

簡易渋滞予測モデルに関する研究

計画部 調査課 松 尾 武
同 部 調査課 西 岡 敬 治

要 約

阪神高速道路の機能は、大量の都市内交通の定時定速性、安全・快適性の確保等、その円滑化を図り、都市機能の維持、増進に資することにあるが、昨今の自動車交通需要の増大により、朝・夕のラッシュ時を中心とした自然渋滞が日常的に生じている。そして、この自然渋滞を緩和あるいは解消すべくネットワークの整備等総合的な対策を講じている。

本研究では、これらの対策による渋滞緩和効果を評価するための「簡易渋滞シミュレーションモデル」を開発するものである。モデルの構造は、時間帯別交通需要量をインプットし、区間の交通容量、密度に基づいて上流側に渋滞が延伸することをシミュレートするものであり、現況再現の結果、渋滞がほぼ再現され、パーソナルコンピュータを使用して計算が可能であり、充分実用的であると考えられる。

キーワード：予測モデル、渋滞、渋滞長、交通量、交通密度、交通容量

まえがき

近年の自動車保有台数の増加や利用者のニーズの多様化等により、自動車交通の需要量が道路施設の整備を上回り、一般道路ではもちろん阪神高速道路においても、自然渋滞が増加しており、大きな社会問題となっている。

この自然渋滞の抜本的な対策はネットワークの整備であるが、それ以外にも緊急的な対策として混雑の激しい区間における出路の設置および改良や本線の部分的拡幅、集約料金所の拡幅等を進めている。また、施設整備による対策以外にも、入路制御や情報提供といった交通管制による対策も実施している。

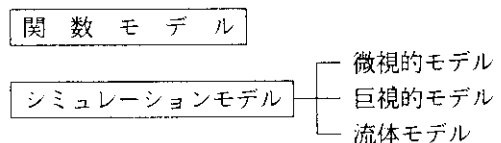
本研究は、このような自然渋滞を対象として、対策が実施された場合の渋滞緩和や解消の効果を

マクロ的かつ簡便に予測するために、簡単なインプットによって渋滞状況が予測できるシミュレーションモデルの開発を試みたものである。

1 従来の渋滞予測モデル

渋滞予測モデルを大別すると、表-1に示すとおりである。

表-1 渋滞予測モデルの分類



「関数モデル」は、ボトルネック箇所の容量 q を超過した交通量 Δq や密度 k 、継続時間 t による関数で表現される。すなわち、渋滞長 l 、渋滞末尾の伝播速度を u とすれば、渋滞長 l は式(1)で表される。また、伝播速度 q は図-1から式(2)で表される。

$$l = \int_0^t u \, dt \quad (1)$$

$$u = \Delta q / (k_1 - k_2) \quad (2)$$

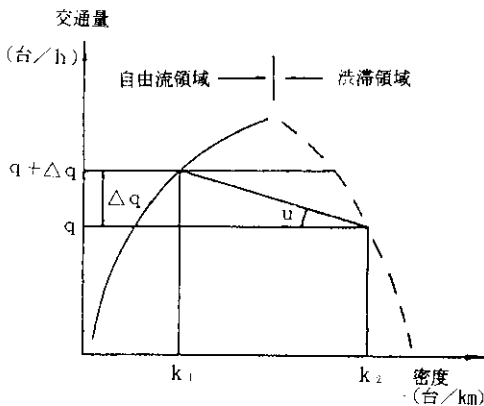


図-1 交通量-密度関係式

関数モデルは、単路部のボトルネックによる渋滞予測には簡単に適用できるが、 k_2 がボトルネック固有の値であること、道路網としての渋滞予測が困難であることなど、適用範囲が限られている。

シミュレーションモデルは、さらに車両の表現方法によって「微視的モデル」、「巨視的モデル」、「流体モデル」に分類することができる。

微視的モデルは、車両を1台ごとに表現するものであり、車両相互の干渉が問題にされる場合に使用されることが多い。

巨視的モデルは、数台の車両をひとまとめにして群として表現するものであり、規模の大きい都市道路網などで模擬し、信号制御方式などの検討評価を行う場合に使用されることが多い。

流体モデルは、交通を流体とみなし、車両の存在位置ではなく、交通流の密度を時間的に連続な分布として表現するものである。

これらのシミュレーションは、基本的には道路区間長とシミュレーションタイムを整合させることが必要であるため、いずれの手法でも相当の計算量・計算時間が必要であるため、手軽に使用することが困難である。

阪神高速道路公団においても、「阪神高速道路の交通渋滞に関する調査研究委員会」で、「渋滞シミュレーションモデル」を作成し、渋滞予測に供してきた。このモデルは上記の微視的モデルに属するもので、10秒ごとに入路から自動車を流入させて、刻々と変化する阪神高速道路上の交通状況をシミュレートするものであるため、膨大なデータと計算時間を要するという欠点を有していた。このため、渋滞がどの程度緩和あるいは解消するかを、施設整備などにもなる交通流動をインプットすることによって簡単に予測するモデルの開発が要請されていた。

2 簡易渋滞予測モデルの概要

2-1 モデルの枠組み

本研究のモデルは、表1のシミュレーションモデルのうちの巨視的モデルに分類される。

一般的なシミュレーションモデルでは、交通流の連続条件を常時満足させておきたいために区間長と計算単位時間(1時間)の間に制約条件が発生するが、本モデルでは効率化のために交通流の区間間の連続条件を取り外し、区間長と計算単位時間(1時間)を独立させた。ただし、渋滞が発生する場合には別途連続条件を考慮している。

本モデルの枠組みを表-2に示す。

2-2 簡易渋滞予測モデルの原理

渋滞時の交通状態の変化の波動は、常に下流より上流に向かって伝播していくという交通流の性質がある。すなわち、交通需要量が交通容量を超過したときに渋滞が発生し、容量を超過した交通量は上流側に滞留していくため、渋滞の計算は下流から上流に向かって計算することとする。

ここで、区間の長さは任意である。従来シミ

表-2 渋滞予測モデルの枠組み

方法 項目	LP制御の予測法	従来の渋滞シミュレーション	簡易渋滞シミュレーションモデル
区間の分割	分合流点	200m	分合流点
時間の分割	5分	10秒	1時間
流れを支配する規則	連続条件	連続条件 平均流速法則	連続条件
渋滞判定指標	区間交通量	交通密度の基準値	地点交通容量 区間貯留容量
出力指標	区間交通量 渋滞発生時刻 渋滞発生地点	区間交通量, 速度 区間貯留量, 密度 渋滞発生, 解消時刻 渋滞長, 渋滞時間 最大渋滞長 渋滞量 (台・Km・時) ランプ間旅行時間	区間交通量 区間貯留量 渋滞発生, 解消時刻 渋滞長, 渋滞時間 最大渋滞長 渋滞量 (台・Km・時)

シミュレーションモデルでは、交通流の連続条件を満足させておきたいため、区間長と計算単位時間の間に制約条件があるが、本モデルでは効率化のため、時間交通需要を区間毎の時間係数を使用して算出することとし、計算単位時間の1時間と区間長は独立に考える。

予測モデルの原理を模式化すると図-2に示すとおりである。

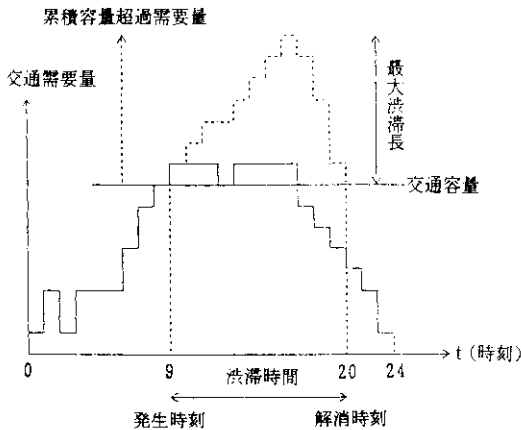


図-2 予測方法の原理

2-3 渋滞の判定基準

まず、計算の対象となっているノードからの流

出需要量と、そのノードに接続している下流区間の流入部交通容量を比較し、渋滞が発生するかどうかを次のような条件で判定する。

流出需要量 > 下流区間の流入部交通容量

・・・渋滞が発生する

流出需要量 ≤ 下流区間の流入部交通容量

・・・渋滞が発生しない

渋滞が発生した場合は、その超過交通量が下流区間に流出できない交通需要量であるので、当該区間および上流区間上（本線やランプ）に残留する。そして、この交通量は次の時間帯の需要量に加算される。

次に、渋滞が発生し、さらに上流側の区間に延伸するかどうかは、当該区間の残留量と貯留容量を比較して次のように判定する。

残留量 > 貯留容量

・・・上流側区間に延伸する

残留量 ≤ 貯留容量

・・・上流側区間に延伸しない

(交通密度から渋滞長を算定)

2-4 時間帯別交通需要量の予測

本研究における渋滞予測モデルでは、時間帯別交通需要量を外生データとしている。したがって、区間の時間帯別交通需要量を与えればよいわけであるが、時々刻々と変化する交通需要を表現する

ことは困難であるため、ここでは、一日のランプ間OD表をベースに、オンランプ時間帯別交通量を推定し、時間帯別ランプ間遷移確率をもとに時間帯別ランプ間OD表を推定して、ランプ間経路行列から区間の時間帯別交通量を推定する(図-3)。

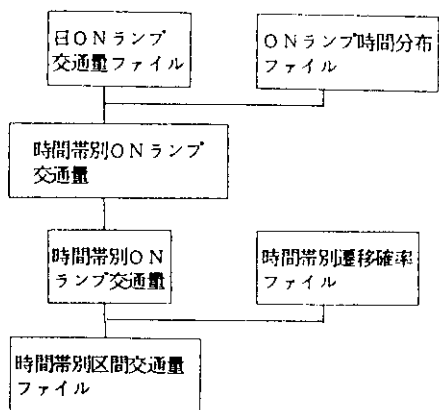


図-3 時間帯別区間交通量の予測

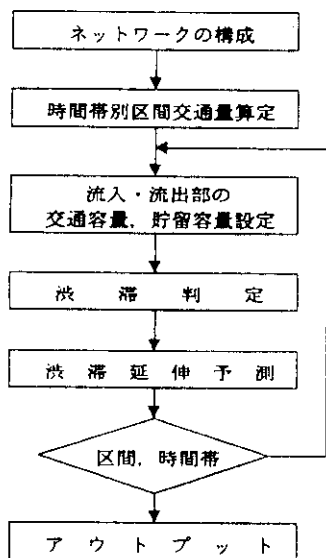


図-4 渋滞シミュレーションモデルのフロー

3 簡易渋滞予測モデルのシステム化

渋滞シミュレーションモデルのフローを、図-4に示す。また、システムの構成を表-3、図-5に示す。

表-3 システムの構成

ハードウェア構成

CPU	PC9801クラス ・ノーマルモード ・メインメモリ640KB以上
CRT	上記CPUに接続可能な高解像度ディスプレイ(640×640ドット)
プリンタ	NEC PC-PR201クラスまたはPC-PR201Hエミュレーションプリンタ
HDD	上記CPUに接続可能なハードディスク(10MB以上)

ソフトウェア構成

OS	MS-DOS Ver3.3以上
言語	MS-FORTRAIN Ver4.1

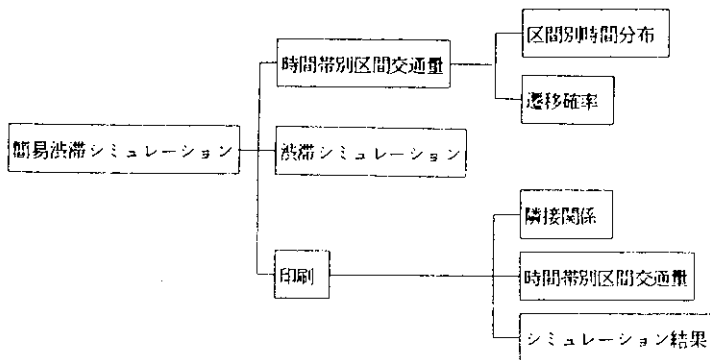


図-5 渋滞予測システムの構成

4 現況再現によるモデルの検証

4-1 ケーススタディ

平成3年7月の平日平均交通量を使用して、渋滞予測を行い、予測値の渋滞状況と実績値の渋滞状況と比較することにより、モデルの検証を行う。

(検証データ)

- 平成3年7月平日平均交通量

(出典：阪神高速道路交通量統計月報)

- 平成3年7月自然渋滞状況

(出典：阪神高速道路交通管理統計)

ここに、交通量統計月報に基づく交通量は、時間帯別交通量データであるため、ランプ間ODパターンが得られない。このため、「第18回阪神高速道路起終点調査：平成元年調査」における時間帯別ランプ間ODパターンを使用して、平成3年7月の平日平均時間帯別ランプ間OD表を推定する。

4-2 現況再現によるモデルの検証

4-2-1 渋滞発生地点と渋滞状況

予測値と実績値の渋滞状況を個別に比較すると、複数の渋滞が繋がっていたり、いくぶん渋滞長の長短があるものの、渋滞発生地点と延伸状況は、ほぼ再現できていると考えられる(図-6)。

ただし、一部では渋滞の延伸方向が実績を反映していないものも見受けられる。たとえば、長堀合流の渋滞は、実績では守口線上的みに延伸しているのに対し、予測では船場方面にも延伸している。

4-2-2 渋滞量

渋滞量は、表-4に示すように、いくぶん予測値が実績値を下回っているものの、次の理由から十分再現可能であるといえる。

すなわち、交通量が需要量というものの、すでに渋滞が発生した結果としての実現交通量であり、厳密な意味での需要量ではないこと、予測では1時間未満の渋滞が表現できないこと、そして渋滞発生地点が十分再現できていることなどである。

表-4 地区別渋滞量の比較

(渋滞量：Km時/日)

地区	実績値	予測値	予測/実績
大阪地区	225	191	0.85
兵庫地区	184	163	0.89
合計	409	354	0.87

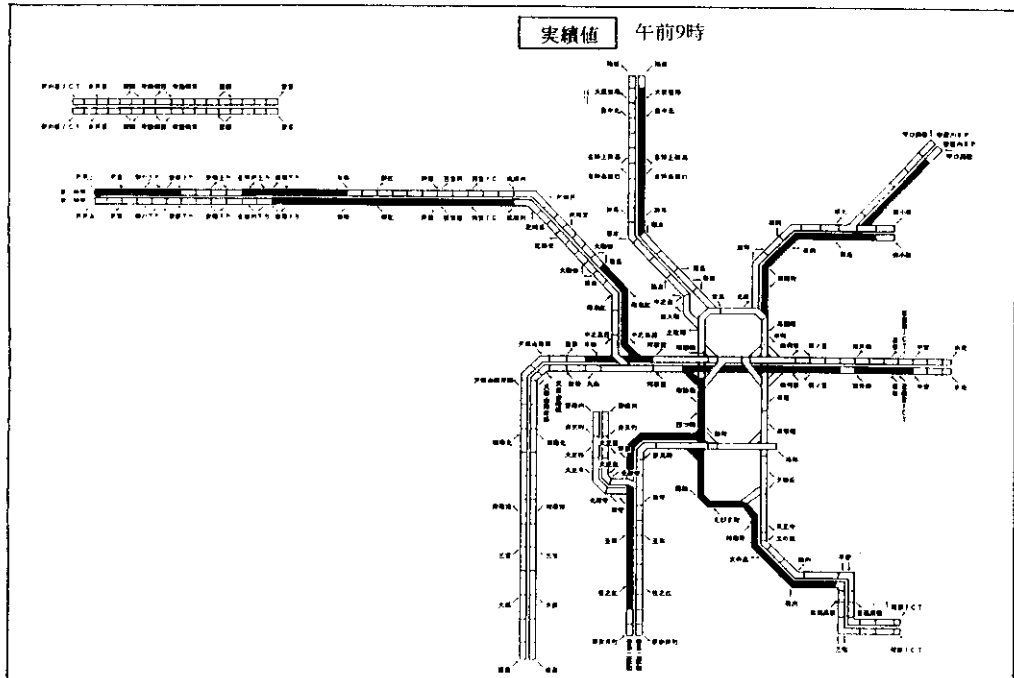
あとがき

本研究は、阪神高速道路の渋滞を簡単にかつ低コストで予測するためのシミュレーションもでの開発を試みたものである。

モデルは、需要量と容量の関係で渋滞が発生するかどうかを判定し、区間内に残留する交通量と貯留容量の関係で延伸を予測するという非常に単純な方法ではあるが、現況再現の結果、ほぼ予測が可能であることがわかった。また、従来のシミュレーションによる予測では、大型電子計算機を使用して相当の計算時間を要していたが、本研究におけるモデルではパーソナルコンピューターを使用して数分で計算が可能である。

したがって、新線建設に伴う渋滞予測や施設整備などの渋滞対策を事前評価するために渋滞を予測する手法として十分有用である考えられる。

最後に本モデルの開発にあたり貴重な助言と指導を頂きました福山大学 井上矩之教授ならびに「阪神高速道路の交通渋滞対策に関する調査研究委員会」(委員長：佐佐木綱京都大学教授)の諸先生方に心から感謝いたします。



平成3年7月12日（木）の渋滞状況（7月の平日平均交通量に近い日）

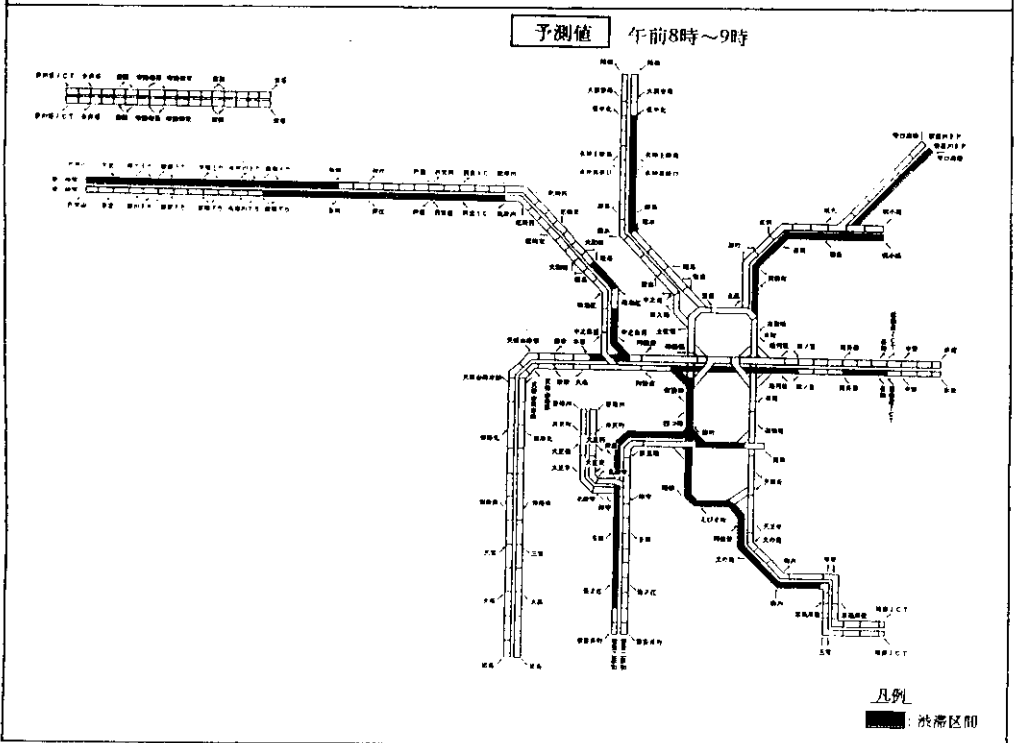


図-6 実績値と予測値の渋滞状況比較（その1）

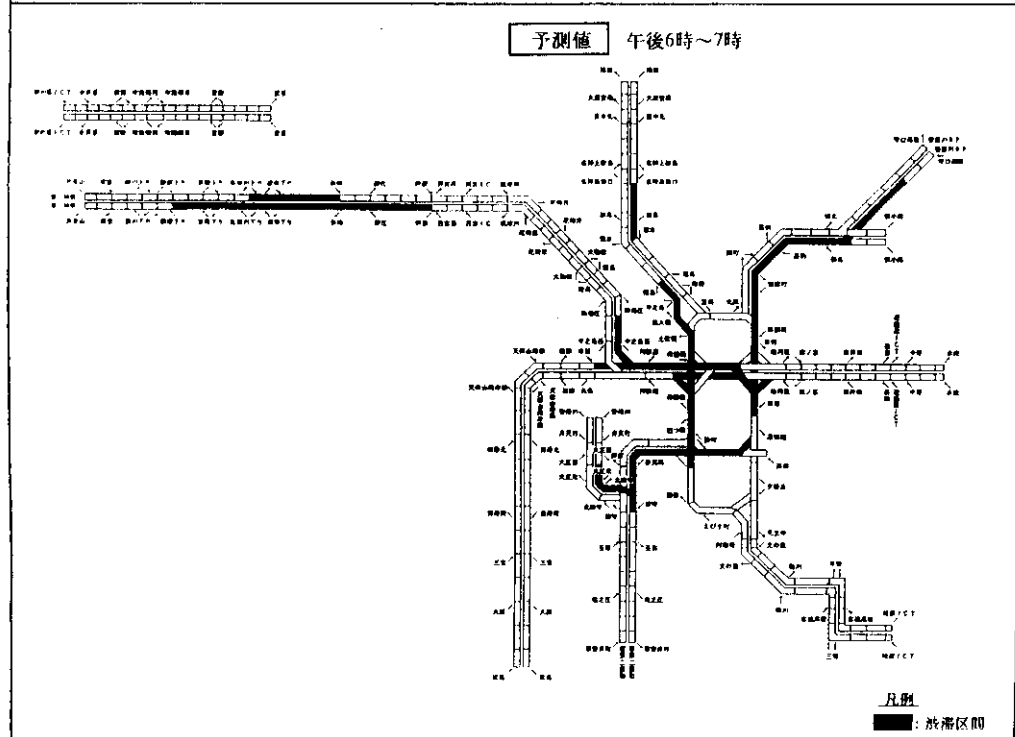
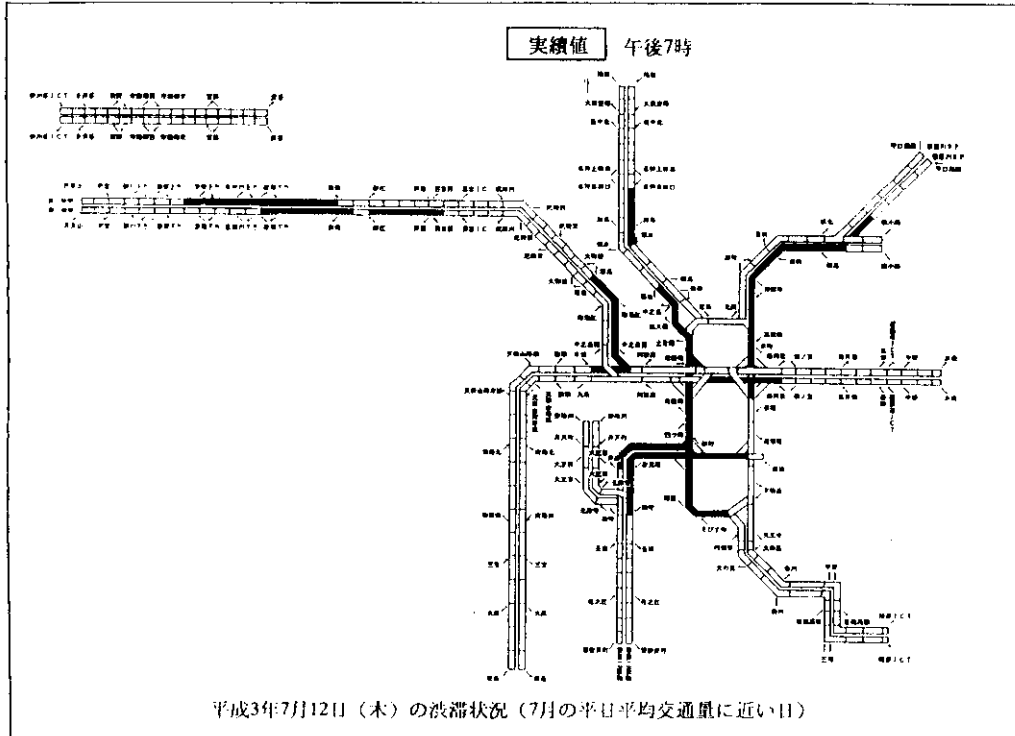


図-6 実績値と予測値の渋滞状況比較（その2）