

金魚の振舞いに対する予測可能性が 生物性と意図性の知覚に与える影響

寺田 和憲^{1,a)} 竹内 涼輔^{1,b)} 深井 英和^{1,c)} 伊藤 昭^{1,d)}

概要: 意図性と生物性は人間らしさ知覚の要素と考えられているが両者の違いは明らかにされていない。本研究では、振舞い予測の観点から両者の違いを明らかにすることを目的として実験を行った。実験ではまず、金魚の振舞いの自己回帰モデルによるモデル化を行い、速度変化と角度変化の程度を操作することで質点の運動の動画を作成した。作成した動画を実験参加者に提示し、ペンタブレットを用いて追跡させることで、振舞いの予測可能性を客観的に定量化した。動画に対する生物性・意図性の評定値と予測可能性の相関を求めることで、振舞いの予測が困難であるほど生物性が強く感じられ、意図性が弱く感じられることが分かった。

キーワード: 生物性, 意図性, 金魚, 振舞い, 予測可能性

Effect of predictability of goldfish behavior on perception of animacy and intentionality

KAZUNORI TERADA^{1,a)} RYOUSUKE TAKEUCHI^{1,b)} HIDEKAZU FUKAI^{1,c)} AKIRA ITO^{1,d)}

Abstract: Although intentionality and animacy are known to be essences for giving an impression of human-likeness, they have not been differentiated clearly in past literature. In the present study, we conducted an experiment with human participants to clarify the difference of animacy and intentionality in terms of predictability of behavior. Firstly, we modeled behavior of goldfish by autoregressive model and created movies of a white dot moving in black background by changing level of velocity change and rotation angle. The movies were presented to human participants and they were asked to chase the white dot by a pen tablet so that predictability of behavior is quantified. The participants were also asked to rate animacy and intentionality for the movies. Correlation between predictability and animacy and intentionality reveals that the subjective impression of animacy increased and the subjective impression of intentionality decreased as the behavior prediction become more difficult.

Keywords: animacy, intentionality, goldfish, behavior, predictability

1. はじめに

近年ロボットを人に近づける試みが多数なされている。しかし、いかに人に酷似した外観や機構を備え、人らしい振舞いを生成するアルゴリズムを考案したとしても、それ

を人らしいと判断するのは観察者の人である。したがって我々は、人が人らしさを解釈する認知過程を明らかにすることが、ロボットなどの自律的システムを構築する上で重要だと考える。

「人らしさ」は広い意味を持つ。本研究では特に生物性 (animacy) と意図性 (intentionality) を人らしさの構成要素として考える。生物性や意図性は主観的に感じるものであるが、その知覚を発生させるのは対象の属性である。有機的な体表面を持っていたり、目や口、手足といった生物固

¹ 岐阜大学
Gifu University, Yanagido 1-1, Gifu, 501-1193, Japan
a) terada@gifu-u.ac.jp
b) take@elf.info.gifu-u.ac.jp
c) fukai@gifu-u.ac.jp
d) ai@gifu-u.ac.jp

有の器官を有していることが生物性・意図性の知覚に寄与することもあるが、本研究では振舞いの性質から感じられる意図性・生物性に限定して考える。

意図性や生物性を知覚させる原因として、外見 [1]、自己推進性 [2][3][4]、随伴性 [5]、目的志向性 [6]、物理法則違反 [7] など様々な振舞いの性質が考えられているが明確な違いは示されていない。そこで本研究では、振舞いの予測可能性の観点から生物性と意図性知覚の違いを明らかにすることを目的とする。具体的には、金魚の運動をパラメータ化し、パラメータを操作することによって人工的に生成した質点の運動を実験参加者に提示し、ペンタブレットを用いた追跡をさせることで、運動パラメータと予測可能性の関係を調べる。また、それぞれの運動に対する生物性・意図性の評定値と、予測可能性の相関を求めることで予測可能性が生物性・意図性知覚に与える影響を明らかにする。

2. 生物性と意図性知覚の原因

振舞いの中から感じられる生物性や意図性の研究には、単純な図形が運動する様子を成人の実験参加者に提示し、生物性や意図性の主観的な評定を求めるものがある [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12]。Dittrich らはディスプレイ上で動く小さな文字を用いて、意図性知覚の原因を調べた [6]。彼らは対象物の数、速度、目標志向性などをパラメータとして変化させた動画を用いた実験を行い、文字が目標物に向かって直線的に動いた場合に意図性が強く感じられることを示した。Gelman らは障害物の位置や対象物の数、移動経路を変化させた動画を用いた実験を行い、環境や文脈が生物性知覚に寄与するという結果を示した [7]。Santos らは2つの対象のインタラクションの時間的性質や複雑性が生物性知覚に寄与することを示した [12]。龍輪らは観察対象の運動が物理法則に反している場合に心的状態が帰属されやすいことを示した。また、振舞いが計算機によって制御されているという教示を与えた場合に心的状態が帰属されにくいことを示した [11]。また龍輪らは、別の文献において、目標志向的な運動を行う対象が一時停止し、その後動きを再開した場合に心的状態が帰属されやすいことを報告している [13]。

Tremoulet らは生物性知覚に寄与する本質的な運動要素のみに注目するために、可能な限り簡素な状況を作り、障害物が存在しない環境で単体の対象が運動するという状況を用いた実験を行った。実験によって、観察対象の運動の速度変化と角度変化が大きいつきに生物性が高く評定されることを示し、環境や相互作用する相手がなくても運動そのものの性質によって生物性が知覚されることを示した。

青野らは複雑な構造を有する対象から感じる生物性においては系内の運動を考慮することが重要だと考え、2リンク機構を用いて生物性知覚の要因を調べた [14]。実験によって2リンク機構の特定の角度変化域や開閉周波数で人

らしさや鳥らしさが知覚されることを示した。

上述のように、生物性や意図性の知覚を引き起こす原因として多くの運動要素が調べられているが、生物性と意図性は明確には区別されていない。しかし、意図性知覚が生物性知覚の前提となっていると考えている研究者は多い ([5], [6], [7], [15], [16])。Tremoulet ら [15] が意図性知覚が生物性知覚の前提となっていると考えた論理は次の通りである。彼らは実験参加者に対してコンピュータスクリーン上で移動する黒点の運動を見せ、生物らしさを評定させる実験を行った。実験の結果、黒点が捕食的振舞い(運動の途中で進路を変更して白い静止した点に近づく)をしたときに高い生物性の評定を得た。直接的な接触なしに振舞いが変化するためには、離れた距離での知覚、知覚に基づく目的の形成、目的に向かった振舞いを生成する能力を持たなければならない。実験参加者がこのような想定を行った、すなわち心的状態を帰属したからこそ振舞いに対して高い生物性を帰属したということである。しかし、彼らの実験では、実験参加者らがそのような心的状態を実際に想定していたかを直接調べていない。従って実験結果からは、「対象から離れた地点での進行方向変化」という運動が生物性の知覚と意図帰属に寄与するということは言えるが、意図帰属が生物性知覚の前提であるということはいえない。

3. 振舞いの予測可能性と意図性・生物性

本研究の目的は、振舞いの予測可能性の観点から生物性と意図性知覚の違いを明らかにすることである。進化心理学の観点からは、観察対象が振舞いの性質に基づいて意図的主体や、生物といった特定のカテゴリーに分類されるのは、そのカテゴリー化によって、何らかの利点が存在するからだと考えられる。振舞いの性質に基づいた分類の利点の一つは観察対象の将来の振舞予測を簡単にすることである [17][18]。動いている物体が次の時刻に自分に対して捕食行動を起こすのか、ただ通り過ぎるだけなのかを予測できる能力は個体の保存に有利に働く。

人間が振舞い予測に用いるモデルには様々なものがある。機械の振舞い予測においては、アルゴリズムやメカニズムなどの定型性を発生する原理を想定することが有効に働く。また、砲弾の落下地点を予測するためには物理法則と外乱を考慮することが有効である。意図的な主体の振舞い予測においては心的な目的を想定(帰属)することが有効である。

意図とは心的に表象された目的である。そのため、目的志向的な振舞いが意図帰属の原因となると言われている [6]。しかし、多くの機械の振舞いも目的志向的である。それでは人間と機械は同じなのだろうか。目的志向性が観察者によって帰属されるものであるために、このような矛盾が発生する。人間や生物の場合はその主体自身が目的志向性を有している(と考えられる)が、機械の場合はそれ

自身が目的を持っているわけではない。目的は第三者が帰属するものであり [19]、機械の振舞いの本質をなしているのは振舞いの定型性である [20]。

意図的な主体の振舞いを特徴づける性質として等終局性 (equifinality) がある [21]。等終局性とは異なる振舞いが同一の終局に到達するという振舞いの性質である。例えば、落石などの物理的な現象は、環境が異なると終極状態が異なるのに対し、目的を持った人間は状況が異なっても別の手段を用いて同一終極に到達することができる。複数の行為系列が同一の終端に到達するのを観測することによって、観察対象の振舞いを駆動している意図が同定できるために等終局性は意図の推定に寄与する。等終局性はそれ自体で意図の帰属に寄与するが、複数の行為系列を観察しなければ等終局性を認識することはできない。より早く意図的な主体であることを察知するためには、別の特徴に注目しなければならない。そのような振舞いの特徴としては逸脱性が考えられる。逸脱性は行動主体が振舞いの多様性を有していることを示す兆候である。それまでとっていた局所的な目的志向的行動を放棄 (逸脱) し、別の目的志向的行動に乗り換えるのである。

意図的な主体は最短経路、最短時間やエネルギー損失最少という合理性を考慮した振舞いを生成するため [17], [18]、局所的な目的志向的な振舞いは予測が容易である。しかし、目的そのものが遷移した場合や、同一の目的であっても手段を変更した場合には、振舞いを予測することはできない。すなわち、意図的な主体の振舞いには予測可能な部分と予測不可能な部分が混在していると言える。子安らも同様に予測可能性、予測不可能性が意図帰属に関係するという考察を行っている [22]。しかし、意図性知覚と予測可能性の関係を直接調べた研究は我々の知る限り存在しない。

Gao らは予測可能性を間接的にパラメータ化し、生物性の知覚を調べる研究を行った [23]。彼らはそれまでの主観評価による生物性評定に疑問を呈し、実験参加者が捕獲者から捕まるか逃げられるかによって生物性を定義しようとした。彼らの実験では、実験参加者に羊をマウスでコントロールさせ、追跡役の狼から逃げることをタスクとして与えた。実験の結果、狼が 60% の追跡行動 (羊に対する目的志向的振舞い) と 40% のランダムな振舞いを混合して生成した場合に羊が逃げ切ることが最も難しくなることを示した。このことは、目的志向的 (法則化可能な) 振舞いとランダムな振舞いを適当な割合で混ぜることが相手に読めない戦略となることを示唆する。しかし、彼らの研究には以下に挙げる問題点が含まれている。まず、捕まる / 逃げられるは間接的には予測可能性を表しているが 2 値であるために、予測可能性を連続値として扱っているわけではない。また、実験結果において、追跡率が 0% と 100% で実験参加者の逃げ切り割合は高かったが、追跡率 0% で逃げ切れたのは実験参加者が狼を同定したからではなく、そもそ

も狼が羊を追跡していなかったからであり、実験参加者はランダムに動かすだけで捕獲を避けることができた。さらに、実験参加者に対して振舞いの主観的評定を求めているので、主観的生物性と客観的に測定される予測可能性との関係を明らかにしていない。

本研究では、金魚の運動を自己回帰モデルによってモデル化し、パラメータを変化させて人工的に生成した質点の運動を実験参加者に追跡させることで、客観的な予測可能性を測定する。また、実験参加者には追跡に用いた運動に対する生物性と意図性の主観的評定を求める。この方法により、客観的に観測した連続的な予測可能性と主観的な生物性と意図性の関係を明らかにすることができる。

4. 金魚の動きのモデル化

本研究では実験参加者に提示する質点の運動の元となる運動として金魚の運動を用いる。本章では金魚の運動を自己回帰モデルによってパラメータ化し、刺激となる質点の運動を生成する方法について述べる。

実際の生物を用いた生物性知覚の研究としては福田らの研究がある [24]。彼らは実験参加者がカメに対してリーチング動作を生成する時の脳活動の計測、分析を行い、生物性知覚の脳内基盤のモデル化を行った。また、メダカが人工的に生成したパーチャルミジンコの運動に対して捕食行動を起こすかどうかによって生物らしさを知覚させる振舞いの性質を調べた研究がある [25]。

4.1 対象

撮影に用いた金魚は、体長約 50mm のリュウキンである。

4.2 撮影環境

金魚の振舞いは図 1 に示す環境を用いて撮影した。水槽の大きさは 1,500mm × 1,500mm、水深は約 50mm である。水槽は木枠に白色のビニールシートを敷くことで作成した。水槽の中央上部 1,700mm の位置にデジタルカメラ (Nikon COOLPIX S3100) を取り付け、また上部に照明器具を二つ取り付けた。

4.3 データ取得

撮影される動画は、640 × 480 の 30fps の avi 形式である。30 分を単位として、8 本の動画を撮影した。計 240 分の動画の中から金魚が壁に沿って移動する区間を排除するなど、定常と判断できる部分を手動で選択し、22 個の動画を得た。それぞれの動画に対して各フレームごとに OpenCV を用いた画像処理を施し (図 2 参照)、金魚の魚影だけを抽出し、その重心を計算した。22 個の 2 次元の時系列データを結合部分の角度変化と速度変化が滑らかなように結合して合計約 16,000 点、約 530 秒相当の位置に関する 2 次元座標時系列データを作成した。

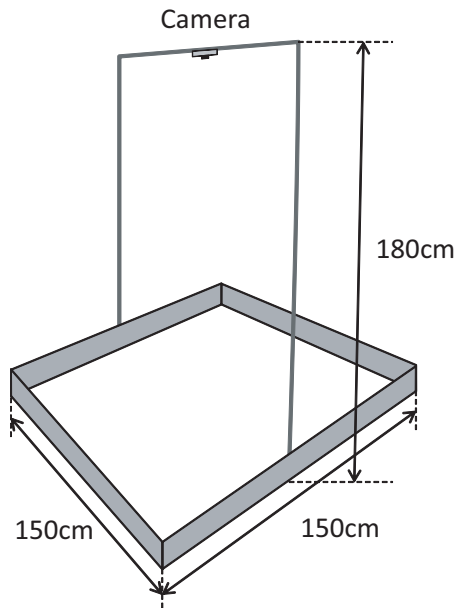
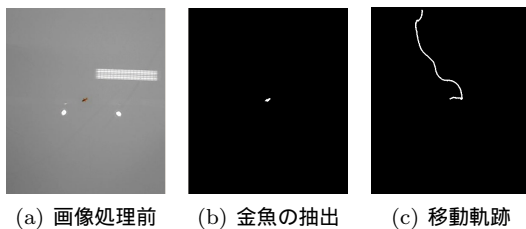


図 1 撮影環境



(a) 画像処理前 (b) 金魚の抽出 (c) 移動軌跡

図 2 画像処理過程

4.4 AR 過程によるモデル化

上記のように取得された金魚の位置変化の時系列データに対して自己回帰モデル (Autoregressive model, AR モデル) をあてはめ、数理モデル化を試みた。AR モデルは一般に下記のように記述される。

$$x(t) = c + \sum_{i=1}^p a_i x(t-i) + \epsilon_t$$

ここで t はある単位の離散時間, c は定数項, a_1, \dots, a_p はモデルのパラメータ, p はモデルの次元であり, ϵ_t は i.i.d を満たすガウス雑音である。

金魚の位置変化はそのままでは AR モデルを適用できない。入力がガウス分布の雑音である AR モデルは, 出力もガウス分布になる。金魚の動きからガウス分布に当てはまる確率的駆動因子を分離するため, 金魚の位置ベクトルの時系列変化 $x(t) \in \mathbb{R}^2$ を下記のように表現した。

$$x(t+1) = x(t) + \Delta x(t)$$

$$\Delta x(t) = v(t)L(\phi(t)) \frac{\Delta x(t-1)}{|\Delta x(t-1)|}$$

ここで, $v(t)$ と $\phi(t)$ はそれぞれ時間 t における単位時間あたりの移動距離と回頭角度を表す。 L はベクトルの回転作用素である。我々はまず, 撮影された金魚のデータから,

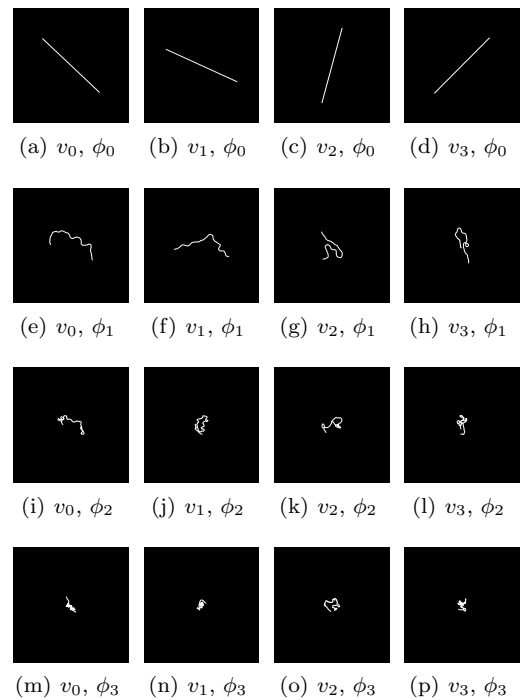


図 3 用意した 16 個のモデルの軌跡

$v(t)$ と $\phi(t)$ のヒストグラムがほぼガウス分布になることを確認した。それぞれを AR モデルにあてはめ, パラメータを Yule-Walker 法および Levinson-Durbin の再起法を用いて求めた。モデルの次元 p はそれぞれ AIC (Akaike's Information Criterion) を考慮して選んだ。

4.5 刺激動画の生成

得られた金魚の挙動モデルから, 下記のようにパラメータを調整して仮想的な金魚の動きを複数生成した。

$$x_{ij}(t+1) = x_{ij}(t) + \Delta x_{ij}(t)$$

$$\Delta x_{ij}(t) = v_i(t)L(\phi_j(t)) \frac{\Delta x(t-1)}{|\Delta x(t-1)|}$$

$v_i(t)$, $\phi_j(t)$, $i, j = \{0, 1, 2, 3\}$ は, 実際の金魚の行動データから得られた時系列のものに対し, $v(t)$ と $\phi(t)$ の標準偏差をそれぞれ i 倍, j 倍したものであり, 組み合わせにより $x_{ij}(t)$ として合計 16 種の動きデータを生成した。16 種類の運動軌跡を図 3 に示す。図中では速度変化は表現できないため, 行については類似の軌跡となっている。

5. 実験

実験の目的は, それぞれのモデルの運動に対する予測可能性とアンケートによる生物性・意図性の評定値との関係を調べることである。実験は対象追跡とアンケートの 2 部によって構成される。実験参加者はまず対象追跡実験を行い, その後にアンケートに回答する。いずれの実験もコンピュータディスプレイ上で行われた。

本実験は速度変化要因 (4 水準) × 角度変化要因 (4 水



図 4 実験装置の概略図

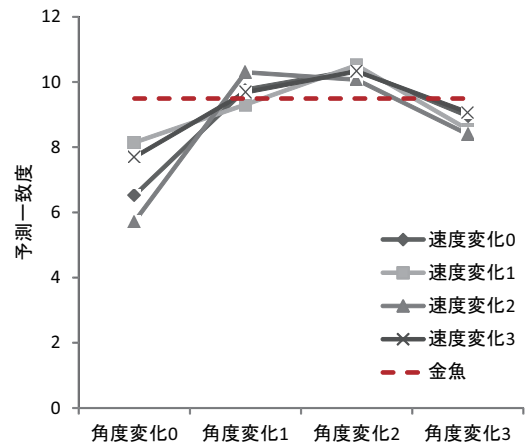


図 5 予測一致度

準)の2要因被験者内実験である。

5.1 刺激

作成したモデル16個について、それぞれ5倍速の動画を作成した。また、実際の金魚の運動についても5倍速の動画も用意した。これら17個の動画では、15秒間黒色の背景にモデルに従って運動する白点のみが表示される。

5.2 対象追跡

対象追跡実験では、実験参加者はペンタブレットを用いて17個の動画に対し、移動する白点を追跡することを求められた。実験装置の概略を図4に示す。実験参加者はペンタブレットを用いてディスプレイ上に表示される赤いカーソル(3ピクセル)を動かして、白点(4ピクセル)を追跡することを求められる。図中では軌跡が表示されているが、実際には軌跡は表示されず点のみが表示される。白点の運動は被験者がペンのクリックボタンを押下することによって開始する。ただし、赤いカーソルが白点の近傍10ピクセル以内に入っていなければ白点の運動は開始しない。そのため、追跡開始初期に追跡対象と参加者のカーソルが離れているという状況を回避できる。

操作に対する慣れが実験結果に影響しないよう、動画の提示順序は実験参加者ごとにランダムとした。ペンカーソルの操作に慣れるため、実験参加者は4つの動画を用いた追跡練習を行った。この時に用いた動画は本実験に用いたものとは異なる。

5.3 アンケート

対象追跡実験に引き続き、アンケートを行った。実験参加者は提示された17個の動画それぞれに対して、「生物らしい」と「意図的」の語句に対して、7段階(1.全くそう思わない 2.そう思わない 3.あまりそう思わない 4.どちらでもない 5.ややそう思う 6.そう思う 7.強くそう思う)で評定することを求められた。また、アンケートにおける動画の提示順序は実験参加者ごとにランダム

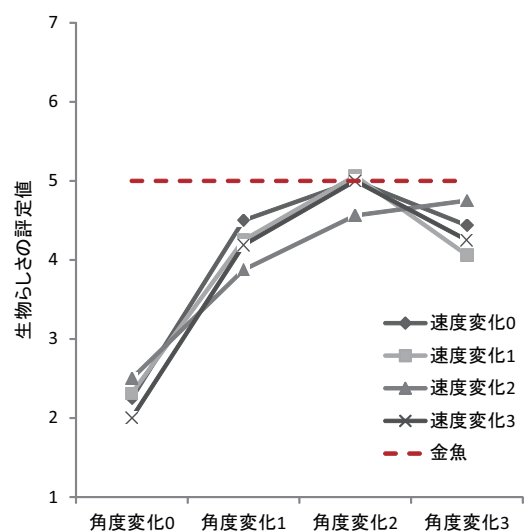


図 6 生物性の評定値

ムであった。

5.4 実験参加者

17名の大学生(男性10名,女性7名)が実験に参加した。

5.5 実験結果

予測可能性を定量化するために、移動点とペンカーソルとのユークリッド距離の平均を計算した(以下、予測一致度と呼ぶ)。なお、予測一致度は値が小さいほど、対象の振舞いと参加者の予測の一致度が高いと考える。各動画それぞれに対して、実験参加者ごとに予測一致度を計算し、全実験参加者について平均を計算した結果を図5に示す。なお、金魚の振舞いに対する予測一致度の平均を図中に赤線で示した(以下の図も同様)。予測一致度の計算においては、追跡軌道が安定しない追跡開始1秒間のデータを除いた14秒間を用いた。

速度変化と角度変化の違いが予測一致度に影響を与えたかどうかを確かめるために、2元配置分散分析を行った。速度変化要因と角度変化要因において交互作用は見られなかった

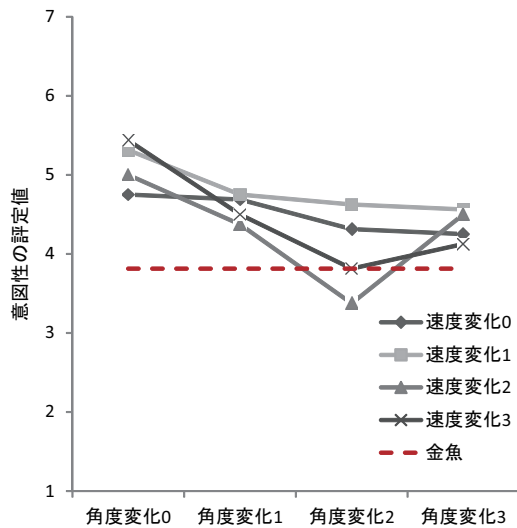


図 7 意図性の評定値

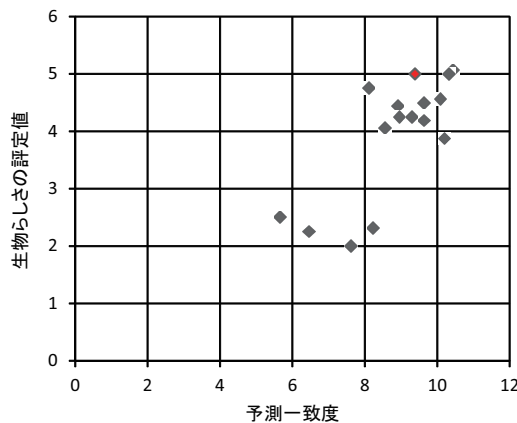


図 8 予測一致度と生物性の評定値の関係

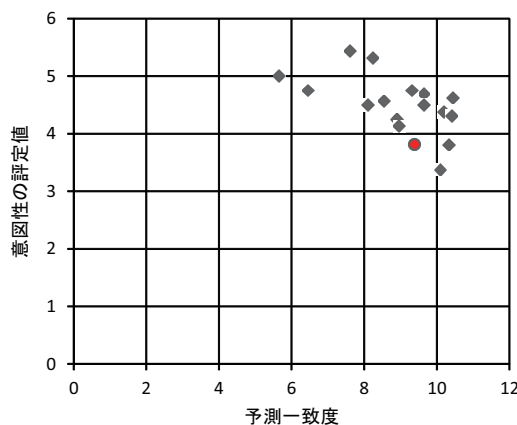


図 9 予測一致度と意図性の評定値の関係

($F(9, 240) = 0.63, p = 0.77$) . 角度変化要因の主効果は有意水準 1% で有意であった ($F(3, 240) = 12.59, p < 0.01$) . Tukey の方法による多重比較の結果, 角度変化 0 と角度変化 1, 角度変化 0 と角度変化 2 の間で 1%, 角度変化 0 と角度変化 3, 角度変化 2 と角度変化 3 の間で同 5% の有意な差が確認された . 速度変化要因の主効果は確認されなかった ($F(3, 240) = 0.40, p = 0.75$) .

各動画それぞれに対する生物性と意図性の評定値の全参加者の平均値を図 6, 図 7 に示す . 速度変化と角度変化の違いがそれぞれ生物性の評定値に影響を与えたかどうかを確かめるために, 2 元配置分散分析を行った . 速度変化要因と角度変化要因において交互作用は見られなかった ($F(9, 240) = 0.48, p = 0.90$) . 角度変化要因の主効果は有意水準 1% で有意であった ($F(3, 240) = 34.02, p < 0.01$) . Tukey の方法による多重比較の結果, 角度変化 0 と角度変化 1, 角度変化 0 と角度変化 2, 角度変化 0 と角度変化 3 の間で 1% の有意な差が確認された . 速度変化要因の主効果は確認されなかった ($F(3, 240) = 0.16, p = 0.92$) .

同じく, 速度変化と角度変化の違いがそれぞれ意図性の評定値に影響を与えたかどうかを確かめるために, 2 元配置分散分析を行った . 速度変化要因と角度変化要因において交互作用は見られなかった ($F(9, 240) = 0.58, p = 0.81$) . 角度変化要因の主効果は有意水準 1% で有意であった ($F(3, 240) = 4.97, p < 0.01$) . Tukey の方法による多重比較の結果, 角度変化 0 と角度変化 2 の間で有意水準 1%, 角度変化 0 と角度変化 3 の間で同 5% の有意な差が確認された . 速度変化要因の主効果は確認されなかった ($F(3, 240) = 1.03, p = 0.38$) .

図 9, 図 8 に予測一致度と生物性, 意図性の評定値の関係を散布図に表したものを示す . 予測一致度と生物性の評定値の間の相関係数は 0.79 ($p < 0.01$), 予測一致度と意図性の評定値の間の相関係数は -0.58 ($p < 0.05$) であった .

6. 考察

6.1 振舞いの性質と予測一致度

実験結果 (図 5) により, 予測一致度が速度変化の違いには影響を受けず, 角度変化の違いに影響を受けたことが分かる . 速度の違いが予測一致度に影響を与えなかった理由は, もとの金魚の運動における速度変化がそれほど小さくなく, パラメータの操作による速度変化の程度の違いが振舞いの予測可能性に影響を与えるほど大きくなかったためだと考えられる .

角度変化 0 は直線運動なので運動の予測が容易である . これは, 角度変化 0 のときの予測一致度が角度変化 1, 角度変化 2, 角度変化 3 のときよりも有意に小さいことから説明できる . 角度変化 3 のときの予測一致度が角度変化 2 のときより小さいのは, 角度変化 3 の運動が比較的狭い領域で細かく動くようなものであったからだと考えられる .

6.2 振舞いの性質と生物性, 意図性知覚

図 6 と図 7 を比較して見ると, 生物性と意図性の評定値は角度変化の違いに対する傾向が大きく異なることが分かる . 生物性は角度変化が 0 すなわち直線運動のときに低く評定され, 意図性は高く評定されている . 直線運動において生物性が低く評定されたのは単純で軌道を外れないとい

う直線運動の性質が機械的な印象を与えたからだと考えられる。

Tremoulet らの研究によると等速直線運動の生物性 (alive) の評定値は 1 から 7 の 7 段階評定で 3.2 程度である (文献 [9] の Figure. 5 より読み取り)。評価に用いた語句が異なるために、直接的な比較はできないが、本実験における等速運動における生物らしさの評定値の平均 2.3 は妥当なものと思われる。

角度変化の程度を増加させると生物らしさの評定値も高くなっている。この結果も Tremoulet らの実験結果 [9] と一致する。ただ、本研究における振舞いは金魚の運動の自己回帰モデルに従っているとはいえ、等速直線運動を基準として角度と速度をランダムに変化させたものだと考えることができる。すなわち、Tremoulet らの実験のように、運動の途中で一度だけ速度や角度を変化させるものではないため直接の比較はできない。

直線運動において意図性が高く評定されたのは、特定の方向に向かうという目標志向性が知覚されたためだと考えられる。

6.3 振舞いに対する予測可能性と生物性、意図性知覚

図 9, 図 8 を見ると、振舞いの予測可能性と主観的評定値の関係は生物性と意図性の間で大きく異なることが分かる。すなわち、予測が困難な振舞いほど生物らしさは高く評定され、意図性は低く評定される。反対に予測が容易なほど生物らしさが低く評定され、意図性が高く評定されるということである。この結果はこれまでの考えられてきた生物性と意図性が類似した概念であるという考えを覆すものである。

予測が容易な対象ほど意図性が高いという結果は、観察対象の目的が理解できたために、振舞いの予測が容易になったと解釈することができる。しかし、往復運動を延々と続けるなど、常に定型的な振舞いを生成する主体に意図性は感じられないため [20]、予測がさらに容易な振舞いや定型的振舞いから逸脱する場合の予測困難さについて調査する必要がある。

7. おわりに

本研究では、人らしさ知覚の要素されている意図性と生物性について、振舞い予測の観点から両者の違いを明らかにすることを目的として実験を行った。実験ではまず、金魚の振舞いの自己回帰モデルによるモデル化を行い、速度変化と角度変化の程度を操作することで 16 個の質点の運動の動画を作成した。この動画と実際の金魚の運動を合わせた合計 17 個の動画を実験参加者に提示し、ペンタブレットを用いて追跡させることで、振舞いの予測可能性を客観的に定量化した。さらに、17 個の動画に対する生物性・意図性の評定値と予測可能性の相関を求めることで、振舞い

の予測が困難な振舞いほど生物らしさを強く感じ、意図性が弱く感じられることが分かった。

参考文献

- [1] Krach, S., Hegel, F., Wrede, B., Sagerer, G., Binkofski, F. and Kircher, T.: Can Machines Think? Interaction and Perspective Taking with Robots Investigated via fMRI, *PLoS ONE*, Vol. 3, p. e2597 (2008).
- [2] Baron-Cohen, S.: *Mindblindness: An Essay on Autism and Theory of Mind*, The MIT Press (1995).
- [3] Premack, D. and Premack, A. J.: Moral belief: Form versus content, in *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture*, pp. 149–168, Cambridge: Cambridge University Press (1994).
- [4] Heider, F. and Simmel, M.: AN EXPERIMENTAL STUDY OF APPARENT BEHAVIOR, *The American Journal of Psychology*, Vol. 57, No. 2, pp. 243–259 (1944).
- [5] Bassili, J. N.: Temporal and Spatial Contingencies in the Perception of Social Events, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 33, No. 6, pp. 680–685 (1976).
- [6] Ditttrich, W. H. and Lea, S. E. G.: Visual perception of intentional motion, *Perception*, Vol. 23, No. 3, pp. 253–268 (1994).
- [7] Gelman, R., Durgin, F. and Kaufman, L.: Distinguishing between animates and inanimates: not by motion alone, in Sperber, D., Premack, D. and Premack, A. J. eds., *Causal cognition: a multidisciplinary debate*, chapter 6, pp. 150–184, Oxford University Press (1995).
- [8] Szego, P. A. and Rutherford, M. D.: Dissociating the perception of speed and the perception of animacy: a functional approach, *Evolution and Human Behavior*, Vol. 29, No. 5, pp. 335–342 (2008).
- [9] Tremoulet, P. D. and Feldman, J.: Perception of animacy from the motion of a single object, *Perception*, Vol. 29, No. 8, pp. 943–951 (2000).
- [10] Poulin-Dubois, D. and Heroux, G.: Movement and Children's Attributions of Life Properties, *International Journal of Behavioral Development*, Vol. 17, No. 2, pp. 329–347 (1994).
- [11] 龍輪飛鳥, 伊東裕司: 運動図形に対する心的状態の帰属, 日本認知科学会第 21 回大会論文集, pp. 274–275 (2003).
- [12] Santos, N. S., David, N., Bente, G. and Vogele, K.: Parametric induction of animacy experience, *Consciousness and Cognition*, Vol. 17, No. 2, pp. 425–437 (2008), [jce:title;Social Cognition, Emotion, and Self-Consciousness;/ce:title;.](#)
- [13] 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・軌跡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 (2008).
- [14] 青野直也, 森田寿郎, 植田一博: 2 リンク機構の運動から知覚される生物性の解析, 電子情報通信学会論文誌 (D), Vol. J95-D, No. 5, pp. 1268–1275 (2012).
- [15] Tremoulet, P. D. and Feldman, J.: The influence of spatial context and the role of intentionality in the interpretation of animacy from motion, *Perception & Psychophysics*, Vol. 68, No. 6, pp. 1047–1058 (2006).
- [16] Premack, D. and Premack, A. J.: Intention as psychological cause, in Sperber, D., Premack, D. and Premack, A. J. eds., *Causal cognition: a multidisciplinary debate*, pp. 185–199, Oxford University Press (1995).
- [17] Dennett, D. C.: *The Intentional Stance*, Cambridge, Mass, Bradford Books/MIT Press (1987).

- [18] Gergely, G., Nádasdy, Z., Csibra, G. and Bíró, S.: Taking the intentional stance at 12 months of age, *Cognition*, Vol. 56, No. 2, pp. 165–193 (1995).
- [19] Dennett, D. C.: The Interpretation of Texts, People and Other Artifacts, *Philosophy and phenomenological research*, Vol. 50, pp. 177–194 (1990).
- [20] 寺田和憲, 岩瀬寛, 伊藤昭: Dennett の論考による 3 つのスタンスの検証, *電子情報通信学会論文誌 (A)*, Vol. J95-A, No. 1, pp. 117–127 (2012).
- [21] Heider, F.: *The Psychology of Interpersonal Relations*, Lawrence Erlbaum Associates (1958).
- [22] 子安増生, 龍輪飛鳥: 運動図形に対する心的状態の付与に及ぼす図形の種類と運動パターンの効果, Technical report, 京都大学 (2004).
- [23] Gao, T. and Scholl, B. J.: Chasing vs. stalking: Interrupting the perception of animacy, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, Vol. 37, No. 3, pp. 669–684 (2011).
- [24] 福田玄明, 植田一博: 実際の生物を用いたアニメーション知覚の脳内基盤の検討, *認知科学*, Vol. 18, No. 1, pp. 64–78 (2011).
- [25] Matsunaga, W. and Watanabe, E.: Visual motion with pink noise induces predation behaviour, *Scientific Reports*, Vol. 2, No. 219, pp. 1–7 (2012).