

ハイブリッドカメラを用いた小動物の自動トラッキング

Automatic Tracking of Small Animals Using Hybrid Camera

名田 恒^{*1}
Wataru Nada

マッキン ケネスジェームス^{*1}
Kenneth J. Mackin

永井 保夫^{*1}
Yasuo Nagai

土田 あさみ^{*2}
Asami Tsuchida

増田 宏司^{*2}
Koji Masuda

^{*1} 東京情報大学大学院総合情報学研究科
Tokyo University of Information Sciences

^{*2} 東京農業大学農学部バイオセラピー学科
Tokyo University of Agriculture

In recent years, with the recent release of hybrid camera combining RGB camera and depth sensors, the accuracy of motion analysis has greatly improved. On the other hand, research areas such as ethology, or study of animal behavior, has great demand for automatic image analysis and detection using video cameras. For this research, we developed an automatic tracking system for small animals using a hybrid camera and verified the effectiveness of the developed system by experiment using gerbils.

1. はじめに

生態行動学や動物行動学などの動物研究の分野において、動物観察は主な研究手法であるが、実際の動物観察は研究者自身が行っており、膨大な時間と労力を消費する[マーティン 1990]。この問題に対する主な対策法として、動物の行動分析を行うための自動観察装置の導入や、カメラによる録画などの方法がある。しかし、自動観察装置などは価格が高価であり、必ずしも行動学研究者の要求に対応できていない。また、カメラなども録画した動画を研究者自身が分析するため、分析にかかる労力の削減が少ない。本研究では、知的学習手法と深度センサーを用いた安価な動物研究用自動トラッキングシステムを提案した[名田 2012]。本論文では、小動物の自動トラッキングを行い、行動の傾向と移動量を測定することで、提案システムの有効性を検証する。

2. 動物観察における問題点

現在、多くの動物行動学研究者は専用の観察器材やカメラなどで動物の行動を記録し、分析を行っている。ビデオカメラなどを用いた場合だと動物の行動の判別・分類などの分析は研究者自身の目によって行われているため、研究者にとって時間と労力が大きな負担となり、また観測者による主観性や誤差の問題も発生する。本研究では、これらの問題を解決するために深度センサーと知的学習手法による画像認識を用いて安価で汎用的な自動トラッキングシステムを試作し、その検証・評価を行う。

3. ハイブリッドカメラを用いた動物認識

本研究では安価かつ汎用的な自動トラッキングシステムを作成するためのハイブリッドデバイスとして汎用ゲームデバイスの Microsoft Kinect とニューラルネットワークによる画像認識を用いて実験を行った。本実験では動物認識の分類器としてニューラルネットワークを Java で実装した。Kinect を制御するマルチプラットフォームライブラリとしては OpenNI[OpenNI 2010]を使用した。OpenNI は C++, C#, Java をサポートするオープンソースライブラリである。

3.1 ハイブリッドカメラ

今回の実験には米 Microsoft 社のハイブリッドデバイス Kinect(図 1)を使用する。Kinect は RGB カメラ、赤外線レーザー、赤外線カメラ、マイク、プロセッサを兼ね備えた複合ゲームデバイスである。物体に向けて照射した赤外線レーザー光の反射角度からカメラと物体の距離を 1pixel あたり 0-256 の値で表現できる。物体からの距離を表現した画像を深度画像(図 2)と呼び、物体を立体的に捉えることができ、輪郭線が抽出しやすくなる。本研究ではこの深度画像及び RGB 画像を用いて画像認識を行う。



図 1. Microsoft Kinect



図 2. 深度画像の例 (人)

3.2 自動トラッキング

現在の動物行動学研究は主に、研究者自身の目視確認によって動物観察が行われている。しかしながら動物の移動や行動の記録などは観察を行った人間の主観に基づくもので、あいまいな分析結果となってしまふ。そのため、通常の動物観察では特定の観察ルールを決め、完全に観察ルールに一致したときに記録を行うようにし、動物観察に統一性を持たせる。しかしな

がら、観察ルールを厳しくしてしまうと、信憑性は高くなるが、観察結果が正確さを欠くこととなる。そのため、本研究ではハイブリッドカメラによって撮影される動画の 1 フレームごとに動物の座標と記録時間を求め、常に動物の位置を追尾し、分析する。本論文ではシステムによる位置の追尾を自動トラッキングと定義する。

3.3 自動トラッキング手法

本実験では画像からオブジェクトを検出する知的学習手法としてニューラルネットワークを用いた。ニューラルネットワーク (Artificial Neural Network: 人工神経回路網) は脳神経系の機能モデルをコンピュータシミュレーションによって表現した数理モデルである。本実験では 30×30 (pixel) の入力データを 100 パターン用意し、教師データとして誤差逆伝播法を用いて学習した 3 階層ニューラルネットワークを分類器として使用した (図 3)。分類器によって真と分類されたオブジェクトを観察対象とし、中心座標を求めその位置を記録し続けた。本実験では観察の対象動物としてスナネズミ (Mongolian gerbil, *Meriones unguiculatus*) を用いて実験を行った。(図 4)

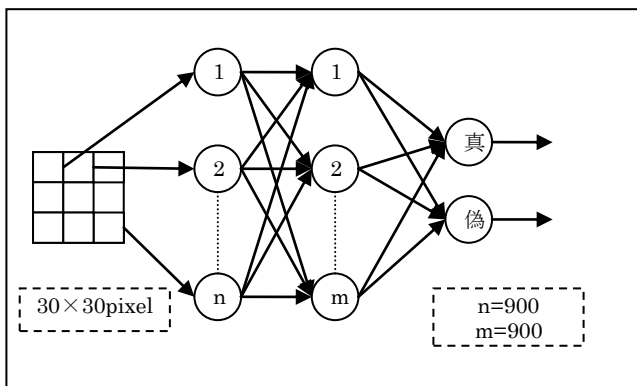


図 3. 3 階層ニューラルネットワーク



図 4. スナネズミ (Mongolian gerbil)

オブジェクトの検出方法は以下の手順となっている

- Step.1 事前に何も追跡対象が映っていない観察範囲から背景の深度画像を取得し、背景差分の基盤として使用する。(図 5.1)
- Step.2 追跡対象を含めた観察空間から RGB 画像と深度画像の両方を取得し、深度画像を背景差分法で分離する。(図 5.2)
- Step.3 深度画像から背景とオブジェクトが 2 値で表現されたマスクを作成する。(図 5.3)
- Step.4 マスクを用いて RGB 画像の背景を分離する。(図 5.4)

- Step.5 背景差分法で抽出され、ピクセルが隣接していないオブジェクトを 1 個体としそれぞれを候補画像とする。
- Step.6 候補画像を平均画素法で 30×30 (pixel) に拡大・縮小し、画像をニューラルネットワーク分類器で分類する。
- Step.7 ニューラルネットワーク分類器によって観察対象のオブジェクトとして分類された画像の中心座標を出力とする。
- Step.8 出力された座標と時刻をファイルに記録する。
- Step.9 Step.2-Step.8 を約 5 分間繰り返す。

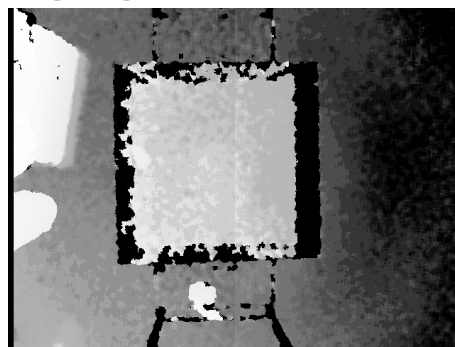


図 5.1. 背景深度画像

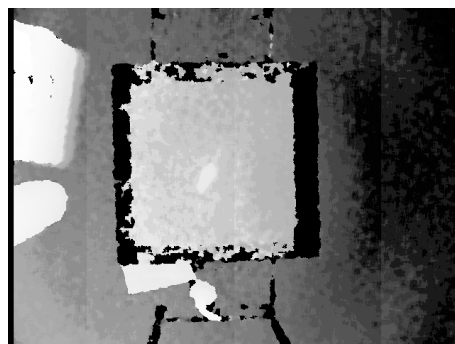


図 5.2. スナネズミの深度画像

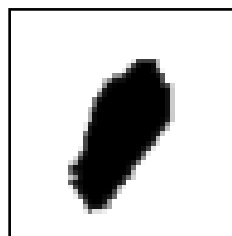


図 5.3. 背景差分によるマスク



図 5.4. 背景を分離した RGB 画像

4. 自動トラッキングによる移動量の測定実験

図 6 は実際に動物観察を行っている観察器材であり、小動物の行動を真上に固定したビデオカメラで記録し、心理状況による行動の変化を分析する。実験ではスナネズミを用いて止まる時間の長い場所や時間などをカウントし心理状況を分析する。

本実験では観察機材のビデオカメラの代わりにハイブリッドカメラを固定し、小動物の動きを自動トラッキングした。(図7)(図8)

4.1 移動量の算出

本実験では真上から凹凸のない箱の中で観察対象の動物を撮影し、その移動量を求めた。前述の空間内で動物は垂直方向に対して移動しないものとした。このとき移動前の位置を A、移動後の位置を B としたとき、A、B の位置は縦横の二次元座標で表現できる。A の座標を $A(a_1, a_2)$ 、B の座標を $B(b_1, b_2)$ 、次元数を $n=2$ としたとき A から B までのユークリッド距離は次のように定式化される。

$$\text{距離}(A, B) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (b_i - a_i)^2}$$

算出した距離に基づき、実際の距離(cm)に換算した移動距離の合計を移動量と定義する。

4.2 小動物の検知

観察器材の真上にハイブリッドカメラを固定し、事前にスナネズミの RGB 画像をニューラルネットワークに学習させ分類器として使用した。背景差分法を用いるため、背景画像を撮影し、前後の比較を行うために使用した。観察器材の中にスナネズミを放し、RGB 画像と深度画像を数分間記録した。観察終了後、記録された RGB 画像と深度画像を用いて解析を行い、観察対象の中心位置を求め、この中心位置に基づき座標と観察時刻を記録した。観察を複数回繰り返し、観察対象のスナネズミを正しく検出し、スナネズミ以外の誤認識が起きていないことを確認した。



図 6. スナネズミの行動観察器材

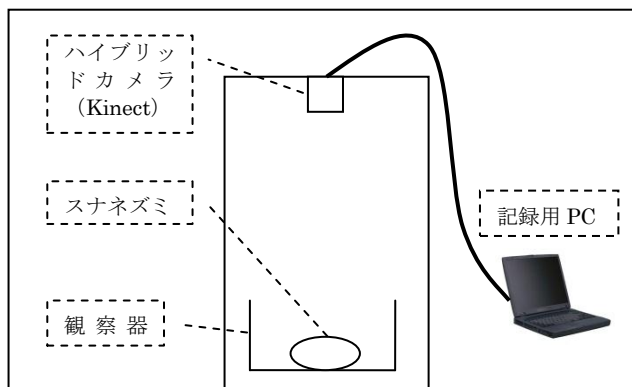


図 7. 実験で使用した実験機材の配置



図 8. 実験器材に固定されたハイブリッドカメラ

4.3 結果

実験を行った結果、スナネズミは正しく認識され、中心座標も記録された。記録された座標に基づきトラッキングを行い、動物の移動量を測定することができた。記録された中心位置と RGB 画像の記録から、座標が誤っていないことを目視で確認し、コンピュータが算出した 2 点移動距離に差異がないことを実測確認した。

5. おわりに

本研究では、ハイブリッドカメラを用いた小動物の自動トラッキングシステムの有効性を確認することができた。また、背景差分法では深度センサーに入るノイズなどから候補画像を誤検出していたが、ニューラルネットワークにより対象物を分類することが出来た。今後の課題として、平面の観測空間ではなく、小動物が飼育されているケージなどを想定し、より汎用的な観察システムへと拡張を行う予定である。また、観察対象が複数匹になった場合も個別にトラッキングを行えるようにする予定である。

参考文献

- [マーティン 1990] P.マーティン, P.ペイトソン: 行動研究入門, 東海大学出版, 1990.
- [OpenNI 2010] OpenNI, The standard framework for 3D sensing, <http://www.openni.org/>
- [名田 2012] 名田 恒, マッキン ケネスジェーム, 永井 保夫: ハイブリッドカメラとニューラルネットワークを用いた動物認識, 第 28 回ファジィシステムシンポジウム講演集, pp.669-672, 2012

連絡先: マッキン ケネスジェームス,
東京情報大学大学院総合情報学研究科,
〒265-8501 千葉県千葉市若葉区御成台 4-1,
TEL/FAX (043)236-1329, E-mail mackin@rsch.tuis.ac.jp