

関西大学大学院 学生員○辻 幸志 関西大学総合情報学部 正会員 古田 均
 関西大学工学部 正会員 吉川 和広 (株)東洋情報システム 正会員 三雲 是宏

1. はじめに

近年、都市高速道路における自然渋滞を緩和し車両の円滑な走行を実現するために、ランプ流入口での車両流入制御に関する研究が盛んに行われている¹⁾²⁾。これらの研究においては、ランプ流入口での交通量の予測が可能であるということを前提としている。このため本研究では、流入制御モデルに対して有効な情報を提供するため、ランプ流入口での交通量予測モデルを開発することを目的とする。

一般に交通挙動はカオスの振る舞いを見せるといわれている³⁾。カオスの振る舞いは一見ランダムであるが、実は何らかの決定論に支配されていることが多く⁴⁾、実測値の分析により未来値の近似解を予測することができる。このことから観測時系列データの振る舞いに着目し、カオス理論を適用して交通量予測を行った。

本論文では、まず、カオス理論に基づく予測手法について説明する。次に、実際の観測データを用いて予測シミュレーションを行い、得られた予測値と実測値を比較して分析を行う。最後に、分析結果の考察を行い今後の課題について論じることとする。

2. 予測手法

観測時系列データがカオスの振る舞いをすると思定して、次の手順により予測を行う。

まず、タケノスの理論⁵⁾より、観測時系列データ $y(t)$ からデータベクトル $(y(t), y(t-\tau), y(t-2\tau), \dots, y(t-(n-1)\tau))$ をつくり (τ はタイムディレイ)、 t を変化させて n 次元再構成状態空間へ埋め込む。図-1にこの埋め込み操作を示す。ここで埋め込み次元 n は、元の力学系の状態空間の次元を m とした時、

$$n \geq 2m + 1 \quad (1)$$

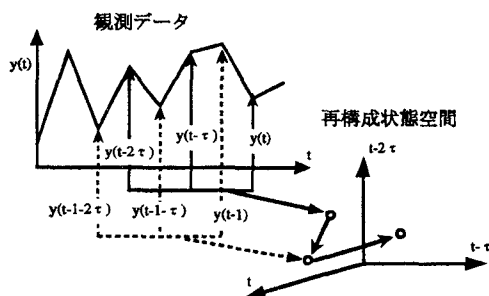


図-1 埋め込み操作

であれば十分であることが証明されている⁶⁾。これにより、本研究では3次元再構成状態空間への埋め込みを行うこととした。

次に、局所再構成法³⁾により、最新データを含むデータベクトル $Z(T) = (y(T), y(T-\tau), y(T-2\tau))$ とその近傍のデータベクトル $X(i)$ の S ステップ後のデータベクトル $X(i+s)$ への軌道を用いて、 $Z(T)$ の近未来の軌道を推定し、 S ステップ先のデータベクトルを求める。本研究ではこれをデセレーション法⁶⁾で行う。

ここでは、 $Z(T)$ の近傍データ $X(i)$ を用いてボロノイ分割を行い、分割された領域を $V_{X(i)}$ とする。そして、再度、最新の観測データ $Z(T)$ も含めてボロノイ分割を行い領域 $V_Z(T)$ を求める。この $V_Z(T)$ と最初に分割された $V_{X(i)}$ とが重なる部分を $V_{ZX(i)}$ とする。このとき、 $Z(T)$ の1ステップ先の予測値 $\bar{Z}(T+1)$ は次式で与えられる。

$$\bar{Z}(T+1) = \sum \{\lambda(i) \cdot X(i+1)\} \quad (2)$$

$$\lambda_i = \frac{\mu_n(V_{ZX(i)})}{\mu_n(V_Z(T))} \quad (\mu_n : R^n \text{上のルベীগ測度}) \quad (3)$$

これによりSステップ先の $\bar{Z}(T+S)$ を予測する場合は、この過程をS回繰り返す。これらの予測値を元の力学系の状態空間へ写像し、予測値 $\bar{y}(T+1)$ 、 $\bar{y}(T+S)$ を求めることができる。

3. 予測結果

本研究で用いたデータを図-2に示す。計測期間は平成7年9月4日午前7時から9日午前7時まで、サンプリング間隔は5分である(データ数:1,440)。

本研究では、観測時系列データからデータベクトルをすべて作成した。過去のものから数えて1,000点目までのデータベクトルを既存のものとする。そして、逐次1点ずつデータベクトルを追加し、1観測周期先(5分後)の予測をデータがなくなるまで行った。これにより得られた予測値と実測値との比較を行った。

また、 τ の大きさは、1(5分)~12(60分)の12ケース分設定して埋め込みを行い、それぞれ1,001点目を最新点としたときの1,002点目の予測値を求め、その予測値と実測値との予測誤差(絶対誤差)の一番小さくなるケースを用いることとした。予測誤差は図-3のようになり、 τ を5(25分)とした。

予測結果と実測値を図-4に示す。予測値の波形は実測値とほぼ一致していることがわかる。また、図-5に示すように予測値と実測値の間には相関が認められ、相関係数は0.9403となった。これにより、予測結果が高い精度で得られていることがわかる。

4. おわりに

本研究において、ランプ流入口における交通量予測をカオス理論を適用して行った結果、実測値に近い値が得られることがわかった。ただし、交通量の減少する深夜においては予測誤差が大きくなり、予測する時間帯によって精度が変化するという問題がある。

今後はこの問題の解決策について検討し、精度を上げるための方法を考案するとともに、本研究で行った5分後より先の予測シミュレーションを行う予定である。

参考文献: 1) 松井・佐藤: 土木学会論文報告集, 326号, pp. 103-114, 1982. 2) 秋山・佐佐木: 土木学会論文集, 413号, pp. 77-86, 1990. 3) 五百頭: 日本ファジィ学会誌, Vol. 7, No. 3, pp. 486-494, 1995. 4) 合原: カオス, 講談社, 1993. 5) F.Takens: In Dynamical System and Turbulence, Springer, Berlin, pp. 366-381, 1981. 6) A.L.Mees: International Journal of Bifurcation and Chaos, Vol. 1, No. 4, pp. 777-794, 1991.

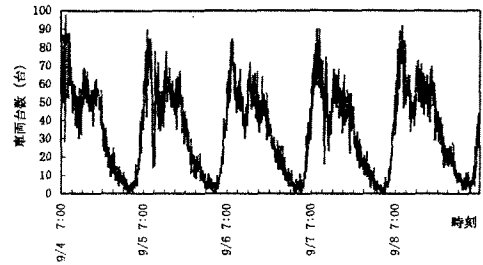


図-2 阪神高速道路13号東大阪線高井田入口での観測データ

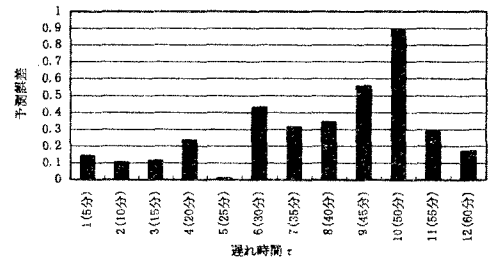


図-3 各遅れ時間 τ における1002点目予測の予測誤差

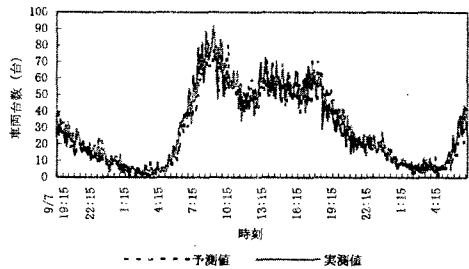


図-4 予測結果

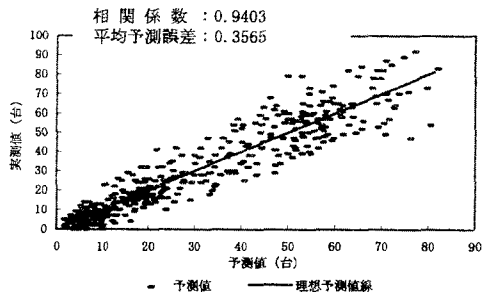


図-5 予測結果(相関)