

実験動物の運動パターン解析における 動画像入力とその変換

三宅 美博、* 向山 弘樹、小林 司

金沢工業大学 工学部 情報工学科

〒 9 2 1 石川県金沢南局区内野々市町扇が丘 7 - 1

あらまし

現在、生命システムの持つ情報処理機能を解明するために動物の運動パターンの解析が広く行われている。従来の実験動物における運動パターンの解析は発光体を頭に取り付け、その光で位置を検出し解析を行っていることが多かった。しかしこの方法では動物の頭に手術が必要になり、さらに発光体の重さや光で実験動物の本来の運動に影響が出る可能性がある。そこで我々は実験動物の体に色を塗ることにより、色の違いで位置を検出し運動パターン解析を行う装置を開発した。この検出方法は簡便であり、実験動物にいくつかの異なった色を塗れば様々な運動パターンが解析できる。

キーワード

動画像処理、パターン解析、リアルタイム解析、生体情報処理、動物行動

Dynamic image processing in pattern analysis of animal behavior

Yoshihiro MIYAKE, Hiroki MUKAIYAMA, Tsukasa KOBAYASHI

Dept. of Information and Computer Engineering, Kanazawa Institute of Technology

7-1 Ohgigaoka, Nonoichi, Ishikawa 921, JAPAN

Abstract

To clarify the mechanism of information processing in biological system, behavior pattern of animals have been analyzed by using image processing techniques. In conventional method, the behavior pattern was investigated by implanting lightbulb on animal's head. However, this method necessitate operation for the implant. Furthermore, the weight and light emission of lightbulb would have bad effect upon animal behavior. Thus, we developed new experimental system for measuring animal's position by detecting colors painted on animal's body. This method is superior in the following two points. One is that it necessitate no operation, and the other is that it can be extended to analyze various behavior pattern by using some different colors at the same time.

Keywords

dynamic image processing, pattern analysis, real time analysis, biological information processing, animal behavior

1. はじめに

生命システムの持つ機能を解明するにはその運動パターンを解析することが重要である。従来、実験動物の運動パターンを解析する方法としては発光体を頭に取り付け、その光を検出するといったものが主流であった。しかし、この方法では実験対象となる動物の頭蓋骨に発光体を固定しなければならないため手術が必要となり、取り付け場所は頭に限定される。また、発光体の重さや、光が実験動物に影響を与え本来の運動が損なわれる可能性が考えられる。

そこで我々は実験動物に色を塗り、RGB成分の違いで実験動物の位置を検出し運動を解析するシステムを開発した。このシステムでは、従来のような影響を受けずに本来の運動を測定することが可能である。さらに安価であり、いくつかの異なった色を塗れば、様々な運動パターンが解析できる。このシステムを用いた一例として実験動物にラットを用い頭と背中に色を塗り、運動の軌跡、速度、方向などの時間発展を測定した。

2. 動画像入力とその変換

2.1 全体構成

市販のビデオカメラ（ビクター GR-60）から得た画像を画像取込ボード（マイクロ・テクニカ MT-98-CVFM）で取り込み、RGB画像データに変換し、パソコン（NEC PC-9821 Bp）に読み込む。パソコンではその画像データを検索し、ラットの頭と背中の色の識別を行い位置を検出する（Fig.1）。



Fig.1a 位置検出システム

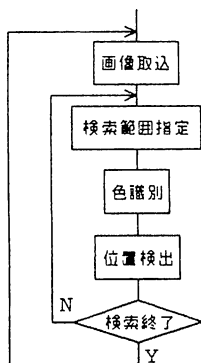


Fig.1b 位置検出フローチャート
これらの処理を0.05秒間で行う。

2.2 画像取り込み

動物用の染色液で頭を黄色く、背中を赤く約1.5cm四方で塗ったラットを黒い壁の部屋に入れる。部屋の上方に設置したビデオカメラから画像をサンプル周波数20HzでRGB画像データとして画像取込ボードに取り込む。ビデオカメラが映す画像はラットが行動する部屋の壁まで映す。入出力信号はNTSCコンポジットビデオ信号である。画像取り込みは取込時間を短くするためFig.2のようなフィールド取り込みにより、画像取込ボードのフレームメモリの書き換えを半分にする。この画像取り込みにより画像取込ボードにRGB、それぞれ3つの512×256×8ビット構成の画像データが得られる。フレームメモリのアドレスは画面左上角を(0,0)とし、右下角(511,511)までである。

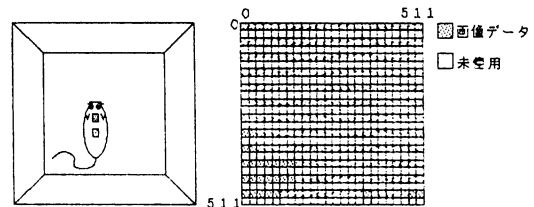


Fig.2 ビデオカメラに映す画像の範囲とフレームメモリへのデータ取込
Y座標は奇数行をフレームメモリに取り込む。RGBは256×8ビットである。

2.3 検索範囲指定

ラットに塗った色を検索する範囲は、実験開始時に部屋全体を検索し、実験中は取込時間を短くするため、前回のラットの頭の黄色位置を中心に半径7cm以内を検索する。この検索範囲にはラットの背中に塗った赤色の位置も含まれる。よって赤色の検索も黄色の位置を中心に半径7cm以内を検索する（Fig.3）。

ラットの0.05秒間での最大移動距離は約5.5cmほどであり十分な検索半径である。取込画像は

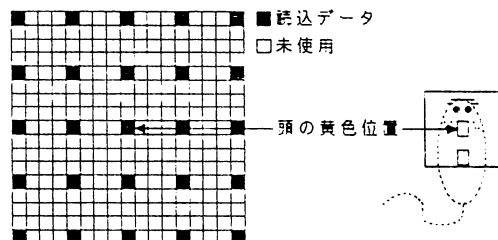


Fig.3 検索範囲

1cmに対し約4.5ドットとなっており実際には頭の位置を中心に32ドット四方を検索する。また、

検索は4ドットおきとする。よって空間分解能は、0.9cmである。

2.4 色識別

RGB画像データから色を識別する。以下に実験で用いた色のRGB濃度を示す (Fig.4)。

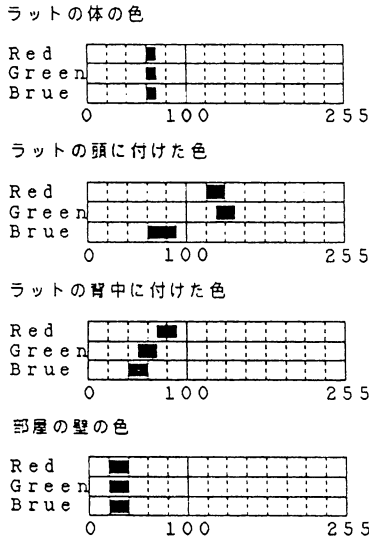


Fig.4 RGB濃度による色識別

- ラットの体の色 : RGBとも強い
- ラットの頭に付けた色 : RGが強い
- ラットの背中に付けた色 : Rのみ強い
- 部屋の壁の色 : RGBとも弱い

Fig.4からラットの体の色はRGBとも強く、ラットの頭に付けた黄色はRG成分が強く、ラットの背中に付けた赤色はR成分のみ強く、壁の色はRGBとも弱いというように分布した。

2.5 位置検出

黄色の特徴から (1) 式のようにG成分が80より大きく、R成分からB成分を引いた値が最大である場所を検出する。また赤色は (2) 式のようにR成分が80より大きく、R成分からG成分を引いた値が最大であるアドレスを検出する。よって、(0,0) ~ (511,511) の値が頭の黄色や背中の赤色の位置となる。

$$\text{頭} : G > 80 \text{ かつ } \text{MAX}(R - B) \quad (1)$$

$$\text{背中} : R > 80 \text{ かつ } \text{MAX}(R - G) \quad (2)$$

R : R成分濃度

G : G成分濃度

B : B成分濃度

MAX(i) : iが最大なもの

このような位置検出方法で得られるラットの軌跡を示す。この軌跡は検出方法の誤差を減らすために前後2つ分のデータで平均している。

スタート地点は部屋の中央である (Fig.5)。

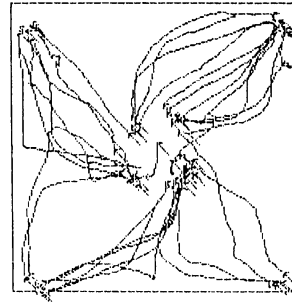


Fig.5 ラットの行動軌跡

30回の軌跡をまとめて表示する。周りの枠は実験装置の底の壁に対応している。矢印はシャッターが上がった時点と頭の黄色部分が目的のコーナーの6cm以内に入った時点を示す。

3. 位置検出システムを用いた実験

先に述べた位置検出システムを用いて、運動パターンを解析する実験を行った。

3.1 実験方法

予めラットに部屋のコーナーに行けば水がもらえることを覚えさせる。次に部屋の1つのコーナーに白い板を提示し、そのコーナーにラットが直接くれば報酬として水を与えるといった空間ナビゲーションを行わせるテスト課題を与える。また、ラットに課題中であることを分からせるため音を鳴らす (Fig.6)。この課題において、行動の軌跡、速度、方向などの時間発展を測定するために次のような実験システムを開発した。

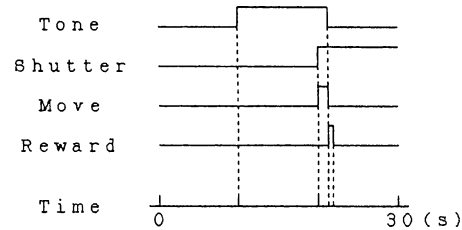


Fig.6 実験タイミングチャート

3.2 実験システム

この課題を行うには、音、水の制御が必要である。また、先に説明したラットの位置検出が必要となる。それらの制御、位置検出を行う実験システムの全体の概要はFig.7に示す。部屋の中央にはシャッターの付いた箱がある。このシャッターの付いた箱の上方に、ラットに課題中であることを知らせるスピーカを取り付けてある。ラットに与える報酬は、ラットがコーナーの6cm以内に入ったら0.05ccの水を出す。水の出

る穴はコーナーの床から与える。

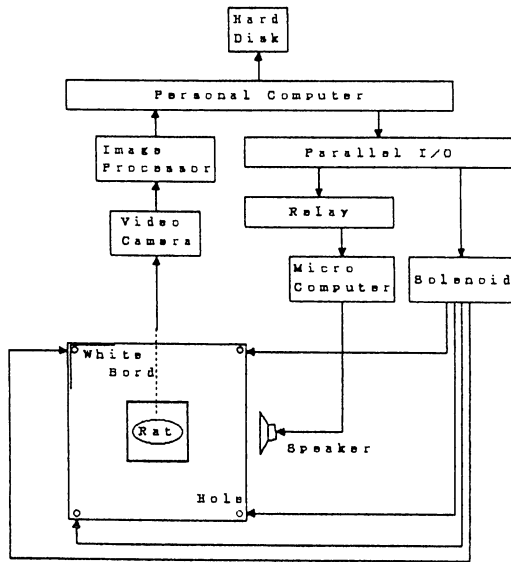


Fig.7 実験システム

ラットが行動する部屋は高さ50cm×80cm×80cmの亚克力でできた部屋である。中は均一な黒い壁紙を張り付けてある。シャッターは亚克力でできた高さ25cm×20cm×20cmであり、中から外が見渡せるようになっている。音は900Hzの正弦音である。

4. 解析方法

課題開始から課題を学習するまでの大域的变化を、運動パターン解析を行う上での行動のパラメータとして、10回ごとの平均移動時間、平均移動距離、平均移動速度の時間変化で解析する。また、1回ごとの学習の局所的变化を位置、移動速度、刺激コーナーとの角度、角速度の時間変化で解析する。

解析で用いるx,y座標は、位置検出で求められたアドレス(0,0)~(511,511)を解析しやすいように(3)式を用いて、Fig.8のような2次元座標に変換する。

これによって実験動物の行動を特徴づける。
 $X' = X - 255 \quad Y' = Y - 255 \quad (3)$

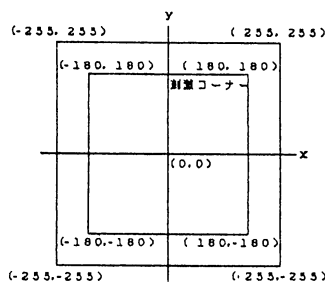


Fig.8 座標変換

内枠は床の4隅に対応している。刺激コーナーは右上に統一し、座標は(180,180)である。

4.1 大域的变化

・平均移動時間

移動時間は、シャッターが上がってからラットの頭の黄色位置が目的のコーナーの6cm以内に到達するまでの時間Tであり、平均移動時間とは移動時間Tを10回の学習ごとに平均したものである。

・平均移動距離

移動距離は、シャッターが上がってからラットが目的のコーナーの6cm以内に到達するまでの0.05秒おきに得られるラットの頭の黄色位置 (X_{ylt}, Y_{ylt}) から(4)式により求めた距離Sであり、平均移動距離とは移動距離Sを10回の学習ごとに平均したものである。

$$S = \sum_{t=1}^L \sqrt{(X_{ylt} - X_{ylt-1})^2 + (Y_{ylt} - Y_{ylt-1})^2} \quad (4)$$

$L: T/0.05$

・平均移動速度

移動速度は、移動時間T、移動距離Sから(5)式により求めた速度Vであり、平均移動速度とは移動速度Vを10回の学習ごとに平均したものである。

$$V = \frac{S}{T} \quad (5)$$

4.2 局所的变化

・位置

XY座標の時間変化を求める。

・単位時間移動速度

単位時間移動速度とは、シャッターが上がってからラットの頭の位置が目的のコーナーの6cm以内に到達するまでを0.05秒刻みに分け、0.05秒間に進んだ距離から(6)式より求める。

$$V_t = \frac{\sqrt{(X_{ylt} - X_{ylt-1})^2 + (Y_{ylt} - Y_{ylt-1})^2}}{0.05} \quad (6)$$

・角度

角度は刺激コーナーに対してラットの頭がどのくらいの傾きがあるかを示す。角度の求め方は刺激コーナーと頭の黄色位置を結んだベクトルと、頭の黄色位置と赤色位置を結んだベクトルの2つがなす角度を(7)式を使って求める(Fig.9)。

$$\cos \theta = \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}| \cdot |\vec{b}|} = \frac{A_1 \cdot B_1 + A_2 \cdot B_2}{\sqrt{A_1^2 + A_2^2} \sqrt{B_1^2 + B_2^2}} \quad (7)$$

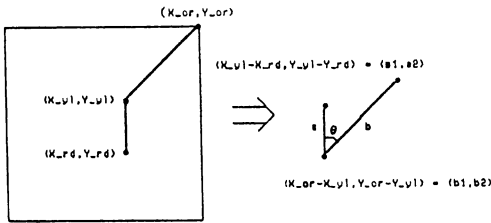


Fig.9 角度の求め方
 X_{or}, Y_{or} : 刺激コーナーのX座標、Y座標
 X_{ul}, Y_{ul} : 頭の黄色のX座標、Y座標
 X_{rd}, Y_{rd} : 背中の赤色のX座標、Y座標

・角速度

角速度はラットの頭が0.05秒間でどのくらい動くかを示す。角速度の求め方は時間経過ごとに頭の黄色位置と背中の赤色位置を結んだベクトルに変換し、その2つのベクトルがなす角度を(7)式を使って求める(Fig.10)。

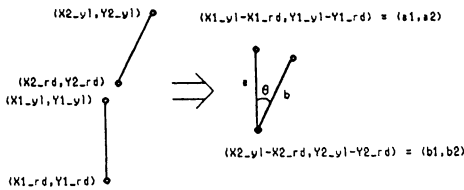


Fig.10 角速度の求め方
 $X1_{ul}, Y1_{ul}$: 0.05秒前の頭の黄色のX座標、Y座標
 $X1_{rd}, Y1_{rd}$: 0.05秒前の背中の赤色のX座標、Y座標
 $X2_{ul}, Y2_{ul}$: 現在の頭の黄色のX座標、Y座標
 $X2_{rd}, Y2_{rd}$: 現在の背中の赤色のX座標、Y座標

5. 結果

実験システムから次のような軌跡データが得られた。スタート地点は部屋の中央である。刺激は4つのコーナーから与えているわけだが、そのままでは刺激コーナーに対しての行動の変化が見にくいので、座標変換を行い刺激のコーナーをそろえて軌跡を表示する(刺激コーナー: 右上)。ラットはテスト課題を150回で学習した。そこで、課題開始から学習終了までを10回ごとに区切りその内の一つずつの軌跡を示す(Fig.11)。

5.1 課題開始から学習終了までの行動パラメータの変化

テスト課題の達成率の変化、学習回数10回

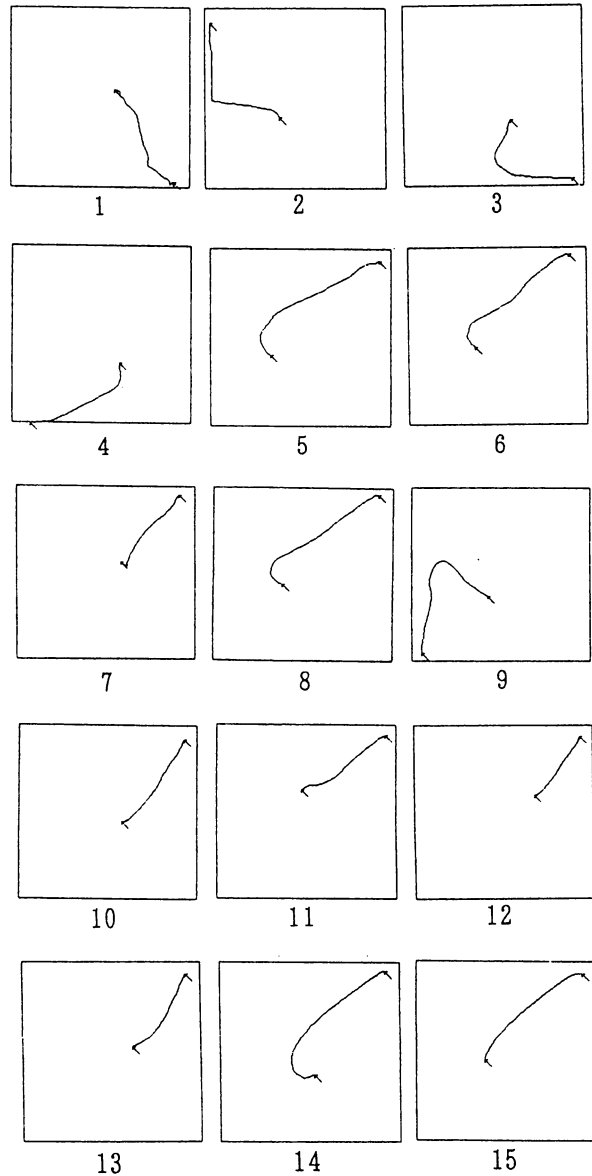


Fig.11 学習開始から終了までの軌跡データの例
 データは10回ずつの中心のデータである。中央からスタートして部屋の隅に移動している。

ごとの平均移動時間、平均移動距離、平均移動速度の変化をFig.12に示す。

達成率の変化において、ラットが何も考えていなければ25%になる。平均移動時間、平均移動距離、平均移動速度の変化において、移動距離は変わらないが、移動時間は短く移動速度が速くなっていることが分かる。

5.2 1回ごとの空間ナビゲーションにおける行動パラメータの変化

Fig.12の達成率の変化から、達成率が40%以下である最初の学習していない区間をI区間、達成率が90%以上の最後の学習した区間をII

区間とする。

1回の学習における行動パラメータの変化の一例として、I区間とII区間のそれぞれの位置、移動速度、刺激コーナーに対する角度、角速度の時間変化をFig.13に示す。

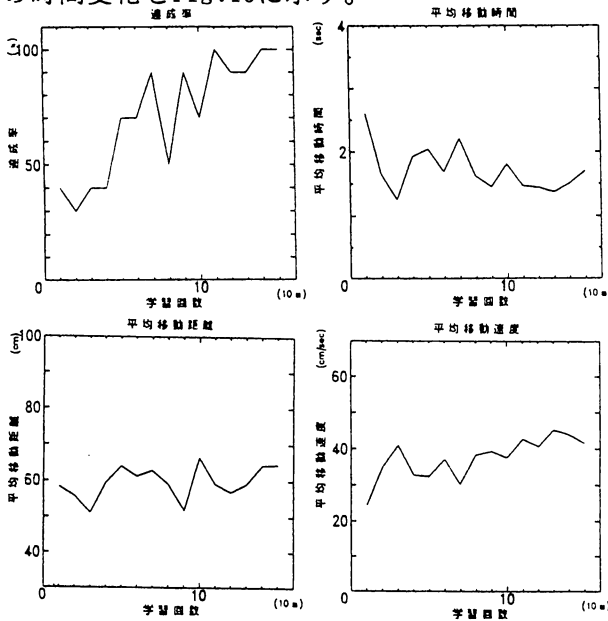


Fig. 12 大局的な行動パラメータの変化

I区間とII区間の移動速度の時間変化を比べるとI区間の方は不安定であるが、II区間の方はきれいな山なりになっており、安定している。座標についても同様なことが言える。

角度の時間変化から、II区間の方ではスタート時にほぼ刺激コーナーを向いていることが分かる。

I区間の一例

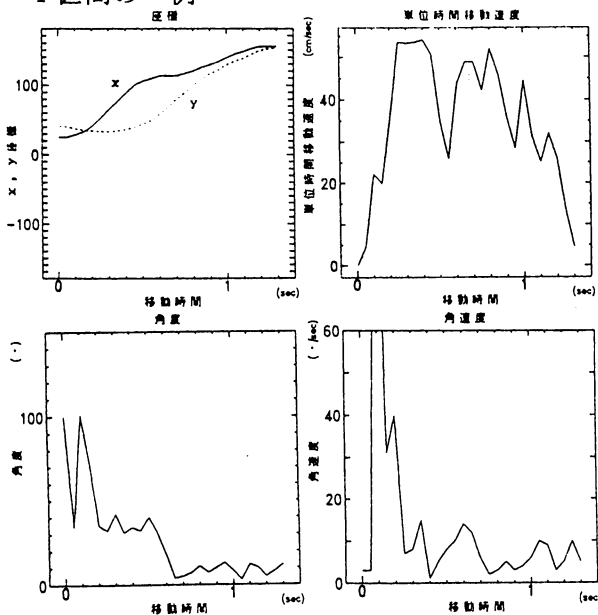


Fig. 13a 局所的な行動パラメータの変化 (I区間)

II区間の一例

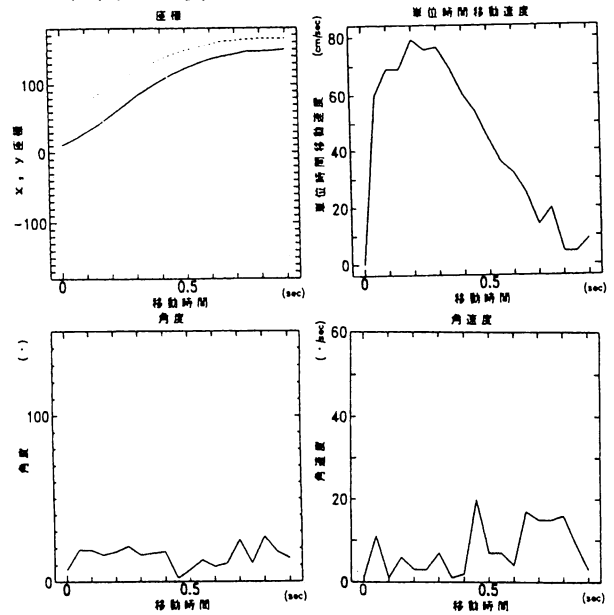


Fig. 13b 局所的な行動パラメータの変化 (II区間)

6. 考察

これらの結果から、ラットの運動パターンの時間変化を明らかに見ることができる。これは、この位置検出方法が実験動物の運動パターン解析において有効であることを示している。

7. おわりに

この位置検出方法で実験動物の運動パターンを解析する事により、さらに生命システムの持つ情報処理機能が解明されれば幸いである。

8. 参考文献

- 1) S.I.Wiener, C.A.Paul, and H.Eichenbaum, "Spatial and Behavioral Correlates of Hippocampal Neuronal Activity" The Journal of Neuroscience, August 1989, pp.2737-2763
- 2) 小林、磯村、松下、益子、中川、"海馬神経系におけるシータリズムの引き込みを用いた意味的情報統合メカニズム"

金沢工業大学、卒業論文 (1993)