

カオス理論を用いた都市高速道路の流入交通量予測に関する比較分析

岐阜大学工学部 正員 秋山孝正
舞鶴市役所 正員 森野友彦

1. はじめに

都市高速道路の的確な交通現象記述のためには、時間変動する一般道路網から都市高速道路への流入交通量の高精度な予測が重要である。すなわち、流入交通量は渋滞シミュレーション等の入力変数となっており、本線上の各種交通現象の予測精度に大きな影響を与える。このとき5分間程度の時系列交通量は不規則変動を伴うことから、複雑現象としての処理が必要となる。本研究では、カオス理論を基本として関連手法を提案するとともに、時系列交通量予測に対する有効性について比較検討する。

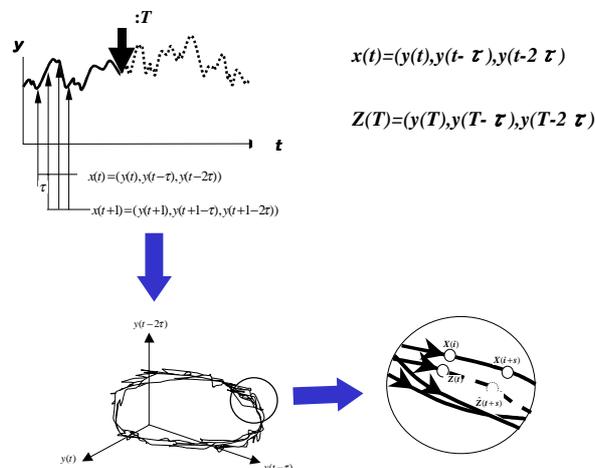


図-1 時系列データの多次元空間への埋め込み

2. 時系列交通量の予測手法

都市高速道路における時系列交通量予測に関して、ここでは、交通量の不規則な時系列変化に対応できること、交通管理面から数時間先(2時間程度)の予測値が一括して算出されることを基本とした。

2.1 カオス理論による時系列交通量の予測手法

カオス理論を用いた予測手法^{1),2)}は以下の手順で推計される。蓄積された時系列交通量からデータベクトル $x(t)$ を作成し、「埋め込み定理」を用いて変動傾向に規則性を見出すものである。(このプロセスを図-1 および式-1 に示す)。

$$x(t) = (y(t), y(t-\tau), \dots, y(t-(n-1)\tau)) \quad (1)$$

n : 埋め込み次元, τ : 遅れ時間

データベクトル $x(t)$ と最新データベクトル $Z(T)$ とのユークリッド距離を算出し、近傍データベクトル $X(t)$ を抽出する。近傍データベクトル $X(t)$ 以降の挙動は既知であり、データベクトル $x(t)$ に規則性が認められれば、将来の挙動も近似的に等価である。この関係を用いて将来の予測値を算出する(この操作を「局所再構成法」と呼ぶ)。局所再構成法には、多数の方法が知られるが、本研究においては、(1)非線形的解法である「局所ファジィ再構成法」、(2)線形的解法である「グラム-シュミット(G-S)の直交系法」を用いる。

(1)局所ファジィ再構成法

ここではIF~THEN~形式のファジィルール群を用いてファジィ推論を行う。具体的には、データよりメンバーシップ関数を構成し、各近傍データベクトル $X(t)$ に対するグレードを算出する。このグレード(ウエイト)を用いて以降の値を予測する。

(2)G-Sの直交系法

この方法では、まず近傍データベクトルから直交系を構成する。さらに、最新データベクトルをこの直交系の各軸へ射影し比率成分を算出する。さらに近傍データベクトルの次時点のデータベクトルから直交系を構成し、先に算出した比率成分に基づいて、将来の予測値を算出するものである。

2.2 各種の時系列交通量予測手法

カオス理論による交通量予測の適用性検討のために、関連予測手法として「指数平滑法」、「ニューラルネットワーク(NN)」を用いる。ここで指数平滑法(3次)は現行の時系列予測にも利用されている手法である。一方で、NNによる予測手法は、カオス理論と同様に複雑系予測に適した手法であるが、基本的なモデル構成法は相違している。

(1)指数平滑法による予測手法

過去の交通量と蓄積データの平均値との差に基づいて、予測対象時点の蓄積データの平均値をシフ

キーワード：都市高速道路、カオス理論、流入交通量、時系列予測、交通管理

連絡先(〒501-1193 岐阜市柳戸1-1 岐阜大学工学部土木工学科・TEL:058-293-2443・FAX:058-230-1528)

とし、将来の予測値を算出するものである(式-2)。

$$s_t = \alpha x + \alpha(1-\alpha)x_{t-1} + \alpha(1-\alpha)^2 x_{t-2} + \dots \quad (2)$$

(2) NN モデルによる予測手法

階層型 NN を用いて、カオス予測手法と比較のため変数は同様とし、モデルの構造を入力層 24, 中間層 16, 出力層 12 とする。すなわち、入力値は過去の交通量, 出力値は 1 時間先までの交通量である。具体的には、既存交通量のデータから結合荷重を算出し、モデル構造を規定することができる。

3. 都市高速道路の時系列流入交通量

3.1 予測対象路線

ここでは阪神高速道路の 15 号堺線上りを対象とする。阪神高速道路では流入交通量が車両検知器により 5 分単位で計測される。また本対象路線における入路は、堺集約料金所(11.9KP)、住之江(9.0KP)、玉出(6.1KP)の 3 箇所である。本研究では、これら各入路の 5 分間流入交通量を 24 時点(2 時間)単位で予測する。過去の蓄積データとして、車両検知器により測定される平成 9 年 10 月 13 日~19 日の 5 分間交通量(2016 時点)を用いる。また予測精度検証用データとして、平成 11 年 10 月 20 日の同対象箇所の 5 分間交通量を取り上げる。

3.2 各手法による予測結果の検証

各手法では蓄積データからモデル構造を確定し、検証データを未知として予測を行う。ここで各手法により時系列交通量(午前 7:05~9:00)を予測した。堺集約料金所に対する算定結果を図-2 に示す。ここでは、予測精度の検証のため実測値をグラフに併記した。また各方法の予測精度を検討するため、表-1 に RMSE と相関係数の値を整理した。これらの算定結果から、いくつかの点が観測される。

カオス理論による予測では、実測値からの乖離が若干生じるが、大局的な時系列変化には良好に追従している。2 種類の再構成法のうち、非線形的解法である「局所ファジィ再構成」では、「G-S の直交系法」より若干良好な推計結果が得られる。関連手法である NN による予測手法も従来手法(指数平滑)より時系列変化への追従性が高い。推計精度(RMSE)の点からみると、カオス(ファジィ)および NN では同程度の推計結果が確保される。

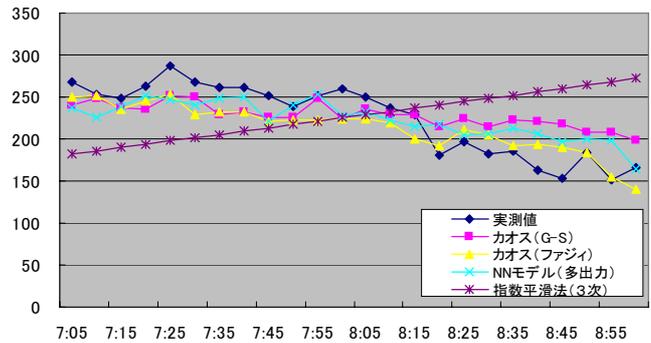


図-2 予測結果と実測値の比較

表-1 各予測方法による精度の比較

予測手法	RMSE	相関係数
カオス(G-S)	31.79	0.884
カオス(ファジィ)	24.22	0.826
指数平滑法	67.25	-0.901
NNモデル	25.95	0.857

時間的な交通量変動の大きさに関しては、カオス論による方法から予測されるものが実際の動向に類似している(比較的大きな時間変動がある)。

この分析結果を踏まえて、異なる予測検証データ、異なる時間帯、住之江、玉出入路に関する推計、という諸点を考慮して、同様な計算を行った。これより、流入交通の絶対量の相違、時間帯別交通流動から、若干の差異は見られるが、全般的には共通して上記の傾向が観測されることがわかった。

4. おわりに

これまでの各方法論の比較検討結果から、不規則な時系列変化を伴う流入交通量予測への「カオス理論的手法」利用に関する有効性が確認された。

今後の課題として、カオス理論による予測は大量の蓄積データが必要であり、さらに十分なデータ収集が必要である。時間帯別交通量については安定的な推計が可能であり、予測値の補正手順の提案が必要である。現実的な交通管制の検討には流入需要交通量予測が重要となる。このため流入交通量に基づく流入需要予測手法の検討が必要である。

最後に研究上の資料収集にあたり、阪神高速道路公団および(株)都市交通計画研究所のご協力を得た。ここに記し感謝の意を表する次第である。

【参考文献】

- 1) 土田貴義：都市高速道路の交通シミュレーションの高度化に関する研究，平成 11 年度岐阜大学学位論文
- 2) 合原一幸・五百旗頭正：カオス応用システム，朝倉書店，1995