

ローレンツプロットを用いたリズム認識方式

4P-6

杉本 美夕紀 西嶋 正子 村上 公一

(株)富士通研究所 ヒューマンインタフェース研究部

1 はじめに

我々は、人間と計算機との間の円滑なコミュニケーションをテーマとし、双方のインタラクションを考えたシステムの研究開発を行っている。

人間は、心拍、呼吸などの他に、言葉、動作、音楽といったさまざまなリズムを持っている。非線形系において、リズムの同期は自律的に起こる現象であり [1, 2, 3], 我々が人と話し合うときに相槌を打つように、リズムの同期、同調はコミュニケーションに欠くことのできない要因の一つであると考えられる。しかしながらこれまで、計算機が任意の拍子、長さのリズムパターンを知ることのできる方法は、著者の知る限り存在しなかった。そこで我々は、音の時系列データの持つ周期性を認識することによって任意のリズムパターンを認識する手段を実現し、これによって、パターンを持つ入力のみに対応する「物まね」システムを試作した。本稿では、本システムの概要および構成について報告する。

2 基本概念

時系列データのふるまいの特徴を可視化する方法の一つに  $m$  次元への埋め込みがある。これは、時系列データ  $\{x_n\}$  に対して、 $m$  次元空間上に点

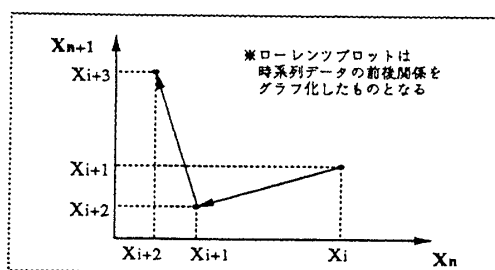


図 1: ローレンツプロット

$P_i(x_i, x_{i+1}, \dots, x_{i+(m-2)}, x_{i+(m-1)})$  を順次プロットするもので、特に  $m=2$  の場合をローレンツ

プロットと呼ぶ(図1)。 $\{x_n\}$  が周期性を持つ場合、この空間内の点列  $\{P_n\}$  は閉ループ(または固定点)を描くという性質がある [4, 5]。そこで我々は、ローレンツプロットの結果が閉ループを描くかどうかを判定することによってデータの周期性の有無を判定する方式を提案する。

3 リズム認識方式

リズムパターン認識のための入力データは 100Hz でサンプリングされた音圧データで、時系列データ  $\{x_n\}$  はそれを音の ON/OFF 情報に変換し、各音間の間隔時間を求めたものである。一般に  $\{x_n\}$  は、サンプリング誤差や人間の与えるリズムの揺らぎ、ノイズなどを含んでいる。そこで、本システムではデータのローレンツプロット処理を、(1)ノイズを除去するために通過頻度の高い点だけを抽出するパターン構成点抽出部 (2)軌道を追跡し閉ループかどうかを判定する周期検出部、の2つの処理に分けて行う。なお、どちらの処理においても、リズムの揺らぎを取り除くために、新しい点  $P'_n$  がすでに存在する点  $P_n$  の近傍に位置する場合には、 $P'_n$  ではなく  $P_n$  にプロットすることにする。

3.1 パターン構成点抽出部

パターン構成点抽出部では、新しいプロット用データ  $x_i$  が得られると、点  $(x_{i-1}, x_i)$  に埋め込み値が加えられる。一方、この埋め込み値は一定時間ごとに減衰するようになっており、比較的短い時間内に何度も通過する点だけが低い埋め込み値を持つ。そこで、この埋め込み値がある閾値を越えた点を、パターン構成点として抽出する(図2)。

3.2 周期検出部

周期検出部では、パターン構成点として挙げられた点に対するプロットを追跡し、その軌跡が閉ループ

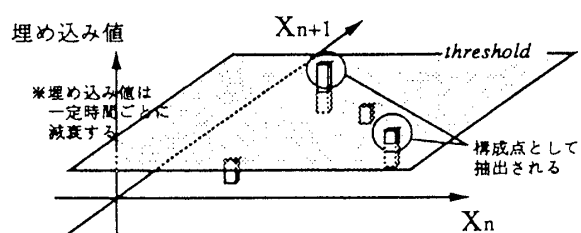


図 2: パターン構成点抽出部  
ブであるかどうかを判定する。ここで、その判定条件は、「すべての点を通り、かつ、始点と終点が一致する」である。この条件が満たされたとき、一周期の軌跡が出力部に渡される。

## 4 実験と評価

### 4.1 実験

我々は、計算機と人間の間のリズムを介したコミュニケーションを、これまでのメトロノームのような計算機主導型のものから、人間主導型のものにする可能性を探っている。そこで、パーソナルコンピュータ FMTOWNS 上に、入力データのリズムパターンが検出されると、そのリズムを物まねし、音の出力に同期して動画を表示するシステムを構築した。本システムを用いて実際に手拍子や声などを入力し、リズムパターンを認識させる実験を行った。

### 4.2 評価

本システムでは、ほとんどのパターンについてそれを 2~4 回程度繰り返すと正しくリズムパターンが認識され再生された。なお、本システムでは実時間でリズム認識が実現される。

### 4.3 パターンの入れ子問題

前述のように、通常のパターンの認識は問題なく達成された。しかし、たとえば 3-3-7 拍子のような、パターンの内部にまたパターンの繰り返しが含まれている場合 (図 3)、なかでも、IP1 と IP2 がまったく同じ構成点から成る場合に、IP1 だけまたは IP2 だけが認識されることがある。これを避けるために、検出した周期を何回か確認したとしても、前と違うパターンの出現が、新しいパターンの開始を意味するのか、あるいはまだ前のパターンの続き

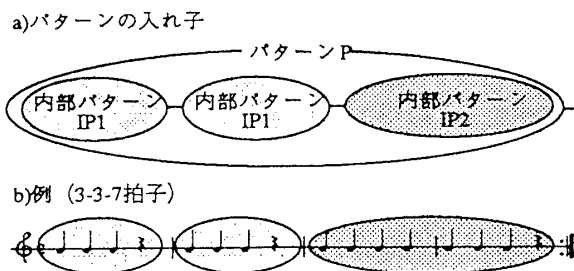


図 3: パターンの入れ子  
なのかを判定する確実な方法はない。

しかしながら、このような問題は人が音を聞いて判断するときにも発生するもので、システムの問題点というよりはより本質的な問題として、今後も検討を加える必要があるだろう。

## 5 おわりに

以上のように、ローレンツプロットを用いた比較的簡単な処理によって、音情報から基本的な周期を抽出できることを確認した。また、実験の結果、計算機と人間の間の人間主導型のリズム同期の可能性が明らかになった。今後は上に述べた問題をはじめとした、リズム認識に関する諸問題の研究を進めていく予定である。

謝辞 日頃より有益なご指導、ご助言をいただきます  
富士通研究所棚橋取締役、システム研究部門森田部門長代理に深く感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 吉川研一, 「リズムを自然発生させる非平衡の科学」, 日経サイエンス, 1992年7月号
- [2] 「非線形非平衡系のダイナミクス」, 日経サイエンス, 1993年7月号
- [3] 蔵本由紀, 山田道夫, 篠本滋, 川崎恭治, 甲斐昌一, 「パターン形成」, 朝倉書店, 1992
- [4] G・L・ベイカー, J・P・ゴラブ, 松下貢訳, 「カオス力学 入門—基礎とシミュレーション—」, 啓学出版, 1992
- [5] 下條隆嗣, 「カオス力学入門」, シミュレーション物理学6, 近代科学社, 1992