

都市高速道路における AVI データを用いた動的な OD 交通量の推定と分析*

Verification of Time Dependent OD Estimation Method using AVI Data in Urban Expressway

相澤 卓**, 朝倉康夫***, 柏谷増男****

by Taku Aizawa, Yasuo Asakura and Masuo Kashiwadani

1.はじめに

近年、渋滞緩和や沿道環境への対策を講じる上で、交通情報提供・交通制御といった交通運用の果たす役割が重要になっている。的確な交通運用を行うには、交通需要の時間変動を反映した動的な OD 交通量をリアルタイムで推定することが必要になる。

また、情報通信技術の発達により、高度交通情報システム(ITS)に関心が集まっており、その中の一つである車両番号判別装置(AVI)についても研究がおこなわれるようになってきている。これまで主に車両検知器などから得られるリンク交通量データをもとに推定されてきた OD 交通量も、AVI データを用いて推定することで、より現実的な結果が得られるものと期待されている。

本研究では、従来の研究が抱える諸問題を考慮した上で AVI データを利用した簡明な OD 推定モデルの構築をおこなう。モデルの再現性については、阪神高速道路神戸線の観測データを用いた数値計算により確かめる。推定結果についても分析をおこない、神戸線における動的な OD パターンの特徴とその要因を、曜日・時間帯ごとに考察する。

2.これまでの研究

車両検知器などにより観測されたリンク交通量のデータを用いて、動的な OD 交通量を推定するモデルは、楊ら¹⁾・松本ら²⁾・小根山ら³⁾・吉井ら⁴⁾によって提案されている。これらのモデルでは、①ネットワークの規模が大きく経路選択をおこなっているため、Dial 配分などにより実際の選択行動を近似している、②推定に既存の OD 交通量を必要としている、③最適化問題に帰着するため煩雑な計算をおこなわな

ければならない場合がある、といった問題がある。

一方 AVI データを用いた研究としては、旅行時間算定のための基礎的な研究⁵⁾がおこなわれている程度で、AVI データの応用例は多いとはいえない。

OD 推定に AVI データを用いたモデルとしては、藤由ら⁶⁾によって提案されているモデルがあげられる。このモデルでは、経路を一本とし、“影響係数”を用いることによって OD ペアとリンクとを関係づけている。本研究では、AVI データを加工することによって得られる OD 表を修正することにより、真の OD 表を得る直接的で簡明な方法を示す。

3.AVI(Automatic Vehicle Identification)

車両番号判別装置(AVI)とは、車両に取り付けられたナンバープレートを CCD カメラ(高解像度カメラ)で撮影し、画像処理によって車両番号を判別するものである。現在では、以下の項目の読みとりが可能となっている。

- 1.車両の通過時刻
- 2.ナンバープレートの
 - ・大きさ ・塗装色 ・4桁の番号
 - ・車種コード ・漢字・かなコード

2 基以上の異なった AVI 装置から得られたデータ(AVI データ)を相互に調べて、ナンバーの一致した車両を抽出・集計することをマッチングという。マッチングにより、図1のように車両の旅行区間がわかる。

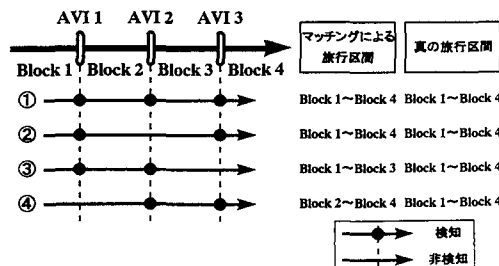


図1 車両の旅行区間1

*キーワード:AVI, ネットワーク交通流

**学生員, 京都大学大学院工学研究科修士課程土木工学専攻

***正会員, 工博, 愛媛大学工学部環境建設工学科(〒790-8577 松山市文京町, TEL.089-927-9829, FAX.089-927-9843)

****フェロー, 工博, 愛媛大学工学部環境建設工学科(同上)

1台の車両が[Block 1~Block 4]の区間を利用したとしても、その区間内のすべての AVI 装置で検知されるとは限らない。それぞれの AVI 装置によって①・②のように検知されれば、マッチングにより車両の旅行区間を正しく検出することができる。しかし、③・④のように検知されると、車両はあやまった旅行区間のまま検出されることになる。

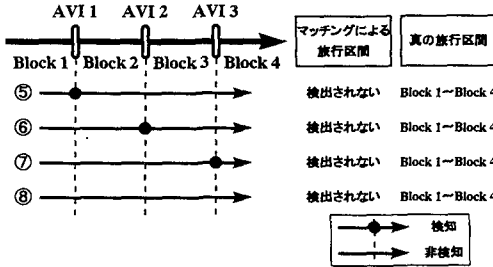


図2 車両の旅行区間2

さらに、図2のような車両はマッチングだけでは検出されず、マッチング結果が真の OD パターンをあらわしているとはいえない。そこで、マッチング結果を用いて、真の OD 表を推定することを考えることにする。

4. 推定モデル

本研究では、AVI データの他に車両検知器から得られるデータ(検知器データ)を使用する。AVI データ・検知器データから、AVI 装置の非検知率がわかる。非検知率とは、全走行車両のうち AVI 装置に検知されない車両の割合のことで、次式により定義される。

$$\alpha_k = 1 - \frac{V_k}{U_k} \quad (3.1)$$

α_k : AVI $k(k=1,2,3)$ の非検知率

U_k : AVI k を通過した車両の台数

V_k : AVI k に検知された車両の台数

次に、「真の OD 交通量はわかっている」と仮定しよう。OD ペア rs 間の真の交通量のうち、マッチングによる旅行区間が[Block i ~Block j]となる車両の割合を A_{ij}^n とする。

$$A_{ij}^n = \frac{X_{ij}^n}{Y_{rs}} \quad (3.2)$$

Y_{rs} : OD ペア rs 間の真の交通量

X_{ij}^n : OD ペア rs 間を走行し、マッチングによる旅行区間が[Block i ~Block j]となる車両の台数

一般に、マッチングなどからは X_{ij}^n が求まらず、式(3.2)を用いた A_{ij}^n の算出ができない。そこで、OD ペア間の AVI 装置の設置台数により、車両の旅行区間を次の2つに分けて考える。

1. 発 Block・着 Block が隣接する場合($s=r+1$)

2. 発 Block・着 Block が隣接しない場合($s>r+1$)

【1. 発 Block・着 Block が隣接しない場合($s>r+1$)】

それぞれの AVI 装置の非検知率 α_k が車両の旅行区間などに関係なく独立であれば、次式で A_{ij}^n をあらわすことができる。

$$A_{ij}^{rs} = \left(\prod_{k=r}^{i-1} \alpha_k \right) (1 - \alpha_i) (1 - \alpha_{j-1}) \left(\prod_{k=j}^{s-1} \alpha_k \right) \quad (3.3)$$

ただし、($r \leq i < j \leq s$)

式(3.3)は、OD ペア rs 間を走行する車両が、それぞれの AVI 装置で図3のように検知される確率をあらわしている。

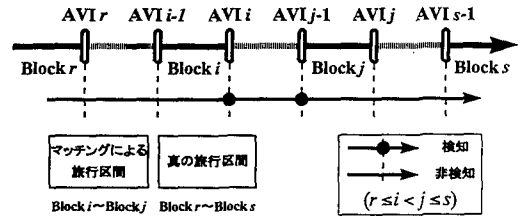


図3 車両の旅行区間3

一方、真の OD 交通量 Y_{rs} とマッチングによる OD 交通量との関係は、式(3.4)のようになる。

$$X_{ij} = \sum_r \sum_s A_{ij}^{rs} Y_{rs} \quad (3.4)$$

X_{ij} : マッチングによる旅行区間が[Block i ~Block j]となる車両の台数

AVI 装置が3基($k=1,2,3$)の場合、式(3.4)を行列表示すると次のようになる。

$$\mathbf{X} = \mathbf{A} \mathbf{Y} \quad (3.5)$$

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} X_{13} \\ X_{14} \\ X_{15} \\ X_{24} \\ X_{25} \\ X_{35} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} Y_{13} \\ Y_{14} \\ Y_{15} \\ Y_{24} \\ Y_{25} \\ Y_{35} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} A_{13}^{13} & A_{13}^{14} & A_{13}^{15} & A_{13}^{24} & A_{13}^{25} & A_{13}^{35} \\ A_{14}^{13} & A_{14}^{14} & A_{14}^{15} & A_{14}^{24} & A_{14}^{25} & A_{14}^{35} \\ A_{15}^{13} & A_{15}^{14} & A_{15}^{15} & A_{15}^{24} & A_{15}^{25} & A_{15}^{35} \\ A_{24}^{13} & A_{24}^{14} & A_{24}^{15} & A_{24}^{24} & A_{24}^{25} & A_{24}^{35} \\ A_{25}^{13} & A_{25}^{14} & A_{25}^{15} & A_{25}^{24} & A_{25}^{25} & A_{25}^{35} \\ A_{35}^{13} & A_{35}^{14} & A_{35}^{15} & A_{35}^{24} & A_{35}^{25} & A_{35}^{35} \end{bmatrix}$$

式(3.5)は、「真のOD交通量はわかっている」という仮定のもとで導かれたものである。実際は、式(3.3)とマッチングから $X \cdot A$ が既知であるだけなので、次式より Y を推定することができる。

$$Y = A^{-1}X \quad (3.6)$$

A^{-1} : A の逆行列

【2. 発 Block・着 Block が隣接する場合($s=r+1$)】

1. の場合と異なるのは、旅行区間に AVI 装置が 1 基しかないことである。これでは、図 2 のように、マッチングをおこなっても X を求めることができず、式(3.6)を用いた Y の推定ができない。しかし、検知器データから Block 別発生交通量が得られるので、次式により Y を推定することができる。

$$Y_{rs} = G_r - \sum_{k>r+1} Y_{rk} \quad (3.7)$$

G_r : Block r の発生交通量

$\sum_{k>r+1} Y_{rk}$: 1. における推定 OD 交通量の和

5. 観測データ

阪神高速道路 3 号神戸線・上り(大阪方面)に設置されている AVI 装置・車両検知器から得られたデータを使用する。分析対象区間を図 4 に示す。

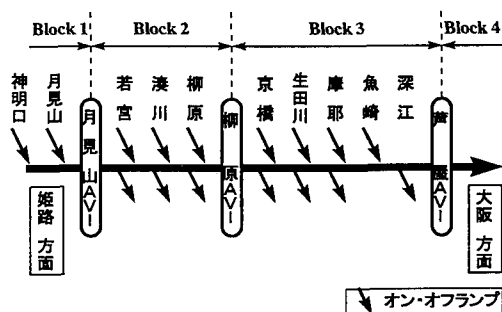


図4 分析対象区間

【AVI データ】

観測日: 1997 年 10 月 13 日(月)~17 日(金)

時間帯: 各観測日も 0:00~24:00

なお AVI 装置は、追い越し車線にのみ設置されている。

【検知器データ】

観測日: 1997 年 10 月 13 日(月)~17 日(金)

時間帯: 各観測日も 7:00~翌朝 7:00

用いるデータは、オンランプと AVI 装置付近に設置されている車両検知器(合計 24 基)から得られたものである。

マッチングは観測データの都合上、5 日分を 1 度におこなうのではなく、曜日ごとにおこなっている。このため、深夜・早朝では日付をまたがない影響で、マッチング結果に誤差が生じる。また、AVI データ・検知器データの時間帯を一致させることなども考慮して、推定をおこなう時間帯を次のようにする。

【曜 日別】

各曜日とも 7:00~19:00 の 12 時間

【時間帯別】

【朝方】 7:00~ 9:00 の 2 時間

【昼間】 11:00~13:00 の 2 時間

【夕方】 17:00~19:00 の 2 時間

6. 数値計算

提案したモデルの再現性を調べるため、阪神高速道路起終点調査から得られたランプ間 OD と比較した。そのうち 15 日(水)について、推定結果とランプ間 OD を Block ごとに集約したものを表 1 に示す。

表1 単位OD表

Block				[単位: %]
	2	3	4	発生率
1	7.3	17.1	24.8	49.3
	9.2	18.0	23.9	51.0
2	*****	7.2	9.9	17.1
	*****	4.0	13.3	17.3
3	*****	*****	33.7	33.7
	*****	*****	31.7	31.7
集中率	7.3	24.3	68.4	100.0
	9.2	22.0	68.8	100.0

上段: 推定値, 下段: ランプ間 OD

表 1 をみると、推定値はランプ間 OD とほぼ等しいことがわかる。また、時間帯別についても同様の傾向がみられ、提案したモデルには再現性があるものと考えられる。

7. 結果の考察

ここでは「推定結果により真の OD 表が再現されている」ものとして、動的な OD パターンの分析をおこなう。

【曜 日別】

曜日によって大きな違いはみられない。例として 15 日(水)の OD パターンを図 5 に示す。

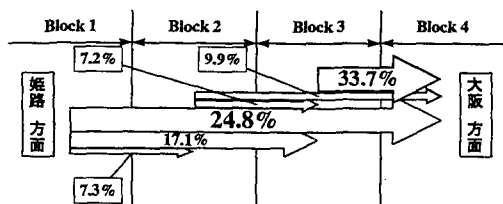


図5 ODパターン【15日(水)】

Block 2 の流入・流出車両が少ない。他の Block に比べてランプ数が少なく、車両が直接流入・流出できるランプを持たないためと考えられる。

【時間帯別】

曜日によって大きな違いはみられないので、15日(水)を例にとって考察をおこなう。

【朝方】ODパターンを図6に示す。

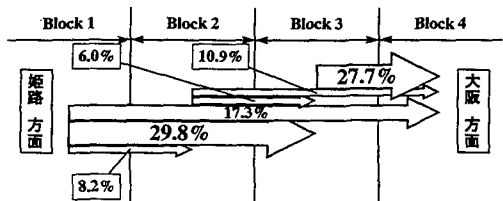


図6 ODパターン【15日(水)朝方】

【Block 1～Block 3】を走行する車両の割合が最も高い。姫路方面から神戸市中心部に流入する車両が多いことがわかる。

【昼間】ODパターンを図7に示す。

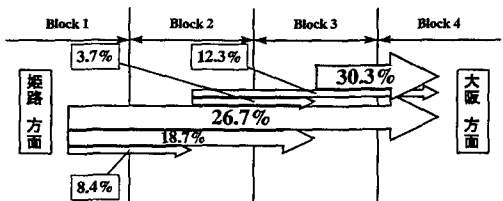


図7 ODパターン【15日(水)昼間】

【Block 1～Block 4】を走行する車両の割合が高くなる。分析対象区間を通過する車両の割合が高くなることがわかる。

【夕方】ODパターンを図8に示す。

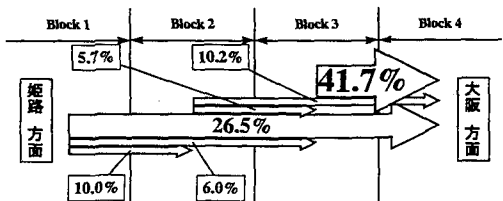


図8 ODパターン【15日(水)夕方】

【Block 3～Block 4】を走行する車両の割合が高くなる。神戸市中心部から大阪方面へ向かう車両が多くなることがわかる。

このようになる理由を考えてみる。「神戸市中心部にはオフィスなどの職場が多い」と考えられるから、通勤時間帯には神戸市中心部に流入・流出する車両が増加することになる。このとき、各時間帯におけるODパターンは以下ようになる。

【朝方】出勤に利用する車両が多く、神戸市中心部へ流入する車両が増加する。上り線では、他のODペアに比べて「姫路方面から神戸市中心部」の割合が高くなる。

【昼間】分析対象区間は均一料金(400 円)のため、通勤車両が減少すると、通過交通の割合が高くなる。上り線では、他のODペアに比べて「姫路方面から大阪方面」の割合が高くなる。

【夕方】帰宅に利用する車両が多く、神戸市中心部から流出する車両が増加する。上り線では、他のODペアに比べて「神戸市中心部から大阪方面」の割合が高くなる。

これを図5～図8の特徴と比較すると、ほぼ一致している。これより、ODパターンは「通勤車両の流入・流出による影響」を大きく受けていることが考えられる。

8.おわりに

本研究で提案した AVI データを用いた OD 推定モデルを使って、阪神高速道路神戸線を対象に動的な OD 交通量の推定をおこない、モデルの検証・推定結果の分析をおこなった。その結果、モデルには再現性があることがわかった。推定結果から平日については、神戸線の動的な OD パターンに曜日による変化はあまりみられなかった。

【参考文献】

- 1) 楊海・飯田恭敬・佐佐木綱: 観測リンク交通量を用いた時間 OD 交通量の動的推定法, 土木計画学研究・講演集, No.13, pp.599-606, 1990
- 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, pp.11-19, 1994
- 3) 小根山裕之・桑原雅夫: 路側観測交通量からの時間変化する OD 交通量の推定, 交通工学, Vol.32, No.2, pp.5-16, 1997
- 4) 吉井稔雄・桑原雅夫・赤羽弘和・堀口良太: トラフィックシミュレーションを用いた路側観測交通量からの動的 OD 交通量の推定, 土木計画学研究・講演集, No.20(1), pp.510-504, 1997
- 5) 巻上安爾・村田裕之・藤田喜文: AVI システムを用いた旅行時間算定に関する基礎的研究, 土木計画学研究・講演集, No.20(1), pp.469-472, 1997
- 6) 藤田雅裕・朝倉康夫・柏谷増男: AVI データを用いた都市高速道路の動的な OD 推定法, 土木学会第 52 回年次学術講演会講演概要集第 4 部, pp.160-161, 1997