

北海道大学工学部 正員 中辻 隆
 日本自動車研究所 藤井 健
 北海道大学工学部 正員 加来 照俊

1 まえがき

効率的な交通制御を実施する上に於いて、的確な交通状態の予測は不可欠である。前回の講演において、口頭ではあるが、1地点の交通量、あるいはオキュパンスーを、周期性を考慮した1変数自己回帰モデルを用いて予測することにより、周期性を考慮しない場合に比べ、精度ばかりでなく、状態の追従性においても改善が見られることを報告した。

ここでは、前回定式化のみで事例の報告が出来なかった多地点の影響を考慮した多変数自己回帰モデルに関し、周波数領域における伝達特性、あるいは誤差寄与率を通して地点相互間の影響を検討するとともに、新に交通の流れを考慮した下三角行列型の変数自己回帰モデルを作成し従来のモデルとの比較を行ない、いくつかの知見を得たので報告したい。

2 多変数自己回帰モデル

j 地点の時刻s における交通量を $x_j(s)$ とする時、 $x_1(s)$ から $x_p(s)$ を自己回帰式により表現すると、

$$\begin{bmatrix} x_1(s) \\ x_2(s) \\ \vdots \\ x_p(s) \end{bmatrix} = \sum_{m=1}^M \begin{bmatrix} a_{11}, a_{12}, & \dots, a_{1p} \\ a_{21}, a_{22}, & \dots, a_{2p} \\ \vdots & \vdots \\ a_{p1}, a_{p2}, & \dots, a_{pp} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(s-m) \\ x_2(s-m) \\ \vdots \\ x_p(s-m) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1(s) \\ \varepsilon_2(s) \\ \vdots \\ \varepsilon_p(s) \end{bmatrix}$$

ここで、 x_1 が最上流点、 x_p が最下流点をあらわす。定常的な交通の流れは、上流から下流であることを考慮し $k > j$ のとき $a_{jk}(m) = 0$ と仮定する。すなわち、

$$\begin{bmatrix} x_1(s) \\ x_2(s) \\ \vdots \\ x_p(s) \end{bmatrix} = \sum_{m=1}^M \begin{bmatrix} a_{11}, 0, & \dots, 0 \\ a_{21}, a_{22}, & \dots, 0 \\ \vdots & \vdots \\ a_{p1}, a_{p2}, & \dots, a_{pp} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(s-m) \\ x_2(s-m) \\ \vdots \\ x_p(s-m) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1(s) \\ \varepsilon_2(s) \\ \vdots \\ \varepsilon_p(s) \end{bmatrix}$$

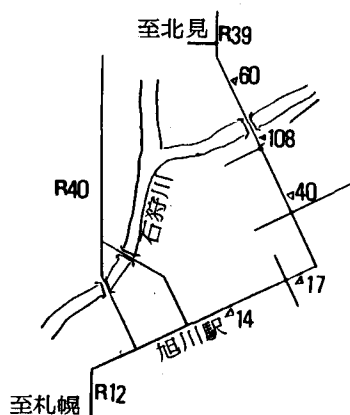


Fig.-1 Locations of vehicle detectors

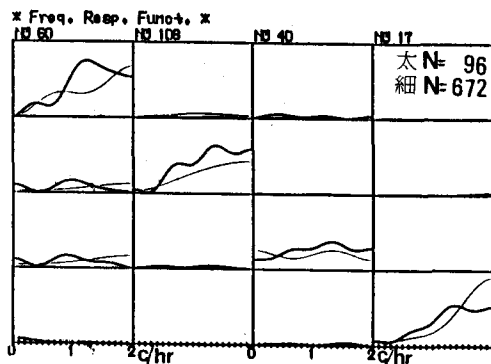


Fig.-2 Frequency response function

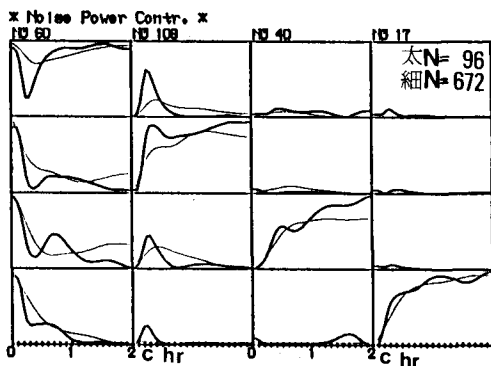


Fig.-3 Differential relative power contribution

ここでは、前者を正方行列モデル、後者を三角行列モデルと仮称する。正方モデルにおいて係数行列を最小二乗推定によって求めると、周波数応答関数 $A(f)$ 、および地点 j に対する地点 k の誤差寄与率 $R_{jk}(f)$ は次のようになる。

$$A(f) = \sum_{m=0}^M A(m) \cdot \text{Exp}[-i2\pi f m]$$

$$R_{jk}(f) = \frac{|A(f)_{jk}|^2}{\sigma_k^2} \bigg/ \sum_{\ell=1}^p \frac{|A(f)_{j\ell}|^2}{\sigma_\ell^2}$$

ここで、 σ_k^2 は、誤差ベクトルの相異なる要素同士の無相関性を仮定した時の要素 k の分散である。なお、最適次数の決定は、AIC (Akaike's Information Criteria) 最小によった。

3 解析結果

事例解析に当たっては、昭和58年8月に旭川市の管制センターにて収録された、国道39号から12号に向かう4地点の感知器データを用いた。図-1にその設置位置を示す。交通量は15分間交通量であるので周波数領域における分解能は、周期30分が下限である。

係数行列同定のためのデータ数 N は、1日($N=96$)、あるいは1週間($N=672$)とした。最適次数 M は、正方形および三角型とも $N=96$ では $M=1-2$ 、 $N=672$ では $M=4-6$ と大差なく、またAICの値も地点数や N が大きくなると、正方形が若干小さな値を示したが、その差は、1-2%程度である。計算時間に関しては、当然三角型が有利である。

図-2と図-3は、それぞれ j 行の地点に対する k 列の地点の周波数応答関数と誤差の寄与率である。対角の位置より左側が上流地点の影響を、右側が下流地点の影響を表わしているが、各地点ともその下流部の影響をあまり受けていないことがわかる。周波数応答関数の対角要素は、厳密に白色雑音に基づくフィードバックが成立している場合には0となるはずであるが、実際のデータでは誤差の白色性が必ずしも成立していないために、高周波成分においてやや大きい傾向を示している。図-3は、ある点の記録に含まれている誤差のうち低周波成分は、その上流部に因があり、高周波成分はその地点自身によってもたらされていることを示している。

先に述べたように、正方形と三角型では、その予測精度に関しては大きな差は見られない。図-4に、やや意図的ではあるが、正方形モデルを用いて下流部の影響も考慮したことにより上流部（感知器NO=60）の地点の予測結果が悪化した例を示した。

今後は、観測誤差の影響を取り除き真値の推定を行なうこと、あるいは最適制御のための定式化を行なうことなどに関して研究を進めて行きたい。

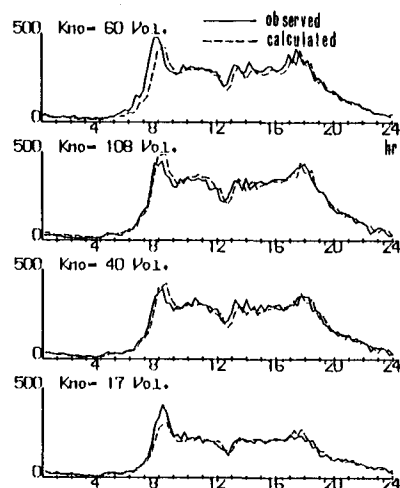


Fig.-4(1) Predictions by a triangular model

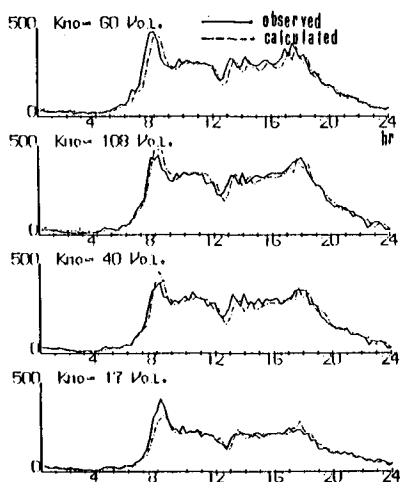


Fig.-4(2) Predictions by a square model

- 参考文献 (1) 赤池他；ダイナミックシステムの統計的解析と制御、サイエンス社
(2) 岩崎他；時系列モデルによる交通流の短期予測、土木計画学研究講演集No.7、1985