

渋滞シミュレーションモデルを用いた交通管理支援システム*

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 ***, Takamasa AKIYAMA****

1. はじめに

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によって適切な交通制御を提案するものである。

交通管理の意思決定に利用可能な正確な交通現象予測のためには、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。

このとき本研究では、「カオス理論」に基づく外生変数の予測手順を提案し、信頼性の高い交通情報の予測値の算定を目指す。

以上の検討を踏まえて、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. 交通情報提案システムの概要

2.1 交通情報提案システムの構成

本研究で作成したシステムの構成は、図-1に示す。このシステムは、交通管理者が短期的な交通管理施策を評価するための指標を提案するものである。全体は相互に関連する3種類の部門に分類される。

「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。以下にそれぞれについての説明をする。つぎに「シミュレーションモデル」では、渋滞シミュレ

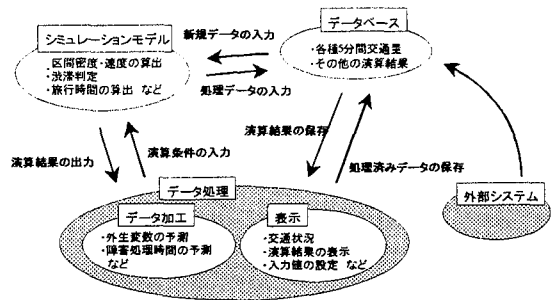


図-1 交通情報提案システムの構成図

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。

2.2 渋滞シミュレーションモデルの構造

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。これまでに交通制御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上同様モデルを構築した研究がある³⁾。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）。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)}。

* 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 18Tel (058)265-4141)
 **** 正会員 岐阜大学工学部 (同上)

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。以下に単路部を例にこの関係を示す。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、

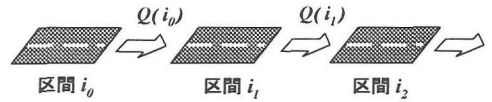
$$Q(i_0) = \text{Min}(I(i_0), QM(i_1))$$

2.3 情報提案システムの構築

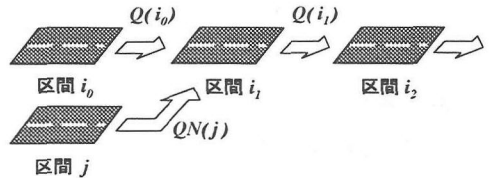
本研究では実用化に向けて操作機能、表示機能の高度化をはかった。具体的には、プログラム言語にVisual Basicを用いた⁴⁾。プログラム作成手順は、まずGUI開発ツールで、フォーム(画面)にマウス操作によって各種のオブジェクト(コントロール)を配置する。つぎにそれに関連するイベントプロシージャをBasic言語で記述していく。このツールによる改良点がいくつか挙げられる。

①画面構成の際、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によってデザイン作業が容易となった。②グラフィック機能を用いてモデルから算出された指標値を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、交通管制担当者の判断時の有効性が向上した。③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。

< 単路部 >



< オンランプ合流部 >



< オフランプ合流部 >

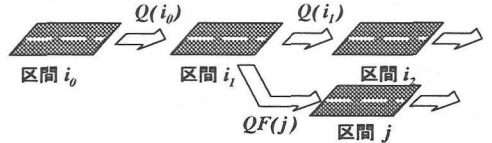


図-2 対象路線のモデル図

2.4 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。

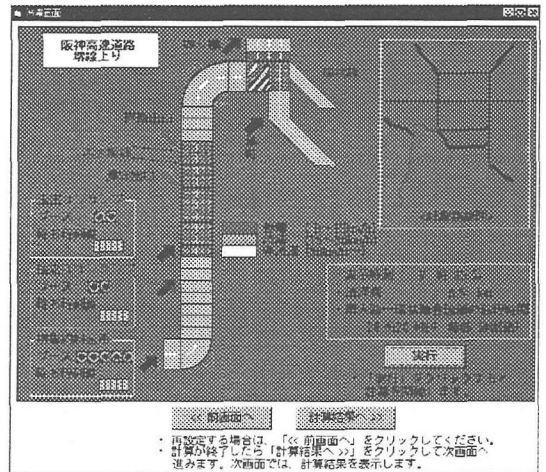


図-3 交通状況表示画面

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、開閉ブス数、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、各予測値の時間変化も表示される。たとえば、堺入路から環状合流までの「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として外生的に与える。また、最大開口数は(5, 2, 2)である。この設定条件下で、予測される交通状況も同様に表示でき、交通制御による影響の比較評価が可能である。

2.5 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。

まず、過去に観測された5分間交通量を外生変数としてモデルに入力する。これから渋滞状況の計算値と実測値を比較し、モデルの妥当性を検証する。

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な変化と、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。

（なお、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、分岐点直前と直後の5分間交通量の差を西大阪線流部の流出交通量とした。）

算定結果から得られる対象路線の渋滞状況の時間的な変化が図-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、全体的には渋滞状況の増減傾向を表現できている。しかし、7:10～8:00の玉出先頭の渋滞が表現されていない。

このとき、現況再現性を検討する指標として、適合率（時間数×区間数＝13×26のうち渋滞判定が正しく一致した割合）を用いる。また、このとき適合率は0.886であった。これらの検討から、本モデルの現況再現性が確認された。

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、道路利用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。

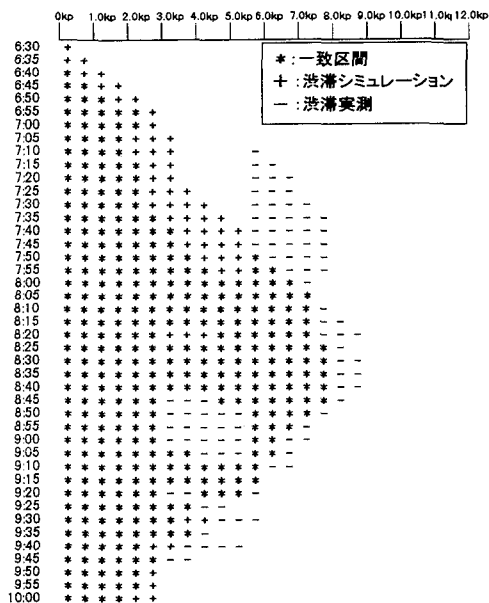


図-4 現況再現結果

3.1 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。そのために、制御パターンごとにその効果を検討する機能を持っている。以下で、具体的な交通制御パターンの検討について示す。

この対象は、現況再現と同様である。当日は7:00から通常の流入制御がおこなわれており、その時間帯のブース開口数は（堺、住之江、玉出）＝（3,1,1）である。これに対し、いくつかの交通制御施策について検討する。その一例を以下に述べる。

〔提案〕：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、両入路周辺の道路利用者の利便性を考慮したためである。この制御パターンの時間的推移を表-1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-2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、渋滞解消部分に制御の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〕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-2 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]は制限が強い制御であるといえる。このように交通管制パターンへの検討は、効果的な制御施策の抽出に有効な資料となる。

表-1 制御パターンの時間的推移

	制御パターン	
	通常	提案
6:00	A	A
6:30	A	A
7:00	B	C
7:30	B	D
8:00	B	C
8:30	B	D
9:00	B	C
9:30	B	D
10:00	B	C
10:30	B	D

開口ブース数

A=(5,2,2)

B=(3,1,1)

C=(3,1,0)

D=(3,0,1)

表-2 制御施策の評価指標値

評価指標	通常	提案
最大渋滞長 (km)	10.0	10.5
総渋滞量 (km・時)	29.5	25.0
総旅行時間 (台・時)	2567	2468
流入交通量 [堺] (台)	730	730
[住之江]	174	107
[玉出]	171	109

3.2 道路利用者への提供情報についての検討

道路利用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。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⁵⁾。

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。

道路利用者に対し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。この旅行時間変化を図-6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(棒グラフ)。

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情報提案システムについての検討をおこなった。また、より効果的

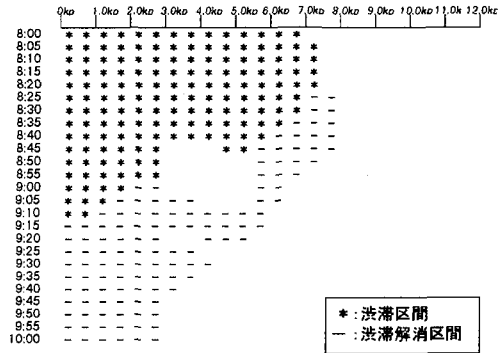


図-5 制御施策の変更による渋滞状況変化

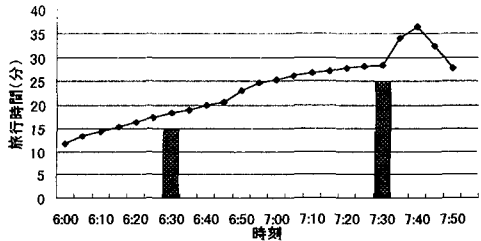


図-6 旅行時間予測値の変化

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。

今後の課題として、以下の諸点が挙げられる。

- ①交通管制の有効性評価の後により効率的な施策を提案できる交通管理のための演算項目の充実、②都市高速道路のネットワークの延伸に対応して、広域ネットワークへの適用、③一般道路の交通状況も考慮できる関連情報の検討

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, pp80~106, 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) 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

4) 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集概要集IV-49, 1997

5) 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投稿中