

AVI データを用いた時間帯別路線間 OD 交通量の推計*

—阪神高速道路を対象として—

Real Time Estimation of OD Matrix on Hanshin Expressway from Traffic Counts and AVI data

田名部 淳** 大藤武彦** 杉山守久*** 朝倉康夫****

By TANABE Jun, DAITO Takehiko, SUGIYAMA Morihisa and ASAKURA Yasuo

1.はじめに

現在、阪神高速道路では交通管制用の基礎データの一つとして阪神高速道路起終点調査から得られるランプ間 OD 表が用いられている。ところが調査の実施間隔が3~4年程度に1回となっているため、次回調査までの間に新規路線が供用された場合や経済状況が大きく変化した場合には、実際の交通状況と若干乖離する場合も見受けられ、何らかの方法でこれを補完する必要性が指摘されている。

また交通量や OD パターンに関する時間変動を交通管制上の施策に適切に反映させることは、都市におけるインフラストラクチャーの有効利用という観点からも不可欠である。とくに、阪神高速道路では昨年5月の湾岸線全線供用後、休日の観光交通の増加が指摘されており、これらの交通特性を把握するためにもリアルタイムでの時間帯別 OD 交通量推計手法の確立が望まれている。

これまでも、観測リンク交通量を用いた時間帯別 OD 交通量推計に関する研究が行われている^{1)~3)}。既往研究においては、観測リンク交通量に基づき OD 交通量を推計するという基本的な構造を有するが、その際に交通混雑が旅行速度に与える影響が考慮されていなかったり、経路選択率が固定化されている

などの問題が指摘されている。本研究では阪神高速道路を対象として、従来外生あるいは交通量配分により与えられてきた地点間の所要時間を、現在設置が進んでいる AVI から得られる実測値に置き換えることにより、交通混雑が与える影響を反映した、より実際の時間帯別路線間 OD 交通量推計手法を提案する。

2.阪神高速道路における AVI 設置の現状

AVI 装置（車輛番号判別装置）は、車輛に取付けられたナンバープレートに CCD カメラ（高解像度カメラ）によって撮影し、画像処理によってナンバーを判別するものであり、

- ・ 車輛ナンバー
- ・ 検出時刻

のデータを読み取ることが可能である。現在、設置されている AVI では、

1. プレートの大きさ（大型、中型）
2. プレート塗装色（白地/緑文字、緑地/白文字）
3. 一連番号（4桁番号）

を読み取ることができる。

1995年8月時点における、AVI 装置配置の状況は、9路線 29箇所には達している（図-1参照）：大阪地区では、放射線上りの端末と環状線合流部手前の追い越し車線の2箇所ずつ、神戸線は上り下りに、湾岸線も上り下りに各2~3箇所配置されている。AVIより求められた地点間所要時間は、主として検知器データを用いた所要時間予測結果の検証等に用いられている。

* キーワーズ：分布交通，ネットワーク交通流
** 正員 (株)都市交通計画研究所
(〒540 大阪市中央区釣鐘町1-1-11)
tel.06-945-0144 / fax 06-946-1069
*** 正員,工修 阪神高速道路公団大阪管理部
(〒552 大阪市港区石田3-1-25)
tel.06-576-3881 / fax 06-576-1923
**** 正員,工博 愛媛大学工学部土木海洋工学教室
(〒790 松山市文京町3)
tel.0899-24-7111 / fax 0899-23-0672

3.時間帯別路線間 OD 交通量推計モデル

(1) 前提条件の整理

現時点において、交通管制システムによって得られるデータ、および AVI 装置が放射路線の環状線合流部付近の上下車線に設置されることを前提とした場合、以下に示すような推計手法の基本的な枠組みが考えられる。ただし、ここでは問題を簡単にするため、環状線を中心とした大阪地区のネットワークを対象として検討を行う。

まず、検討にあたって次の前提条件を置くことにする。

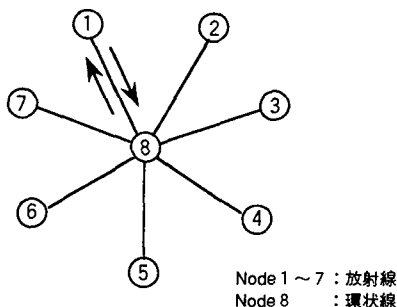


図-2 阪神高速道路のネットワーク表示

(1)ネットワークは複数の放射線と 1 本の環状線からなる。

(2)路線間の経路は 1 本しかない。

(3)全ての放射線の上下車線に AVI カメラが設置されている。

(4)上記 AVI 設置地点には車輛検知器が併設されており、時間帯別交通量が計測できる。

上記の前提条件(1)、(2)に基づき、トポロジカルなネットワーク表示を行ったのが図-2である。このネットワークでは NO.1～7 のノードが各放射路線の AVI 設置地点を、また NO.8 のノードが環状線のオン・オフランプを表現している。

AVI データを用いない場合、時間帯 t における路線間 OD 交通のうち、各路線の流入交通量の合計のみがわかるだけである。ただし、この場合の環状線を表す Node 8 の流入交通量は、環状線の各オンランプ流入交通量の合計である。

以下、上記ネットワークを対象として、時間帯別路線間 OD 交通量の推計手法について検討を行っていく。

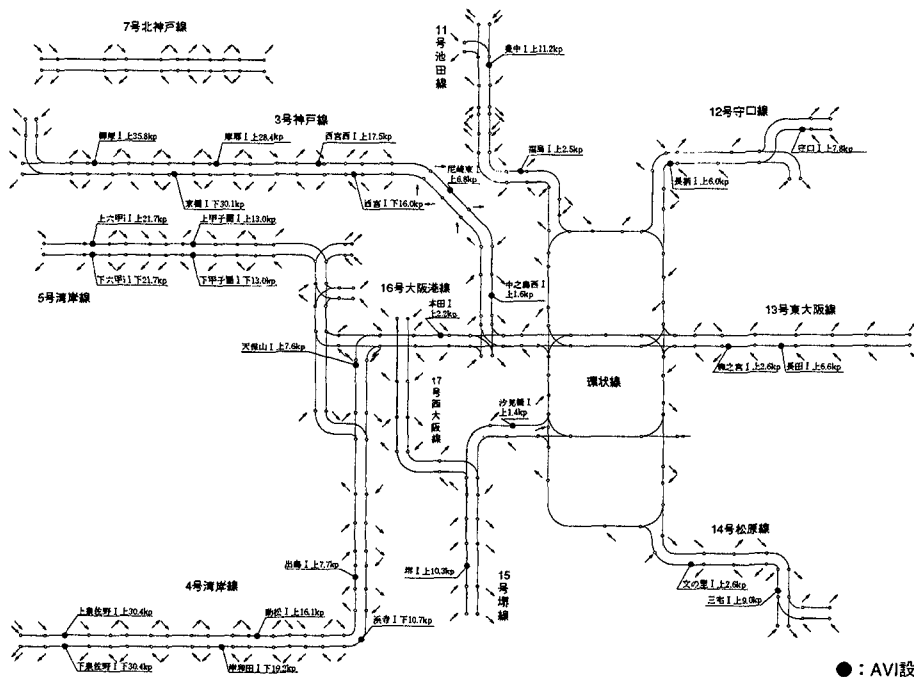


図-1 阪神高速道路のAVI装置設置位置（1995年8月現在）

(2) モデルの検討

放射線に設置された AVI 装置からは、サンプルベースではあるが、

1) 路線間の所要時間

2) 各路線から流入した交通の目的地選択率

が観測可能である。

まず、以下に示すよう変数を定義する。ただし、ここでは放射路線の数を n とし、環状線を $n+1$ 番目の路線とする ($i, j = 1 \sim n, n+1$)。

$G_i(t)$: 時間帯 t に路線 i から流入した交通量

$A_j(s)$: 時間帯 s に路線 j から流出した交通量

$P_{ij}(t)$: 時間帯 t に放射路線 i ($i = 1 \sim n$) から流入した車のうち、放射路線 j へ向かう車の割合

$U_i(t)$: 時間帯 t に放射路線 i から流入し、環状線から流出した交通量

$V_j(t)$: 時間帯 t に環状線から流入し、放射線 j から流出した交通量

ここで $G_i(t)$ 、 $A_j(s)$ は車輛検知器、 $P_{ij}(t)$ は AVI から観測が可能であり、 $P_{ij}(t)$ については

$$\sum_j P_{ij}(t) = 1.0$$

なる関係式が成立する。また $U_i(t)$ および $V_j(t)$ は未知変数である。

時間帯 t における路線 i から路線 j への路線間 OD 交通量 $X_{ij}(t)$ は、上記の変数を用いて次のように表すことができる。

$$X_{ij}(t) = (G_i(t) - U_i(t)) P_{ij}(t) \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$X_{i, n+1}(t) = U_i(t) \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$X_{n+1, j}(t) = V_j(t) \quad \text{for } j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

式(1)は各放射路線間の OD 交通量、式(2)、(3)は環状線関連の OD 交通量についての関係式である。ただし、ここでは便宜的に環状線内々交通については考慮しないこととしている。

さて、ここで AVI を用いて観測が可能である、経過時間を考慮した路線間到達率を表す変数 $Q_{ij}(t, s)$ を以下のように定義する。

$Q_{ij}(t, s)$: 時刻 t に路線 i から流入した車のうち、時刻 s に路線 j から流出する車の割合

ただし、環状線関連の $Q_{n+1, j}(t, s)$ および $Q_{i, n+1}(t, s)$ については AVI 設置地点の関係から別途推定する必要がある。

この $Q_{ij}(t, s)$ および OD 交通量 $X_{ij}(t)$ を用いて、時刻 s における放射線 j からの流出交通量 $A_j^*(s)$ は以下に示すよう表すことができる。

$$A_j^*(s) = \sum_i \sum_t X_{ij}(t) \times Q_{ij}(t, s) \quad (4)$$

また、式(1)～(3)の関係から式(4)は、

$$\begin{aligned} A_j^*(s) &= \sum_{i=1}^n \sum_t X_{ij}(t) Q_{ij}(t, s) + \sum_t X_{n+1, j}(t) Q_{n+1, j}(t, s) \\ &= \sum_{i=1}^n \sum_t (G_i(t) - U_i(t)) P_{ij}(t) Q_{ij}(t, s) \\ &\quad + \sum_t V_j(t) Q_{n+1, j}(t, s) \end{aligned}$$

となる。

いま、未知変数 $U_i(t)$ 、 $V_j(t)$ を求めるため、放射線 j からの流出交通量についての残差自乗和最小化モデルを以下のように定式化する。

$$Z = \sum_s \sum_j \left(A_j(s) - A_j^*(s) \right)^2 \rightarrow \min \quad (5)$$

式(5)の目的関数 Z は未知変数 $U_i(t)$ 、 $V_j(t)$ に関してただか二次である。したがって最適化に関する必要条件は式(5)を未知変数で偏微分することで得られる。

この場合、未知変数 $U_i(t)$ 、 $V_j(t)$ は式(6)、(7)の連立一次方程式を解くことで、求められる。

$$EX + GV = A \quad (6)$$

$$FX + HV = C \quad (7)$$

ここで X 、 V はそれぞれ $X_i(t) = G_i(t) - U_i(t)$ 、 $V_j(t)$ を要素とするベクトルであり、ベクトル A 、 C および行列 E, F, G, H は式(8)～(13)を要素としている。

$$A = \left\{ \sum_j \sum_s \left(P_{ij}(t') Q_{ij}(t', s) \cdot A_j(s) \right) \right\} \quad (8)$$

$$C = \left\{ \sum_s \left(Q_{n+1, j}(t', s) \cdot A_j(s) \right) \right\} \quad (9)$$

$$E = \left\{ \sum_j \sum_s \left(P_{ij}(t') Q_{ij}(t', s) \cdot P_{ij}(t, s) Q_{ij}(t, s) \right) \right\} \quad (10)$$

$$F = \left\{ \sum_s \left(Q_{n+1,j'}(t', s) \cdot P_{ij}(t, s) Q_{ij}(t, s) \right) \right\} \quad (11)$$

$$G = \left\{ \sum_j \sum_s \left(P_{ij}(t') Q_{ij}(t', s) \cdot Q_{n+1,j}(t, s) \right) \right\} \quad (12)$$

$$H = \left\{ \sum_s \left(Q_{n+1,j'}(t', s) \cdot Q_{n+1,j}(t, s) \right) \right\} \quad (13)$$

以上、AVI から得られる目的地選択率と経過時間を考慮した路線間到達率を用いて、環状線関連の時間帯別 OD 交通量を未知変数とした時間帯別路線間 OD 交通量推計モデルを定式化した。

この他にも、経過時間を考慮した路線間到達率のみを用いて、路線間 OD 交通量を未知変数とした放射線流入リンクの残差自乗和最小化モデルや、先験 OD 交通量を考慮した同時確率最大化モデル等についても検討を行っている。とくに、阪神高速道路起終点調査で得られる先験 OD 交通量を推計モデルに組み込むことで、新たな路線の供用や工事・事故等による通行止がない場合など、OD パターンに大きな変化がない時には、推計精度の向上をはかることが可能であると考えられる。

4. おわりに

本研究では、大阪地区の阪神高速道路を対象とし、AVI データおよび観測リンク交通量を用いた時間帯別路線間 OD 交通量推計モデルの構築を行った。しかし、本推計モデルの実用化にあたってはいくつかの課題が残されている。

まず、本推計モデルでは環状線のオン・オフランプを一つのダミーノードとして表現している関係上、環状線関連の経過時間を考慮した路線間到達率 $Q_{ij}(t, s)$ を別途推計する必要がある。とくに、各放射線の AVI 装置設置位置によっては、放射線の一部ランプもダミーノードに含める必要が生じる可能性もあり、今後更なる検討を行いたい。

また、AVI 装置の読み取り精度や路線間でのマッチング率がモデルの推計精度に与える影響について

も検討が必要である。現在、設置されている AVI 装置では、読み取り精度はほぼ 80% を越えているが、気象条件等によっては精度の低下があることがわかっている。また、放射線上り路線内追越車線相互でのマッチング率は、30~40% 程度である。本推計モデルでは、複数路線間でのマッチングを行う必要があり、単一路線内と比較してマッチング率が更に低下することが予想される。複数路線間のマッチング率については、今後、4 号湾岸線、5 号湾岸線および 16 号大阪港線が交わる天保山ジャンクションを対象として分析を行い、各種条件下において AVI データの精度が推計モデルに与える影響についても検討を行う予定である。

さらに、時間 OD 交通量の推計単位時間についても検討が必要である。現況において、車輛検知器から得られる時間交通量、および起終点調査結果を分析した結果、5 分間単位の OD 交通量は、路線間でも相当大きなバラツキがあると推測されるが、1 時間単位では比較的安定した傾向にあることが分かった。したがって、時間 OD 交通量のバラツキがモデル精度に与える影響についても検討を行い、推計単位時間を決定する必要がある。

これらの課題については、起終点調査結果をベースデータとするトポロジカルなネットワークでのシミュレーションを用いたケーススタディを行い、それぞれの変数が推計精度に与える影響について把握する。さらに、実際に収集された AVI データ自体の持つ制約条件を加味することによって、時間 OD 交通量推計の枠組みを明確化するとともに、推計モデルに新たな制約条件を加えるなどして、実用化に向けた検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 楊海, 飯田恭敬, 佐佐木綱 (1990) : 観測リンク交通量を用いた時間 OD 交通量の動的推計法, 土木計画学研究・講演集, No.13, pp.599-606
- 2) 松本幸生, 藤田素弘, 松井寛 (1994) : 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
- 3) 安井一彦, 池之上慶一郎, 竹内秀城 (1995) : 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, 土木計画学研究・講演集, No.17, pp.457-460