

渋滞シミュレーションを用いた交通管理支援システムの構築

Construction of the Traffic Management Support System with Traffic Simulation

土田貴義* 横山剛士** 秋山孝正***

By Takayoshi TSUCHIDA, Takeshi YOKOYAMA and Takamasa AKIYAMA

1. はじめに

道路網の交通渋滞を表現し、交通現象を記述するために多数の渋滞シミュレーションモデルが構築されている。現行の交通管制のプロセスでは、旅行時間情報提供のためオンライン予測が可能な渋滞シミュレーションモデルが知られているが、一方で交通管制の上で代替的な交通管制案の効果をオフライン作業として、容易に算定できるモデルの必要性も高い。そこで、本研究では、既存研究の成果を参考に交通管理における意思決定の情報支援を目的として、渋滞シミュレーションシステムを開発する^{1), 2)}。これは、既存データから知られる各種交通現象をオフライン的に予測するものである。具体的にはいくつかの交通制御パターンを設定し、交通状況変化を推定する。さらに試行をおこない、この演算結果を比較することで適切な交通制御を提案するものである。

このような、交通管理支援を念頭においた渋滞シミュレーションシステムを構築するためには、交通現象を高精度で予測可能であることに加えて、各種の情報処理機能が必要である。このためには、モデルの操作性にすぐれ、各種条件設定が容易であり、さらに演算結果が視覚的に理解可能な形で表示されることが必要である。本研究では、パソコン上でこれらの機能を実現することを目指し、交通管理に有効に機能する交通情報提案システムが構築される。

2. 交通管理支援システムの概要

(1) 交通管理支援システムの構成

本研究で構築する交通管理支援システムの構成を図-1に示す。このシステムは、交通管制者が短期的な交通管理施策を評価するための各種の指標を算定し、さらにこれを有効利用可能な形式で表示するものである。全体は相互に関連する3種類の部門に分類される。以下にそれぞれについての説明をする。

キーワード：交通流、交通管制、交通管理、交通情報

* 学生会員 岐阜大学院

(〒501-1193 岐阜市柳戸1-1 Tel (058)293-2446
Fax(058)230-1528)

** 正会員 岐阜市

(〒500-8701 岐阜市今沢町18 Tel (058)265-4141)

*** 正会員 岐阜大学工学部

(〒501-1193 岐阜市柳戸1-1 Tel (058)293-2443
Fax(058)230-1528)

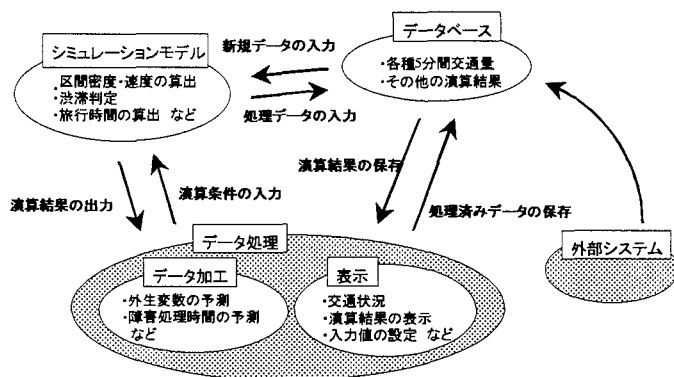


図-1 交通管理支援システムの構成図

ここで「データベース」では、外部の情報収集機器から与えられる各種データやシミュレーション計算によって得た演算結果を保存する。ここで「データベース」を接続している「外部システム」とは、現実の交通管制システムなどの既存処理装置に対応する。つぎに「シミュレーションモデル」では、渋滞シミュレーションモデルによる演算をおこなう各種評価指標を算出する演算の中心的部分である。さらに「データ処理」では、データの加工として外生変数の予測計算をおこなう。データの表示としては、モデルによる各種演算結果の効果的な表示をおこなう。

(2) 渋滞シミュレーションモデルの基本構造

本研究では、阪神高速道路を対象とした既存のシミュレーションモデルを参考としている。これまでに交通管制方式の検討を主目的とした全線を対象とした既存モデルが提案されている¹⁾。このモデルは、流体近似を模した形式で、流入制御方式の検討に用いられ、関連モデルの基本となっている。

つぎに放射線を単位とした旅行時間予測のためのオンライン渋滞シミュレーションモデルが導入されている²⁾。これは情報提供を目的としたモデルで、さらにPC上に同様モデルを構築した研究がある^{3) 4)}。本研究は、これらの研究成果を踏まえ、現行の計算機技術を有効に利用したモデル構築を目指す。

本研究の渋滞シミュレーションモデルの対象路線は、阪神高速道路の堺線上り（全長 11.9km）である。具体的なモデルでは、対象路線を500mごとの区間に分割す

る（全 24 区間）。なお、具体的なモデル構造は、既存の研究を参考としている。モデル内では区間の接続状態ごとに、「単路部」「オンランプ合流部」「オフランプ分流部」をそれぞれ定式化する^{2), 3)}。この概念を図-2 に示す。本図に示す主要な計算概念は、単位時間ごとの上流区間の流出需要量 $I(i_0)$ と、下流区間の流入可能交通量 $QM(i_1)$ との関係から区間存在台数を算出するものである。これらの関係は以下の式で表現される。

(a) 単路部

まず、 $I(i_0)$ は非渋滞状態の場合、「交通密度-交通量特性」に従い、渋滞状態の場合は交通容量 $C(i_0)$ で与えられる。

$$I(i_0) = \begin{cases} K(i_0) \times V(i_0) \times N(i_0) & (\text{非渋滞時}) \\ C(i_0) & (\text{渋滞時}) \end{cases}$$

つぎに $QM(i_1)$ の値は非渋滞状態の場合、交通容量 $C(i_1)$ に対応する。渋滞状態の場合は、「交通密度-交通量特性」にしたがう。

$$QM(i_1) = \begin{cases} C(i_1) & (\text{非渋滞時}) \\ K(i_1) \times V(i_1) \times N(i_1) & (\text{渋滞時}) \end{cases}$$

時刻 t から $t+1$ の間に上流区間 i_0 から下流区間 i_1 へ進行する流出交通量 $Q(i_0)$ は、上流区間の流出需要交通量 $I(i_0)$ と下流区間の流入可能交通量 $QM(i_1)$ の最小値となる。すなわち、

$$Q(i_0) = \text{Min} (I(i_0), QM(i_1))$$

(b) オンランプ合流部

オンランプは区間の分割点に接続すると考える。上流区間の流出需要量 $I(i_0)$ と下流区間の流入可能交通量 $QM(i_1)$ は、単路部と同様である。

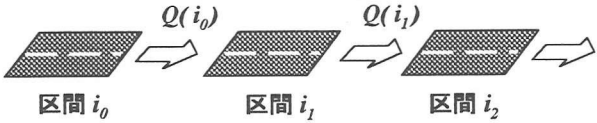
オンランプ j からの流出需要交通量 $IN(j)$ は、時刻 t における「料金所-合流部」間の待ち台数 $X(j)$ と時刻 t から $t+1$ の間に料金所を通過しようとする台数の和で算出される。

$$IN(j) = \text{Min} (X(j) + CN(j), X(j) + W(j) + D(j))$$

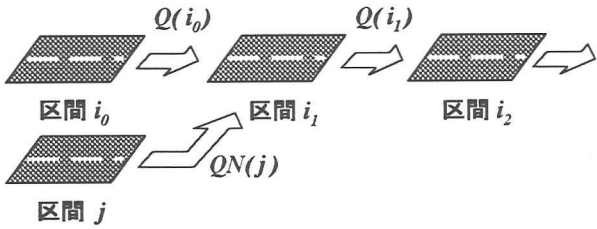
- $CN(j)$: 料金所交通容量
- $X(j)$: 本線-料金所間での流入待ち台数
- $W(j)$: 料金所で流入待ちする車両台数
- $D(j)$: オンランプ j に到着する到着交通量

料金所を通過しようとする台数は、需要交通量と料金

< 単路部 >



< オンランプ合流部 >



< オフランプ合流部 >

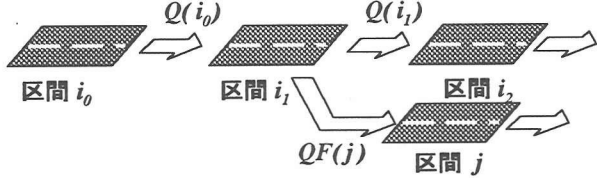


図-2 対象路線のモデル図

所交通容量との関係によって、2 種類の場合が考えられる。 $IN(j)$ は、場合ごとの算出値の最小値をとる。

時刻 t から $t+1$ の間に上流区間 i_0 およびオンランプ j から、下流区間 i_1 への流出交通量 $Q(i_0)$ は、

$$Q(i_0) = \text{Min} (I(i_0), QM(i_1))$$

$$QN(j) = \text{Min}(IN(j), CX(j), QM(i_1))$$

から算出される。この計算の結果、区間 i_0 およびオンランプ j からの流出交通量の和が、区間 i_1 の流入可能交通量を超えた場合は、次式に示すようにオンランプ j と上流区間の交通容量の比率を用いて流出交通量の修正をおこなう。これまでに合流状態に関する研究がおこなわれている⁵⁾。しかしながら、このモデルでは比較的単純な構造を想定している。さらに本モデルでは、実際の合流状態と一致するようなオンランプの交通容量を実証的データより妥当な値を定義しモデルに適用した。

$$Q(i_0) + QN(j) > QM(i_1) \text{ ならば}$$

$$QM i_0 i_1 = QM(i_1) \times \frac{C(i_0)}{C(i_0) + CX(j)}$$

$$QM j i_1 = QM(i_1) \times \frac{CX(j)}{C(i_0) + CX(j)}$$

- $CX(j)$: オンランプ j の交通容量
- $QM i_0 i_1$: 修正後の上流区間の流出可能交通量
- $QM j i_1$: 修正後のオンランプ j の流出可能交通量

(c) オフランプ分流部

オフランプは区間の分割点に接続すると考える。このモデルでは OD 別交通量を用いないので、オフランプ j からの流出交通量は、分岐率 $P(j)$ を用いて流出させる。ここで分岐率 $P(j)$ は、本線走行車が分流部においてオフランプ j へ流出しない比率である。これは、オフランプ接続部の直前と直後の車両検知機により測定された区間交通量より算出している。

上流区間 i_0 から下流区間 i_1 およびオフランプ j への流出需要交通量 $I(i_0)$ 、 $IF(j)$ は

$$I(i_0) = \begin{cases} K(i_0) \times V(i_0) \times N(i_0) \times P(j) & (\text{非渋滞時}) \\ C(i_0) \times P(j) & (\text{渋滞時}) \end{cases}$$
$$IF(j) = \begin{cases} K(i_0) \times V(i_0) \times N(i_0) \times (1 - P(j)) & (\text{非渋滞時}) \\ C(i_0) \times (1 - P(j)) & (\text{渋滞時}) \end{cases}$$

下流区間 i_1 の流入可能交通量 $QM(i_1)$ および流出交通量 $Q(i_0)$ は、単路部と同様である。

ここで本来、オフランプ j の流出可能交通量はオフランプ j の交通容量となるべきである。しかし、実際の交通状況では放射線の上りにおけるオフランプ j での流出交通量は本線を走行する交通量に対して微少である。そのため、オフランプ j の交通容量にまで達する現象は見られない。そこで、オフランプ j への流出需要交通量は、流出可能交通量に制約される事はないと仮定している。ここで制約条件を残しても問題はないが、計算効率の向上を目指したものである。今後、オフランプへの流出需要交通量が急激に増大する場合にはモデル構造を再検討する必要がある。

オフランプ j への流出交通量 $QF(j)$ は、 $Q(i_0)$ と $P(j)$ を用いて以下の式より算出される。

$$QF(j) = Q(i_0) \times \frac{1 - P(j)}{P(j)}$$

このように、本研究では従来モデルの基本概念を参考として構成している¹⁾²⁾³⁾。従来モデルとの比較において、本モデルの特徴を以下に整理する。

- ①既存モデルは N88 Basic で記述されていたが、現行の PC 機能を活用した高度情報処理を可能とするために Visual Basic で記述した。
- ②環状線と放射線との合流部分の記述を精緻化することで、放射線単独で推計可能なモデルを構築した。
- ③都市高速道路で特徴的な入口料金所の交通現象を合流部モデルとして表現した。これより、料金所での待ち行列長などの局所的な交通状況が表現できるようになった。

④従来、全線を対象に単一の $K-V$ 特性が用いられていたが、最新の現況再現をおこなうためにデータを更新し、区間特性に関する検証をおこない、3種類の $K-V$ 特性を作成した。

⑤従来より問題となっている交通状況予測精度向上のための確かな需要交通量予測に対して、「カオス理論」に基づく予測法を提案した。

(3) 交通管理支援システムの構築

本研究では実用化に向けて操作機能、表示機能の高度化を目指している。そこで、プログラム言語に Visual Basic を用いている⁴⁾。したがって具体的には、プログラム作成手順として、まず GUI 開発ツールで、フォーム(画面)にマウス操作によって各種のオブジェクト(コントロール)を配置する。つぎにそれに関連するイベントプロシージャを Basic 言語で記述していく。このツールを用いたことによる改良点がいくつか挙げられる。

(a) プログラミング作業の容易性

入力情報あるいは演算結果を表示するための画面構成に関して、マウス操作によるオブジェクト構成が可能になったことでデザイン作業が容易となった。これによって、アイコン操作やメニュー操作などを組み込んだプログラムを、容易に構築する事が可能となった。

(b) 演算結果の視覚的表示

シミュレーション計算によってモデルから算出された指標値を、グラフィック機能を用いてグラフ化することができる。この演算結果の視覚的表示によって、交通管制担当者は演算結果を瞬時に把握することができる。交通管制を行う際の判断時に対する演算結果の有効性が向上したといえる。

(c) 操作性の向上

ユーザーは交通情報提案システムを利用する際に、マウス操作によって計算を進めることができる。利用時には、入力値の設定、画面の移行、計算の実行を命令するだけでよい。従って、コンピュータに関する専門知識がなくとも計算が可能である。

(4) ユーザーインターフェイスの構成

交通情報提案システムは、モデルから計算された各種演算結果を図-3のような画面に表示する。

すなわち、演算が開始されると交通管理の支援情報として旅行時間と渋滞長、渋滞状況、開口ブース数、待ち行列長の各指標が画面上に出力される。これらは、シミュレーション対象時刻から5分ごとに刻々と表示される。さらに当該画面のほかに、各種演算結果を時間変化を表示する画面を用意している。ここでは、堺入路から環状合流部までの「旅行時間」および「渋滞区間」が時系列的にグラフ化される(選択画面)。また算出された区間速度一覧表も表示可能である。さらに、対象時刻内におい

て任意時刻の路線状況を再表示する事が可能である。ここでは各種の指標値が、図-3 と同様の画面に表示される。これにより、渋滞の延伸・解消の状況をより具体的に確認する事ができる。

以上に述べた本システムの機能を表-1 に整理した。

表-1 システム機能一覧

機能区分		設定値	所与変量	出力値
現況	現況再現		対象時刻 各種5分間交通量	渋滞状況 旅行時間
	交通状況予測	制御パターン		渋滞長
予測	旅行時間予測		対象時刻 各種5分間交通量予測値	ブース開口状況
	流入制御の評価			待ち行列長
	障害時の交通状況予測	障害発生箇所		

ここで現況再現とは、既存データに基づいて現時点に観測された交通状況の再現計算をおこなうものである。また予測機能は、シミュレーション計算に必要な予測値を与えて将来の交通状況を推計するものである。

また、各出力値は一覧表やグラフのように視覚的に有効な形式で表示され、交通状況の傾向を具体的かつ容易に把握することができる。

さらに本研究では、交通制御方式の検討が可能とした（選択画面）。具体的には、特定時間に対する流入制御パターンを（堺、住之江、玉出）の開口ブース数の時間変化を30分ごとの外生的に与える事が可能である。また、最大開口数は（5，2，2）である。この設定条件下で、算出される交通状況や演算結果も同様に表示でき、交通管制による影響の比較評価が可能である。

(5) 現況再現性の検証

交通管理に有効な支援情報を提供するために、シミュレーション結果が現実の交通状況の再現可能性を確認する必要がある。

ここで用いたデータは、平成9年10月14日（火）、6:00～11:00の渋滞状況の時間的変化と、同日5分ごとの入口・出口交通量および区間交通量である。（西大阪線分岐点直下の5分間交通量が観測されていないため、本線上の分岐点直前と直後の5分間交通量の差を西大阪線分流部の流出交通量とした。）西大阪線の分岐位置の上流区間が円滑流で当該区間が混雑流の場合に誤差が大きくなる。しかしながら、実測データからこのような場合は極めて希であり、また本モデルは区間の交通状況を平均的に記述するものなので、この誤差は推計精度に大きく影響しないと考えた。しかし、車両一台ごとの走行軌跡を表現するミクロモデルを構築するような場合には再検討が必要である。

また、オンランプでは、到着交通量を前述のデータを用いて次式より算定している。

$$D(t) = DW(t) + W(t) - W(t-1)$$

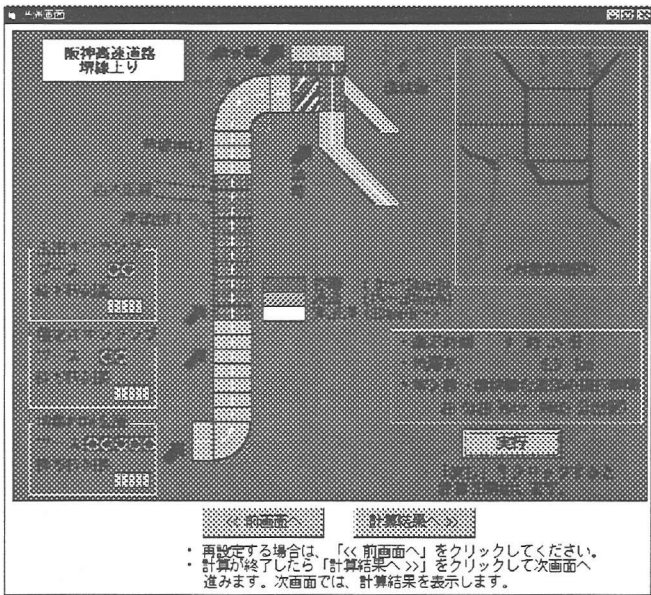


図-3 交通状況表示画面

- $D(t)$: オンランプ到着交通量
- $DW(t)$: オンランプ流入交通量
- $W(t)$: 料金所の待ち台数

ここで、待ち台数を算出するためには待ち行列データが必要である。しかし、観測が容易でないため各種5分間交通量に対応した待ち行列データが得られなかった。そのためここでは、待ち行列データを昭和60年2月18日の観測データで代用している。また、料金所までの待ち時間などは考慮していないため、ここでの現況再現性は本線上の交通状況のみを対象としている。

ここでは、交通流を記述する上で最も重要なK-V関係を線形関数としている。また、区間別の路線形状の相異を考慮して、3種類のK-V特性を与えた。堺～芦原では自由速度を78(km/h)、飽和密度92(台/km・車線)。芦原～環状線合流部では、自由速度を59(km/h)、飽和密度92(台/km・車線)。環状線部では、自由速度を83(km/h)、飽和密度92(台/km・車線)に設定している。

さらに区間別の渋滞判定には、区間平均速度が30km/hを下回る場合を渋滞としている。阪神高速道路公団では渋滞判定の際、Q-K関係を示しその特定領域に属する場合を渋滞としている。本研究の判定基準は、公団の渋滞判定が区間平均速度30km/h以下で必ず渋滞とされていることに基づいている。

算定結果から得られる対象路線の渋滞状況の時間的変化が図-4である（ただし6:30～10:00を図示）。渋滞状況の実測値と計算値を比較すると、7:10～8:00の玉出先頭の渋滞が表現されていない。これは、玉出合流部付近の路線特性に関する設定が不十分であったためと考えられる。具体的には、合流部直下の流出交通量が若干過

大であった事。あるいはオンランプからの流入交通量が若干過小であったものと思われる。今後、合流部の設定について再検討が必要である。しかしながら、全体的には渋滞状況の増減傾向を表現できている。

現況再現性を定量的に検討する指標として、適合率（時間数×区間数＝61×24のうち渋滞判定が正しく一致した割合）を用いる。ここでは、シミュレーション対象時間は6:00～11:00である。本モデルでは5分毎に路線状況を表示するので、時点数は61である。また、対象路線を仮想的に500mの区間に分割しているので、区間数は24である。従って、このとき本モデルによる適合率は

$$\begin{aligned} \text{適合率} &= \frac{(\text{渋滞判定一致数})}{(\text{時間数} \times \text{区間数})} \\ &= \frac{1297}{61 \times 24} = 0.886 \end{aligned}$$

であった。既存研究においても同様の検討がおこなわれており、昭和58年11月20、21日および12月23日の再現における適合率の平均は0.844であった。これらの結果を比較することによって、本モデルの現況再現性が従来モデルよりも若干向上していることが確認された。

しかしながら、従来研究では実用的な推計精度は確保されていることが報告されている²⁹⁾。さらに高精度の推計が必要となる場合にはモデル構造の再検討が必要である。例えば妥当なパラメータ値の設定などがある。現時点で挙げられる解決策として、この問題を組み合わせ最適化問題として定式化し、GA(Genetic Algorithm)を用いる方法がある。

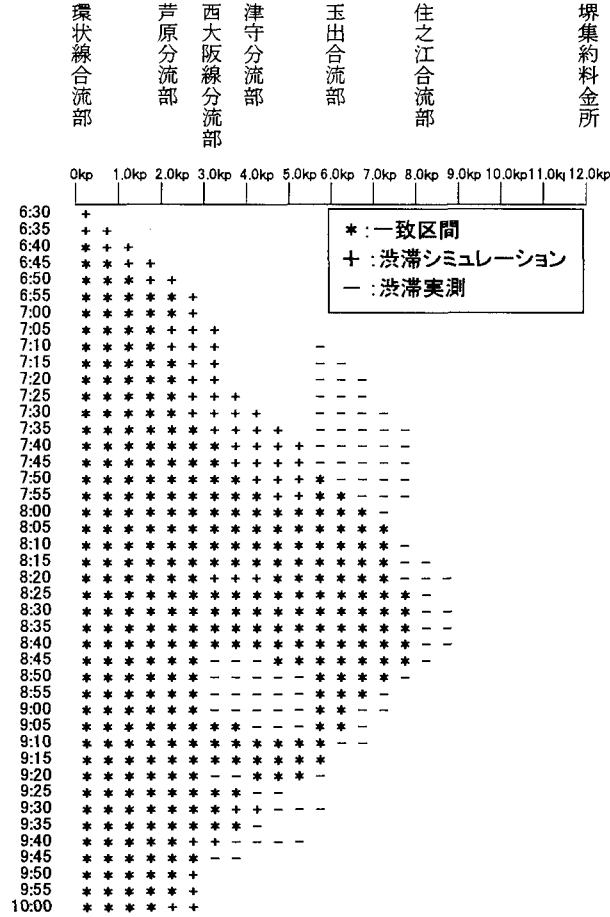
3. 交通管制への各種支援情報の提案

ここではシステム機能を向上させるため、本システムにより提示される支援情報の高度化をはかる。

そのために以下の内容について検討する。まず、交通情報提案システムを用いる交通管制担当者の観点からの検討をおこなう。具体的には、いくつかの制御施策の比較することで適切な制御パターンの抽出をおこなう。つぎに、交通管制担当者への情報提供について検討をおこなう。ここでは、交通情報の予測精度の向上に関する検討をおこなう。

(1) 交通管制への提案情報についての検討

交通情報提案システムは、交通管制の意思決定者の適切な判断を支援するものである。そのため、あらかじめ設定した交通管制パターンに対して交通状況を算定する機能を持つ。本研究で対象とする交通制御は都市高速道



図－4 現況再現結果

路の流入制御である。したがって、本線上の交通渋滞に対応して料金所ブースの制限および閉鎖で流入制限が実施される。これを渋滞シミュレーションにおいては以下のように定式化している。

$$CN(j,t) = \frac{l}{T_{sj}} \times N_j$$

$CN(j,t)$: 時刻 t におけるオンランプ j の
料金所交通容量

T_{sj} : オンランプ j のサービス時間

N_j : オンランプ j の開口ブース数

つまり開口ブース数の変化は、料金所の交通容量変化に対応している。料金所交通容量は、オンランプ j から本線への流出需要交通量に影響している。そのため混雑時に、開口ブース数を少なくすると、本線への流出交通量を制限できることができる。また、本モデルにおいて、流入制御によって住之江、玉手オンランプから流入できない車両については、各料金所直前の待ち行列車両として記述される。この待ち行列長は、高速道路上の交通状況が一般街路へ与える影響を表す指標として考える事ができる。しかしながら、場合によっては、非現実的な待

ち行列長が算出される可能性もある。以下に具体的な交通制御パターンの検討について示す。

さきの現況再現性を検証した日時の交通渋滞状況を基本として、交通制御パターンを検討する。まず当該日時の実際の交通管制状況を「通常の流入制御」と考える。当日は早朝に各料金所の全ブースが開口しており、その後午前7時より、(堺, 住之江, 玉出)が(5, 2, 2)から(3, 1, 1)となり、この流入制限が以降も継続しているものである。

このような現行制御パターンに対して、以下のような2種類の制御パターンを考えた。

【提案-1】:一定間隔で30分開口ブース数を(3, 1, 0)と(3, 0, 1)で交互に設定する。交互に入路を閉鎖した理由は、両入路周辺の高速道路利用者の利便性を考慮したためである。

【提案-2】:ここでは、【提案-1】と同様に30分開口ブース数を(3, 1, 0)と(3, 0, 1)で交互に制限する。しかし、図-5から9:00には渋滞が解消しているため、これ以降制限する必要はない。そこで、9:00からは、開口ブース数を(3, 1, 1)とする。

これらの制御パターンの時間的推移を表-2に整理する。つぎに、各制御施策ごとに渋滞状況や各種評価項目について比較検討をおこなう。表-3は、試行により算出された評価指標値をまとめたものである。また、渋滞状況の比較結果において、渋滞解消部分に【提案-1】の制御効果が顕著であった時間帯を図-5に示す。「渋滞区間」とは制御パターンを変更しても渋滞が解消されなかった区間を表す。

【提案-1】による制御効果の特徴を述べる。まず、渋滞が9:00に解消していることがわかる。なお、これ以降の渋滞もすべて解消された。また、表-3から総渋滞量は減少しているが、最大渋滞長はほぼ同様であることがわかる。また、住之江、玉出入路の流入交通量はほぼ半分に制限されている。以上のことから、【提案-1】は制限が強い制御であるといえる。

つぎに、【提案-2】による制御効果の特徴を述べる。渋滞状況は、【提案-1】にくらべ緩やかに解消している。表-3を見ると、住之江、玉出の流入交通量は【現行】と比較して、約1割減少している。このほかの指標からも、この施策は【現行】と【提案-1】の中間的な制御効果が得られることが確認できる。

さらに、【現行】に比べていずれの提案の場合も最大渋滞長が増加している。全般的には堺線の走行が円滑化されたので、渋滞延伸の時間的変化が急激になったものと思われる。その結果、一時的な交通集中の割合が増大したため、最大渋滞長が【現行】に比べ悪化したものと推測される。

このように交通制御パターンを比較する検討は、効果的な制御施策の抽出に有効な資料となる。

表-2 制御パターンの時間的推移

	交通制御パターン		
	現行	提案-1	提案-2
6:00	A	A	A
6:30	A	A	A
7:00	B	C	C
7:30	B	C	C
8:00	B	C	C
8:30	B	C	C
9:00	B	C	B
9:30	B	C	B
10:00	B	C	B
10:30	B	C	B

【開口ブース数】

Pattern A	(堺, 住之江, 玉出)=(5, 2, 2)
Pattern B	(堺, 住之江, 玉出)=(3, 1, 1)
Pattern C	(堺, 住之江, 玉出)=(3, 1, 0)と(3, 0, 1)を30分ごとに繰り返す

表-3 制御施策の評価指標

評価指標	現行	提案-1	提案-2
最大渋滞長(km)	10.0	10.5	11.0
総渋滞量(km・時)	29.5	25.0	25.8
堺からの平均旅行時間(分)	23.2	11.2	22.0
流入交通量 [堺] (台)	774	774	774
[住之江] (台)	174	108	147
[玉出] (台)	170	111	147

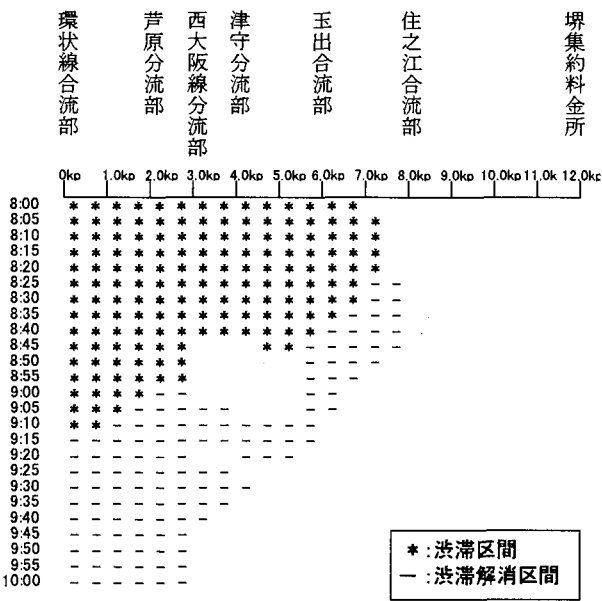


図-5 制御施策の変更による渋滞状況変化

また、流入制限について試行するとき交通制御パターンを容易に設定できる画面を図-6に示す。交通制御パ

ターンの設定は、シミュレーション対象時刻設定の次画面でおこなう。ここで、シミュレーションを開始する対象時刻から 30 分ごとに制御パターンを設定することができる。設定終了後、次画面（交通状況表示画面）へ移行し演算が開始される。このとき、渋滞状況の時間的変化から設定を修正したい場合、演算終了後に流入制御設定画面へ戻ることができる。すなわち、ある施策の演算結果を参考に、繰り返し試行することで次施策の検討が容易におこなえる。以下にシステムの具体的な利用方法を検討する。

実務面で交通管制担当者は、随時変化する交通状況を勘案して意思決定をおこなっている。このとき事前に規定された制御パターンに基づき開口ブース数を調整している。しかし、このときの判断は担当者の経験による所が大きい。

本システムは、利用時に算出された各種 5 分間交通量の予測値を用いてシミュレーション計算をおこなうことで開口ブース数を変化させた場合の影響を評価することができる。また、設定の修正が容易であるため、時々刻々と変化する交通状況に迅速に対応することが可能である。さらに、3 種類の制御パターンについて演算結果の保存が可能であり、各パターンの影響を比較検討することができる。このように、時系列的な計算結果をもとに、最も効率的な交通制御パターンを短時間に抽出することができる。

(2) 交通管制担当者への提供情報についての検討

交通管制担当者への高度な情報を予測するためには、モデル構造の精緻化に加えて、時系列的な外生変数の高精度な推計が必要である。これまでの研究で、外生変数の予測精度がシミュレーションの精度に大きく影響することが明らかにされている。そこで既存研究では、「カオス理論」による外生変数の予測手順を提案し、予測精度の向上が認められた。具体的な手順については参考文献に譲る 8) 9) 10)。

さらに本研究では、外生変数の予測値をシミュレーションモデルに入力し、交通情報提案システム全体の交通状況の再現程度を検討する。交通管制担当者が交通制御施策を検討するときに、最も具体的な情報は旅行時間である。そこで堺入路から環状線合流部に至る旅行時間の予測をおこなった。旅行時間の算出方法として、上流地点 X（堺入路）と下流地点 Y（環状線合流部）の累積交通量が一致する時間差を旅行時間とする方法を用いた。

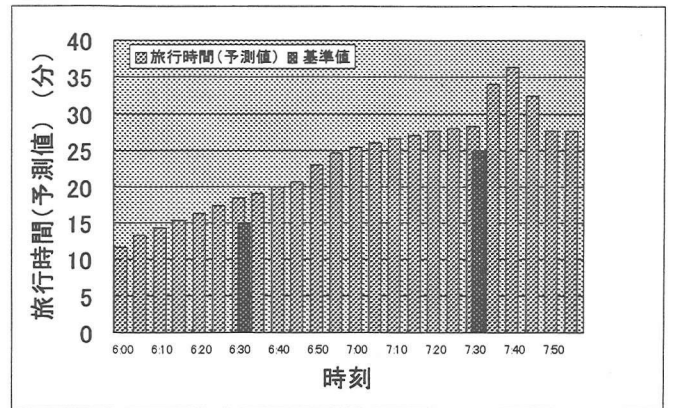
ここでシミュレーション計算に用いたのは、カオス理論に基づく予測プロセスによって算出された各種 5 分間交通量の予測値である。この予測値の算出に用いたデータは平成 9 年 10 月 14 日、6:00～11:00 のものである。また、この際の交通制御状況は現況と同一の制御がおこなわれているとした。この旅行時間予測値の変化を図一

時刻	堺	住之江	玉出
6:00			
6:30	5	2	2
7:00	5	2	2
7:30	8	1	6
8:00	3	0	1

1. 開口ブース数を30分毎に入力してください。
 2. 堺集約料金所は、最大5ブース、住之江・玉出料金所は最大2ブースです。
 3. 設定を終了したら「確認」をクリックし、「次画面へ」をクリックしてください。

実行 新画面 戻る

図一6 流入制御設定画面



図一7 旅行時間予測値の変化

7 に示す。なお、比較のために、阪神高速道路時刻表の値を参考として併記している 11)。

4. おわりに

本研究では、渋滞シミュレーションを用いた都市高速道路の交通管理のための交通管理支援システムを構築した。また、プログラム言語に Visual Basic を用いることでシステム利用者に対する操作性が向上した。さらに、効果的な制御施策を抽出するための制御パターンの評価手順を示した。

効果的な交通管理支援システムをめざして今後の研究課題について以下に整理する。

① 交通管理のための演算項目の充実

交通制御の有効性評価の際、管制担当者の判断に有効な指標項目を充実させる必要がある。また、算出された演算結果をより効果的に表示する形式についてさらに検討の余地がある。

② 広域ネットワークへの適用

都市高速道路のネットワークの延伸に対応して、現在対象としている放射線部にとどまらず、広域ネットワークを対象とした広域モデルへの拡張が必要である。

③ 一般道路の交通状況も考慮した関連情報の検討

都市高速道路における交通管理では、本線上の交通状況が一般道路へ影響することを考慮しなければならない。そのため、高速道路上および一般道路の交通状況を関連付けて検討する必要がある。本研究のモデルでは、料金所における待ち行列長が考慮されている。しかし、このほかの指標として料金所での待ち時間や、オンランプの混雑によって迂回した交通量などが考えられる。これらの指標をモデルに組み込み、都市高速道路と一般街路を総合的に評価できるモデルへの拡張に関する検討が必要である。

また最後に、データ収集に関して、ご協力頂いた阪神高速道路公団および（株）都市交通計画研究所に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 阪神高速道路公団（社）交通工学研究所：阪神高速道路の渋滞対策に関する調査研究報告書，pp.80-106，1981
- 2) 井上矩之，秋山孝正，山西弘剛：都市高速道路の渋滞，旅行時間予測オンラインシミュレーションモデル，昭和60年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集，IV-26，1985
- 3) 井上矩之，秋山孝正，辻本賀一：情報提供のための渋滞シミュレーションシステム，昭和61年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集，IV-8-1，1986
- 4) 佐佐木綱：都市高速道路の旅行時間予測システムによる情報提供に関する研究，平成3年度科学研究費補助金試験研究(B)(1)研究成果報告書，1993
- 5) 出原克也，清水哲夫，屋井鉄雄：短い加速車線長を持つランプにおける合流挙動モデルに関する研究，土木学会第52回年次学術講演概要集，IV-111，1997
- 6) 横山剛士，秋山孝正：交通管理支援のための渋滞シミュレーションモデルの構築，平成8年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集，IV-49，1997
- 7) 秋山孝正：高速度交通計画におけるファジィ理論と知識工学手法の応用に関する研究，pp.47-62，1989
- 8) 五百旗頭正：カオスと予測，日本ファジィ学会誌 Vol.7，No.3，pp.486-494，1995
- 9) 合原一幸，五百旗頭正：カオス応用システム，朝倉書店，pp.117-137，1995
- 10) 土田貴義，秋山孝正：カオス理論による予測手順を有する渋滞シミュレーションシステム，第18回交通工学研究発表会論文報告集，pp.17-20，1998
- 11) 阪神高速道路公団：阪神高速道路時刻表(平日用)，1996

渋滞シミュレーションを用いた交通管理支援システムの構築

土田貴義，横山剛士，秋山孝正

本研究では、従来の渋滞シミュレーションモデルを機能的に拡張し、交通管理の意思決定時に有効な交通状況を算出し、視覚的な提示を可能とする。このためオフライン利用を前提とした操作性の高い渋滞シミュレーションシステムの開発を目指す。また、付加的機能として、数種の制御パターンを設定し、制御効果の比較から適切な交通管制施策の検討が可能としている。また、旅行時間等の関連情報の算定も可能であることが示され、交通管制の意思決定支援と交通情報の有効な活用方法が提案されるシステムとなっている。

Construction of Traffic Management Support System with Traffic Simulation

Takayoshi TSUCHIDA, Takeshi YOKOYAMA and Takamasa AKIYAMA

The function of the conventional simulation model is extended to calculate and provide useful information for decision in traffic management with visual illustrations. Therefore, the study aims at developing the traffic simulation system which can be used off line and handled easily. As an optional function, the proper traffic control action can be proposed with comparison of effectiveness in reduction of traffic congestion with several alternative control patterns. As the other traffic information such as travel time can be estimated, the system may support the decision of traffic control and deal the traffic information efficiently.