キリが良い感じがした」という評価については、「機械がキリのよい時間を設定されていて、それにしたがって動いているような印象を受けた」とのことであった。以上より、被験者1は「ロボットの応答時間0秒の場合に生物の反射行動、応答時間1~2秒で機械の応答、応答時間3~9秒の時に生物の思考に当てはめて生き物らしさ、機械らしさを判断していた」と考えられる。

## (2) 実験βの具体的な結果

実験βについて被験者（この被験者は（1）実験αの被験者と同一である）の回答例を示す。提示したパターン(A) (B) (C) (F) ごとに上から並べたものを図4~7に示す。縦軸は評価値、横軸はパターンの種類、実線(赤)は質問1、破線(青)は質問2、点線(緑)は質問3に対する評価値を示す。この被験者は、パターン(A)以外ではおおよそ同じ秒数の組み合わせのパターンでは類似した評価値を示していることがわかる。この被験者は実験αで0秒及び、3秒から9秒と比較的長い応答時間の場合に高い評価値をつけていた。さらに、図4~7を見ると、同様に3秒から9秒の応答時間が多く含まれるパターンで高い評価を示している。また、0秒を含むパターンでは、全体的に高い評価値をとっている。

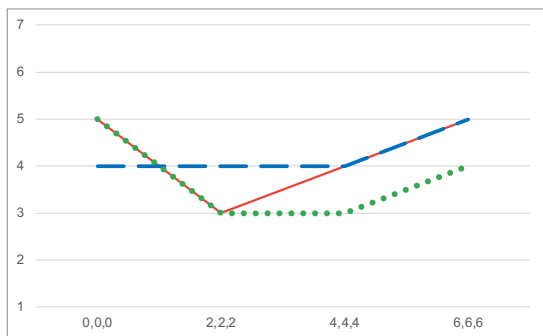


図4：パターン(A)に対する評価値

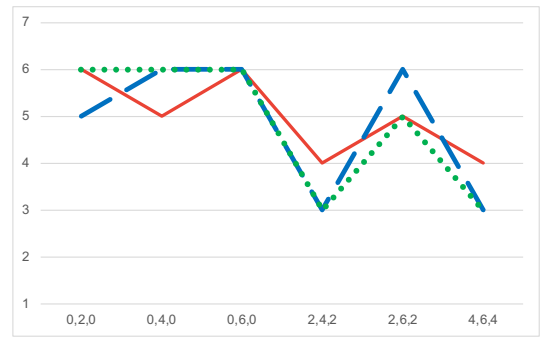


図5：パターン(B)に対する評価値

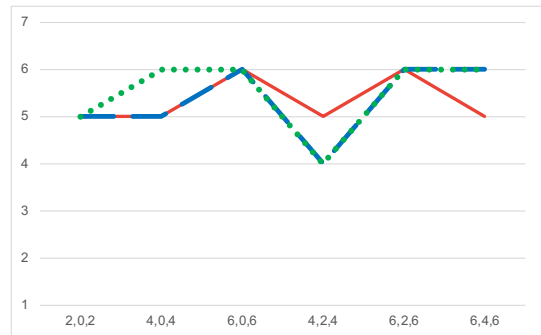


図6：パターン(C)に対する評価値

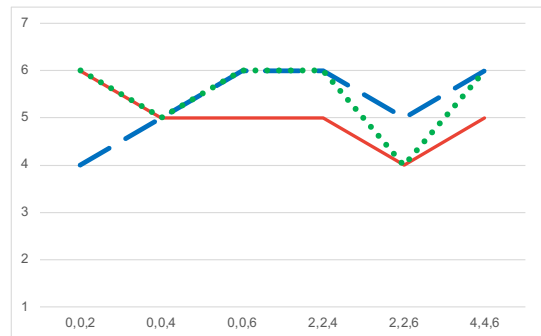


図7：パターン(F)に対する評価値

そこで、パターン内に0を含む個数によって並べ替え、全てのパターンを含む評価値のグラフを作成した。ここでは質問5のグラフのみを図8に示す。縦軸は評価値、横軸はパターンの種類を示す。

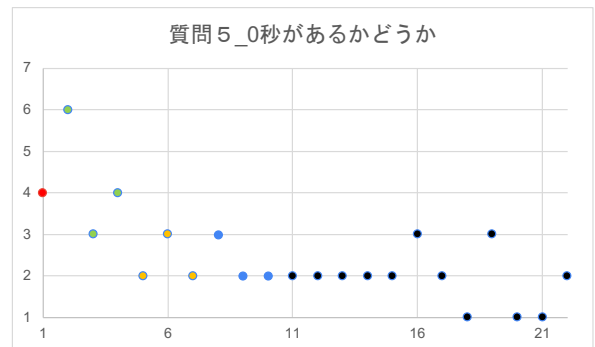


図8：0秒の個数ごとに並べたグラフ(質問5)

図8では、赤色の点(一番左)は応答時間0秒3回含まれるパターン、緑色の点(左から2~4番目)は応答時間0秒が2回含まれるパターン、黄色の点(左から5~7番目)は応答時間0秒が1回のみ含まれるパターン、青色(薄い/濃いを含める、左から8番目~)の点は応答時間0秒が含まれないパターンを示している。図8から、おおよそ0秒の個数が多い場合に質問5の評価値が高くなる傾向があることがわかる。従って、この被験者1は「応答時間0秒が多く含まれるほど質問5の評価値は高くなり、さらに実験αで高い評価を示した秒数が多く含まれているパターンの場合にも質問6の評価値は上がっていた」ことがわかる。

## 7. 考察

今回の実験から、アニメシー知覚を引き起こす要因は、特定の応答時間そのものが大きく影響していることが分かった。生物性の評価を高めた秒数とその理由については、0秒の場合、「逃避行動」や「解釈行動」と解釈されていた。同様に、0秒以外で評価を高めた秒数(6.1のI)の場合では、「少し考えてから動く生き物のようだった」など、何らかの生き物の動きに紐付けた理由づけがなされていた。以上のことから、「生きているようだ」という質問の評価が高い場合には「応答時間を含む対象の動きをうまく実在の生物の動きとして結び付けられている」のではないかと考えられる。すなわち限られた時間内で、被験者の対象の動きに対する生物的解釈がうまく働いた際にはアニメシー知覚が生じやすくなる可能性が示唆された。一方で、6.1のII・IIIでは機械の動きに紐付けた理由づけがなされており、機械としてうまく解釈が働いたために「生きているようだ」という質問の評価が下がったと捉えることができる。以上のように解釈性の観点からアニメシー知覚の発生原理を理論化することは今後の課題である。

## 8. まとめと今後の展望

本実験では、対象の応答時間ごとのパターンの違いよりも、絶対的な応答時間そのものがアニメシー知覚発生に関与しており、特に「0秒という応答時間が大きな影響を与える」ことや、「0秒以外の絶対的な応答時間についても、6.1のI~IIIで記載したような、限られた応答時間の区間が存在する」という知見を得た。このことは、「アニメシー知覚が発生するための応答時間の範囲を検討する」という当初の目的に適うものであった。ただし、その区間については0秒以外で普遍的な秒数を見出すことは現時点でできていない。加えて、応答時間1~4秒程については、6.1のI・IIIより、アニメシー知覚

を高める効果としても、反対に機械のように見えるという効果としても働く可能性があることが示唆されている。このような各被験者における同じ応答時間への認識の違いについては、普遍的な法則があるのかどうかを、被験者の個人特性を考えて再分析する必要がある。将来的には、上記のような応答時間1秒から4秒の僅かな差異を細かく分析していくことで、生物性の高いロボットの動きを工学的に実装する可能性を提案する。また、別の側面として、今回の0秒がアニメシー知覚に大きな影響を与えるという知見から、0秒を含む前提であらゆるパターンを提示すれば、「解釈されやすい」パターンというものが存在するかどうかを解明できる可能性も示唆される。

今回の実験の問題点としては、質問で取り入れた「対象は心を持っているようか」という問いが反射・逃避行動も含むのか、本能行動とは一切切り離して考えるのかという認識で被験者ごとに大きなばらつきが生じたことが挙げられる。従って、質問項目をさらに修正した上で再実験を実施し、細かに傾向を確認する必要がある。今後の展望としては、実験を踏まえて得られた傾向をもとに認知モデルを修正し、応答時間を変数としたモデルを精緻化することを目指している。また、本研究では具体的変数として停止時間を主に扱った。しかし人間の日常的なアニメシー知覚は対象の応答時間のみによって発生しているとは考えづらい。その他の因子がり、時に複雑に関連し合って発生していると考えるのが妥当である。そこで、ゆくゆくは応答時間以外の変数との関わりも検討することでより精度の高いモデルを構築することを試み数理モデルとして表すことも検討することを計画している。

## 参考文献

- [1] First Heider., Second Simmel., :An experimental study of apparent behavior, American Journal of Psychology, Vol.57, pp.243-249, (1944)
- [2] E Gyulay, :Considerations on perception of "Animacy" in the motion of a single object, Perceptual and Motor Skills, Vol.99, pp.1014-1026, (2004)
- [3] First Tremoulet., Second Feldman.: Perception of animacy from the motion of a single object, Perception, Vol.29, pp.943-951, (2000)
- [4] 植田一博:『認知的インタラクション学の展望』: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, Cognitive Studies, Vol.24, No.2, pp.220-233, 2007
- [5] 龍輪飛鳥,子安増生: ボール探し課題における運動図形の一時停止・速度・軌道が心的帰属に及ぼす効果, 日本認知科学会第25回大会発表論文集, pp.82-83, (2008)
- [6] D.C.Dennett.: The intentional stance, Cambridge Mass, Bradford Books/MIT Press, (1987)