

京都大学工学部地球工学科 学生員 ○菅沼真澄
京都大学大学院工学研究科 フェロー 飯田恭敬
京都大学大学院工学研究科 正会員 宇野伸宏

1. はじめに

本研究では、都市高速道路の交通流動を、ブロック密度法に基づくマクロシミュレーションに適合する形でモデル化する。分合流部を含んだ実ネットワークへの適用を視野に入れ、下流側交通状態を考慮した交通密度－速度関係式(K - V 式)の設定方法を提案する。

従来のモデルは、車両検知器データから、その地点における実際の交通流動を示す K - V 式を推定し、フローの時空間的变化を表現するメカニズムを外生的に付加している(図 1)。本研究で提案する手法は、交通状態変化の下流側から上流側への伝播を表現するためのメカニズム(流出係数)を内生化した形で、検知器データ(交通量)に最も適合する K - V 式を推定するための手法であり、特に複雑な交通流動を示す分合流部を含むネットワークを対象とした K - V 式推定の体系化を試みるものである。

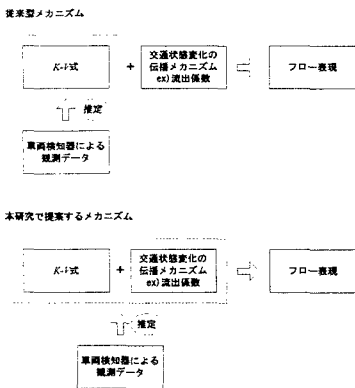
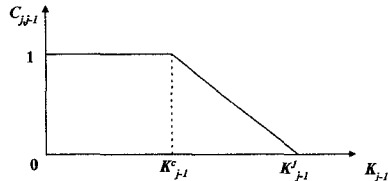


図 1 従来型メカニズムとの比較

2. 流出係数の概要

下流側から上流側に渋滞が伝播していく状況をシミュレーション上で再現するため、図 2 に示す流出係数を用いる。これは、ブロック j の下流側ブロック $j-1$ の交通状態が渋滞領域にあれば、上流側ブロック j からの流出需要量がすべてブロック $j-1$ へと流出できるとは限らないことを

表現したものである。



$C_{j,j-1}(t)$: 流出係数, K_{j-1}^c : ブロック $j-1$ の臨界密度,
 K_{j-1}^{jam} : 下流側ブロック $j-1$ の飽和密度

図 2 流出係数

ここで、ブロック j からの流出交通量は流出需要量と流出係数の積として与えられると仮定する。 K - V 式が与えられれば、流出交通量は交通密度と平均速度の積として求められる。対象ブロックの下流側ブロックが渋滞領域にある時は、その交通密度と平均速度の積が流出交通量そのものではなく、流出需要量を表すような K - V 式を設定する。この K - V 式を流出需要 K - V 式と呼ぶことにする。

3. K - V 式および交通量の推定手順

前述の点を考慮したブロック密度法適合型 K - V 式推定の具体的な手順を以下に示す。

(step1) 下流側ブロック $j-1$ の臨界密度、飽和密度を設定し、流出係数を決定。

(step2) 下流側ブロック $j-1$ の交通状態(渋滞・非渋滞)に応じてブロック j の検知器データを分割。

(step3) 下流側ブロック $j-1$ 非渋滞時の K - V 特性を推定。

$$V_j(t) = f_j^{free(j-1)}(K_j(t)) \dots\dots\dots (1)$$
$$f_j^{free(j-1)}(K_j(t)) : \text{下流側ブロック } j-1 \text{ が非渋滞時の上流側ブロック } j \text{ の } K\text{-}V \text{ 式}$$

(step4) 下流側ブロック $j-1$ 渋滞時の K - V 特性を推定。

$$V_j^D(t) = F_j^{jam(j-1)}(K_j(t)) = \frac{q_{j,j-1}(t)}{C_{j,j-1}(t)K_j(t)} \dots\dots\dots (2)$$

ただし $q_{j,j-1}(t) = f_j^{jam(j-1)}(K_j(t))K_j(t) \dots\dots\dots (3)$

$q_{j,j-1}(t)$: 車両検知器で観測された交通量
 $F_j^{jam(j-1)}(K_j(t))$: 下流側ブロック $j-1$ が渋滞時の上流側ブ

ロックjの流出需要 K-V式

$f_j^{jam(j-1)}(K_j(t))$: 下流側ブロック j-1 が渋滞時の上流側ブ

ロックjの K-V式

$$f_j^{free(j-1)}(K_j(t)), F_j^{jam(j-1)}(K_j(t)), f_j^{jam(j-1)}(K_j(t)) \text{ および観測データの関係を模式的に図3に示す。図中の黒点は観測データを表している。}$$

なお、バス・トラック等の大型車は乗用車換算係数により乗用車へと換算して交通量を求めている。「交通量」と呼ぶのはすべてこの「乗用車換算交通量」である。

分合流部についても基本的には(1)～(3)式に示した考え方でK-V式を推定する。ただし、合流部については、合流点直下流側ブロックの交通密度により、合流する複数ブロックの流出係数が決定される。分流部については、分流直後の複数ブロックにおける交通密度の最大値により流出係数が決定されるものとする。

さらに、ブロック密度法適合型 K-V式と推定交通量の関係は以下の通りである。

①下流側ブロック j-1 非渋滞時

$$\hat{q}_{j,j-1}(t) = K_j(t) f_j^{free(j-1)}(K_j(t)) \quad (4)$$

$\hat{q}_{j,j-1}(t)$: ブロックjからブロックj-1への推定交通量

②下流側ブロック j-1 渋滞時

$$\begin{aligned} \hat{q}_{j,j-1}(t) &= C_{j,j-1}(t) K_j(t) F_j^{jam(j-1)}(K_j(t)) \quad (5) \\ &= C_{j,j-1}(t) K_j(t) V_j^D(t) \end{aligned}$$

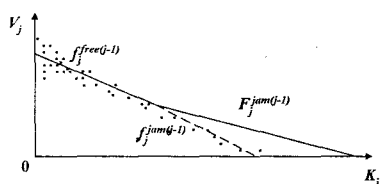


図3 K-V式の概念図

4. 実測交通量と推定交通量の比較

阪神高速道路池田線・加島～塚本間 2 カ所(池田線 5.1kp, 池田線 4.5kp)における検知器データから、ブロック密度法適合型 K-V式を推定し、その妥当性について検討した。利用した検知器データの期間は、1997年10月13日～19日である。具体的には、検知器から得られる実測交通量と(4)式および(5)式による推定交通量とを散布図として描き、その相関係数に基づいて比較した。図4で示した相関係数の値からみて、(4),(5)式による推定

交通量と実測交通量との相関は比較的高く、シミュレーションへの適用は可能と考えられる。なお、K-V式の形状を表す関数型は J.Drake 等によって提案された指数型のモデルを採用している。

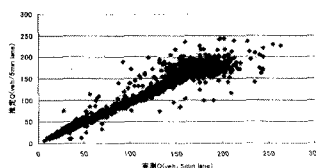


図4 実測交通量と推定交通量の比較
(ブロック密度法適合型 K-V式, $r=0.9735$)

5. シミュレーションの実施

阪神高速道路・堂島合流地点から北浜分流地点を想定したネットワーク上で、ブロック密度法適合型 K-V式を用い、シミュレーションを実行した。計算結果の詳細については、紙幅の関係上、講演時に示す。

これによれば、守口線に相当するブロックで渋滞が形成され、その渋滞が、織込み部、合流部へと順次伝播していく様子、ならびに、他方の路線への流出が抑制されることが再現されている。また、この渋滞開始時刻は、実測データにも概ね合致している。

しかし、現実現象と比較して、渋滞の形成が急激すぎることで守口線の混雑が分流地点より下流の環状線に過大な影響を与えるなどの問題点も明らかとなった。これは最下流端からの流出交通量を決定する際の仮定に原因があることも考えられるが、安定的渋滞状態や渋滞解消を表現するアルゴリズムの構築が必要であるとも考えられる。

6. おわりに

本研究では、下流側交通状態を考慮したブロック密度法適合型 K-V式を推定するための方法を提案し、実測データとの比較により、その妥当性を検証した。今後の研究課題として以下の2つを挙げておく。

- ① 流出係数を設定する際に飽和密度を外生的に与えているが、これも実測データに基づき、統計的に推定可能なアルゴリズムを開発することで、K-V式の理論的妥当性・現象再現性の向上を目指す。
- ② 渋滞現象の定常・解消過程を再現するアルゴリズムを組み込み、シミュレーション上、渋滞の激化でフローが完全に停止する様な状況を防ぐ等の工夫を施す。