

都市高速道路における交通管理施策評価のための交通シミュレーションシステム開発 Development of Traffic Simulation for Evaluation of Traffic Control Measure on Urban Expressway

奥嶋 政嗣*・大窪 剛文**・大藤 武彦***

Masashi OKUSHIMA*, Takefumi OHKUBO**, Takehiko DAITO***

1. はじめに

都市高速道路において、時々刻々と変化する交通状況に対して、より適切な情報提供・交通制御を行なうための手法の1つとして、交通流シミュレーションによるアプローチが考えられる。このとき、高速道路本線に関する渋滞情報や、渋滞緩和のために行う流入制御によって、都市高速道路への流入予定車両が、周辺の一般街路などの代替経路への迂回を選択することも考えられ、これらの車両群の影響についても考慮しておく必要がある。

これまで、阪神高速道路公団では、交通管制システムにおける、交通流シミュレーションによる交通状況の予測モデルについて検討をおこなってきた¹⁾。交通流フローモデルについては、渋滞長の再現について過小評価傾向があること、渋滞解消速度がいくぶん遅いことが指摘されている。またリアルタイム運用において、流入制御などの施策評価を行うためには、経路選択行動モデルを内生化し、代替経路における交通状況を評価できるモデルを組み込む必要がある。ここで、阪神高速道路における交通特性に配慮した経路選択行動モデルについては、いくつかの既存研究^{2),3)}がなされている。渋滞情報提供や流入制御状況を考慮した経路変更や、経路途上での動的な経路選択についても分析がなされている。

本研究では、高速道路本線上の交通状況についての高い推計精度を確保しつつ、迂回交通の一般道路への影響も含めた施策評価指標を出力可能とする2つの要素を併せ持ったシステムを開発することを目的とする。

まず交通流シミュレーションによる都市高速道路本線上における交通状況の再現性向上を目指して、車両検知器データを用いたK-V(速度-密度)関係式の分析を行い、交通流特性を把握する。その結果に基づいて交通流フローモデルの改良を行って、現況再現性について検証する。

つぎに代替経路における交通状況の評価を可能とするため、既存の経路選択行動モデルと一般街路における交通流モデルを交通シミュレーターに適用する。そのなかで、具体的な計算手順と適用事例を示す。これにより、リアルタイムでの交通管制の影響評価を実現する。

2. 交通シミュレーターの基本構造

(1) 都市道路網を対象とした交通シミュレーション

これまで都市道路網を対象とした交通シミュレーションについては、数多くの研究が行われ、知見が積み上げられてきている⁴⁾。交通流を離散的に扱うモデルとしてはSOUND⁵⁾、NETSIMなどが、流体近似的に扱うものとしてはSATURN、BOX MODEL^{6),7)}などがあげられる⁴⁾。

このなかで、堀口ら⁸⁾、桑原ら¹⁰⁾、Horiguchi et al.¹¹⁾によるAVENUEは、マクロモデルに微視的な交通現象記述を組み込んでいる。AVENUEではブロック密度法に基づき、ブロック間の移動台数を整数化することで離散的な車両移動の記述を行っている。本研究のモデル構築においても、AVENUEと同様な考え方に立ち、マクロモデルを基本として、個別車両の記述を組み込んでいる。

また、経路選択行動モデルについても、都市道路網を対象とした交通流シミュレーションへの組み込みについては、BOX MODEL、SOUND、AVENUE、Paramicsなどで実現されている⁴⁾。ネットワークシミュレーションでは多くのモデルにおいて、経路選択行動を利用者属性と情報提供の関係を考慮可能なモデルで表現している。本研究では、都市高速道路の利用/迂回の2項選択のみに特化した経路選択行動を表現する。特に入路制御に対する利用者の反応を重視して、モデルを組み込むことにする。交通管制による影響評価を、リアルタイムでおこなうことを目指すため、迂回交通の経路選択や交通流動の記述は簡便なモデルを用いて、一般道路の顕著な交通サービス低下が発生する可能性のみを把握可能とする。

(2) 交通シミュレーター(HEROINE)の構成

まず、本研究で構築する交通シミュレーター(HEROINE)について概説する。図-1に示すように、流入需要予測モデル、高速本線フローモデル、交通制御モデル、データ蓄積の4つのサブシステムに加えて、経路

キーワード：交通流、交通制御、交通管理、経路選択

* 正会員、工修、岐阜大学 工学部社会基盤工学科

(〒501-1193 岐阜市柳戸1-1, TEL:058-293-2446,

E-mail: okushima@cc.gifu-u.ac.jp)

** 正会員、阪神高速道路公団 業務部交通管制課

*** 正会員、(株)交通システム研究所

選択行動モデル、迂回交通フローモデルの2つを合わせて、計6つのサブシステムにより構成されている。交通管制システム他系より収集されたリアルタイムの交通状況を入力とし、高速道路本線上およびその代替経路となる主要な一般街路における、およそ2時間後までの短期的な交通状況の推移を予測するものである。ここで、高速道路利用交通のみを対象とし、各車両はそれぞれの予定入口より出発し、予定出口にて到着することを予定しているとする。

(3) 高速本線フローモデル

ここでは、交通シミュレーターの基幹部分をなす高速本線上の交通流および個々の車輛移動のモデルについて、そのデータ構造とアルゴリズムについて記述する。

(a) 交通流のモデル記述

交通状況を管理する最小単位として、入出路や分合流地点で区切られた区間（リンク）を約 250m 単位で分割することにより、ブロックを定義する。このブロック内に存在する車輛台数より交通密度を算定し、上流側ブロックから下流側のブロックへの流出台数を交通密度に応じて決定する^{10,12)}。具体的には図-2 に示すように、K-V 関係式に基づいて設定される交通量-密度関係式により、各区間の密度より流出需要量、受入可能量を求め、上流側流入需要量と下流側受入可能量の小さい値を上流側流出量および下流側流入量とする。10 秒毎に各区間の交通状態（存在台数、通過交通量、速度、占有率、密度、渋滞判別結果など）の指標を得ることができる。

(b) 個別車輛移動の記述

個々の車両に対して、経路上において動的経路選択モデルを適用するための前提条件として、経路選択地点では、一体として扱われていた車群を、個々の車両に分解して管理しておく必要がある。これまでに、交通密度を基本とした交通流シミュレーションにおいて、個別車両を取り扱う方法について、報告がなされている¹²⁾。ここで本研究では、車両管理の単位としては、リンクを基本単位としている。このとき、車両管理の方法は、走行車線、追越車線を区別することなく、車輛の移動順序は FIFO の原則に基づくこととしている。

3. 本線交通流モデルの改良

(1) 交通流特性の分析

都市高速道路本線上の交通状況推計精度を向上させるため、本線交通流モデルの改良の方向性を確認することと具体的なパラメータ設定値を得ることを目的として、観測データを用いて本線上の交通流特性について分析をおこなった。これにより、実際のデータに適応した速度-密度関係式を定義することとする。

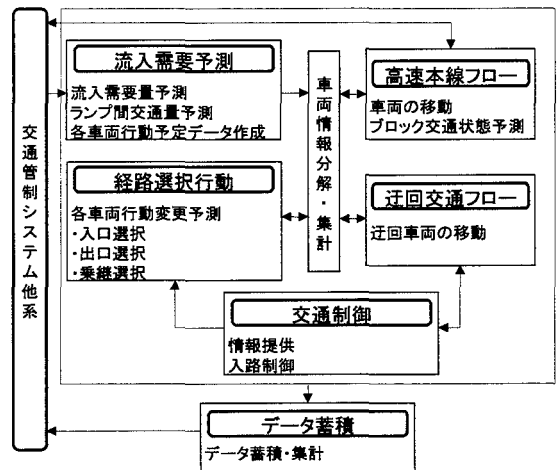


図-1 交通シミュレーター(HEROINE)の概要

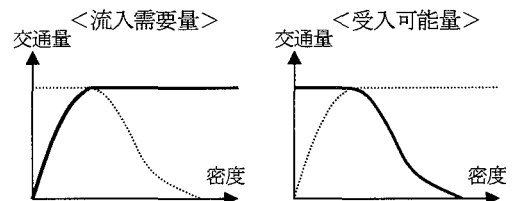


図-2 流入需要量・受入可能量とQ-K 曲線

(a) 分析対象データ

阪神高速道路本線上の交通流特性を把握するため、平成 13 年 9 月における平日（19 日間）の車両検知器（区間検知器）データより交通量、速度、占有率を用いることとした。ただし、交通障害による渋滞発生時および通行止時間帯のデータを除くこととした。ここで、密度については観測データを得られないものの、交通流フローモデルではブロック内の交通状況を一様であると仮定することから、占有率より一意に換算することとした。

(b) 対象路線区間

対象路線区間については、分析の単位を原則、路線ごととし、道路構造が変化する地点で区間を分割した。ただし、K-V 関係式で説明が困難な本線料金所などや、渋滞発生のない区間については分析の対象外とし、最終的に 24 路線区間を分析対象とした。

(c) 速度-密度関係式の型

K-V 関係式については、これまで数多くの研究がなされてきた。ここでは、ドゥルレーの式など、いくつかの式型について、阪神高速道路・環状線の高麗橋-道頓堀区間と池田線上の豊中北-福島間の検知器データにより、それぞれの式を用いてパラメータを推定し、その適合性について検討した。速度の推計値と実績値の相関係数により、2 路線区間ともに、ドレイクの式の適合性が高

いと判断された。ドレイクの式を、式(3-1)に示す。

$$V = V_f \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{K}{K_0} \right)^2} \quad (3-1)$$

V_f : 自由流速度

K_0 : 臨界密度

また、このときの環状線の区間データの速度-密度の関係を図-3に示す。実際のデータ分布についても、臨界密度で変曲点をもつドレイクの式が適合する形状であることを確認して、式(3-1)を速度-密度関係式として採用することとした。

(d) K-V 関係式/パラメータ推定

パラメータ推定については、式(3-1)に基づいて、対数をとって線形回帰を行った。ここで、観測データには相当程度の偏りがあると考えられることから、密度に対して密度平均値をあらかじめ求めておき、この速度平均値から $\pm 2\sigma$ の範囲を超えるデータを対象外とした。

速度-密度関係推計パラメータ例を表-1に示す。

自由速度については、出入り口の多い区間では70~80[km/h]、出入り口の間隔が長い区間では80~85[km/h]と推定されている。臨界密度は40[台/km/車線]付近であり、あまりばらつきの少ない推定結果となっている。また、実績値との比較結果の一例を図-4に示す。密度が高い領域では、推計式のほうが実績平均値よりも速度が低めになる傾向が見られるものの、少なくとも自由流領域および自由流から渋滞流へ遷移する領域などでは、ほぼ表現できている。

(2) 現況再現性の検証

交通流特性の分析結果を検証するために、交通流フローシミュレーションによる現況再現を行った。現況再現に使用する入力交通量データは、平成11年10月21日(木)7時~21時の車両検知器データに基づく毎5分の入路流入交通量と阪神高速道路第21回起終点調査結果に基づく時間帯別ランプ間OD交通量とした。また車両検知器データに基づく毎5分の渋滞状況を検証のための実績値とした。

路線別渋滞状況の実績値とシミュレーションによる現況再現結果の比較を図-5に示す。検証の結果、渋滞量は実績値406km時に対して、予測値383km時(実績比94%)となった。予測が困難な出口渋滞や他路線からの延伸による渋滞を考慮すると、全体的な渋滞量は概ね再現できている。

各路線での渋滞状況の時間的な推移に対する再現状況を確認する。ここでは、11号池田線上路線についての、各区間の渋滞状況の時間的な変化を図-6に示す。渋滞のボトルネックの位置、発生時刻、渋滞の延伸状況についてほぼ現況を再現できている。また、各路線での所要時間についても、AVIカメラによる車番観測に基づく

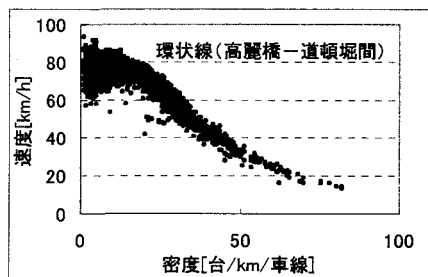


図-3 速度-密度関係におけるデータ分布の一例

表-1 速度-密度関係推計パラメータ一例

路線	区間	自由速度 V_f [km/h]	臨界密度 K_0 [台/km/車線]
環状線	湊町~北浜	79.8	40.5
	高麗橋~道頓堀	75.5	41.9
	夕陽丘	77.0	48.2
	えびす町~湊町	78.3	39.6
	千日前	73.6	33.2

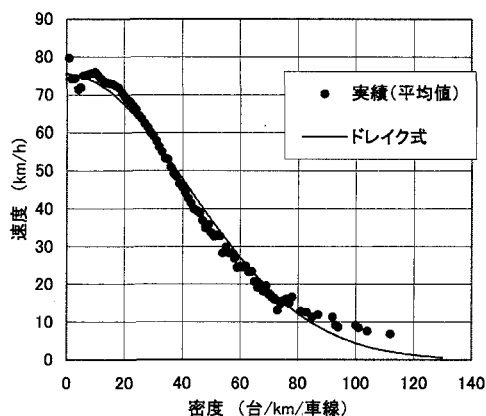


図-4 速度-密度関係推計式と実績値の比較例
環状線(高麗橋~道頓堀区間)

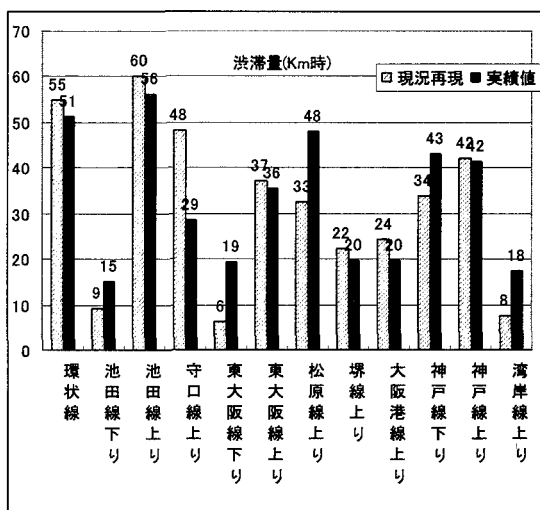


図-5 路線別渋滞状況の比較

旅行時間との比較を 17 経路について行っている。経路所要時間については、渋滞発生時において過大推計の傾向がある。

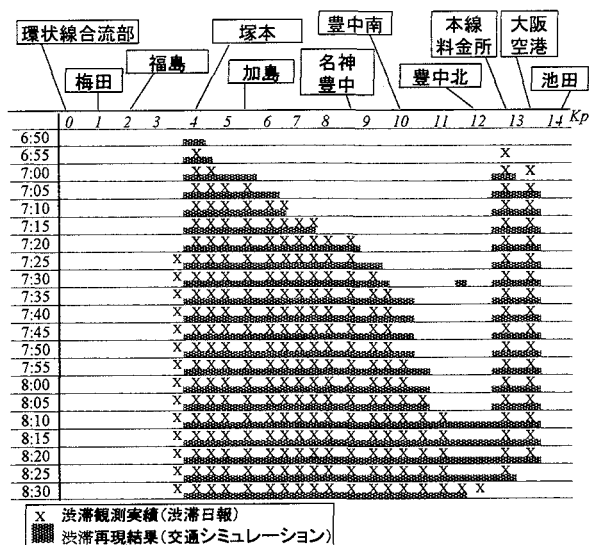


図-6 各区間の渋滞状況の再現性(11号池田線上り)

3. 経路選択モデルの適用

(1) 動的流動を考慮した既存の経路選択モデル

これまで、阪神高速道路における動的な交通流動を前提とした経路選択モデルについてはすでにいくつかの提案がなされている。

まず、入路での経路選択については、利用予定者を対象として、上位レベルで都市高速道路の利用/非利用選択、下位レベルで予定入路/代替入路選択をおこなう2段階のNLモデルが提案されている²⁾。ここでは、利用/非利用選択の説明要因として、原因別渋滞の有無、渋滞比や流入制御の有無などが取り上げられており、予定入路/代替入路選択の説明要因として、経路長、原因別渋滞比などについて分析されている。

次に、本線走行中に事故などの原因により、渋滞が発生した場合の予定経路/迂回路選択を行うモデルについても分析がなされている²⁾。ここでは説明要因として、原因別渋滞比、経路長に加え、迂回分岐点よりの本線利用距離と代替経路走行距離について考察されている。

また、乗継無料割引経路利用/非乗継経路選択については、所要時間などを要因として、モデルの構築がなされている³⁾。

本研究では、これらの既存の経路選択行動モデルについて、交通シミュレーションへの適用を検討し、統合的なシステムとして組み込むこととする。

(2) 入路側での選択モデルの適用

入路における各車両のドライバーの経路選択行動について記述する。各車両においては、それぞれが出発する時点で、経路選択を行うこととした。本システムにおける入路における代替経路のイメージを図-7に示す。

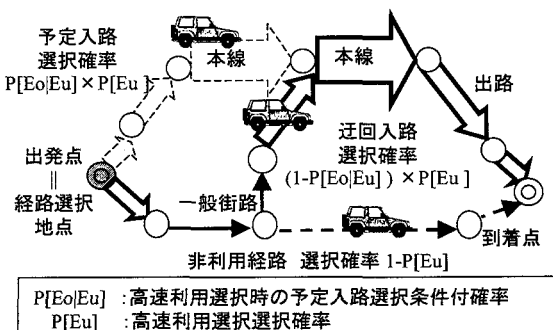


図-7 入路における代替経路のイメージ

本システムでは、出発時点を高速道路入口と仮定しているため、出発時経路選択は、予定入路が現前に存在し、そのまま予定経路を利用するか迂回するかを選択となる。ここで、予定入路—出路間のランプ間利用経路および非利用経路については、それぞれ高速道路ネットワークと代替経路ネットワークにおいて、最短経路探索によって決定することとした。

迂回路を利用する経路については、その候補として予定入路の下流側の入路だけでなく、比較的近くに位置する他路線の入路についても候補となる可能性がある。代替入路の候補が多数ある場合の迂回路の決定方法としては、閉鎖などによって利用不可能な入路を除いて、代替経路リンクのみで構成されるアクセス経路の所要時間と、代替入路から出路までのランプ間所要時間の和が最小となるオンランプを迂回路として選定した。

(3) 出口分岐選択モデルの適用

高速道路本線上の出口分岐手前の地点における各車両のドライバーの経路選択行動について記述する。本システムでは、本線上の出口分岐点の1ブロック手前の地点に、経路選択行動の意思決定地点を設定し、各車両について経路選択を行う構造としている。出口分岐における経路選択のイメージを図-8に示す。

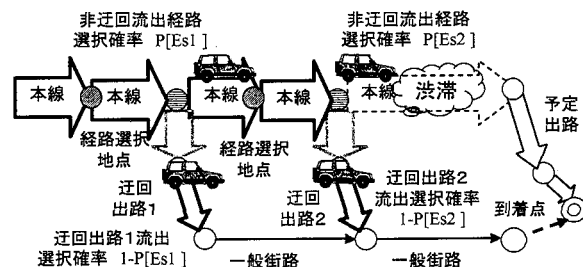


図-8 出口分岐における経路選択のイメージ

経路選択点である出口分岐手前の地点では、原因別渋滞比、経路長、迂回分岐点よりの本線利用距離と代替街路走行距離などをもとに算定された非迂回確率により、各車両ごとに迂回／非迂回の選択を行う。

出口分岐選択を適用する場合、通過するすべての分岐点において選択が逐次行われることとなる。ここで、渋滞状況に変動がない場合、同一路線での上流側出路での判断と、下流側出路での判断は一貫性を保持する必要がある。例えば図-8における迂回路1で非迂回路（本線利用）を選択した場合には、迂回路2においても、交通状況に変動がなければ、そのまま本線利用を選択することが妥当であると考えられる。そのため、各車両について選択行動の一貫性を保持できるように、各車両に対して経路維持特性値をあらかじめ一様乱数で付与しておき、この値が迂回確率を下回った場合に、迂回路を選択させることとした。

(4) 乗継分岐選択モデルの適用

乗り継ぎ分岐における経路選択のイメージを図-9に示す。乗り継ぎにおける経路選択については、その最終意思決定地点は、ネットワークの形状により、乗り継ぎ出路寸前の場合もあれば、乗り継ぎ出路から遠く離れた路線分岐点の場合もある。ここでは、予め設定された無料乗り継ぎ経路のみを対象としているため、乗り継ぎの意思決定地点もデータ入力することとしている。ただし、交通状況に応じた時間帯別の乗り継ぎ制などを検討する場合には、意思決定地点も動的に設定できるよう考慮する必要がある。

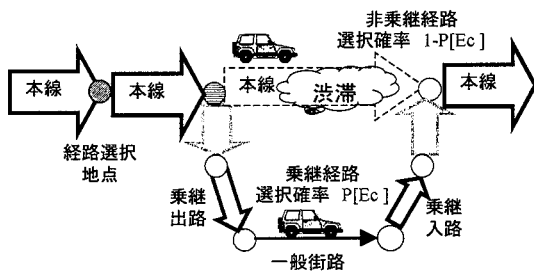


図-9 乗り継ぎ分岐における経路選択のイメージ

4. 迂回交通フローモデルの適用

(1) 迂回交通フローモデルの概要

代替道路となる一般街路では、主要路線においては交通状況がリアルタイムで観測されているものの、その路線への流入量などを詳細に把握できる状況にはない。そのため、ここでは都市高速道路の利用予定であった迂回車両および乗り継ぎ車両についてのみ車両移動を記述することとした。対象外の交通については、迂回交通の影響を受けて、各リンクの所要時間のみを算定すること

とした。つまり、ネットワーク均衡を表現するモデルとはなっていない。また、一般道路の経路交通量を正確に記述するモデルでもない。ここで記述されたモデルで表現できるのは、本線の渋滞情報や、入路での流入制御により、高速道路利用車両による迂回交通が発生した場合に、一般道路の交通状況が著しくサービス低下する可能性を示すものである。そのため、都市高速道路の本線における推計指標と同列に、一般道路の推計指標を扱うことはできない。

また、スキャンインターバルについては、リアルタイムでのモデル適用のための計算時間の制約と迂回交通が別の入路に流入するまでの時間を考慮して、1分単位とした。ただし、この1分間に起こるそれぞれの車両移動については、計算時間の短縮を意図してイベント駆動型とした。ここで、高速本線フローモデルとスキャンインターバルが異なるため、ランプ部では両モデルの同期をとる必要がある。迂回交通フローモデルを先行させ、接続部において流入時刻の詳細を管理することで、高速本線フローモデルの精度を優先させることとした。

(2) 代替道路における交通流の記述

代替経路の各リンクにおける交通流については、過去15分間の流入交通より影響を受けることとし、15分間予測流入交通量 QE_i は、 $[i]$ 時点前の迂回車両の流入台数 $QU_{i,h}$ と時間帯 m の観測時間交通量 $QN_i(m)$ を用いて式(4-1)のように記述することとした。

$$QE_i = QN_i(m)/4 + \sum_{l=1}^{15} QU_{i,l-i} \quad (4-1)$$

この QE_i に対して、時間 Q 関数 $v(QE)$ を定義し、リンク距離 D_l から所要時間を算出する。ただし、FIFO条件を満たすため、式(4-2)のように定義した。

$$T_{l,i} = \max\{D_l \times v(QE_l), T_{l,i-1} - \Delta t\} \quad (4-2)$$

(3) 代替道路における迂回車両の移動

式(2)によって算出された所要時間に基づき、各迂回車両にはリンク流出予定時刻を割り当てる。ここで交差点下流側リンクの容量制約を考慮して、下流側へ車両移動する台数を決定することとした。また、下流側リンクの容量制約は、迂回交通、一般交通（非対象車両）ともに均等に割り当てることとし、一般交通についても超過台数を考慮するようにした。ここで迂回車両平均混入率 n_b 、一般交通の超過台数 $W_{l,i}$ 、一般交通の流入需要台数 QD_b 、下流側リンクの容量制約 QC_b 、下流側リンクの容量制約の迂回交通への割り当て台数 QCU_b 、当該交差点上流側リンクの迂回車両流出可能台数 $QFU_{h,i}$ とすると、式(4-3)～(4-6)により、下流側リンクへの迂回車両移動台数 $QF_{l,i}$ を求めることができる。

$$r_i = \sum_{l=1}^{15} QU_{l,i} / QE_i \quad (4-3)$$

$$QD_i = QE_i / 15 + W_{i-1} \quad (4-4)$$

$$QCU_i = \max\{QC_i \times r_i, QC_i - QD_i\} \quad (4-5)$$

$$QF_{i,j} = \min\{QCU_i, \sum QFU_{i-k}\} \quad (4-6)$$

流出可能となっている上流側リンクの各迂回車両については、それぞれのリンクを区別することなく、流出予定時刻順に車両を移動させることとした。

これらのモデルの挙動については、高速道路および一般道路における様々な状況における観測指標に対して、推計結果の比較検証を行っていく必要がある。しかしながら、一般道路における観測指標について、道路交通センサスデータ以外に、交通状況の観測結果を入手できていない。このモデルでは、道路交通センサスデータを基準に交通状況を推定するため、感度分析によりモデルの挙動の確認は行っているが、その推計精度の正確性については、十分な検証を行えていない。そのため、このモデルを利用した推計結果の判断は、その傾向のみに意味があり、絶対量としては参考値として位置づける必要がある。つまり、一般道路の交通状況の顕著なサービス低下の可能性を判断することにのみ利用可能である。

5. 適用事例

(1) 適用対象ネットワーク

ここでは、阪神高速道路 11 号池田線上路とその代替経路となる一般街路を対象として、流入制御方法の比較検討について、交通シミュレータの適用を行った。対象路線の概略を図 - 10 に示す。一般道路リンクについては、ネットワークモデルにおいて代替性が高いと判断されたリンク群より、路線構成を考慮し代替経路を選定した。ここで代替性が高いリンク群を選定するのは、阪神高速道路の需要量以外は、状況変化に応じた経路変更は行わないとしており、迂回交通が走行しない区間では、交通状況の変化がないと仮定したためである。

具体的には、京阪神地域全体の詳細なネットワークを用いた配分結果から、阪神高速道路 11 号池田線上路の利用台数が存在する OD ペアを抽出した。それらの OD ペアについて一般道路リンクにおける関連交通量を算定し、関連交通量が存在するリンクを選択した。これらのリンクについて路線の連結性を考慮し、最終的に 16 路線・368 リンクを一般街路ネットワークとして構成した。なお、一般道路における観測時間交通量としては、平成 11 年度道路交通センサスの時間帯別観測区間交通量データを参考に、各リンクの値を作成した。

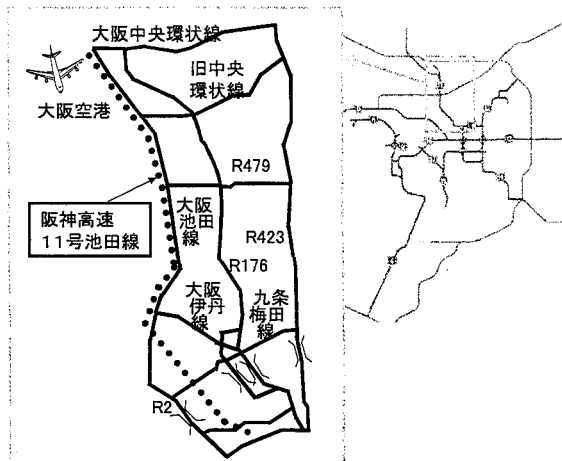


図-10 対象路線

(2) 適用ケースの設定

ここでは入路側での経路選択行動モデルと代替経路での迂回交通フローモデルを用いて、「制御なし」および「入路制御ブース制限方式」、「流入調整方式」の各流入制御を適用した場合の交通状況を推計した。入力交通量データは、平成 11 年 10 月 21 日(木)午前 6 時 30 分～8 時 30 分の車両検知器データに基づく毎 5 分の入路流入交通量と阪神高速道路第 21 回起終点調査結果に基づく時間帯別ランプ間 OD 交通量とした。

流入需要量については、5 分間入路流入交通量を基に、経路選択行動モデルより逆算して適用した。これは現況においても、本線上の渋滞発生により、情報提供を受けたドライバーが経路選択をおこなった結果として、迂回交通が発生していることを表現するためである。ここでは、経路長および原因別渋滞比などの 5 分ごとの観測値から、5 分ごとの迂回率を算定した。流入台数の実績値 10150[veh/2h]に対して、流入需要量 10493[veh/2h]と算定され、現況において 343[veh/2h]の迂回交通が発生すると推計された。なお、対象日において当該路線では、朝のピーク時における自然渋滞に対する流入制御は運用されていない。

(3) 各制御適用時のモデル挙動

まず、各ケースの交通状況推計結果について、全体的な傾向について確認する。対象とした池田線上路の交通状況について対象時間帯で集計した結果を総括して、表-2 に示す。

表-2 交通状況推計結果の比較

制御手法	渋滞量 (km*H)	流入 台数	総旅行 時間 (H)	平均 速度 (km/H)
実績値	13.1	10150	-	-
制御なし	12.5	10159	2773	29.3
ブース制限方式	11.2	10159	2710	30.1
流入調整方式	10.9	10192	2650	30.5

流入制御適用時には、「入路制御ブース制限方式」，「流入調整方式」ともに，高速本線上の渋滞が緩和されることにより，渋滞の大幅な削減には至っていないが，渋滞量は減少している．流入台数については，「流入調整方式」適用時の場合，「制御なし」よりも増加すると算定された．これについては，時間的な状況変化とともに確認しておく必要がある．

各ケースにおける流入台数の時間的推移を図-11 に示す．ここでは流入制御による流入台数の変化が表現されている．「流入調整方式」では，「入路閉鎖ブース制限方式」ではブース制限ができない1ブース料金所についても制御対象とすることが可能であるため，フレキシブルな制御が可能となっている．そのため7:35での高い流入需要量を適切に制御することにより，8:00-8:30において渋滞緩和され，制御も緩和することが可能となっている．また，流入需要量についても，8:00-8:30で他のケースと比較して増加しており，渋滞緩和の効果が確認できる．このことは，入口側での経路選択モデルが有効に機能していることを示している．

流入制御による迂回交通の影響について確認する．ここで「制御なし」の場合も迂回交通が発生しているため，「制御なし」における一般街路の交通状況に対する「入路制御ブース制限方式」，「流入調整方式」の一般街路状況の変化を，流入制御による迂回交通の影響として捉える．走行台キロと走行台時の増減を表-3 に示す．

まず，「流入調整方式」適用時には，走行台キロ，走行台時ともに増加する路線はなく，特に都市高速道路の代替性の高い国道176号では，高速本線上の渋滞が緩和されることにより，迂回交通が削減される．ただし，各路線での迂回交通量の比率は非常に小さく，平均速度については変化がほとんど無い．

一方，「入路制御ブース制限方式」適用時では，大阪伊丹線で迂回交通の増加による影響が見られる．これは塚本入口を制限することにより，都心部への向かう交通が迂回していることの影響が顕著にでている．ただし，全体としては走行台時間の削減となっており，それぞれの地域の得失の考慮が必要である．

6. おわりに

本研究では，都市高速道路での交通管制システムにおける交通流シミュレーションモデルの適用のため，高速道路本線上の交通状況についての高い推計精度を保有し，迂回交通の影響も含めた施策評価を可能とするシステムの開発をおこなった．

まず，車両検知器データを用いて阪神高速道路本線上の交通流特性の分析を行い，24路線区間についてK-V

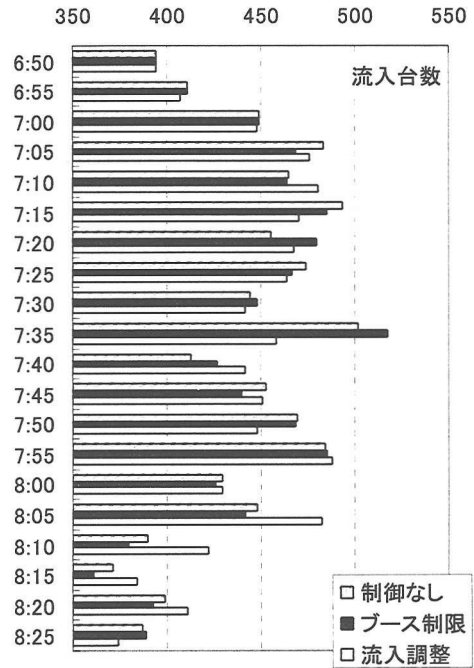


図-11 流入台数の時間的推移

表-3 流入制御による迂回交通増減の影響

	走行台キロ の増減		走行台時 の増減	
	ブース 制限	流入 調整	ブース 制限	流入 調整
伊丹池田線	5	-8	-6	-39
伊丹豊中線	0	0	0	0
旧大阪中央環状線	0	0	0	0
国道176号	-155	-269	-114	-1307
国道1号	-1	-3	-2	-10
国道2号	4	-37	6	-142
国道423号	-2	-3	-28	-21
国道479号	0	0	0	0
市道九条梅田線	6	-4	5	-34
市道大阪環状線	-1	-5	-1	-13
市道中津太子線	3	-4	2	-17
西宮豊中線	4	-4	-40	-41
大阪伊丹線	44	-29	201	-93
大阪高槻線	4	-6	11	-26
大阪池田線	-153	-261	-495	-995
大阪中央環状線	1	-14	2	-25
路線計	-241	-647	-459	-2763

関係式のパラメータを推定し，実績データ分布との比較を行った．また，その結果に基づいて交通フローモデルの改良を行い，シミュレーションによる現況再現性について検証し，概ね再現ができていることを確認した．

また，情報提供や流入制御施策に起因した，都市高

速道路利用予定車両の一般街路など代替経路への迂回行動による影響を考慮できるよう、その既存の経路選択行動モデルを適用する方法について検討し、一般街路におけるフローモデルを提案し、それらの具体的な計算方法を提案した。

最後に、その適用事例として、流入制御による交通状況の時間的な推移について、高速道路の交通状況に加え、一般道路への影響についても確認した。ここでは、流入制御の効果により、高速道路における渋滞緩和が実現されるだけでなく、流入台数の増加や、一般街路の交通量削減の可能性を示した。

今後の課題としては、以下の点が挙げられる。

- ①出口選択・乗継選択モデル併用時の精度検証
- ②一般街路におけるフローモデルの精度検証
- ③一般街路におけるリアルタイム交通情報の活用

謝辞:本研究で用いた交通シミュレーターは、「阪神高速道路の交通管制に関する調査研究委員会」での議論を参考として提案したものであり、ここに記して感謝の意を表します。特に個別車両の取り扱いについては秋山孝正教授(岐阜大学)、入路および本線上での経路選択については宇野伸宏教授(京都大学大学院)、乗継選択モデルについては藤井聡助教授(東京工業大学大学院)に、その適用方法についてご指導頂きました。あわせて感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) T.Yukimoto, M.Okushima, N.Uno, T.Daito : Evaluation of On Ramp Metering on Hanshin Expressway Using Traffic Simulator (HEROINE), The 9th World Congress on Intelligent Transport Systems (2002) .
- 2) 高野明, 宇野伸宏, 飯田恭敬, 長沼敏彦: 経路選択行動分析に基づく都市高速道路の交通管制方策評価, 第21回交通工学研究発表会論文報告集, pp.329-332, 2001
- 3) 阪神高速道路公団: 動的交通流動予測手法に関する調査研究報告書, 1999
- 4) (社) 交通工学研究会編: やさしい交通シミュレーション, 丸善, 2000.
- 5) 吉井稔雄, 桑原雅夫, 森田緯之: 都市内高速道路における過飽和ネットワークシミュレーションモデルの開発, 交通工学, Vol30, No.1, pp.33-41, 1995.
- 6) 飯田恭敬, 藤井聡, 内田敬: 道路網における経路選択を考慮した動的交通流シミュレーション, 土木学会論文集, No.536/IV-31, pp.37-47, 1996.
- 7) 飯田恭敬, 藤井聡, 内田敬: 動的交通流シミュレーションを用いた道路網における情報提供効果に関する分析, 交通工学, Vol31, No.6, pp.19-29, 1996.
- 8) 堀口良太, 片倉正彦, 赤羽弘和, 桑原雅夫: ハイブリッドブロック密度法を用いた都市街路網の交通流シミュレータの開発: AVENUE, 土木学会第49回年次学術講演会講演概要集, 第IV部門, pp.760-761, 1994.
- 9) 堀口良太, 桑原雅夫, 片倉正彦: 交通シミュレーションシステム-AVENUE-における交通流計算手法の改良, 土木学会第51回年次学術講演会講演概要集, 第IV部門, pp. 452-453, 1996.
- 10) 桑原雅夫, 吉井稔雄, 堀口良太: ブロック密度法を用いた交通流の表現方法について, 交通工学, Vol32, No.4, pp. 39-43, 1997.
- 11) Horiguchi, R., Kuwahara, M., Katakura, M., Akahane, H. and Ozaki H.: A Network Simulation Model for Impact Studies of Traffic Management, 'AVENUE Ver.2', Proceedings of the 3rd World Congress on Intelligent Transport Systems, CD-ROM, 1996.
- 12) 秋山孝正, 土田貴義, 小川圭一: 個別車両挙動を考慮した都市高速道路の渋滞シミュレーションの構築, 土木学会論文集No.702/IV-55, pp.103-115, 2002

都市高速道路における交通管理施策評価のための交通シミュレーションシステム開発

奥嶋 政嗣¹・大窪 剛文²・大藤 武彦³

都市高速道路の適切な交通管理をおこなうためには、本線上の交通状況の高い精度で推計する必要がある。また、速道路本線に関する渋滞情報や、渋滞緩和のために行う流入制御によって、都市高速道路への流入予定車両が、周辺の一般街路などの代替経路への迂回を選択することも考えられ、これらの車両群の影響についても考慮しておく必要がある。本研究では、都市高速道路での交通管制システムにおける交通流シミュレーションモデルの適用のため、高速道路本線上の交通状況についての高い推計精度を保有し、迂回交通の影響も含めた施策評価を可能とするシステムを開発をおこなった。

Development of Traffic Simulation for Evaluation of Traffic Control Measure on Urban Expressway

Masashi OKUSHIMA¹, Takefumi OHKUBO², Takehiko DAITO³

we propose the concept of HEROINE that a lot of users use multipurpose, and settle on the operation procedure and the system requirement. we establish the system configuration and the sub-model that satisfies these requirements etc. The sub-model includes 1) Traffic Demand forecasting, 2) Flow, 3) Route choice behavior, 4) Traffic control and 5) Output and Store processing. After model establishment, we make validation and that we confirmed to be able almost to secure reproducibility the model. we confirmed the prospect of practical use through the case study in some phases.