

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
 関西大学総合情報学部 田中 豊

1. はじめに

台風の襲来が多い我が国では、毎年全国各地で高潮が発生し、その度に多くの損害を被っている。高潮の発生原因には、主に熱帯低気圧による海水の吸い上げと海水の吹寄せ、そして沿岸の地形の影響などがある¹⁾。現在、高潮の予測は、予測される最大風速と最低低気圧などの実験式から算出されている。しかしながら、この方法では精度向上に限界があること、時間的変化が予測できないこと等の問題点があり、以前から改善が求められていた。従って、高潮の発生を事前に予測し警戒、避難、水門閉鎖などの対策をとるには、高潮の推移を正確に予測する事が重要である。本研究では、時系列予測の分野において近年研究が盛んであるカオス時系列解析に注目し、高潮予測の高精度化を目指す。

2. 高潮予測へのカオス性の検証

本研究では、潮位および高潮時系列データの短期予測に対し、非線形データの短期予測において実績のあるカオス理論の適用を試みた。潮位および高潮のデータは大阪管区気象台の天保山観測所で観測された、大阪湾の1991年の1月から1992年の3月末までの1時間毎のデータ10977件を用いた。潮位は古来から月と太陽と地球の三つの天体の相互関係から推算されてきた²⁾が、この計算には風などの自然的影響が加味されていない。本研究では、まず第一に高潮を含む潮位の時系列データに対して、リアプノフ指数を用いてカオス性の判定を試みた。その結果、リアプノフ指数は正であり軌道不安定を示しているため、カオスの挙動をする時系列データであると判断した。

3. 近傍差分による決定論的非線形時系列予測手法の概要

決定論的非線形時系列予測手法とは、タケンスの埋込み理に基づき、時系列を生成する決定論的力学系のアトラクタを再構成し、決定論的非線形ダイナミクスを推定する方法である。現在、テセレーション法、グラムシュミット直交系法、局所ファジィ再構成法など様々な手法がダイナミクスを推定するために提案されている²⁾。本研究では、近傍の軌道の変化をより敏感にとらえて予測することができると言われている近傍差分法を用いて高潮の予測を試みた。

第一に、タケンスの埋込み定理により埋込まれた再構成状態空間に、最新の観測データベクトル $z(T)$ をプロットし、もしその $z(T)$ への変化が近傍データベクトル $x(i)$ への変化のダイナミクスと近似的に等価であると仮定することができるならば、最新データベクトル $z(T)$ とその近傍データベクトル $x(i)$ の v ステップ前からの差分をそれぞれ、

$$t(T) = z(T) - z(T-v)$$

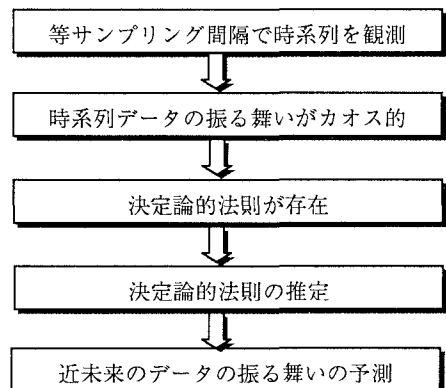


図-1 カオスの時系列データの予測の概要

(1)

キーワード：カオス理論、時系列予測、高潮

連絡先：〒569-1095 高槻市霊仙寺町2-1-1 TEL 0726-90-2483

$$y(i) = x(i) - x(i-v) \quad (2)$$

とにおいて、これらによって

$$\text{IF } t(T) \text{ is } y(a_i), \text{ THEN } t(T+s) \text{ is } y(a_i+s) \quad (3)$$

というファジィ推論をすることにより予測値の推定を行った。図2は、6400件目までの実測値を用いて、6401件目を予測し、次に6401件目までの実測値を用いて、6402件目を予測するという様に1ステップ先の予測を200回繰り返した結果と実測値の比較結果である。

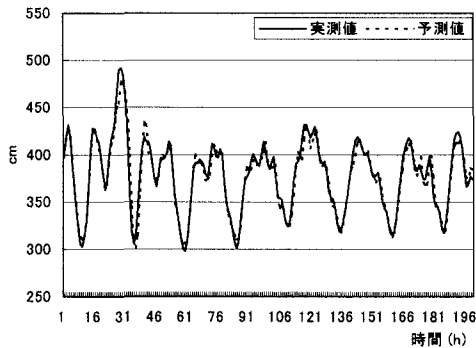


図-2 予測結果

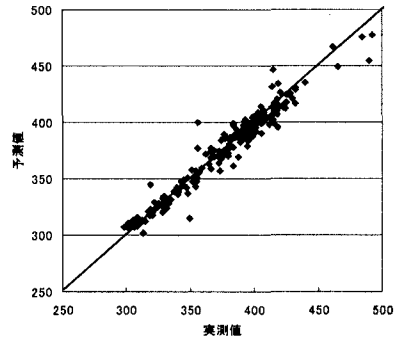


図-3 相関係数(0.9786)

4. 適用例の考察

この図2からも分かるように、1時間毎のデータを用いた場合の予測結果は、普段の干満差においては、非常によい予測結果となっている。これは潮汐が常に一定の周期性を持つためと考えられる。しかしながら、周期的ではない潮位である高潮発生時あるいは高潮発生後においては、実測値とに若干の誤差が確認できる。この原因は、10977件の時系列データの中に、高潮が発生した時のデータが1度のみだったためと考えられる。

5. 結論及び今後の課題

カオス理論を用いた予測結果は、実測値との比較においてかなりの精度で予測ができた。しかし、高潮発生時の変化の大きな箇所では誤差が多少含まれ、十分な結果を得ることができなかった。しかしながら、本論分で述べた予測手法は1次元データのみを用いて、対象となるシステムの非線形ダイナミクスを同定できる可能性が十分にあるものと考えられる。その理由としては、最大風速、最低低気圧、沿岸の地形などの要因が時系列データに含まれているためと考えられる。したがって厳密な数学モデルを得ることが困難な複雑なシステムにおいて、カオス理論を用いた予測システムの重要性は高いと思われる。今後の課題としては、遅れ時間の考察や、従来の自己回帰モデルやカルマンフィルターなどの確率論的な線形モデルに基づく予測手法等と比較を行うことなどが考えられる。

参考文献

- 1) 高橋博, 竹田厚, 谷本勝利, 都司嘉宣, 磯崎一郎 : 沿岸災害の予知と防災 白亜書房 pp185-253, (1987)
- 2) 坂和正敏, 加藤浩介, 大浦啓一郎 : 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の実時系列データへの適用, 日本ファジィ学会誌 vol.10, No.2, pp.381-386 (1998)