

# アニメシー知覚の計算論モデル: 生物種の教示の影響の検討

## Computational Models of Animacy Perception: Influence of Biological Species Instruction

佐藤 恵助<sup>†</sup>, 植田 一博<sup>†</sup>  
Keisuke Sato, Kazuhiro Ueda

<sup>†</sup> 東京大学大学院 総合文化研究科  
Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo  
lesucre326@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

### 概要

本研究では、生物でない対象の動きに生物らしさを見出す現象であるアニメシー知覚の個人差が、動きの観察時に想起する生物種の違いに起因するとの仮説を検証した。点の動きが「アリ」「ヘビ」であると事前に参加者に教示する2つの条件を設定し、点の進行方向の変化の角度の大きさとアニメシーの強さの評価の関係を条件間で比較した。その結果、教示によって関係は変化したものの、予想していた明確な傾向差は確認できなかった。想起した生物種だけでなく、生物の動きに関する知識の個人差がアニメシー知覚に大きく影響している可能性が示唆された。

キーワード: アニメシー知覚, 生物性, 計算論モデル, 予測符号化, ベイズ推定

### 1. はじめに

人は、幾何学図形のような生物とまったく異なる外見を持つ対象の動きから、意図や感情などを読み取り、生き物らしさを見出すことがある。この現象はアニメシー知覚と呼ばれる (Schultz & Frith, 2022)。アニメシー知覚は、相手の心の状態を推定する能力である心の理論 (Theory of Mind) の構成要素あるいは基礎メカニズムにあたることとされ (Frith & Frith, 1999)、アニメシー知覚を引き起こす動きの性質について多くの研究が行われてきた。Tremoulet & Feldman (2000, 2006) は、等速直線運動中の物体が進行方向や速度を瞬間的に一度だけ変える場合に注目し、方向変化の角度が大きいほど、また加速が大きいほど、より強いアニメシーが感じられることを示した。Fukai & Terada (2013) も、動きの方向の変化が激しいほど、より強いアニメシーが感じられることを明らかにした。

しかし、なぜそのような動きに対して人が生き物らしさを感じるのかという、アニメシー知覚の原理については、これまで十分に解明されてこなかった。Gao et al. (2019) は、対象の動きや見た目から感じられるアニメシーについて、注意やワーキングメモリなど

の認知資源の制約の下で、対象の動きの情報のボトムアップの知覚とトップダウンの推論の相互作用の中でアニメシーが生じるとする概念的なモデルを提案している。佐藤・植田 (2025) は、この概念モデルを発展させ、人は対象の動きを生み出す隠れた原因を仮定しており、その原因に対するベイズ的な統計推論の過程でアニメシーを知覚しているとの仮説に基づき、アニメシー知覚の計算論モデルの構築を試みた。本研究では、この計算論モデルをベースに、幾何学図形の動きが何の生物のものなのかを事前に教示された場合のアニメシー知覚について検討し、より包括的な計算論モデルの構築を目指した。以下では佐藤・植田 (2025) のアニメシー知覚のモデルの概要を述べる。

#### 1.1 アニメシー知覚の計算論モデル

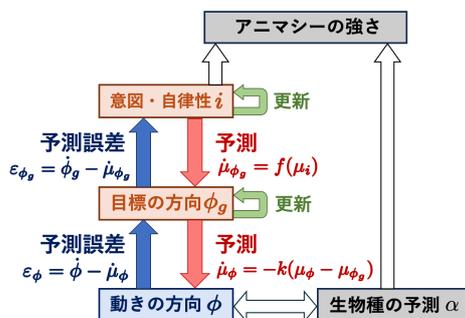


図1 アニメシー知覚の計算論モデル (佐藤・植田, 2025)

佐藤・植田 (2025) では、神経科学で提唱されている階層的予測符号化モデル (Friston, 2008) を用いて、単一の対象の動きから生じるアニメシー知覚に関して、先行研究の結果を説明可能な計算論モデルを構築した。具体的には、人は対象の動きの方向の情報から動きの目標の方向をベイズ的に推定し、それをもとに意図性・自律性の強さを推定し、さらにその情報をもとにアニメシーの強さを判断する、という階層的な情報処理のモデルである (図1)。

さらに、この階層的予測符号化モデルに基づき、「多

少のゆらぎを持ちながらある目標に向かって等速で移動し、途中で目標を切り替えて同じ速度で進んでいく」という動きに限定し、アニメシーの強さと関連する意図性・自律性の強さ (細川ら, 2024) を導出した。

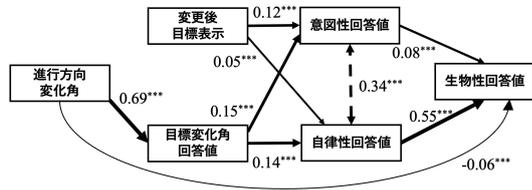


図2 パス解析の結果 (佐藤・植田, 2025)

このモデルの妥当性を検証するため、上述の動きに従って動く図形を参加者に提示し、アニメシーの強さなどを質問紙で評価してもらった実験を実施した。パス解析およびモデル比較の結果、上述のモデルをおおむね支持する結果が得られた (図2)。

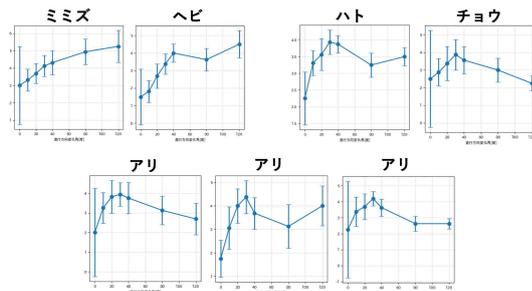


図3 個人ごとの結果と想起した生物種 (佐藤・植田, 2025)

一方で、進行方向の変化の角度の大きさとアニメシーの強さの間には有意な負の関連が見られ、上述の先行研究 (Tremoulet & Feldman, 2000) とは大きく異なる結果が得られた。特に、個人ごとの結果を見ると、この関係性に大きな個人差があることが分かった (図3)。さらに、実験終了後に、点の動きが実在する生物の動きに見えた場合はその生物種を挙げるように求めたところ、その回答と「進行方向の変化の角度の大きさと知覚したアニメシーの強さの関係性」との間に関連がある可能性が浮上した。たとえば、点がアリに見えたと回答した参加者は全員、進行方向の変化の角度が 30° のときに最も強いアニメシーを感じるという回答し (逆 U 字型の関係性)、点がヘビやミミズに見えたと回答した参加者は、進行方向の変化の角度が大きいほどより強いアニメシーを感じる (単調増加の関係性) と回答した。この結果は、アニメシー知覚の個人差が、想起した生物種の違いによって生まれていることを示唆している。

1.2 本研究の目的

本研究の目的は、上述の結果から示唆されたアニメシー知覚の個人差が、参加者の想起した生物種の違いに起因している、という仮説を検証することである。実験では、白い点の動きが何の生物の動きをもとに作成されたものなのかを実験前に教示し、参加者が想起する生物種を統制することで、アニメシーの強さの判断における個人差の影響と想起した生物種の影響を区別することを試みた。教示する生物種としてアリ・ヘビの2種類を用意し、対象の進行方向の変化の大きさとアニメシーの回答値の関係性が、想起した生物種の違いによって異なるかどうかを検討した。

2. 方法

刺激や教示の方法などを変え、計3種類の実験を実施した。実験の方法は佐藤・植田 (2025) の方法を踏襲している。ただし、ここでは紙面の都合上、1つ目の実験の内容および結果の一部のみ報告する。

2.1 実験の概要

実験1~3のいずれも、教示する生物種を変えた2条件の参加者内要因計画である。

一方の条件では、回答開始前に「このパートにおける白い点の動きは、平らな地面の上をすばやく止まらずに歩くアリの様子を上から見た様子を参考に作成しています。赤い点はエサや巣穴だと考えてください」と教示した。この条件を以下「アリ教示条件」と呼ぶ。もう一方の条件では、回答開始前に「このパートにおける白い点の動きは、平らな地面の上をニョロニョロとすばやく止まらずに移動していくヘビやミミズを上から見た様子を参考に作成しています。赤い点はエサや巣穴だと考えてください」と教示した。この条件を以下「ヘビ教示条件」と呼ぶ。

2.2 実験手続き

表1 質問紙

質問	評価が低い表現 (評定値=1)	評価が高い表現 (評定値=7)
生物性を感じる	たんたん	いきいき
意図性を感じる	あてもなく	何かをめざして
自律性を感じる	しかたなく	みずからすすんで
途中で目標が変わった	まったく変わっていない	方向が大きく変わった

実験はアニメシー評価課題2つで構成される。アニメシー評価課題は、アリ教示条件とヘビ教示条件の2つである。どちらを先に実施するかは参加者ごとにランダムに決定した。

各条件において、次節で述べる100本の動画をそれぞれ1回ずつ、ランダムな順序で参加者に提示した。各動画は1度のみ視聴可能であった。参加者は各動画

の終了後、動点に関する生物性、意図性、自律性、および点の動きの目標の方向がどの程度大きく変わったと思うかについて、7段階のSD尺度で評価を行った。質問紙は細川ら (2024) に倣った (表 1)。

### 2.3 実験刺激

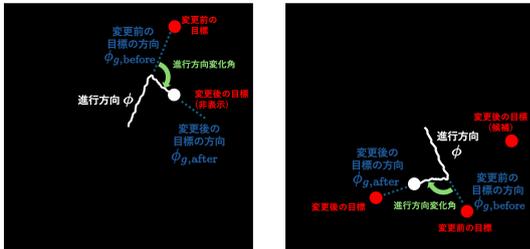


図4 アリ教示条件の実験刺激

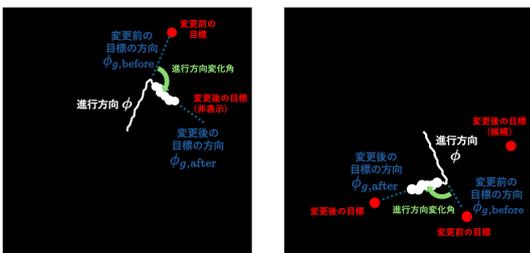


図5 ヘビ教示条件の実験刺激

本実験では、佐藤・植田 (2025) で用いた動きと同様の動きを用いた。刺激の模式図を図4に示す。

実験刺激は、縦横 640px の黒色正方形の背景の上に、白い点 (動点) と、0~3 個の赤い目標点が描かれた動画であった。動点は、正方形の中心に 1.5 秒間静止した後、ある目標点に向かって一定の速度  $v$  で動き始め、2 秒後に目標を変更し、再び速度  $v$  で新しい目標に向かって 2 秒間進むように設定した。ただし、「目標に向かって進む」とは、動点の進行方向  $\phi$  と目標の方向  $\phi_g$  に対し、次が成り立つことを指す。

$$(\phi(t + \Delta t) - \phi(t)) / \Delta t = -k(\phi(t) - \phi_g) + \omega_\phi$$

ここで、 $\omega_\phi \sim N(0, \sigma^2)$  はホワイトノイズである。本実験では  $v = 1$ ,  $k = 24$ ,  $\sigma = 6$ ,  $\Delta t = 1/60$  とした。

アリ教示条件とヘビ教示条件における点の動きは完全に同一である。ただし、ヘビ教示条件のみ、白い動点と標的の赤い点に加え、10, 20, 30, 40, 50, 60 フレーム前の 6 つの白い点も表示し、動きがヘビのように見えるようにした (図 5)。

### 2.4 実験条件

実験条件として、進行方向の角度変化の大きさ (以下、進行方向変化角)、および目標の表示の有無を設定し、合計 100 本の動画を作成した。

進行方向変化角については、 $0^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $120^\circ$  の 7 通りを設定した。

目標の表示の有無については、変更前および変更後の目標に対して、「表示あり」「表示なし」の組み合わせで 4 通りを設定した。

動画 100 本の内訳は次の通りである。進行方向変化角  $10^\circ \sim 120^\circ$  の 6 通りに対し、曲がる向きを 2 通り (左折, 右折) 用意した。この  $2 \times 6 = 12$  通りの方向変化に対し、上述の目標の表示の有無 4 通りを組み合わせ、 $12 \times 4 = 48$  通りの刺激を作成した。さらに、この 48 通りに対して、変更前の目標が存在する方向を 2 通り設定し、 $48 \times 2 = 96$  本の動画を作成した。進行方向変化角  $0^\circ$  に対しては、目標が途中で変化しないため、目標の表示あり・なしの 2 通りを設定し、目標が存在する方向 2 通りを組み合わせ、 $2 \times 2 = 4$  本の動画を作成した。

### 2.5 分析

アリ教示条件とヘビ教示条件とで、進行方向変化角と生物性の回答値の関係性に差が見られるかどうかを統計的に検定した。具体的には、各条件における進行方向変化角と生物性回答値との関係性を評価するために、二次関数  $f(x) = ax^2 + bx + c$  の関係性を仮定し、両条件それぞれに対して回帰分析を実施した。具体的には、以下の線形回帰モデルを適用した:

$$\begin{aligned} \text{生物性の回答値} &= \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 \\ &+ \beta_3 \times \text{condition} + \beta_4 \times (x \times \text{condition}) \\ &+ \beta_5 \times (x^2 \times \text{condition}) + \varepsilon \end{aligned}$$

ここで、condition はダミー変数である。すなわち、アリ教示条件を基準としたヘビ教示条件との交互作用項を含めた。二次関数の形状を決める係数  $a$  および  $b$  が条件間で有意に異なるかどうかを、それぞれの交互作用項の  $p$  値を用いて検定した。有意水準は 5% とした。

また、動きのパラメータ (進行方向変化角・目標の表示の有無) と質問紙の回答値 4 種類を用いた、図 2 と同様のパス解析も実施し、本実験の結果が佐藤・植田 (2025) のモデルに適合するかどうかとも検討した。

## 3. 結果

ここでは回帰分析の結果のみを示す。まず、本実験で得られた進行方向変化角の大きさとアニメシーの回答値との間の条件ごとの関係性を図 5 に示す。全体的な傾向として、アリ教示条件よりもヘビ教示条件の方が、アニメシーが高いと判断されたことが分かる (後述の二次関数による回帰分析におけるパラメータ  $c$  の有意差が認められた:  $p < .001$ )。この差は、ヘビ教示条件

において動点の後方に動きの軌跡を表示し、形状に生き物らしさを与えたことに起因すると考えられる。

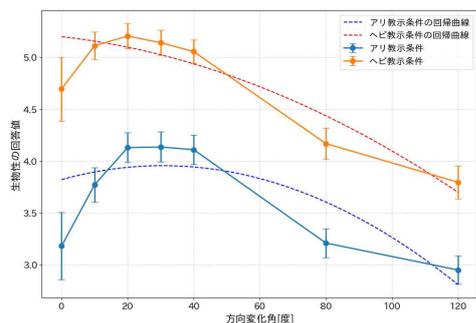


図6 進行方向変化角と生物性の回答値の関係

進行方向変化角と生物性の回答値の関係。横軸は進行方向変化角の大きさ、縦軸は横軸の値ごとに計算した生物性の回答値の平均値を示している。エラーバーはその95%信頼区間を示している。点線は二次関数による回帰曲線を示している。

次に、前項で述べた二次関数による回帰分析を行った。結果を図6に示す。モデル全体は有意であり ( $F(5, 6394) = 233.9, p < .001$ ), 決定係数  $R^2$  は0.155であった。係数  $a$  (進行方向変化角の2次の係数) および  $b$  (進行方向変化角の1次の係数) について、条件間で有意な差が認められた ( $a : p = .047, b : p = .009$ )。この結果は、対象をアリだと思ったかヘビだと思ったかによって、進行方向変化角の情報がアニメシーに与える影響が変化することを示している。ただし、佐藤・植田 (2025) の結果 (図3) では、ヘビやミミズを想起した個人は単調増加の関係性を回答していたのに対し、本実験では逆に単調減少の回答の傾向が得られた。また、佐藤・植田 (2025) で見られたような、アリを想起した個人とヘビを想起した個人の回答の傾向の大きな違いは、本実験では見られなかった。

#### 4. 考察

回帰分析の結果、対象をアリだと思ったかヘビだと思ったかによって、進行方向変化角の情報がアニメシーに与える影響が変化する可能性が示唆された。ただし上述の通り、佐藤・植田 (2025) で見られたような、アリを想起した個人とヘビを想起した個人の回答の傾向の大きな違いは見られず、ヘビ教示条件の回答の傾向と佐藤・植田 (2025) においてヘビを想起した参加者の回答の傾向は大きく異なり、仮説通りの結果は得られなかったといえる。

本実験ではアリ教示条件とヘビ教示条件とで提示した図形の形状が異なるため、それが結果に影響している可能性がある。紙面の都合上詳細を省略したが、ヘ

ビ教示条件で提示する図形の形状をアリ教示条件と統一し、各条件で完全に同一の動画を提示するように変更して実施した追加実験では、回帰分析の定数項  $c$  の差が小さくなったものの、回帰曲線の形状に変化はなかった。また、生物種の教示を各条件の開始前のみに行ったため、教示の効果が各条件の終了時まで持続していなかった可能性が考えられる。さらに、小さい点をどのようにアリやヘビに見立てるのか (大きさなど) の個人差が大きい可能性も考えられた。そこで、動画の再生前にアリやヘビのイラストを毎試行提示することで、教示の効果を持続させ、点の見立て方の個人差をコントロールした上で追加実験を実施した。しかし、回帰曲線の形状に変化は見られなかった。

個人ごとの結果を見てみると、アリ教示条件においては、多くの参加者が、植田・佐藤 (2025) においてアリを想定した参加者に見られた逆U字形の回答の傾向と同様の傾向を示していることが分かる。一方、植田・佐藤 (2025) でヘビ・ミミズを想定した参加者は単調増加の回答の傾向を示していたが、本実験におけるヘビ教示条件で同様の傾向を示した参加者はほとんどいなかった。むしろ、個人ごとにアリ教示条件とヘビ教示条件とで同様の回答の傾向を示している参加者が多く、本実験においても回答の傾向の個人差が大きいことが分かる。

以上の結果は、想起した生物種が進行方向変化角とアニメシーの強さの間の関係に影響を与えることは否定されないものの、生物の動きに関する知識の個人差が大きく、それがアニメシー知覚の個人差を生み出すことを示唆しているといえる。

#### 文献

- Schultz, J., & Frith, C. D. (2022). Animacy and the prediction of behaviour. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 140, 104766.
- Frith, C. D., & Frith, U. (1999). Interacting minds—a biological basis. *Science*, 286(5445), 1692–1695.
- Tremoulet, P. D., & Feldman, J. (2000). Perception of animacy from the motion of a single object. *Perception*, 29(8), 943–951.
- Tremoulet, P. D., & Feldman, J. (2006). The influence of spatial context and the role of intentionality in the interpretation of animacy from motion. *Perception & psychophysics*, 68, 1047–1058.
- Fukai, H., & Terada, K. (2013). Modeling of animal movement by AR process and effect of predictability of the behavior on perception of animacy and intentionality. In *2013 35th annual international conference of the IEEE engineering in medicine and biology society (EMBC)* (pp. 4125–4128).
- Gao, T., Baker, C. L., Tang, N., Xu, H., & Tenenbaum, J. B. (2019). The cognitive architecture of perceived animacy: Intention, attention, and memory. *Cognitive science*, 43(8), e12775.
- 細川敦司, 日高昇平, 鳥居拓馬. (2024). アニメシー知覚と動きの統計量分析: 生物性・意図性・自律性の関係. 日本認知科学会第40回大会論文集.
- 佐藤恵助・植田一博. (2025). 点の運動の観察から生じるアニメシー知覚の数理モデルの構築. HAI シンポジウム 2025, G-6.
- Friston, K. (2008). Hierarchical models in the brain. *PLoS computational biology*, 4(11), e1000211.