

ポアンカレ切断面に基づく時系列解析を用いたカオス通信系構築

Building Chaotic Communication System Using Time Series Analysis Based on the Poincaré Section

○鳥谷部 大地、清水 能理、石鉢 大輔

Daichi Toriyabe, Shimizu Yoshimasa, Daisuke Ishinohachi

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)、ポアンカレ切断面(Poincaré Section)

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

Chua 回路を用いた秘匿通信システムでは、同期化部の状態を暗号鍵として用いた変調部、復調部に対するカオス分岐を情報信号の搬送波に応用する。ファジィモデル、ニューロモデルを用いてカオスを発信できるので、新たなカオス発振回路として、ファジィモデル及びニューロモデルを使用する。しかし、回路の出力データがカオス性を有しているか検定を行う必要がある。Chua 回路からの出力データに、サロゲート法を適用し、カオス性の検定を行えることはわかっている。そこで、Chua 回路の出力データを元に、ファジィモデル及びニューロモデルで学習を行い、出力されたデータに対しサロゲート法を適用する。

2 サロゲート法

カオス応答を示すための重要な要因は非線形性にある。サロゲートデータ法では、観測された時系列信号に対する線形確率過程の存在を帰無仮説として提示し、ある非線形統計量の推定を通じて検定する。そして、帰無仮説を棄却することで時系列信号における非線形の存在を示す。非線形性を示すと考えられる時系列信号に対しては、種々の帰無仮説を考えることができるが、線形確率過程の存在を基盤とした帰無仮説を用いるの

が自然である。帰無仮説に従うようなサロゲートデータを多数作りだし、これらの統計的性質がオリジナルデータのそれと異なることを検定する。

3 問題の記述

学習したファジィモデル及びニューロモデルからの出力データは必ずしもカオス性を有していない。この場合、2つのモデルはカオス発振回路として機能しておらず、改良が必要である。上手くいかない原因としては、サンプリングした実験データの短さに問題があると考えられる。しかし、データを長くすると、負荷が大きくなり処理が難しくなる。そこで、連続データを離散化するポアンカレ切断面を用いる改善が考えられる。

4 ポアンカレ切断面

ポアンカレ切断面は、同方向に通過する軌道の交点をプロットしたグラフを表す。これは、ポアンカレ切断面のリカレンスプロットの結果を用いて、高速にプロットを行う。ポアンカレ切断面の指定は、ポアンカレ切断面のリカレンスプロットにおける注目している点のインデックスを指定することで行える。ポアンカレ切断面である超平面を座標系として、プロットされたすべての点について、各座標軸における最小値を座標とする

下限点とポアンカレ切断面を通過する軌道の交点とのユークリッドノルムをプロットすると、ポアンカレ写像が得られる。

5 シミュレーション

図1に Radial_basis ニューロモデルのアトラクタを示す。このとき、ポアンカレ切断面は図2のようになる。

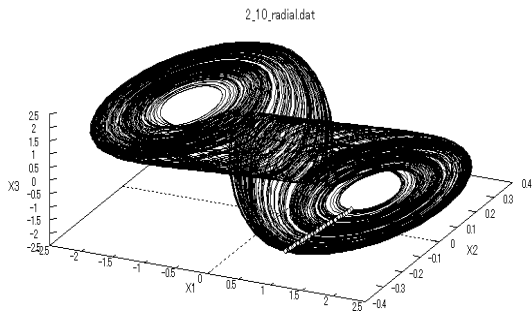


図1：アトラクタ(Radial_basis)

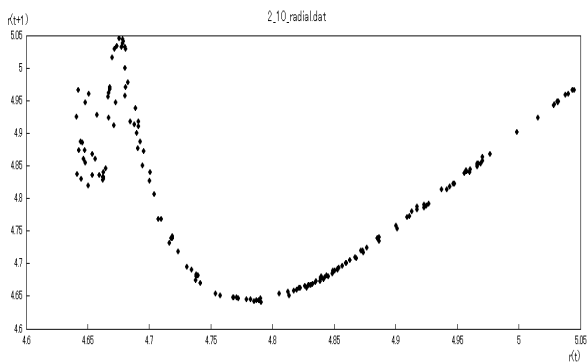


図2：Radial_basis のポアンカレ写像

シミュレーション結果に基づき、ポアンカレ写像のデータを用いてカオス性の検定を行った。

表1 サロゲート法における検定統計量S

	RS	FS	FT	AAFT	IAAFT
Chua	0.6210	3.6884	0.2123	0.3350	5.8020
Fuzzy	6.1230	2.0175	1.5706	2.5648	0.5960
Elman	59.502	26.572	49.693	54.940	33.821
Linear	1.2850	0.4171	2.7945	0.4414	0.1231
Radial	0.7477	1.0562	3.8778	0.9587	2.6536

表2 サロゲート法におけるカオス性の有無

	RS	FS	FT	AAFT	IAAFT
Chua	×	○	×	×	○
Fuzzy	○	○	×	○	×
Elman	○	○	○	○	○
Linear	○	×	○	×	×
Radial	×	×	○	×	○

○：カオス性を示唆 ×：カオス性の否定

6 まとめ

サロゲート法を用いてファジィモデル、ニューロモデルのカオス性の判定を行った。サンプリングの問題を解決するために、ポアンカレ手法を用いた改良手法を考案した。最適なポアンカレ切断面の設定手法について研究を進める。

参考文献

- [1] 元井和征, 清水能理: カオス分岐におけるカオス性の考察, 情報処理学会第71回全国大会, 講演論文集(CD-ROM)
- [2] 藤井恭平, 清水能理: カオス発生回路を用いた秘匿通信システムの製作, 平成20年度第1回情報処理学会東北支部研究会, 講演資料, セッション1, 講演番号4, 2008.12
- [3] 元井和征: サロゲート法を用いたカオス分岐と窓に関する研究, 八戸工業大学H20年度第2回研究室合同発表会, 講演資料, 2008.12
- [4] 元井和征, 清水能理: カオス分岐と窓に関する考察, 平成20年度第4回情報処理学会東北支部研究会, 講演資料, 2009.2
- [5] 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
- [6] 合原一幸: カオスセミナー, 海文堂出版, 1994
- [7] 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>