

## 動物体における不規則運動の一解析法

## The Analyzing Method of Chaotic Motion of a Moving Object

1 E - 3

松尾 守之  
Moriyuki MATSUO杉浦 雅幸  
Masayuki SUGIURA

東海大学大学院工学研究科

Graduate School of Engineering, Tokai University

E-mail:matsuo@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

## 1 はじめに

周知のように、動物体の動きは時系列データとして取り扱われ、さらに、運動の種類は、運動を支配している法則によって分類することができる。その中でも、近年カオス運動に関する研究が盛んに行なわれている。カオス運動を解析することは、ロボットビジョンの実用化などにおいてきわめて重要な課題であるが、それには、カオス運動のコンピュータへの入力、カオスを解析し評価するためのアトラクターの構成、および、解析方法が必要であり、画像工学の知見に基づいた新たな手法が求められている。本研究では、まず、二重振り子を用いてカオス的な運動を起こし、その映像をテレビカメラで撮影しながらコンピュータに取り込む。さらに、その映像から動きを検出し、それに基づいてアトラクターを構成する。その結果、二重振り子の動きがカオス運動であることを解析する方法について述べる。

## 2 二重振り子によるカオス運動

二重振り子の先端に白いマーカを貼り付ける。マーカ以外の部分は黒くし、また、背景も黒くした上で二重振り子に力を与え、振り子の先端を回転させる。マーカは当初、規則的な円運動をするが、時間の経過と共に複雑な動きを見せ始める。しばらくその状態が続いた後、やがて運動は減衰し、マーカの動きは停止する。二重振り子の動きが規則的な円運動を終え、複雑な動きに移行してから振り子が停止するまでの間をCCDカメラで撮影し、画像処理システムに取り込む。これによって、コンピュータ内に動画像を得る。撮影時間は6秒、毎秒30フレームであり、したがって、180フ

レームの画像を得た。その状況をFig.1に示す。

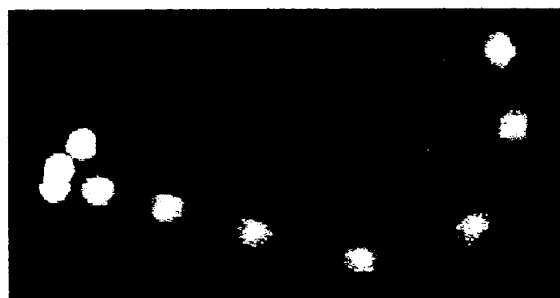


Fig.1 二重振り子の動き（連続10フレーム）

## 3 動画像処理システムの構成

## 3.1 動画像の定義

動画像は時間的に連続する動きを、フレームと呼ばれる多数の静止画像に分解したものと考えることができる。すなわち、時系列にそった連続画像となる。2次元  $x-y$  平面座標の一点  $(x, y)$  における静止画像の画素の濃度値を  $f(x, y)$  とし、時間を  $t$  とすると、連続画像の時刻  $t$  における位置  $(x, y)$  における濃度値は、 $f(x, y, t)$  と表せる。

## 3.2 マーカの動きの検出

節2.2で述べた原理により、動画像中の動きベクトルを抽出する。さらに、節2.3で述べた方法によって各フレーム毎に動物体の位置を特定する。フレーム  $n$  及び、 $n-1$  におけるマーカの位置をそれぞれ  $(x_n, y_n), (x_{n-1}, y_{n-1})$  としたとき、マーカの動き  $d_n$  を以下のように定義する：

$$d_n = \{(x_n - x_{n-1})^2 + (y_n - y_{n-1})^2\}^{1/2} \quad (4.1)$$

フレーム数の時間的变化（データ数）に対する

マーカの動き  $d_n$  を Fig.2 に示す。

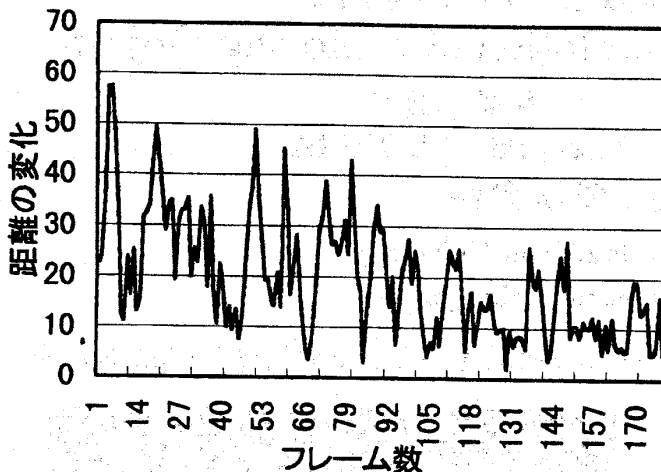


Fig.2 時間に対する動きの変化

### 3.3 位置の特定

検出された動物体の動きを検出するために、各フレーム毎に動物体の位置を特定する。動物体だけに注目し、その重心座標を動物体の位置と決める動物体の重心を定めるために、動物体の輪郭を抽出し、その縦方向の大きさ  $M_x$  と横方向の大きさ  $M_y$  を求める。  $M_x/2$  と  $M_y/2$  の交点を重心と考え、重心座標を決定する。

## 4 アトラクタの構成

### 4.1 ストレンジアトラクタ

一般に、摩擦がある系（散逸系）では、時間の経過にともない、初期の運動の状態に依存せず、ある一つの運動状態に収束する。収束する軌道の集合をアトラクタという。周知のように、アトラクタは動きを位相空間に表示したものである。ここでは Fig.2 に示す二重振り子の不規則な動きは非可逆系なので、時間とともにいくつかの運動状態に吸い込まれる。この場合は動きを停止する。

### 4.2 遅延時間によるアトラクタの再構成

マーカの動きを遅延時間  $\delta$  ごとに3点とり、すなわち  $d_n, d_{n-\delta}, d_{n-2\delta}$  を3次元の位相空間に投影し、アトラクタを描く。遅延時間  $\delta = 1, \delta = 10$  とした場合の結果をそれぞれ Fig.3、Fig.4 に示す。

## 5 おわりに

本論文では、複雑な動きをする物体をコンピュータに取り込み時系列データとして扱うことで二重

振り子の複雑な動きから規則性を見つける方法を提案した。今回用いた二重振り子の摩擦係数が大きかったためにカオス運動に移行してから減衰して停止するまでの時間が短く、データが180個しか撮れなかった。そのためアトラクタが収束する様子を見るために必要となる十分なデータが得られなかった。しかしながら、今回提案した方法で、例えば人間の身体の動きのように複雑な動きをともなう動作の解析が比較的容易に行えるようになる可能性がある。また、船体の動きの解析などにも応用できる可能性があり、今後の課題といえる。

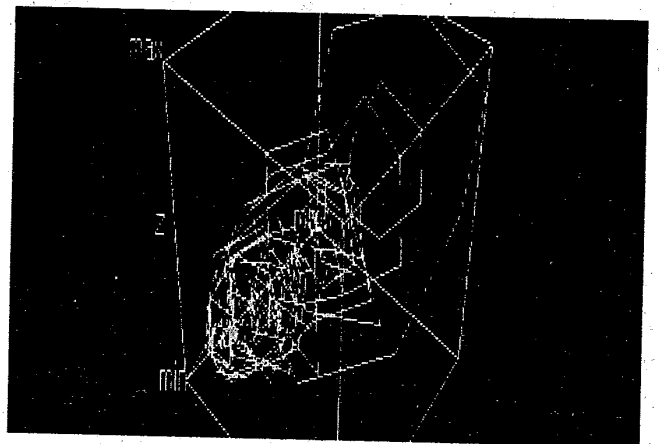


Fig.3 遅れ時間 1 ( $\delta = 1$ )

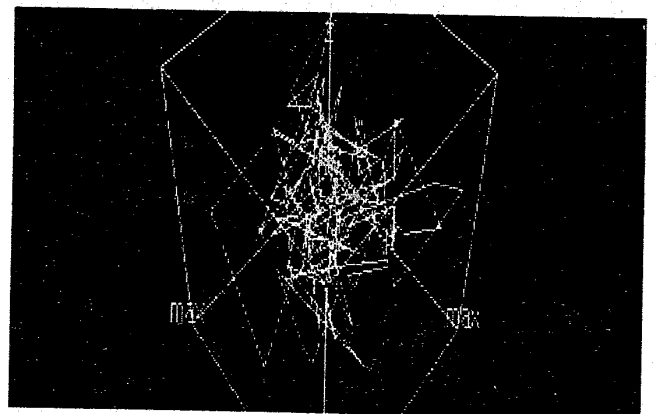


Fig.3 遅れ時間 10 ( $\delta = 10$ )

## 参考文献

- [1] 合原一幸 編著：「ニューラルシステムによるカオス」、東京電気大学出版局 (1993-3)
- [2] 山口、中川：「遅延を有する自己想起モデルに関する研究」、信学技報 Vol.95, No.126NC95-126(1996)