

## アニメシー知覚を利用した生体検出

松田 恭平 石井 雅博 唐 政 山下 和也

富山大学大学院理工学教育部 〒930-8555 富山県富山市五福 3190

E-mail: m0671122@ems.u-toyama.ac.jp, {ishii, ztang, kazuya}@eng.u-toyama.ac.jp

あらまし 我々が見ている対象が生物か無生物かにかかわらず，“生き物である”と感ずることをアニメシー知覚という。また我々は二次元平面上で等速直線運動する視対象が，その速度及び運動方向を変えると，アニメシーを知覚することが知られている。本研究ではこの知覚特性を利用し，動画像処理による生体検出システムを提案する。動画像中の移動物体から重心点を抽出し，速度変化，方向変化などを算出，動画像中の移動物体が動物であるか，動物でないかを推定する。

キーワード アニメシー知覚，生体検出，動画像処理，重心点追跡

## Life detection using animacy

Kyohei MATSUDA Masahiro ISHII Zheng Tang and Kazuya YAMASHITA

Graduate School of Science and Engineering Education, University of Toyama

3190 Gofuku, Toyama-shi, Toyama, 930-8555 Japan

E-mail: m0671122@ems.u-toyama.ac.jp, {ishii, ztang, kazuya}@eng.u-toyama.ac.jp

**Abstract** It is called animacy perception to feel, "It is a living thing" regardless of animate or inanimate thing at which we are looking. Moreover, when target where the straight line of an equal velocity moves by the plane changes the speed and the direction, we are known animacy is perceived. In this research, it proposes the life detection system by the image sequence processing by using this perception characteristic. The center of gravity point is extracted from the movement object in the image sequence, the speed and the direction change are calculated, and whether the moving object in the image sequence is animate or inanimate thing is presumed.

**Keyword** Animacy perception, Life detection, Image sequence processing, Center of gravity tracking

### 1. はじめに

我々やその他動物において，外界の移動物体を動物であるか非動物であるかを認識することは基本的な能力であり，またその判別は瞬時に行うことが出来る。小動物は獲物かどうかを見極め，捕獲し，また外敵から逃げる。またバイオロジカルモーションの知覚では，我々は幾つかの点の動きを見ることで，人間が歩いたり跳ったりする運動を知覚する。このような生体の知覚における視覚情報処理は簡易なアルゴリズムであると考えられる。

我々が見ている対象が生物か無生物にかかわらず，“生き物である”と感ずることをアニメシー知覚という。二次元平面上で等速直線運動し，任意の地点で速度と方向をステップ状に変化する視対象を見ると，アニメシーを知覚す

る。その際，両変化ともに変化量が大きいほど，より動物らしく見えることが分かっている[1]。

また，松田らは，速度及び方向がステップ関数的に変化するよりも連続的に変化するほうが，より“生き物らしく”知覚されることを明らかにした[2]。

本研究では，動画像処理によって生体を検出することを目的とした。なるべく簡単なアルゴリズムにてシステムを構築することを目標とし，移動物体の重心の軌道から生体を検出する。その際に，人間のアニメシー知覚特性を利用する。アニメシー心理実験の結果を用いて関数近似し，生体検出関数を定める。動画像中における移動物体の重心軌道から速度変化，方向変化を抽出し，それらを生体検出関数にかけて生体検出を行う。

## 2. アニマシー心理実験

### 2.1. 実験概要

本実験ではどのような速度変化・方向変化が生き物らしく知覚されるのかを心理実験によって調べた。被験者はディスプレイ上を動く視対象（提示刺激）を数百種類観察し、その動物らしさを7段階で評価した。

### 2.2. 実験方法

被験者は図1右図のような白いサークル中を動く黒点（視対象）の動きを見る。黒点は白いサークル左下より中心に向かい等速直線運動し、任意の地点で速度と方向を変化させて移動を続ける。黒点の初速は  $V_0$ [deg/sec]、終速は  $V_f$ [deg/sec]、方向変化量を  $\Delta\Phi$ [deg]とし、方向変化時の曲率半径を  $r$ [deg]とする。本実験の刺激では変化方法を7種類（ステップ状、連続…曲率半径  $r = 0.150, 0.301, 0.452, 0.603, 0.753, 0.904$  [deg]）（図2）、速度変化比を5種類（ $V_f/V_0 = 0.5, 1, 2, 4, 6, V_0 = 1.7$  [deg/sec]）、方向変化量を7種類（ $\Delta\Phi = 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180$  [deg]）用意した。全ての条件を組み合わせると245通

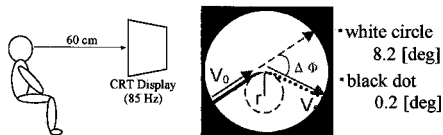


図1 実験環境と提示刺激

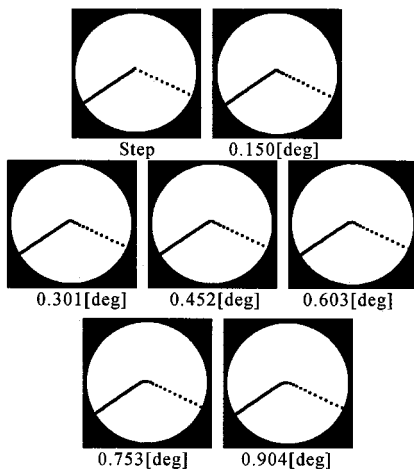


図2 変化方法の違い（ $V_f/V_0=4, \Delta\Phi=60$ [deg]）

りの刺激となり、それを1セットとして1人あたり2セット観察した。また被験者は刺激観察

後の応答として、刺激から受ける生き物らしさ（アニマシー度，Animacy rating）を7段階で評価する。例えば、とても生き物らしければ7、どちらでもなければ4、全く生き物らしくなければ1といった応答となる。被験者は5名であった。以上のような実験を行い、それぞれの刺激の生き物らしさを調べた。

### 2.3. 実験結果

図3に速度変化におけるアニマシー度の変化のグラフ、図4に方向変化におけるアニマシー度の変化のグラフを示す。図3グラフは横軸に速度変化比  $V_f/V_0$ 、縦軸にアニマシー度とする。速度変化比5段階ごとにデータ平均を求めて、各変化方法における結果を同時にプロットしている。図4グラフは横軸に方向変化量  $\Delta\Phi$ [deg]、縦軸にアニマシー度とする。方向変化量7段階ごとにデータ平均を求めて、各変化方法における結果を同時にプロットしている。

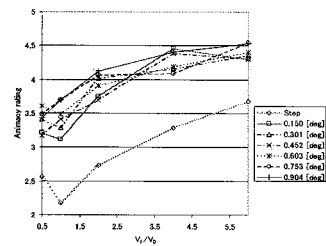


図3 速度変化におけるアニマシー度の変化

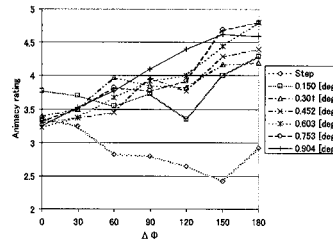


図4 方向変化におけるアニマシー度の変化

速度変化、方向変化の両グラフにおいて、その変化量が大きくなるほど、より強くアニマシーを知覚していることが分かる。そして変化方法がステップ状であるときよりも、連続変化のほうがより強くアニマシーを知覚している。さらに連続変化においても、曲率半径  $r$  が  $0.150, 0.301, \dots, 0.904$ [deg]と大きくなるにつれて、より強くアニマシーを知覚している。また図3の速度変化グラフにおいて、 $V_f/V_0=0.5$ のときに、

$V_f/V_0=1$  のときよりも強くアニマシーを知覚している。方向変化グラフにおいて、変化方法がステップ状のとき、方向変化量が大きくなるにつれ、より弱くアニマシーを知覚し、同じく180[deg]のとき、少し強くアニマシーを知覚している。

次に、各変化方法ごとの結果グラフの例を図5に示す。横軸は速度変化比  $V_f/V_0$  及び方向変化量  $\Delta\Phi$  [deg]、縦軸はアニマシー度とする。

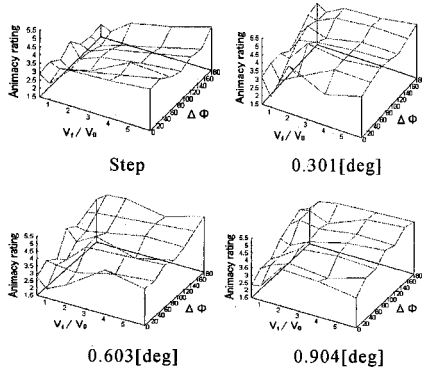


図5 各変化方法ごとの結果グラフの例

以上の心理実験結果をもとに、速度変化、方向変化による生体検出関数を定める。

### 3. 生体検出関数

本研究では、移動物体が生体であるかどうかを判別するために、アニマシー心理実験で取得した被験者データを関数近似し、生体検出関数を定める。この関数に移動物体の重心軌道データを入力すると、アニマシー度が出力される。

またアニマシー心理実験の際には曲率半径の変化により生き物らしさが変わるので、変化方法ごとに生体検出関数を定める必要がある。しかし本研究では動画中より適切な曲率半径を抽出できなかったため、曲率半径も一意に定める。それにより、関数近似する被験者データは、経験則的に連続変化における曲率半径  $r=0.150$ [deg]のデータとする。また近似式として式(1)に示す3次多項式を使用する。

$$\begin{aligned} \text{AnimacyRating} = & a * x^3 + b * x^2 + c * x \\ & + d * y^3 + e * y^2 + f * y + g \quad (1) \\ \left( x = \frac{V_f}{V_0}, y = \Delta\phi, \text{const} : a, b, c, d, e, f, g \right) \end{aligned}$$

図3において速度変化が1の地点でグラフの谷が見られるため、近似の際にも速度変化が1未満と1以上で分離して考える。ここで式(1)を用いて回帰分析し、式中の定数を求めた。定数の値はそれぞれ、

$$\begin{aligned} a &= -0.554 \\ b &= -0.071 \\ c &= 0.896 \\ d &= 0.905 * 10^{-6} \\ e &= 0.203 * 10^{-3} \\ f &= 9.594 * 10^{-3} \\ g &= 2.828 \end{aligned}$$

となった。これにより定まった生体検出関数のグラフを図6に示す。メッシュの幅が小さいデータが生体検出関数データ、大きいのが心理実験データである。またこの近似における決定係数は0.822である。

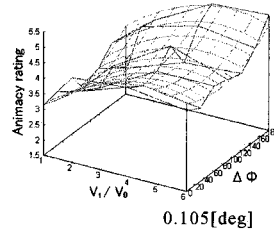


図6 生体検出関数と心理実験データ

### 4. 生体検出処理

#### 4.1. 生体検出処理概要

本研究で行った生体検出処理では、まず動画像を入力し、動画像中の移動物体の重心座標を抽出する。そして重心座標の軌道から速度変化、方向変化を特徴量として抽出する。その特徴量を生体検出関数に入力し、アニマシー度を出力する。

#### 4.2. 物体重心の移動軌道抽出

本研究にて行われる動画像処理における重心座標抽出フローチャートを図7に示す。本処理中においてノイズ除去のためにラベリング処理、ノイズによる重心座標への影響を軽減するために、重心座標移動時に移動平均処理を施している。また図8においてフローチャートにおける画像処理の様子を示す。図7中入力動画像は、サルが図中右から左へ向かって歩行する様子である。処理後の画像について、ブラックバック中の白領域が移動物体のシルエットであり、

その中心あたりにある小点は、移動物体の重心である。図9に重心座標移動の様子を示す。

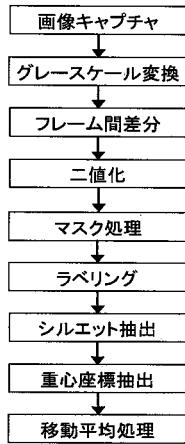


図7 重心座標抽出フローチャート



図8 動画像処理の様子



図9 重心座標移動の様子

図9より、動画像中の移動物体における重心を抽出できていることが分かる。

### 4.3. 速度・方向変化の抽出と生体検出

重心の軌道座標からの生体検出では、先に求めた生体検出関数を用いる。そのためには、重心座標の移動中から特徴量として、速度変化、方向変化をそれぞれ求めなければならない。本処理では、図10のように重心座標移動中から等間隔のフレーム数ごとの3点に注目し、それぞれ  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $p_3$  とする。そして  $p_1$  から  $p_2$  への移動ベクトルを  $\vec{a}$ 、 $p_2$  から  $p_3$  への移動ベクトルを  $\vec{b}$  とする。

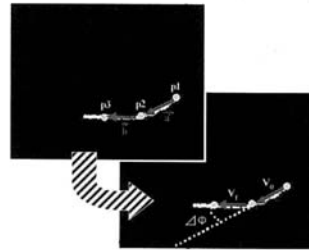


図10 特徴抽出方法

その後は図10のように速度変化及び方向変化を求めたいので、以下の式(2)、(3)を用いる。また、それによって得られた結果例を図11に示す。

$$\frac{V_f}{V_0} = \frac{\|\vec{b}\|}{\|\vec{a}\|} \quad (2)$$

$$\Delta\phi = \cos^{-1} \left\{ \frac{(\vec{a} \cdot \vec{b})}{\|\vec{a}\| \cdot \|\vec{b}\|} \right\} \quad (3)$$

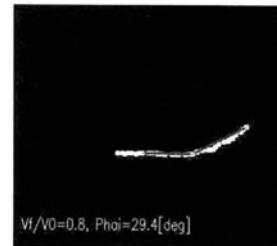


図11 速度変化及び方向変化算出例

図11の結果例では、 $V_f/V_0=0.8$ 、 $\Delta\phi=29.4[\text{deg}]$ という結果となった。以上の方法で速度変化及び方向変化を求める。

次に図8及び図10で用いたサンプルにて、速度・方向変化を抽出し、生体検出関数にかけて検出した結果の例を図12に示す。

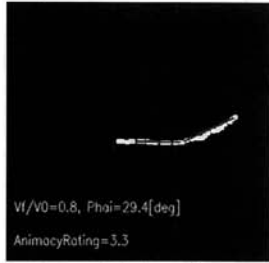


図 12 生体検出結果例

速度変化が 0.8, 方向変化が 29.4[deg]という入力に対し, 出力であるアニマシー度が 3.3 という結果となった。

## 5. 評価実験

### 5.1. 実験概要

本研究で構築したシステムにて評価実験を行う。動物及び非動物の動画像をいくつか入力し, 生体検出率を求め, システムの評価を行う。

### 5.2. 実験方法

本実験では動画像を入力して生体検出処理し, アニマシー度を算出する。動画像には動物動画 14, 非動物動画 12 の 26 動画を用いる。非動物動画には単調に転がるボールや, ランダムに落下する紙の動きが含まれる (図 13)。

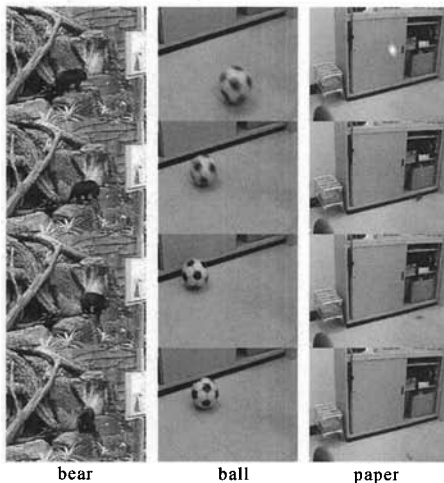


図 13 入力動画像の例

動物・非動物の閾値は, 生体検出関数の出力平均値である 3.5 とし, その値以上なら動物, 以下なら非動物と判定する。処理結果より検出率 (動物検出率, 非動物検出率), 動物動画と非

動物動画のアニマシー度における平均値と標準誤差を測定し評価する。

### 5.3. 実験結果

実験結果として表 1 に生体検出率, 表 2 に平均アニマシー度を示す。

表 1 生体検出率

検出結果 動画像	動物	非動物
動物	21.4%	78.6%
非動物	16.7%	83.3%

表 2 正答率

正答率; 52.4%

表 3 平均アニマシー度

	動物	非動物
平均値	3.307	3.225
標準誤差	0.069	0.081

動物が動物として推定された割合は, 非動物が動物として推定された (誤認識) 割合よりも高かった。また, 非動物が非動物として推定された割合は, 動物を非動物として推定した (誤認識) 割合よりも高かった。動物が非動物として推定された動画像の例を図 14 に示す。

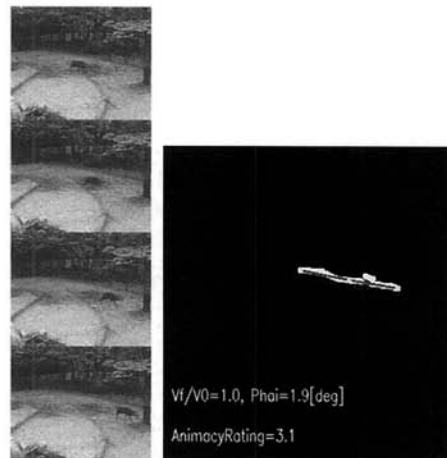


図 14 動物が非動物として誤認識された例

動物が非動物として誤認識される際の動画

像の特徴としては、速度変化と方向変化がともに小さいということがある。また非動物が動物として推定された動画像の例としては図 15 に示す。

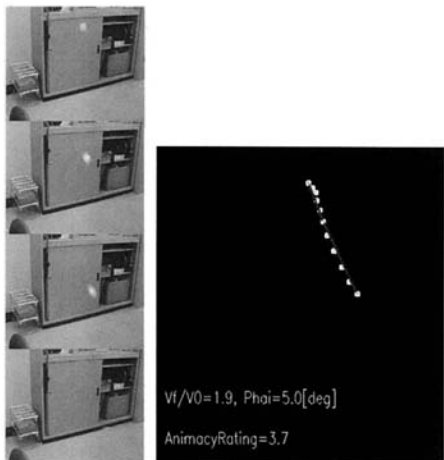


図 15 非動物が動物として誤認識された例

非動物が動物として誤認識される際の特徴は、速度変化が大きくなっていることにある。非動物において、通常はそれ自身が意思を持ち加速することは無いが、落下する際に限り加速する。そのような場合に、動物と誤認識されている。

## 6. 考察

正答率の結果は良くないといえる。その理由としては、生体検出の特徴量としての曲率半径を一定の値としたことと、動画像の切り出し位置や、動画像のカメラ位置、また閾値が適切でないと考えられることなどがある。まず曲率半径であるが、動画像をそれぞれ主観評価してみると、動物はそれぞれ意思を持ち不規則で連続的に動いているのに対し、非動物は物理法則に従い、規則的に動くものが比較的多い。方向を変化する際重心座標移動から適切に抽出することが可能であれば、動物と非動物でアニマシー度に差が出てくるのではないかと考えられる。また、動画像の切り出し位置については、ある1つの動画において、例えば前半部と後半部に分けて生体検出処理をしてみると、その移動物体の動きの微小変化により前半部ではアニマシ

一度が低く、後半部では高いということがしばしば見られる。今後は移動物体の速度や方向変化が特に大きい部分のみを切り出すのか、それとも切り出し範囲をより小さくして1つの動画から多く取り出すことでアニマシー度の平均を算出するのかなど様々に考えられる。いずれにしても、どのタイミングで動画像を切り出すかによって、正答率に影響を及ぼすと考えられる。次に動画像のカメラ位置については、移動物体を上から撮影したもの（図 ball）と、横から撮影したもの（図 paper）ではアニマシー度に変化が出てくるのではないかと考えられるということである。これはアニマシー心理実験を行った際の被験者の視線方向が横向きであるため、カメラ位置についても視線方向と同一のものにしないと、適切なアニマシー度を算出できないのではないかと考えられる。または視線方向を下向きにしたアニマシー心理実験を行い、その結果もアニマシー度算出に利用し、動画像のカメラ位置を上からのものと横からのもので場合わけし、より人間のアニマシー知覚に近い生体検出が出来るのではないかと考えられる。最後に閾値については、本評価実験では3.5を用いているが、実験結果の平均アニマシー度より動物の平均3.307と非動物の平均3.225の中間値を閾値とすることで検出率は向上する。しかしこの閾値については、さまざまな条件や数多くの試行回数などにより今後適正な値が定まるのではないかと考えられる。

## 7. おわりに

本研究ではアニマシー知覚を利用した生体検出を目標とし、その検出システムを構築した。良好な検出結果は得られなかったが、今後は検出方法を改善していくことで、よりよい生体検出を行うことが出来ると考えられる。

## 文 献

- [1] Tremoulet, P.D., & Feldman, J., "Perception of animacy from the motion of a single object", *Perception* 29, pp.943-951, 2000.
- [2] 松田恭平, 石井雅博, 唐政, 山下和也, "光点の動きにおける曲率の違いがアニマシー知覚に与える影響", *VISION*, Volume19, No.3, pp176, 2007.