

高速道路単路部の渋滞シミュレーションモデルについて

立命館大学理工学部 学生員 ○金 世一
立命館大学理工学部 正 員 巻上安爾

1 はじめに

本研究は、名神高速道路茨木IC～京都南IC間の渋滞発生区間を中心に行なった交通実態調査結果をもとに渋滞領域の変移状況を追跡し、総走行時間などを計算するシミュレーションモデルを作成したものである。この調査研究対象区間は中間に交通量の出入がない単路区間で、トンネルなど2～3の路路が存在する。モデルの作成にあたって、当区間を交通容量の等しい28の小区間に分割し上流側から1, 2, …, Nと番号を付けた。

2 演算論理

まずこのモデルの作成にあたって設定された前提条件は ①交通流を圧縮流体として取り扱い個々の車の動きは追わない ②流入需要は15分単位の時間帯毎に与えられる時間帯内での交通需要の変動は考えない ③シミュレーションを実施するすべての区間に対してまた渋滞、非渋滞各々の交通流に対して交通量と速度の関係が与えられる ④中間にあるパーキングエリアへ出入する交通の影響は考えない の4つである。

(1)速度特性と入力データ 交通量と平均速度との関係(Q-V特性)は交通量/交通容量比(q/c)の関数として与えられ、上りコウ配部、平坦部、トンネル部分それぞれ異なる道路条件に対し図-1のように3タイプの特性曲線式が用意される。入力データとしては各区間毎に区間長($L(i)$)、交通容量($C(i)$)、速度特性曲線タイプ指定番号(QVTP(i)=1, 2, 3)の3つ、そして各時間帯毎に流入需要($D(i)$)が与えられる。

(2)演算過程 演算は最下流区間から上流側へ向けて行なわれる。ある区間において交通需要 $D(i)$ が交通容量 $C(i)$ を超過しない場合、当区間においてあらかじめ指定された速度特性曲線式より交通量 $q(i)$ に対応する速度 $v(i)$ 、密度 $k(i)$ が次のように求められる。

$$\left. \begin{aligned} q(i) &= D(i) \\ v(i) &= f_n \{ q(i)/C(i) \} \quad (n=1, 2, 3) \\ k(i) &= q(i)/v(i) \end{aligned} \right\} - (1)$$

非渋滞時の総走行時間は

$$\begin{aligned} TT(i) &= 0.25 \times q(i) \times L(i) / v(i) \\ &= 0.25 \times k(i) \times L(i) \end{aligned} \quad - (2)$$

次に区間において交通需要が容量を超過した場合、以下の手順で計算を進める。

まず区間において $q(i)/C(i) = 1$ となり①②式より交通流特性、総走行時間が求められる。渋滞は区間より上流側へ伸びて行き、渋滞個所の交通流特性は $q(i)$ を渋滞時の交通量、 $v(i)$ を渋滞交通流の走行速度、 $k(i)$ を渋滞時の交通密度とすると

$$q(i) = C(j), \quad v(i) = f' \{ q(i)/C(i) \}, \quad k(i) = q(i)/v(i) \quad - (3)$$

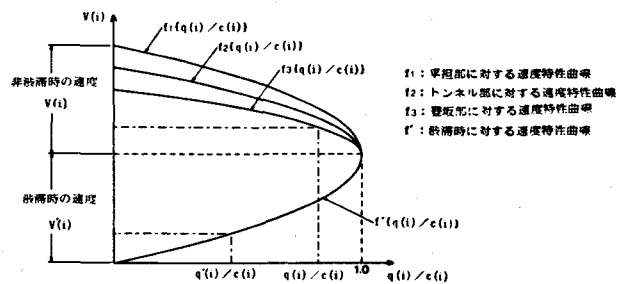


図-1 交通量-速度特性

区間*i*における衝撃波の伝播速度は $S(i) = \{g(i) - g(i+1)\} / \{k(i) - k(i+1)\}$ となり、この場合この衝撃波は上流側に伝播するので $S(i)$ の符号は負となる。この衝撃波が区間*i*内を進入してこの区間の上流端に到達するまでの時間 $t(i)$ は

$$t(i) = t(i+1) + L(i) / \{-S(i)\} \quad -⑤$$

ここで $t(i+1)$ は区間*i+1*の上流端すなわち区間*i*の下流端に衝撃波が到達する時間である。もし $t(i)$ の値が 0.25 以下 (15分以内) であれば渋滞列は区間*i*の上流端を通過しさらに上流へ延伸する (図-2④)

この場合の区間*i*の総走行時間 $TT(i)$ は

$$TT(i) = \frac{1}{2} \cdot k(i) \cdot L(i) \cdot \{t(i) + t(i+1)\} + k(i+1) \cdot L(i) \cdot [0.25 - \frac{1}{2} \{t(i) + t(i+1)\}] \quad -⑥$$

平均交通量 $g_a(i)$ は

$$g_a(i) = \frac{1}{0.25} \cdot \left\{ [0.25 - \frac{1}{2} \{t(i) + t(i+1)\}] \cdot g(i) + \frac{1}{2} \{t(i) + t(i+1)\} \cdot g(i+1) \right\} \quad -⑦$$

次に⑤式によって求めらる $t(i)$ の値が 0.25 以上すなわちこの時間帯内に衝撃波がこの区間の上流端にまで到達しない場合の総走行時間、平均交通量は (図-2⑤)

$$TT(i) = L(i) \cdot k(i) \cdot 0.25 + \frac{1}{2} \cdot S(i) \cdot \{k(i) - k(i+1)\} \cdot 0.25 - t(i+1)^2 \quad -⑧$$

$$g_a(i) = \frac{1}{0.25 \cdot L(i)} \cdot \left\{ [0.25 \cdot L(i) - \frac{1}{2} \{S(i) \cdot \{k(i) - k(i+1)\} \cdot 0.25 - t(i+1)^2\}] \cdot g(i) + \frac{1}{2} \{S(i) \cdot \{k(i) - k(i+1)\} \cdot 0.25 - t(i+1)^2\} \cdot g(i+1) \right\} \quad -⑨$$

この場合、この時間帯の終わりに区間*i*に留まる渋滞長を $H(i)$ とすると

$$H(i) = -S(i) \cdot \{0.25 - t(i+1)\} \quad -⑩ \quad \text{この渋滞長は次の時間帯に記録される。}$$

以上の結果から 区間*i*の平均的な交通流特性が次のように求められる。

$$T_r(i) = TT(i) / 10.25 \cdot g_a(i) \quad V_a(i) = L(i) / T_r(i) \quad k_a(i) = g_a(i) / V_a(i) \quad -⑪$$

ここに $T_r(i)$: 旅行時間 $V_a(i)$: 平均走行速度 $k_a(i)$: 平均交通密度

前時間帯までに生じた渋滞が残っている状態で交通需要がピークを過ぎて容量を下回るようになると、④式の $S(i)$ の符号は正となり渋滞列は減少に向う、総走行時間、交通流特性の計算は基本的には上と同様にして求められる。他にモデルでは下流側の渋滞が上流側の隘路にまでつなげたり、それがまた解消する場合のように数多くのケースにについても取り扱っているがここでは省略する。

3. シミュレーション結果

茨木IC~京都南IC間で行なわれた交通実態調査結果とシミュレーションモデルによる演算結果との比較照合を行なった。図-3は茨木IC~天王山トンネル間の旅行時間の比較を行なったものである。図を見るとシミュレーション結果と実測結果との間の差はどの時間帯においてもわずかで、変動パターンもほぼ一致している。

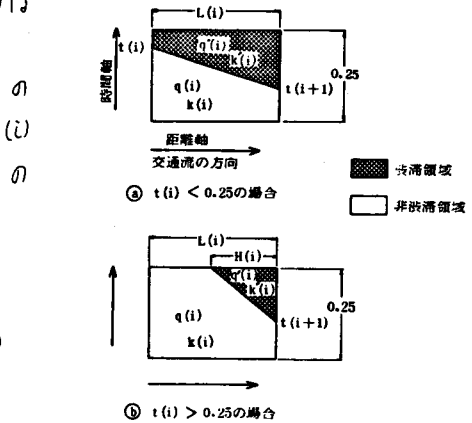


図-2 時間-空間平面における渋滞領域

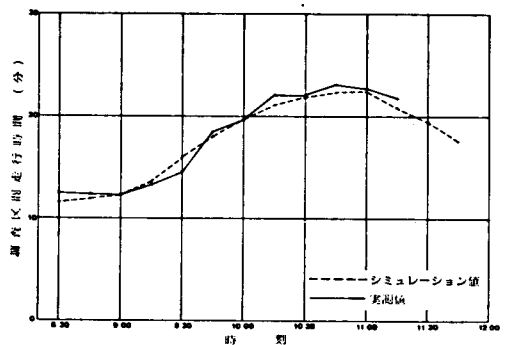


図-3 旅行時間変動図