

ネットワークにおけるOD交通量のリアルタイム推計手法について

A Method of Real-Time Estimation of OD Matrices on Networks

安井 一彦* 池之上 慶一郎** 竹内 秀城***

By Kazuhiko YASUI, Keiichiro IKENOUE and Hideki TAKEUCHI

1. はじめに

今日、交通管制技術の高度化にともない、道路交通の渋滞解消に向けて、様々な試みが実行されている。たとえば、画像センサー、AVI装置や車両感知器による交通状態の収集、大型コンピュータによる複雑な信号制御アルゴリズムの演算、広域的なエリアでの交通信号の集中制御等であり、これらによる道路交通の効率化は、都市の機能を維持する上で欠かせないものとなっており、今後21世紀に向けてますますその重要性が高まってきている。

これら交通運用技術の高度化に当って、従来から最も大きな隘路となっているものの一つに、任意のエリアにおける短時間ベースのODマトリックス推定の問題があり、これに関する研究も最近では種々行なわれている^{1), 2)}。

本研究は、従来から主流となっている均衡配分的前提に制約されることなく、確率的多重経路選択モデルを適用することによって、現在の交通管制システムで設置されている車両感知器による交通量と、AVI装置による旅行時間の情報を活用することで、任意のエリアにおける短時間ベースのODマトリックスの時系列を、実時間で推定することが容易になるのではないかという考えに立っている。そしてその手法には、時系列の実時間推定に最も適していると思われるカルマン・フィルタリングの適用を行なっている。

また、確率的多重経路選択モデルには、取り扱いがシンプルなDialモデルの適用を考えている。この場合

のコントロール・パラメータの値については、まだ確立されていない嫌いがあるが、本研究の手法を進めることによって、逆にそのパラメータの実際の値を求めることも可能ではなかろうかと考えている。

2. OD交通量推計モデルの概要

図-1において、リンクkの交通量 y^k については、

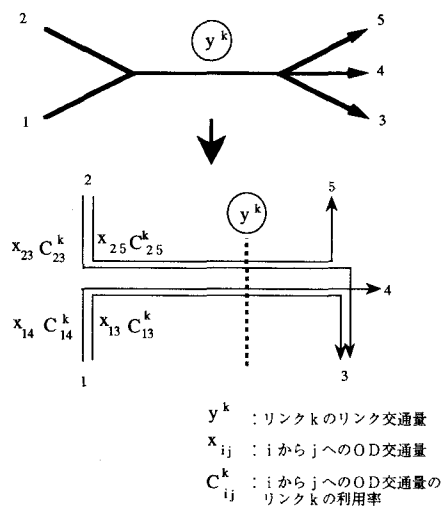


図-1 ネットワーク概念図

$$y^k = C_{13}^k x_{13} + C_{14}^k x_{14} + C_{23}^k x_{23} + C_{25}^k x_{25} \dots \dots (1)$$

が成り立ち、一般には

$$y^k = \sum_i \sum_j C_{ij}^k x_{ij} \dots \dots (2)$$

といえる。また、時系列上で離散時間を t とし、単位離散時間は最長トリップ時間より大きくとられているとすると、次の形で表すことができる。

$$y^k(t) = \sum_i \sum_j C_{ij}^k(t) X_{ij}(t) \dots \dots (3)$$

ここで、 X はネットワーク内全OD交通量各スキンの平均値、 $a_{ij}(t)$ は全OD交通量のうちの x_{ij} の割合で

$$x_{ij}(t) = X a_{ij}(t) \dots \dots (4)$$

が成り立つ。上記のことから、式(5)、式(6)によるカルマン・フィルタを扱うことによって、 $x_{ij}(t)$

キーワード：ダイナミックOD推計、カルマンフィルタ、AVI装置

- * 正会員 日本大学助手 理工学部交通土木工学科
(274 船橋市習志野台7-24-1)
TEL 0474-69-5507
E-Mail yasui@trpt.cst.nihon-u.ac.jp
- ** 正会員 工博 日本大学教授 理工学部交通土木工学科
- *** 正会員 工修 日本大学理工学研究科 研究生

の最尤推定量を求めることができる。

(状態方程式)

$$\mathbf{a}(t+1) = \mathbf{a}(t) + \mathbf{W}(t) \text{-----}(5)$$

(観測方程式)

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{C}(t)\mathbf{X}\mathbf{a}(t) + \mathbf{v} \text{---}(6)$$

ここで、 $\mathbf{a}$: n 次元ベクトル (n =ODペア数)

$\mathbf{W}$: システム雑音

$\mathbf{y}$: m 次元ベクトル (m : 交通量観測リンク数)

$\mathbf{C}$: $m \times n$ の確定行列

$\mathbf{v}$: 観測雑音

ところで、 $y^k(t)$ 、 $C_{ij}^k(t)$ についてみると、 $y^k(t)$ は道路上の車両感知器からリアルタイムで得られる情報であるが、 $C_{ij}^k(t)$ については直接得ることができない。そこで確率的多重経路配分モデルであるDialモデルを適用できるものとして、AVIによって得られるリンク所要時間を基に $C_{ij}^k(t)$ を求める。

これらの推計過程は図-2のフローで表される。

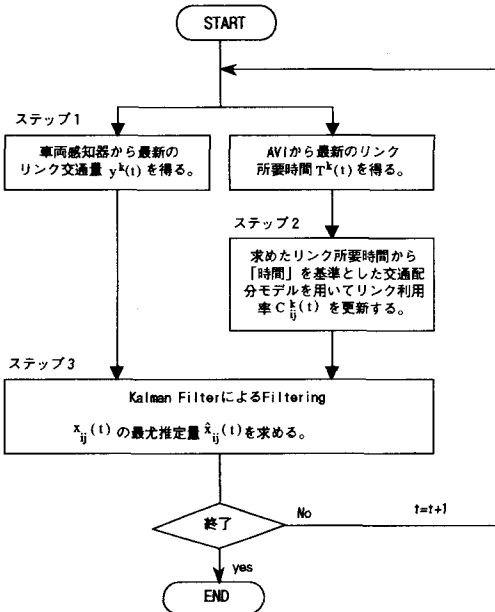


図-2 モデルのフロー

3.モデルの検証

図-3に示す検証手順でモデルの評価を行なった。また、ネットワークは図-4に示すように、放射り環状の交通をイメージして、6ノード、10リンク、18ODを想定した。対象時間は朝ピーク・夕ピークを含む5:00~19:00で、1スキャンの長さは30分、最長トリップが1スキャン内で終了するように考えて、

各リンクのリンク長は全て2 km、片側2車線で交通容量は1500台/時、自由速度は25 km/時とした。この条件を基に、全てのスキャン、全てのリンクにおいて容量を超えないようにOD交通量を設定した。

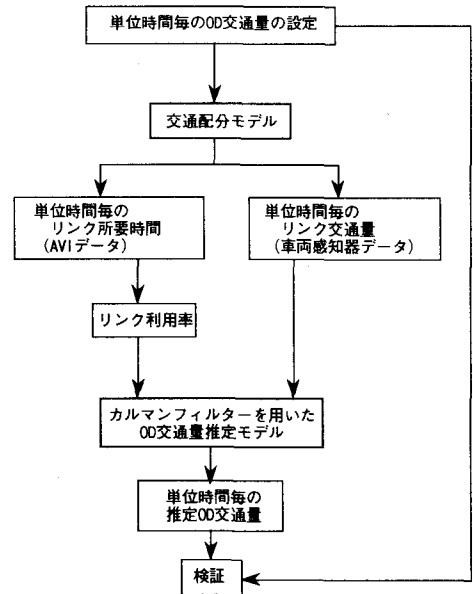


図-3 モデル検証のフロー

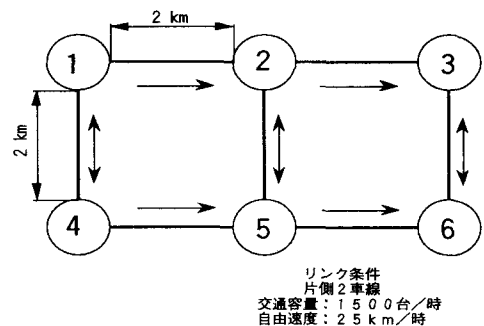
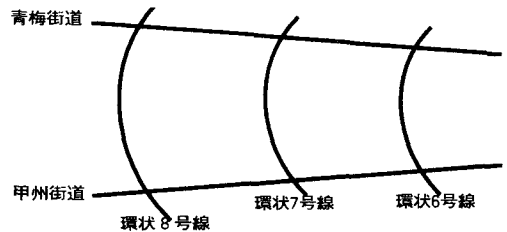
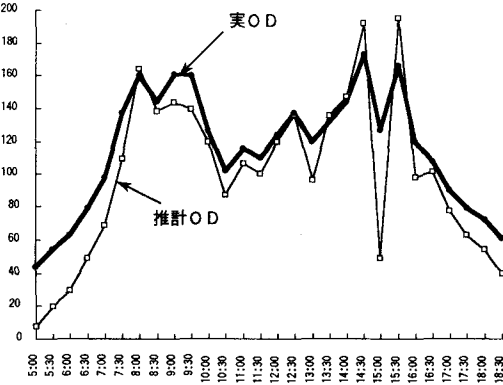


図-4 シミュレーションネットワーク

上記による計算結果について、図-5にOD1-6の推計結果例を、また、図-6に全ODについての推計結果と実測値の比較を示す。



縦軸：OD交通量（台／30分）、横軸：時刻
図-5 モデルによる推計結果（OD1-6）
（全リンクから推計）

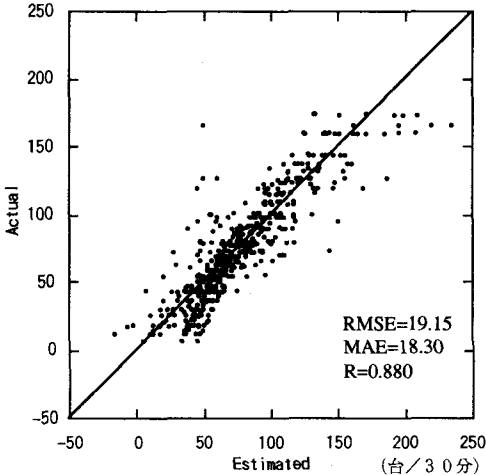


図-6 モデルによる推計結果と実測値の比較

OD1-6については、時刻によっては若干の乖離がみられるものの、概ね良好な推定結果が得られることがわかった。他のOD推計についても同様な結果であり、図-6に示すように、全てのODについての推計結果と実際のODとの関係は、相関係数 $R=0.880$ という高い値が得られた。またその時のRMSE値は18.30、MAE値は18.30となり、良好な推定結果が得られることが判明した。

ここで、ネットワークリンク全てに車両感知器やAVI装置が設置されている場合には、前述の推計結果となるが、車両感知器はすでにほとんどのリンクに設置されているとしても、AVI装置については、ネットワークの一部にしか設置されていない状況と考えた場合、これへの対応がどの程度可能かを検討した。すなわち、Kalman Filterの計算は、リンク別にそれぞれの観測方程式について行なうことが可能である（式-7参照）。この場合、2つ以上のリンクにまたがってトリップを行なうODについては、それぞれのリンクでそのODについて推定計算を行えば、1つの真の値に対して、通ったリンク数だけ推定結果を得ることになる。そして、それらの値は同一ではなく、採用するリンクによって推定精度が異なってくるが予想される。

$$y^1(t) = C_{11}^1(t)Xa_{11}^1(t) + \dots + C_{ij}^1(t)Xa_{ij}^1(t) + v^1(t)$$

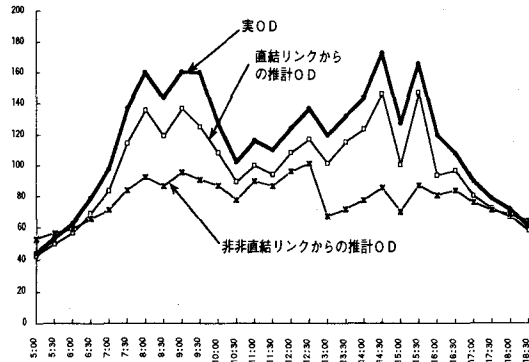
$$y^2(t) = C_{11}^2(t)Xa_{11}^2(t) + \dots + C_{ij}^2(t)Xa_{ij}^2(t) + v^2(t)$$

⋮

$$y^k(t) = C_{11}^k(t)Xa_{11}^k(t) + \dots + C_{ij}^k(t)Xa_{ij}^k(t) + v^k(t)$$

----- (7)

上記方法で推計したOD1-6の推計結果例について図-7に示す。さらに、前述の方法により起終点に直結するリンクを使用した場合の全推計結果を図-8に、同様に起終点に直結しないリンクを使用した場合の全推計結果を図-9に、また、両者をあわせたもの



縦軸：OD交通量（台／30分）、横軸：時刻

図-7 モデルによる推計結果（OD1-6）
（1リンクのみから推計）

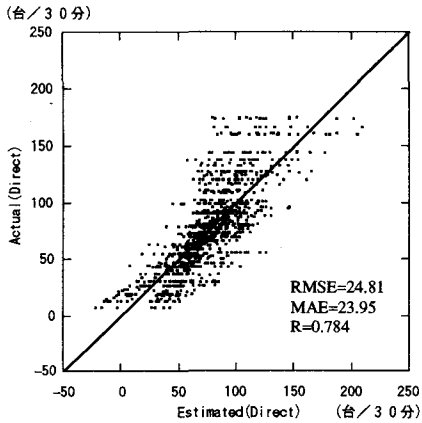


図-8 モデルによる推計結果と実測値の比較
(起終点に直結する1リンクから推計)

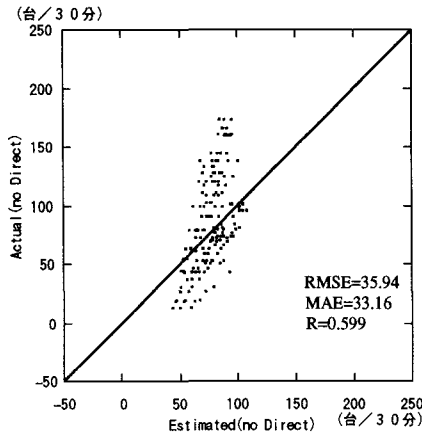


図-9 モデルによる推計結果と実測値の比較
(起終点に直結しない1リンクから推計)

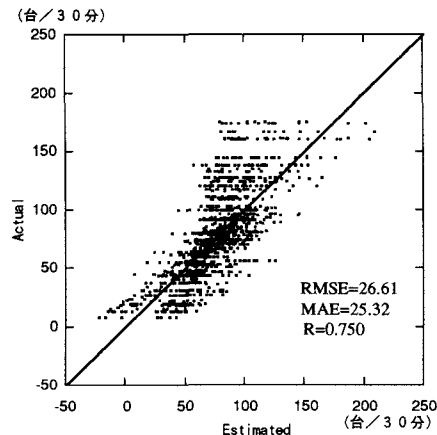


図-10 モデルによる推計結果と実測値の比較
(1リンクからの全ての推計結果)

を図-10に示す。全リンクを使用した場合の推計結果に比べて、両者とも予測の精度は低下するものの、ある程度の推計は可能であるといえる。また、1リンクを使用する場合には、推計するODの起終点に直結するリンクを使用した場合が、起終点が直結しないリンクを使用した場合より、推計精度が良い。

4. まとめと今後の課題

- 1) 本研究では、車両感知器からえられる交通量と、AVI装置から得られるリンク旅行時間を基に、配分モデルを併用することにより、短時間のOD交通量時系列をリアルタイムに推計する手法を提案し、その検証結果を示した。その結果、全リンクを使用する場合にはOD交通量の予測が十分可能であることが示された。車両感知器は、現在ほとんどのリンクに設置されているが、AVI装置はその一部のリンクにしか設置されていない現状を考えれば、単一リンクを使つての推計方法も現実的な課題であり、この場合でも、ある程度の推計が可能であることが示された。
- 2) ODペアによって推計精度にばらつきがみられるが、その原因を明らかにして手法の改善を図る必要がある。
- 3) 今回の分析では、ODトリップがそのスキャン内で完結するという条件で推計を行なった。しかし、渋滞などによってトリップが複数スキャンにまたがる場合には、トリップを分割処理することにより対応が可能であり、これについて、今後分析を行なう必要がある。
- 4) 冒頭に述べたように、本手法に基づく経路選択特性パラメータの真値を推定する方法の開発を図る必要がある。

参考文献

- 1) Hai Yang, Tsuna Sasaki, Yasunori Iida: "Estimation of Origin-Destination Matrices from Link Traffic Counts on Congested Networks", Transpn. Res.-B, vol.26B, No.6, pp417-434, 1992.
- 2) 松本幸正、藤田素弘、松井寛; "リンク交通量に基づく時間OD交通量の推定手法に関する研究", 交通工学, Vol.29, No.3, pp11-19