

カオス的手法を用いた交通量解析

1Z-2

中川 善富 塚本 健一 山田 雅之 世木 博久 伊藤 英則
名古屋工業大学

1 はじめに

現代の都市及びその周辺の交通量は非常に多く、しばしば渋滞が起きる。現代の都市生活では自動車は非常に重要であり、より円滑な交通の制御が望まれる。本稿では交通量の解析に関する一手法を提案し、実際の交通量データを用いて評価する。最初に時系列である交通量データの分類の手法を示す。次に交通量データのカオス性を示し、その短期予測可能性を用いて交通量の予測を行なう。

2 交通量の表現

実際に観測されている交通量データは単位時間に観測される車両の台数の時系列である。この時系列データは、どれも同じように見え、特徴を捉えるのは困難である。交通量データの特徴を抽出するために、そのデータを用いて多次元空間に新たな軌跡を描く。この軌跡を描く操作を再構成と呼ぶ。ここでは視覚でとらえることができる最大の空間である3次元空間に交通量データを再構成する。再構成には以下の手法を用いる。 $x(n)$ (但し $n = 0, 1, \dots$) より m 次元空間の中に軌跡を描くには、適当な遅れ時間 τ をとり、

$$(x(t), x(t + \tau), \dots, x(t + (m - 1)\tau))$$

の軌跡をつくれればよい(図1)。このとき τ が小さすぎると軌跡の特長が判定しづらくなり、大きすぎるとその時系列の持つ誤差を多く含んでしまう。次に3次元

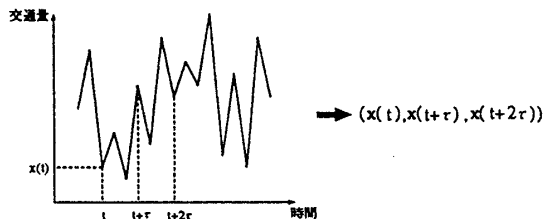


図1: 遅れ時間 τ による3次元空間への再構成

空間に再構成された交通量データの分類を容易にするために簡略化を行なう。この操作は3次元空間に平日の交通量データによる閉曲線と休日の交通量データによる閉曲線の2本の閉曲線で交通量の変化を表現し、その分類を容易にするものである。閉曲線の描き方は以下による。平日の閉曲線は月曜日から土曜日までの平均の交通量を、休日は休日一日の交通量を用いて、それぞれ再構成を行なう(図2)。

Analysis of Traffic using Chaos
Yoshitomi Nakagawa, Kenichi Tsukamoto, Masashi Yamada,
Hirohisa Seki and Hidenori Itoh.
Nagoya Institute of Technology,
Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya 466, Japan

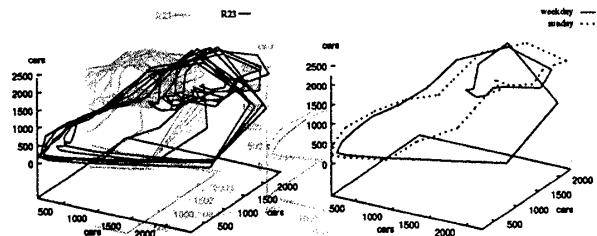


図2: 再構成された時系列と簡略化された軌跡

3 再構成による特徴づけ

2章で提案した時系列を再構成する方法を用いて交通量データの特徴づけを行い、評価する。ここでは3つの点について比較を行なった。

1. 平日と休日の閉曲線の関係
2. 閉曲線の渦
3. 閉曲線の形

1は平日と休日における交通量の差で、観光地周辺では休日の方が交通量が多いので休日の閉曲線の方が大きくなる。逆に工業地帯周辺などでは平日の方が交通量が多く、平日の閉曲線の方が大きくなる。2の閉曲線の渦は朝夕の交通量の多い時と昼間の交通量の差を表す。渦が大きいほど交通量の差が大きい。閉曲線の形は周りの環境の違いを表す。以下に168時間分のデータを用いた例を示す。図3は観光地周辺のデータであり、朝夕に比べ昼は交通量が少ないことがわかる。さらに時間によっては休日の方が交通量が多く、周辺に光楽地があると考えられる。図4は町中のデータで、渦がほとんど見られないことから昼間の交通量が減らないことがわかる。また図3と同様に休日の方が交通量が多く、光楽地が関連していることがわかる。図5は港付近のデータで、一日に一度特に交通量が増える時間がある。また、休日は特に交通量が少なく、渦の位置も含めて、閉曲線の形が特殊であり、これは周辺の環境が特殊であることを示す。実際は図3は観光地周辺、4は町中、5は港付近の交通量データである。

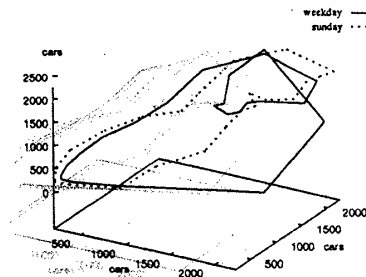


図3: 国道23号線

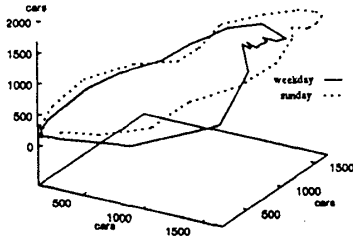


図 4: 国道 1 号線

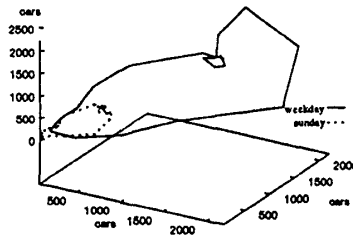


図 5: 国道 302 号線

4 交通量の変化のカオス性

交通量を予測することは交通を制御するうえで大変重要である。交通量の変化をカオスの現象として捉え、その短期予測可能性を用いて、より正確な予測を行なう。交通量データの変化がカオスであることを示すために、交通量の時系列データの相関次元及び多次元における最大リアプノフ数を調べる。相関次元はアトラクタの大きさの測度の一つであり、リアプノフ数は初期値の違いの増大率を表す数である。一般に最大リアプノフ数が正ならば、その系はカオスである。リアプノフ数を計算するにあたり、交通量データを多次元空間に埋め込む (embedding)。埋め込みは「一本の観測時系列データから、もとの力学系の状態空間とアトラクタを再構成する」というタケンスの理論 [2] に基づいている。埋め込みは先に述べた多次元への再構成と同じ操作であるが、再構成する空間の次元が一定以上でなければならない。ここでは、相関次元が一定の値に落ち着く次元に埋め込む。今回用いた交通量データでは相関次元は約 2.7 次元以上ですべて落ち着いた。よって 3 次元以上の空間に埋め込みリアプノフ数を計算した結果を図 6 に示す。ここでは計算するにあたり国道 23 号線のデータを 550 時間分用いた。図 6 の結果より、交通量データはカオス的に捉えて良いと考えられる。

5 交通量データの予測

交通量データを多次元に埋め込み、その軌跡から交通量を予測する。評価の方法は埋め込みを行なう際に用いるデータの量を変化させて交通量の予測を行ない、その予測した交通量と実際の交通量の誤差を百分率で表す。埋め込み次元は 3 次元と 7 次元の 2 通りを用い、いずれの遅れ時間も 2 とした。また、比較のために、一週間の平均の交通量と実際の交通量との

誤差も表示した。図 7 がその結果である。それぞれの平均誤差は平均との差、3 次元、7 次元の順に 13.3%、13.5%、7.8% である。予測に用いるデータの数が少ない時は平均を求めた方が良い結果が得られるが、データの数が多いた時は多次元に埋め込み予測した方が良い結果が得られることがわかる。

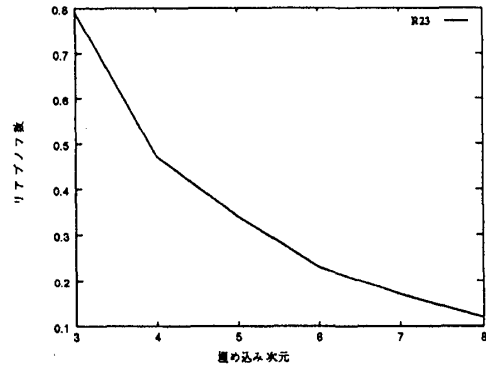


図 6: リアプノフ数

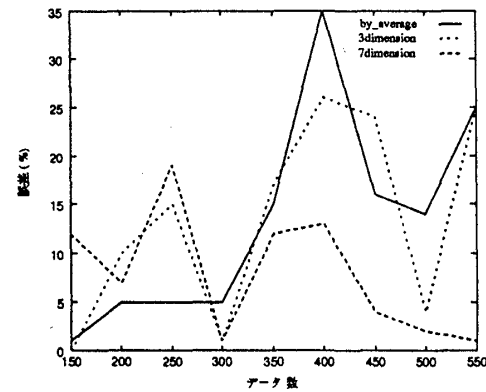


図 7: 予測結果

6 おわりに

時系列である交通量データの解析手法として 3 次元に再構成し、特徴づける方法を提案した。また、交通量データの変化がカオスの現象であることを示し、カオスの性質である短期予測可能性を用いて、交通量データの予測を行ない、評価した。応用として、データの予測ができることより、予測したデータを用いた並列シミュレーションの効率化 [3] などがあげられる。

参考文献

- [1] 五百旗頭 正, 望月 直, カオスとファジイの融合: 時系列短期予測, ファジイ学会誌, Vol7, No.1, 1995
- [2] F.Takens, Detecting Strange Attractors in Turbulence, In Dynamical Systems and Turbulence, (eds. D.A.Rand and L.S.Young), Springer-Verlag, Berlin, pp.366-381(1981)
- [3] K.Tsukamoto, Y.Nakagawa, M.Yamada, Y.Fukumura, H.Seki, H.Itoh, A Load Balancing Technique for Parallel Processing in Chaotic Urban Traffic Behavior, PCW'95 pp.363-367(1995)