

1. はじめに

これまで不規則あるいは確率過程と考えられてきた自然・社会現象を非線型力学系に支配されるカオスとみなして予測することが試みられている。本研究では小流域で観測された河川水温時系列データを対象にして、現象を支配する力学系の状態空間を埋め込み法により再構成し、カオス性の有無を判定した。決定論的因果性を失う程度までの短時間の範囲内で線型近似により水温時系列の予測データベクトルを局所再構成して水温時系列の予測値を求め、観測結果との比較から予測精度を検証する。

2. 時系列データの短時間予測作業の流れ¹⁾

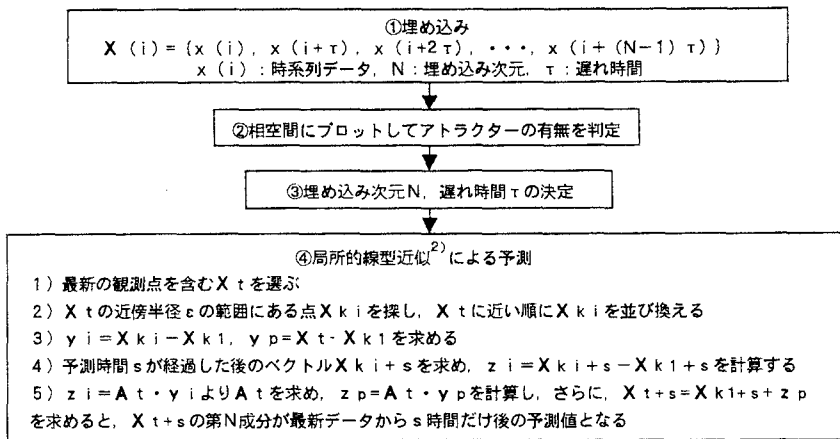


図-1 予測作業の流れ図

3. 本解析の予測精度に関する予備的検証

正解がわかっているロジスティック写像時系列を対象として予測を行った結果の予測誤差を図-2に示す。ロジスティック写像の場合、データベクトル数 m が500個あればおよそ1000個先まで、データベクトル数が少なくとも1個先までであれば、かなり精度の良い予測結果を得ることが確認できた。

4. 水温時系列データ

本研究では神戸市布引貯水池上流において1995/8/22～1996/1/9に3分間隔で観測した河川水温データから6分、15分、30分、1時間、2時間、4時間間隔のデータを作成し、これらを予測対象の元データとした。

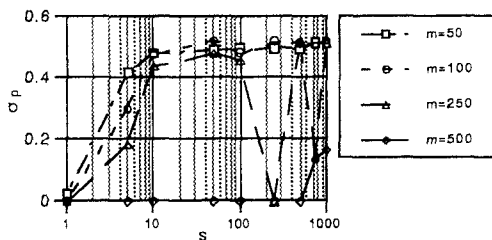


図-2 (a) 予測個数 s にともなう予測誤差の変化 (データベクトル数 m 別)

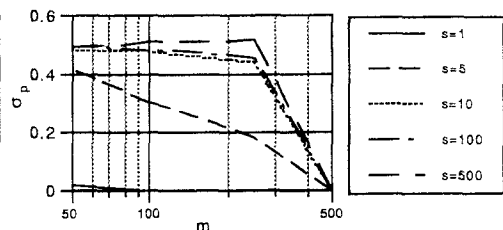


図-2 (b) データベクトル数 m にともなう予測誤差の変化 (予測個数 s 別)

5. 埋め込みによるアトラクターの再構成

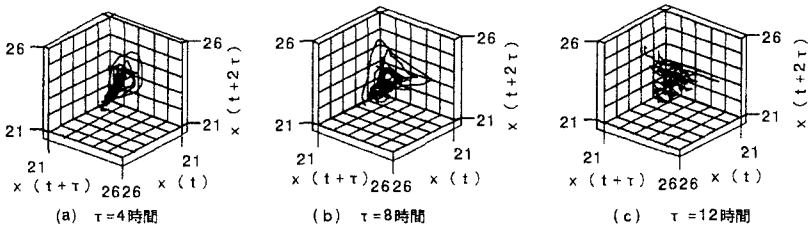


図-3 埋め込みによるアトラクターの再構成

三次元相空間での埋め込みの例であるが、 $\tau = 8$ 時間の時にアトラクターらしきものが再現されている。

6. 予測結果

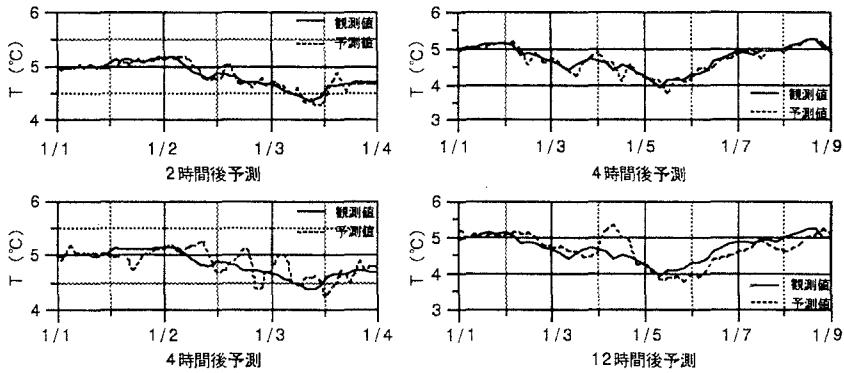


図-4 (a) 予測結果 (15分毎データ)

図-4 (b) 予測結果 (4時間毎データ)

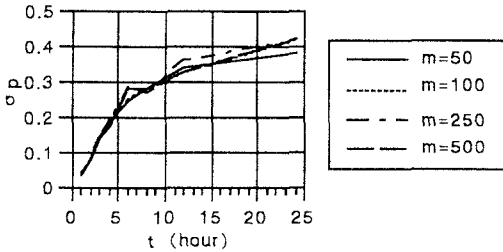


図-5 予測時間にもともなう誤差の変化 (30分毎データ)

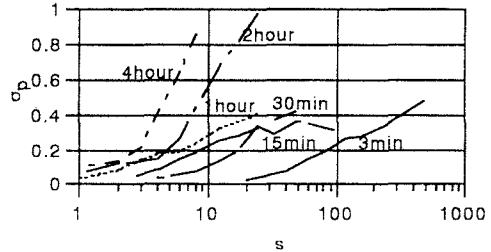


図-6 予測個数 s にもともなう予測誤差の変化 (データ別)

埋め込み次元 $N=5$ 次元、遅れ時間 $\tau = 8$ 時間として予測を行った結果を上を示す。比較的良好な結果を得ることが出来た。予測時間(個数)が短いほど予測精度がよく、データベクトル数 m にもともなう予測精度の違いはほとんど見られない(図4, 5)。また、データのサンプリング間隔別に見ると(図-6)、サンプリング間隔が長いほど予測精度も低下する。

今後、さらに予測精度を向上させるためには、

- ・局所的な支配法則の推定法として、線型近似法の他にも例えばファジー理論等を適用すること、
- ・埋め込み次元と遅れ時間の推定が最も重要であるので、適切な埋め込み次元と遅れ時間を決定するためのプログラムを開発すること、などが必要と考えられる。

本研究を遂行するにあたり、鳥取大学工学部太田隆夫助手には海岸水理研究会においてカオス理論の基礎をご教示頂いた。期して謝意を表する。

参考文献

- 1) 太田・木村：観測データのカオス性に基づく波浪予測の適用性，海岸工学論文集，第42巻，1995年。
- 2) 佐野・沢田：Physical Review Letters, 55(10), pp.1082-1085 (1985)。