

インテリジェントシステムを用いたカオス通信系の構築

Development of the Chaotic Communication System Using Intelligent System

○横枕 永吾、清水 能理、佐藤 和也

Eigo Yokomakura、Shimizu Yoshimasa、Kazuya Sato

八戸工業大学

Hachinohe Institute of Technology

キーワード: カオス (Chaos)、サロゲート (Surrogate)、ファジィモデル (Fuzzy Model)

連絡先: 〒031-8501 青森県八戸市妙字大開88-1 八戸工業大学工学部システム情報工学科清水研究室
清水能理 Tel: 0178-25-8135 Fax: 0178-25-1691 E-mail: shimizu@hi-tech.ac.jp

1 はじめに

人工的にカオスを発振させる場合を考えると、ローレンツ・モデルやエノン写像といった解析的な式で定義された力学系を用いるのが一般的である。現在カオスを発振させるために利用されるカオスモデルは種々あるが、パラメータのとり値によっては系がカオスとなる値の範囲で周期性を示す窓を生じる場合がある。そのため、カオスを利用したシステムにおけるパラメータの設定には十分注意しなければならない。

一方、自然界にカオスは遍在している。自然界における多様なカオスに対し、工学に応用するため、カオスモデルを用いて人工的に作り出されるカオスは限定的である。

よって、カオスを発生するファジィモデルを構築することを目的とする。

2 問題提起

従来の非線形モデルでカオス発生回路の構築は難しい。よって、ファジィモデリングを用いてカオスを発生する非線形システムを構築する。高木・菅野モデルは少ないファジィルールで非線形回路を構築できるので、高木・菅野タイプファジィルールを用いる。

3 研究手法

ファジィ理論とニューラルネットワーク組み合わせることで、ファジィ理論に基づいた知識表現でモデル構成ができ、パラメータをニューラルネットワークのように学習できる。ファジィを用いたカオス発生回路の構築法を以下に示す。

①高木・菅野ファジィモデル作成

後件部にファジィ集合ではなく線形式を用いている。(1)式に連続系、(2)式に離散系のファジィルールを示す。(3)式に連続系、(4)式に離散系のファジィ推論結果を示す。

IF $x_1(t)$ is A_1 and...and $x_n(t)$ is A_{in}
THEN $x_1(t)=A_1x(t)+B_1u(t)$... (1)

IF $x_1(t)$ is A_1 and...and $x_n(t)$ is A_{in}
THEN $x_1(t)=A_1x(t)+B_1u(t)$... (2)

$$\dot{x}(t) = \frac{\sum_{i=1}^n w_i(t)(A_i x(t) + B_i u(t))}{\sum_{i=1}^n A_i(t)} \quad \dots (3)$$

$$x(t+1) = \frac{\sum_{i=1}^n w_i(t)(A_i x(t) + B_i u(t))}{\sum_{i=1}^n A_i(t)} \quad \dots (4)$$

②メンバシップ関数をバックプロパゲーションで学習

③Chua回路および構築したモデルの時系列を比較

4 シミュレーション

ファジィモデルを構築し、ニューラルネットワークを用いてメンバシップ関数を学習した。構築したファジィモデルを繰り返し用い、カオスダイナミクスの出力を得た。図1はファジィモデルからの出力を用いたアトラクタである。

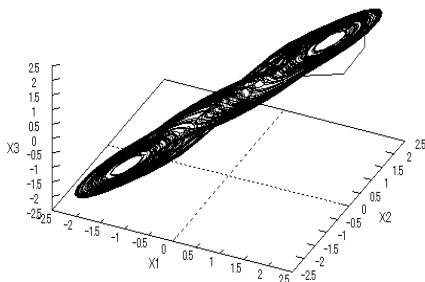


図1:ファジィモデルのアトラクタ

5 考察

アトラクタから定性的にカオス評価ができた。しかし、本当にカオス性を有しているかの判断は困難なため、定量的にカオス検定を行う必要がある。

6 カオス性の検定

サロゲートデータの特徴量が正規分布すると仮定できる場合、下式で定義する検定統計量 S を用いて評価する。

$$S = \frac{|Q_0 - \mu Q_H|}{\sigma Q_H}$$

- ▶ Q_0 : オリジナルデータの非線形統計量
- ▶ μQ_H : サロゲートデータの非線形統計量
- ▶ σQ_H : サロゲートデータの非線形統計量標本標準偏差

Q_H が正規分布するとき、 $S > 1.96$ であれば有意水準 $\alpha = 0.05$ で与えられた帰無仮説を棄却することで、カオス性を判定する。非線

形統計量としては、リアプノフ指数を用いた。表1はカオスダイナミクスを取得したファジィモデルに各サロゲート法を適用した検定統計量とカオス性の有無を示したものである。

表1:検定統計量 S およびカオス性の有無

RS	FT	FS	AAFT	IAAFT
サロゲート	サロゲート	サロゲート	サロゲート	サロゲート
44.780	15.193	15.632	24.733	25.150
○	○	○	○	○

○: カオス性の示唆 ×: カオス性の否定

7 まとめ

高木・菅野ファジィモデルを用いることによって、少ないファジィルールのメンバシップ関数でモデルを構築することができた。さらに、サロゲート法を適用した結果、カオス性を有していたので秘匿通信手法へ応用可能である。

参考文献

- [1] 田中一男:アドバンストファジィ制御
- [2] 田中一男:インテリジェント制御システム
- [3] 鈴木 昱雄:カオス入門, コロナ社, 2000
- [4] 合原一幸, 池口徹, 山田泰司, 小室元政: カオス時系列解析の基礎と応用, 産業図書, 2000
- [5] 合原一幸:カオスセミナー, 海文堂出版, 1994
- [6] カオス時系列解析システム ChaosTimes: AIHARA Electrical Engineering Co., Ltd. <http://www.aihara.co.jp/rdteam/chaostimes/index-j.html>
- [7] Sunday ChaosTimes による解析の実例: [http://www.aihara.co.jp/rdteam/sunday-chaostimes/sundayct-examples.pdf#search=sunday chaos times](http://www.aihara.co.jp/rdteam/sunday-chaostimes/sundayct-examples.pdf#search=sunday%20chaos%20times)