

物体重心の移動軌跡解析による生体検出

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 我々やその他生物において、外界の移動物体を生物であるか否かを判別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。本研究では人間の生物らしさ知覚（アニメシー知覚）特性を利用し、動画像処理による生体検出方法を提案する。動画像中の移動物体の重心軌跡を抽出、速度および方向変化などを算出し、アニメシー知覚特性と照らし合わせて解析することで、生物であるか無生物かを判別し、検出する。

キーワード 生体検出, 重心軌跡解析, アニメシー知覚, 動画像処理

Life detection by movement track analysis of objects center of gravity

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 In we and other living things, it is basic abilities to distinguish whether it is a living thing as for the movement object of the external world, and that distinction can be instantaneously done. In this report, it proposes the method of life detection using animacy by image sequence processing. First, extract the center of gravity tracks of the movement object in the image sequence. Next, calculate of the speed and the direction change. Last, compare to the animacy perception, and the analyses it animate or inanimate are distinguished, and detected.

Keyword Life detection, Analysis of objects center of gravity, Animacy perception, Image sequence processing

1. はじめに

外界には動物、鳥、魚、昆虫などの生物、自動車や飛行機などの乗り物、風に揺れる木々や風に飛ばされる木の葉、川の水面や海の波など、多数の動くものが存在する。本研究ではこれらの中から、生命を有し、かつ自ら移動する生体だけを判別したい。従来法を用いて考えられるアプローチとしては、形状解析による対象物同定、あるいは複数の特徴点（例えば関節群など）の動き解析による動作同定などが挙げられる。しかし、これら諸法においてはすでに多くの研究がなされ、様々な重要な知見が報告されている。以上に対して本研究では、移動する物体の重心の軌跡を抽出し、これを解析することで“生物／無生物”の判別を試みる。生物の動きと比較すれば、人工的な乗り物の動きは均一的であろう。また、風に飛ばされる木の葉などはカオス的な動きをする。一方、生物の動きには、あるリズムを保ちながら適当なランダム性を有するような生物学的運動パターンが存在すると思われる。

我々が見ている対象が生物か無生物かにかかわらず、“生き物らしさ”を感じることをアニメシー知覚という。二次元平面上を等速直線運動し、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、より生物らしく見えることが分かっている[1]。この知覚特性は、生物の動きに共通して存在するであろう生物学的運動パターンにつながるのではないかと考えられる。

本研究では、動画像処理を用い、物体重心の移動軌跡解析によって生体検出することを目的とした。その際に、人間のアニメシー知覚特性を利用する。アニメシー知覚における先行研究の結果を関数近似し、生体検出関数を定める。そして重心軌跡から速度変化、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. アニマシー知覚

2.1 アニマシー心理実験

本研究では、移動物体が生物であるかどうかを判別する生体検出関数を定めるために、先行研究にて行われたアニマシー心理実験で取得した被験者データを用いる[2]。この実験ではどのような速度変化・方向変化が生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、その生物らしさを7段階で評価した（図1）。また結果として、図2のようなグラフを得た。グラフはx軸に速度変化、y軸に方向変化、z軸に生物らしさ（Animacy rating）を表している。この結果から、速度および方向変化量が大きくなると、より生物らしく見えることが分かる。

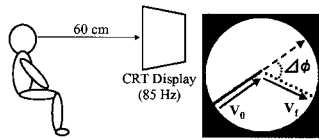


図1 実験環境と提示刺激

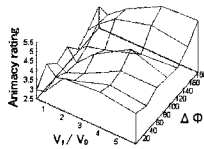


図2 アニマシー実験結果

2.2 生体検出関数

先行研究で行われた実験データを関数近似し、速度および方向変化量を変数とする生体検出関数を定める。この関数に移動物体の重心軌跡データから各フレームごとに算出される速度および方向変化量を入力すると、アニマシー値が出力される。近似式として式(1)に示す3次多項式を使用する。

$$\begin{aligned} \text{AnimacyRating} &= a * x^3 + b * x^2 + c * x \\ &+ d * y^3 + e * y^2 + f * y + g \quad (1) \\ \left(x = \frac{V_1}{V_0}, y = \Delta\phi, \text{const} : a, b, c, d, e, f, g \right) \end{aligned}$$

図2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3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。

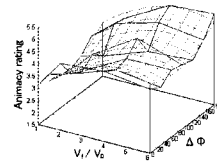


図3 生体検出関数グラフ

3. 生体検出処理

3.1 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軌跡を抽出する。次に各フレームごとに抽出された重心軌跡から速度および方向変化量を抽出する。それらを生体検出関数に入力し、アニマシー値を出力、最後に全アニマシー値の平均をとる。そのアニマシー値より、生物か無生物かを推定する。

3.2 重心軌跡抽出

物体の重心軌跡抽出は、動画像処理分野において一般的に用いられている手法を利用する。図4中入力動画像では、サルが図中右から左へ向かって歩行している。処理後の画像において、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。そして重心のみを抽出した結果が重心軌跡抽出画像である。

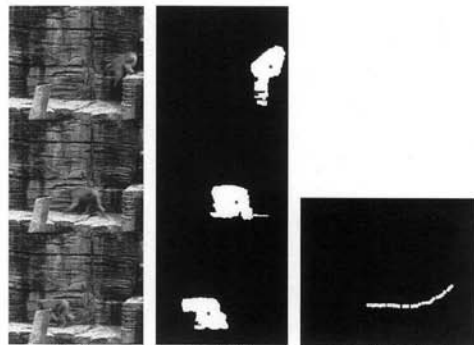


図4 重心軌跡抽出までの処理

3.3 速度・方向変化の算出

重心軌跡からの生体検出では、先に求めた生体検出関数を用いる。そのためには各フレームごとの重心座標から速度および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5のように重心軌跡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 p1, p2, p3 とする。そして p1 から p2 への移動ベクトルと、p2 から p3 への移動ベクトルを抽出し、その両ベクトルのスカラー比および内積（式2および3）により速度・方向変化を求める。

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

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

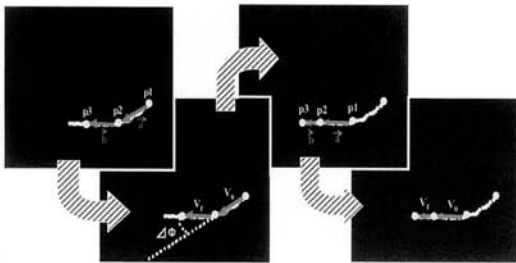


図5 速度・方向変化の抽出

3.4 生体検出

速度および方向変化パラメータを、式(1)に示す生体検出関数に代入し、アニマシー値を出力する。以上まで述べた手順を、入力動画のフレームごとに繰り返すことで、全フレーム分のアニマシー値が得られる。最後にそのアニマシー値を平均し、生体検出結果として出力する。

また、速度および方向変化パラメータがゼロのとき、すなわち重心移動が行われなかったということであるが、その際、生物であればまた動きはじめる可能性があるが、無生物であれば新たな外力が加わらない限り動きはじめることは無いと考えられる。また再び動きはじめる場合、速度変化は無限大となり、望ましい結果が得られない。そのため本処理において、あるフレームにおける重心移動がゼロのとき、そのアニマシー値は5という値を出力した。

図6に生体検出処理結果例を示す。図6中サークルは、重心移動ゼロを示している。

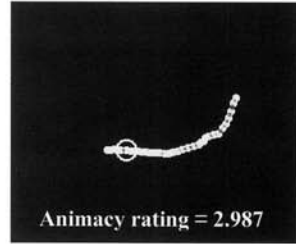


図6 生体検出処理例

4. 評価実験

4.1 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。様々な生物および無生物の動画像を入力し、生体検出処理を行う。そして生体検出率を求め、システムの評価を行う。

4.2 実験方法

入力する動画像は生物動画 35、無生物動画 33の 68 動画とした。生物動画には人間、サル、ニワトリなど、無生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。また全ての動画像の長さは2~3[sec]である。生物・無生物の判別は出力平均値から 3.341 とし、その値以上なら生物、以下なら無生物と判定する。処理結果より検出率、平均アニマシー値を求め、評価する。

4.3 実験結果

実験結果として表1に検出率、図7に平均アニマシー値を示す。

表1 検出率

	検出率
生物	77.1%
無生物	81.8%
全体	79.5%

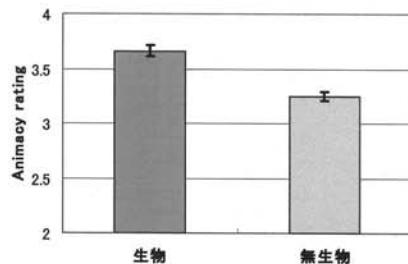


図7 平均アニマシー値

本実験の全体の検出率は79.5%となり、良好な結果であるといえる。また表1では生物が生物として推定された割合は77.1%、無生物が無生物として推定された割合は約81.8%となり、良好な検出率である。また図7より、生物と無生物の平均アニマシー値には差があるといえる。

本実験における処理の様子を以下に示す。生物が無生物として判別された動画像の例を図8に示す。

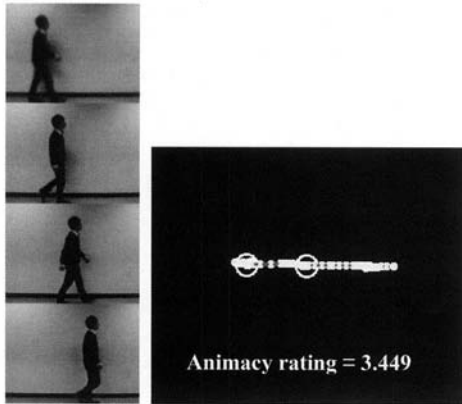


図8 生物が無生物として誤判別された例

図8では、人間が歩行する際の生体検出を行っている。歩行のリズムに合わせ、重心移動が無いポイントが二点、サークルによって示されているのが分かる。方向変化が明らかに小さく、速度変化においても、他の生物動画に比べて小さい。よって無生物と判別されたものと考えられる。

次に、無生物が生物として推定された動画像の例を図9に示す。

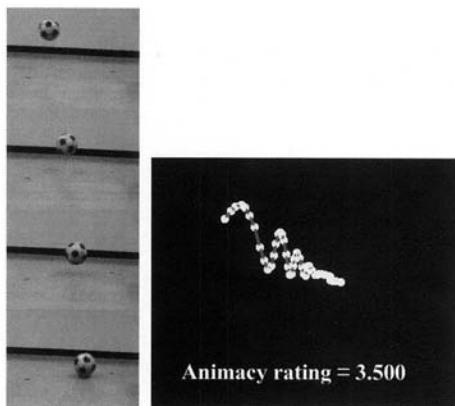


図9 無生物が生物として誤判別された例

図9では、ボールがバウンドしながら転がる様子の生体検出を行っている。図8と同じく、リズムカルにバウンドしているが、重心は移動し続けている。この動画像では他の無生物動画に比べ、速度変化が大きく、また方向変化も比較的大きい。よって生物と判別されたものと考えられる。

しかしながら、図8, 9における両結果において、その他の歩行動画やボール動画では、正しく判別されている場合もある。

5. 考察

結果でも述べたとおり、人間の歩き方、ボールの転がり方によって、その生物/無生物の判別結果にばらつきがある。本研究では判別基準としてアニマシー知覚特性を用いたが、その他にも判別基準としてふさわしい事項があるのではないかと考えられる。もしそのような事項が見つかることが出来れば、本研究に付加し、より精度の高い生体検出が行えると考える。

また評価実験に用いた動画像群は、全て実験者自身がビデオカメラを用いて撮影したものであり、客観的評価としてその恣意的要素に疑問を持たれることも考えられる。よって、既存のテレビやビデオ映像からも、重心軌跡を抽出し、生体検出を行う必要があると考える。

6. おわりに

本研究では物体重心の移動軌跡解析による生体検出を行い、その検出システムを構築した。そして良好な評価実験結果が得られた。今後は新たな生体検出方法の確立、解析用動画像の充実などを行う必要がある。

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.