

関西大学大学院 学生会員 野村泰稔
関西大学 総合情報学部 正会員 古田 均
関西大学 総合情報学部 正会員 広兼道幸

1. はじめに

時系列解析および予測は工学，気象学，経済学，農学など様々な分野で重要課題であり，今日までに予測精度を向上させるために様々な手法が提案されてきた．また時系列解析において代表的な従来手法である自己回帰手法とカルマンフィルタをベースにした統計的時系列解析法は線形確率過程論に基づくものであり，対象の時系列が非線形性の強い場合には必ずしも高精度な予測結果を与えないという問題点がある．そこで本研究では，時系列を埋め込んだ際の差分ベクトルに基づく決定論的非線形予測手法を提案し，今日までに提案されているカオス時系列解析法である局所ファジィ再構成法と近傍差分を用いたファジィ推論による決定論的非線形予測手法，および従来手法である統計的時系列解析法を用い，それぞれの時系列解析法の比較・検討を試みる．実際に利用した観測時系列は中島大橋において動態観測を行っている期間平成9年7月26日において台風9号が通過した際の風速である．

2. 差分ベクトルに基づく決定論的非線形予測手法

この手法もまずタケンスの埋め込み定理により埋め込まれた再構成状態空間に最新の観測されたデータベクトルをプロットする．そしてもし観測時系列の挙動が決定論的であるならば， ν ステップ前から最新の観測データベクトル $z(T)$ への差分ベクトルが，過去の挙動の似かよった差分ベクトルのダイナミクスと近似的に等価であると仮定する．

ここで，最新データベクトル $z(T)$ の ν ステップ前からの差分を

$$t(T) = z(T) - z(T - \nu) \quad (1)$$

とにおいて，同じようにすでに埋め込まれたデータベクトルの差分ベクトルから挙動の似かよった差分ベクトルを最小2乗法により m 個探索する．そのときの探索された差分ベクトルを $w_j(i) (j=1, 2, \dots, m)$ とする．そして次に

$$\text{IF } t(T) \text{ is } w_j(i) \text{ THEN } t(T+s) \text{ is } w_j(i+s) \quad (2)$$

というファジィ推論を行うことにより，それぞれの差分ベクトルの s ステップ先の変化量である $w_j(i+s)$ の依存度を決定し $t(T+s)$ の予測値の推定を行うものである．局所ファジィ再構成法や近傍差分を用いた決定論的非線形予測手法はユークリッド距離を算出して近傍ベクトルを探索するが，提案手法は現在の差分ベクトルと過去の挙動の似かよった差分ベクトルを探索しファジィ推論を行っている．また差分ベクトルを用いることによって過去のデータの挙動の情報を最大限に利用することができると思われる．

3. 適用時系列のカオス性の判定

本研究では，まず3次元状態空間に観測時系列をタケンスの埋め込み定理を用いて埋め込む．そして相関次元解析とリアプノフ指数解析を行いカオス性の判定を試みる．これらの結果を図1, 2に示す．

キーワード：カオス時系列解析法，局所ファジィ再構成法，近傍差分を用いたファジィ推論による決定論的非線形予測手法，風速

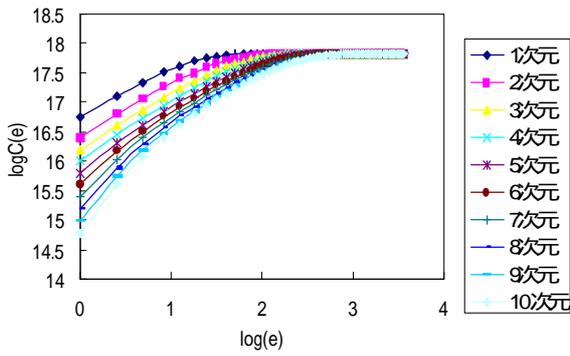


図1 相関次元解析結果

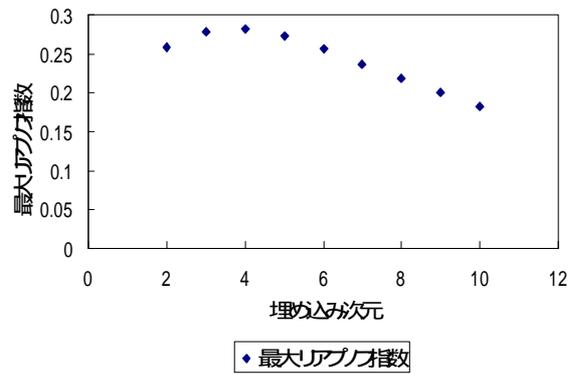


図2 リアプノフ指数解析結果

判定の結果により、風速時系列はカオス性を有すると判明した。そして局所再構成を行う局所ファジィ再構成法と近傍差分を用いたファジィ推論による決定論的非線形予測手法での予測時のパラメータとして埋め込み次元 $m=4$ 、遅れ時間 $l=1$ 、近傍ベクトル数 $n=3 \sim 10$ とし、予測を行う。

4. 風速時系列への提案手法の適用

提案手法は局所再構成を行わないので、上述のパラメータは使用しない。提案手法は経験的に高次元、多近傍ベクトル数で予測を行うと高精度な結果を得ることができるので、12次元、2遅れ時間、15近傍ベクトル数で予測を行った。図3に提案手法による予測結果を示す。表1は提案手法、局所ファジィ再構成法、近傍差分を用いたファジィ推論による決定論的非線形予測手法、自己回帰手法とカルマンフィルタをベースにした統計的時系列解析法による予測結果の実測値との相関係数、平均2乗誤差、予測誤差分散をまとめたものである。

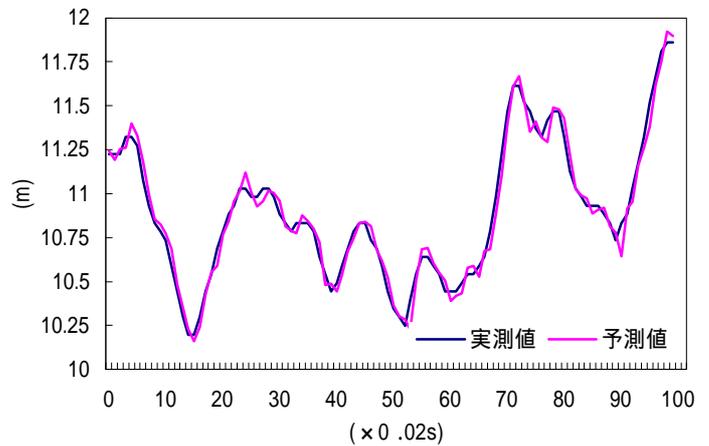


図3 提案手法による予測結果

表1 各手法の予測結果

	予測手法	相関係数	平均2乗誤差	予測誤差 $\pm 1\%$ 未満
1	提案手法	0.988147	0.003634	93件
2	局所ファジィ再構成法	0.985661	0.004519	90件
3	近傍差分法	0.983873	0.005032	83件
4	統計的時系列解析法	0.922031	0.028522	64件

5. おわりに

本研究では、差分ベクトルに基づく決定論的非線形予測手法を提案した。また提案手法を風速時系列に適用し、統計的時系列解析法と他のカオス時系列解析法とを比較した。その結果、提案手法が最も高精度な予測結果を得ることができた。提案手法は現在の差分ベクトルと挙動の似かよった過去の差分ベクトルを探索し、ファジィ推論を行っている。また差分ベクトルを用いることによって過去のデータの挙動の情報を最大限に利用することができると思われる。今後の課題としては提案手法の予測時のパラメータ設定方法の確立、階層型ニューラルネットワークなど他の予測手法との比較、さらに非線形性の強い時系列に対する適用などを考える。