

ボトルネック交通容量を用いた所要時間予測モデルに関する研究*

A Study on the Travel Time Prediction Method Using Traffic Capacity at the Bottleneck Point

小川 圭一**・黒川 洸***

By Keiichi OGAWA ** and Takeshi KUROKAWA ***

1. はじめに

近年、道路交通のインテリジェント化 (ITS) に対する関心の高まりや、それを裏付ける情報・通信技術の進展に伴い、都市間、都市内の高速道路においてもドライバーに対する各種交通情報の提供が一般的になされるようになってきている。その中でもドライバーの期待、関心が高い情報提供の方法として、所要時間情報の提供が挙げられる。こうした所要時間情報の提供は、高速道路ドライバーに対するサービスを向上し、交通流の円滑性、安全性を図ろうとするものである。

現在の都市間高速道路においては、特に長距離を利用するドライバーにとっては経路選択の余地があまりないのが現状である。しかし、現在計画が進められている第2東名・第2名神高速道路のように、今後の高速道路ネットワークの整備後においては、都市間高速道路においても経路選択が可能となる機会が増大するものと考えられる。そのため将来的には、所要時間情報の提供によりドライバーの選択行動に影響を与え、特定の経路や時間帯への交通の集中を緩和する、交通需要マネジメントとしての効果も期待され、より精度の高い所要時間情報の提供に対するニーズが高まることが予想される。

しかし、現在の都市間高速道路において提供されている所要時間情報の提供値は、対象区間に設置された車両感知器により計測された情報提供時点における5分間平均速度を基に算定されたものであり、ドライバーにとって真の所要時間を予測するものではない。そのため、自由走行時には良好な精度を有しているものの、渋滞の延伸時、解消時には、時間的な遅れに起因する精度の低下が発生し得ることになる。また計測値を一律に5分単位で集計して用いているため、特に渋滞流中での粗密波

などの発生、伝播による計測値の不安定性に起因して、提供される所要時間の値が不安定になるといった問題を有している。

そこで本研究では、都市間高速道路の単路部を対象として、ボトルネックの交通容量と上流側からの流入交通量とを比較することによる所要時間予測方法のモデル化を行うことにする。これにより、従来より行われてきている交通流シミュレーションモデルによる所要時間予測方法よりも簡便な方法で、都市間高速道路における現行の算定方法よりも精度の高い所要時間予測方法を提案しようというのが、本研究の目的である。

そのため、本研究のモデルで得られる予測結果について、現在用いられている所要時間算定方法と比較することにより、その精度を検証する。また、提案した予測モデルについて、予測対象区間の距離による精度の変化について特性を把握することにより、モデルの利用可能範囲について検討を行う。

2. 現在の所要時間算定方法とその課題

(1) 所要時間予測モデルに関する既往研究

都市間、もしくは都市内の高速道路を対象とした所要時間予測方法に関する研究は従来から行われてきており、主としてマクロタイプの交通流シミュレーションモデルを用いた予測方法が提案されている。この中には、首都高速道路などを対象に、既に実用化の域に達しているものも存在する¹⁾²⁾。

こうした交通流シミュレーションモデルによる所要時間予測方法は、将来時点における対象区間の交通状況を逐次予測していくものであるため、将来の流入交通量の変化やドライバーの行動の変化なども取り入れることができる点などにおいて、優れた方法といえる。しかし、都市間高速道路のような比較的長距離、長時間を対象とした予測においては、計算量が膨大になるなどの問題点も有している。

一方、こうした高速道路の単路部における自然渋滞は、特定のサグ、トンネルといった道路幾何構造に起因して発生するものであることが解明されてきており³⁾⁴⁾、渋滞の発生原因となるボトルネックの位置の明確化が可能となりつつある。

こうした、ボトルネックとなる箇所が明確にできる比較的単純な自然渋滞の場合には、ボトルネック部におけ

* キーワーズ：交通情報，交通容量，所要時間予測

** 正会員，博(工学)，岐阜大学 工学部土木工学科 講師
〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1

Tel: 058-293-2446, Fax: 058-230-1528

E-mail: kogawa@cc.gifu-u.ac.jp

*** 正会員，工博，東京工業大学大学院 総合理工学研究科
人間環境システム専攻 教授

〒226-8502 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259

Tel: 045-924-5606, Fax: 045-924-5651

E-mail: kurokawa@upl.enveng.titech.ac.jp

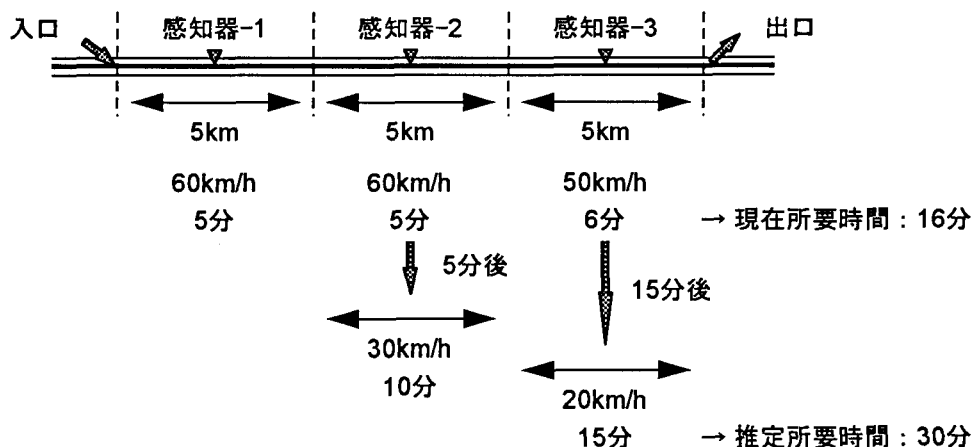


図-1 現在所要時間と推定所要時間との差異

る交通渋滞の発生や延伸、解消は、その交通容量によって規定されることになる。そのため、ボトルネック部における交通渋滞の状況は他の区間の交通状況に関わらず、ボトルネックの交通容量と上流側からの流入交通量との比較により表現することができると考えられ、上述のシミュレーションモデルによる方法よりも簡便な方法で所要時間の予測が可能となるものと考えられる。

馬場(1992)⁹⁾による既往研究においては、情報提供地点からボトルネック部までの車両存在台数を推定し、これをボトルネック容量で除することによる、渋滞時の所要時間予測方法が提案されている。本研究ではこの考え方を基に、渋滞時、自由走行時の両者を扱うことができる所要時間予測モデルを考えることにする。

(2) 現在の所要時間情報の算定方法

現在、都市間高速道路で提供されている所要時間情報の提供値は、高速道路本線上におおむね1~2km間隔で設置された車両感知器による計測値を用いて「現在所要時間」と呼ばれる方法で算定されている^{7,8)}。

東名・名神高速道路の本線上に設置されている車両感知器はループコイル式と呼ばれるものであり、設置地点における交通量、時間占有率、平均速度を車線別に計測できるものである。これらの計測値は5分間単位で集計、記録されている。

現在所要時間はこれらの計測値のうち、情報提供時点での5分間平均速度を用いて算定されるものである。この算定方法では、まず、各々の車両感知器の勢力範囲を隣接車両感知器との中間地点までと定め、勢力範囲内の車両の走行速度を、車両感知器により計測された情報提供時点での5分間平均速度で代表させる。次に、各勢力範囲の延長をこの平均速度で除することによって、各勢力範囲内の通過所要時間を算定する。その上で、情報提供地点から目的地までの各車両感知器の勢力範囲について各々の通過所要時間を合計することにより、情報提供地点から目的地までの所要時間を算定する。

この現在所要時間は5分間ごとに更新され、所要時間

情報としてドライバーに提供されている。

この方法は、情報提供時点でのリアルタイムの交通状況を基にしているという点で比較的よい精度を有しており、既往研究においてもフローティングカー調査などにより、実際の所要時間に対する精度の検証が行われている⁸⁾。しかし、情報提供時点での交通状況の計測値のみを基に算定していることから、下流区間までの車両の移動時間に起因する時間的な遅れや、計測値の不安定性に起因する過度な時間的変動の存在が、その精度上の課題として指摘されている^{9,10)}。

(3) ドライバーにとっての実所要時間の推定方法

ドライバーに提供される所要時間情報に対して「精度」を議論するためには、その基準として、走行する車両の平均的な「実所要時間」を定義する必要がある。

本研究では車両感知器による計測値(5分間平均速度)を用い、上流側からの車両の移動時間による時間的遅れを考慮して事後的に算定される所要時間を、実所要時間の推定値として用いることとした。算定に当たっては現在所要時間の場合と同様に、各々の車両感知器の勢力範囲を隣接車両感知器との中間地点までと定め、各勢力範囲内の走行速度をこの値で代表している。但し、各勢力範囲の通過所要時間の算定に当たっては、現在所要時間のように情報提供時点での5分間平均速度を用いるのではなく、情報提供地点から上流区間までの通過所要時間を基に当該区間の通過時刻を事後的に推定し、この時点での5分間平均速度を用いている。目的地までの平均的な実所要時間は、この方法による各勢力範囲の通過所要時間を情報提供地点から目的地まで合計することによって推定することができる。

本研究では、この方法によって推定される実所要時間を「推定所要時間」と呼ぶことにし、これを走行車両の平均的な所要時間として捉えることにより、所要時間情報の精度を考える上での基準値として用いることとする。

なお、ここで述べた現在所要時間と推定所要時間の算定方法の差異について、図-1に概念図を示す。

3. ボトルネック交通容量を用いた所要時間予測モデル^{11),12)}

(1) 既往研究による方法

自然渋滞は、交通容量のボトルネック部における捌け交通量が他の区間に比較して小さいことに起因して発生するものである。そのため、ボトルネック部における交通渋滞の発生や延伸、解消を予測するためには、対象区間内における各地点の捌け交通量を把握する必要がある。また、これを所要時間予測モデルのパラメータとすることにより、ボトルネック部における交通渋滞の発生や延伸、解消を表現した、所要時間予測モデルの構築が可能となると考えられる。

馬場(1992)⁹⁾による既往研究においては、情報提供地点からボトルネック部までの車両存在台数を推定し、これをボトルネック容量で除することによる、渋滞時の所要時間予測方法が提案されている。この方法ではボトルネック部において常に渋滞が継続している状態が前提とされているが、実際にはボトルネック部においても自由走行となる状態が存在し得る。そのため、渋滞時、自由走行時の両者を扱うことができる、新たな所要時間予測モデルを構築することが必要と考えられる。

本研究ではこの考え方を基に、渋滞時、自由走行時の両者を扱うことができ、かつ自由走行から渋滞へ、渋滞から自由走行への移行を扱うことができる所要時間予測モデルを考えることにする。

(2) 渋滞走行を仮定した場合の予測所要時間

まず、ボトルネック部で渋滞が発生していると仮定した場合における予測所要時間を求めることにする。

この場合には、既往研究⁹⁾にも示されるように、ボトルネック部までの所要時間はボトルネックでの交通容量と、現在位置からボトルネック部までの車両存在台数に依存することになる。これは、情報提供時点でボトルネック部より上流側に存在する走行車両が渋滞の最後尾に到達した時点で順次待ち行列に加わってゆくものと考え、情報提供を受けた車両のボトルネック部までの通過所要時間は、結局、自車両よりも下流側に存在する車両が全てボトルネック部を通過するために要する時間に一致するためである。

即ち、所要時間 T_{Jam} は現在位置からボトルネック部までの車両存在台数をボトルネックの交通容量で除することによって、以下のように表現される。

$$T_{Jam} = \frac{N}{Q_{Bottleneck}} \quad (1)$$

ここで、 N は現在位置からボトルネック部までの車両存在台数、 $Q_{Bottleneck}$ はボトルネックの交通容量である。

なお、車両存在台数 N の値は、車両感知器による計

測値に基づいて推定することができる。

$$N = \sum_i k_i \cdot L_i = \sum_i \frac{q_i}{v_i} \cdot L_i \quad (2)$$

ここで、 q_i 、 k_i 、 v_i はそれぞれ、予測対象区間内に存在する車両感知器 i によって計測される交通量、密度、平均速度であり、 L_i はセクション i の延長である。但しここでは、現在所要時間の場合と同様、予測対象区間を各車両感知器に対応した複数のセクションに分割し、それぞれのセクション内の交通状況はその区間内の車両感知器の計測値によって代表される。即ち、各セクション内の密度は一樣であり、かつその値は車両感知器により計測される交通量を平均速度で除したものと表現されることが仮定されている。

なお、ここで求められる予測所要時間 T_{Jam} の値は、ボトルネック部で渋滞が発生していると仮定した場合にのみ有効な値となっている。現在位置からボトルネック部までの車両存在台数 N の値が小さく、ボトルネック部で渋滞を発生させるに満たない値である場合、求められる所要時間 T_{Jam} の値はこの区間を自由走行した場合の所要時間よりも小さな値となり、予測所要時間としては非現実的な値となってしまう。

情報提供地点の車両が自由走行状態でボトルネック部に到達するまでの時間にボトルネック部を通過し得る最大の車両台数は、この区間の自由走行状態での所要時間と、ボトルネックの交通容量の積によって表される。即ち、区間内の車両存在台数 N の値がこの値を越えた場合に、ボトルネック部からの渋滞が発生するものと考えられる。そのため、ここで求められた所要時間 T_{Jam} の値は、以下の(3)、(4)に示すように自由走行状態を仮定した場合の所要時間と比較し、これより大きな値が得られた場合にのみ採用することにする。

(3) 自由走行を仮定した場合の予測所要時間

次に、ボトルネック部で渋滞が発生しておらず、自由走行状態であると仮定した場合における予測所要時間を求めることにする。

自由走行時には、所要時間は各セクションの延長と、自由走行速度に依存することになる。

即ち、所要時間 T_{Free} は各セクションの延長を自由走行速度で除することにより、以下のように表現される。

$$T_{Free} = \sum_i \frac{L_i}{v_{Fi}} \quad (3)$$

ここで、 v_{Fi} はセクション i の自由走行速度、 L_i はセクション i の延長である。ここでは、自由走行時の走行速度は、そのセクションの交通状況に関わらず一定であると仮定しており、予測される所要時間も対象区間内の交

通状況に関わらず一定の値をとることになる。

（４）渋滞発生の有無の判定

(2)、(3)で述べた、渋滞走行を仮定した場合、自由走行を仮定した場合の各々における予測所要時間を比較すると、自由走行を仮定した場合の所要時間 T_{Free} が情報提供時点での交通状況に依存しないのに対し、渋滞走行を仮定した場合の所要時間 T_{Jam} は情報提供時点での交通状況に依存し、渋滞規模が大きくなるにつれて所要時間が大きくなることが分かる。

ボトルネックの位置を固定した場合、情報提供を受ける車両が自由走行状態でボトルネック部に到達するまでの時間にボトルネック部を通過し得る車両台数に対して、ボトルネック部までの車両存在台数が大きければ渋滞が発生することになる。また、ボトルネック部を通過し得る最大車両台数は、この区間の自由走行状態での所要時間と、ボトルネックの交通容量の積によって表される。そのため、(2)式で推定される車両存在台数 N の値がこの値より大きくなる場合に、ボトルネック部からの渋滞が発生することになる。

これより、渋滞の有無は、(2)、(3)で述べた、渋滞走行を仮定した場合、自由走行を仮定した場合の各々における予測所要時間 (T_{Jam} と T_{Free}) の比較により判定され、渋滞走行を仮定した場合の所要時間が大きければ渋滞が発生していると考えられる。

即ち、ボトルネック部までの予測所要時間 T は、以下のように表現される。

$$T = \begin{cases} T_{Jam} , & \text{if } T_{Jam} \geq T_{Free} \\ T_{Free} , & \text{otherwise} \end{cases}$$

(4)

さらに、実際の交通渋滞においては渋滞の先頭位置を予め既定することは困難であるため、現時点での交通状況と各セクションの交通容量から渋滞の先頭位置を探索する必要がある。

上記の方法は対象区間内のいずれのセクションをボトルネックと仮定した場合にも適用できるため、現在位置から目的地までの各セクションをボトルネックと仮定した全ての場合について T_{Jam} と T_{Free} を比較することにより、渋滞の先頭位置を探索することができる。即ち、 T_{Jam} と T_{Free} の比較により渋滞と判定された中で、最も下流側のセクションが渋滞の先頭位置と考えられる。また、

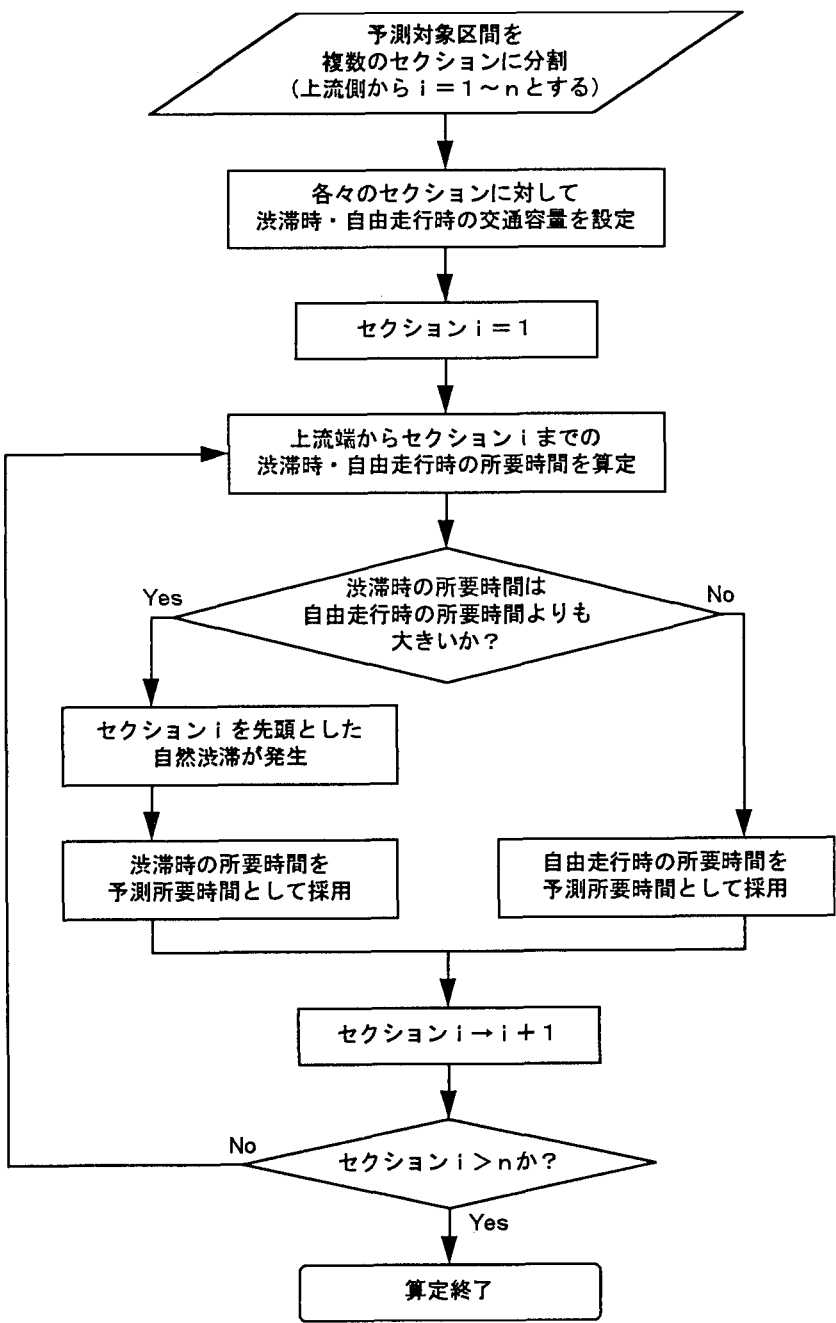


図-2 所要時間予測モデルのフローチャート

全てのセクションについて自由走行と判定された場合には、対象区間内は全て自由走行状態であるものと考えられる。

この方法のフローチャートを、図-2 に示す。

なお、本研究のモデルでは車線ごとの交通流特性の差異は考慮しておらず、交通量は各車線の合計値、平均走行速度は交通量で重み付けをした各車線の走行速度の平均値を用いている。しかし、実際の都市間高速道路での交通状況においては、走行車線、追越車線の両方で車線利用率、平均走行速度、交通量などが異なっており、これらは渋滞状況によって変化することが知られている。そのため、今後より精度の高い所要時間予測モデルを作成するためには、これらの影響を考慮することも必要になると考えられる。

4. モデル検証用データの概要

本研究でモデルの検証およびパラメータ設定に用いるデータは、東名高速道路本線上に 1～2km 間隔で設置されている、ループコイル式車両感知器による計測値（車線別の 5 分間交通量・時間占有率・平均速度）である。

対象区間は、日本坂トンネルをボトルネックとした自然渋滞の多発区間を含む、富士 IC－三ヶ日 IC 間 (129.6km) とする。また対象日時については、旧盆の帰省交通による大規模な自然渋滞が発生していた 1995 年 8 月 12 日・16 日の終日とする。

なお、対象区間においては当日、上下線ともに日本坂トンネルと先頭とした最大約 20km 程度の自然渋滞が発生していたほか、小規模な渋滞が数箇所発生していた。但し、本研究の対象はこのうち自然渋滞のみとしており、事故渋滞の発生区間、時間帯は対象から除外している。

5. ボトルネック部における交通容量と自由走行速度の設定

(1) 交通容量と自由走行速度の設定の必要性

第 3 章に示したような所要時間予測モデルにおいては、予測される所要時間の値は、パラメータとして設定されるボトルネックでの交通容量と、対象区間内の自由走行速度の値に大きく依存することが、容易に想像できる。そのため、モデルのパラメータとなる各車両感知器設置地点の交通容量と自由走行速度の設定方法を検討することが重要となる。

本研究で対象としている、ドライバーに対する交通情報の提供は、通常、ドライバーが利用するインターチェンジの間を対象として行われるものである。そのため、5 分間平均値としての車両感知器計測値に表れている、渋滞流内部の疎密波などの微視的な交通流現象を正確に再現する必要はないものと考えられる。即ち、こうした微視的な交通流現象の周期は距離、時間ともに、予測対象となるインターチェンジ間の距離や所要時間に比較すると短いものであるため、インターチェンジ間の所要時間を予測する上では互いに相殺することができるものと考えられる。

そのため、各車両感知器の設置地点について、渋滞時の交通容量と自由走行速度を設定することができれば、それを所要時間予測モデルのパラメータとすることによって、微視的な交通流現象の再現ができなくとも、インターチェンジ間の所要時間の予測が可能となると考えられる。なお、ここでは既往の調査において、同一地点においても渋滞時、自由走行時の最大捌け交通量が異なっていることが報告されていることから⁷⁾、まず各車両感

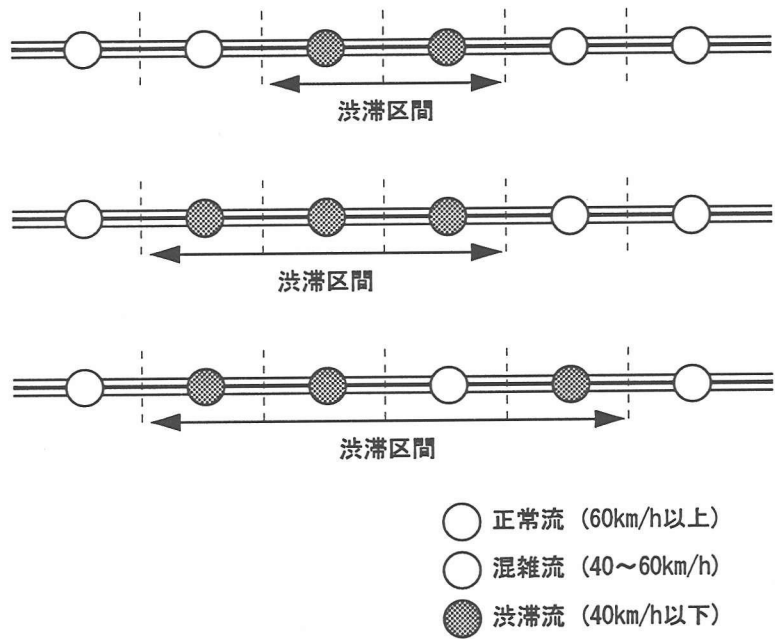


図-3 東名高速道路における渋滞判定方法の概念図

知器設置地点の交通状況を渋滞時、自由走行時に区分し、その上で、このうち渋滞時の計測値のみを抽出して交通容量を設定する。また自由走行速度については、同様の

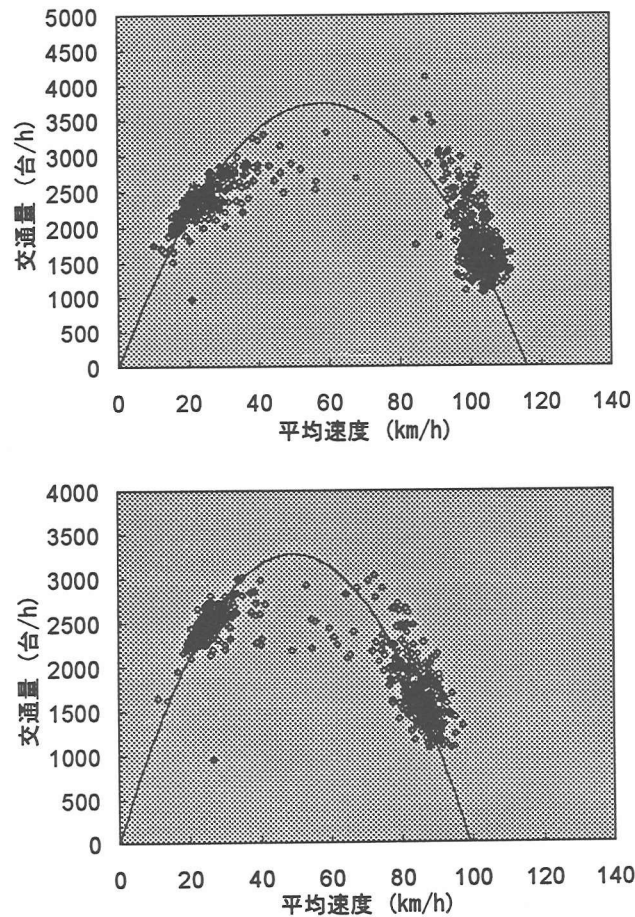


図-4 交通量・速度関係の例
(上：上り線 169.61kp, 下：上り線 172.65kp)

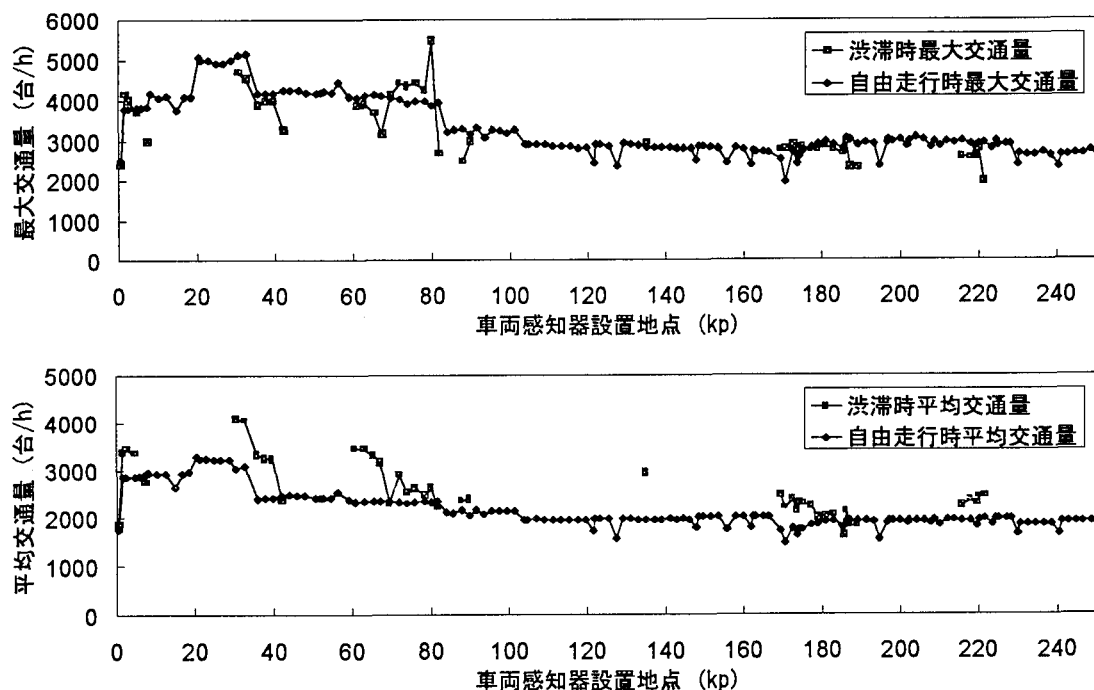


図-5 車両感知器設置地点別の渋滞時・自由走行時交通量
(上：最大交通量，下：平均交通量)

方法で自由走行時の計測値のみを抽出し、これを基に設定することにする。

(2) 車両感知器計測値による渋滞の判定方法

現在の東名高速道路においては、本線上に設置された車両感知器による計測値（5 分間平均速度）を用いて渋滞の自動判定が行われている。以下にその方法を述べる^{7),13),14)}。

まず、各々の車両感知器の設置地点について、計測される平均速度が 60km/h 以上のものを正常流（自由流）、40～60km/h のものを混雑流、40km/h 以下のものを渋滞流とする。対象区間全体において渋滞流となる車両感知器が一連となっている場合には、その勢力範囲の合計延長を渋滞長とする。また、渋滞流となる車両感知器が複数箇所に分割されている場合には、両者の間が混雑流となる車両感知器で埋められている場合に限り、両者を一連の渋滞と見なし、混雑流となる区間を含めた合計延長を渋滞長とする。但し、混雑流となる車両感知器が渋滞流に挟まれていない場合には、混雑流となる区間は渋滞長には含めないものとする。なお、この判定方法の概念図を図-3 に示す。

ここで、本研究で対象とする東名高速道路本線上の車両感知器による計測値について、交通量・密度・速度の関係を散布図にプロットすると、図-4 のようにおおむね 40～60km/h 程度が交通量の極大値となっており、渋滞流、自由流の境界となっていることが分かる。ここに挙げた 2 ヶ所の車両感知器はいずれも上り線に設置されたものであり、169.91kp は渋滞の先頭となるボトルネッ

ク付近、172.65kp はその上流の渋滞流内部である（ここで、kp は東名高速道路本線上の位置を表し、起点である東京 IC からの距離である）。なお、ここでの交通量は 5 分間交通量として計測された値を 12 倍し、1 時間交通量に換算したものを用いている。

このことから、40～60km/h を渋滞流、自由流の境界とする現行の渋滞判定方法は、交通工学的視点での渋滞流、自由流の定義にも対応したものであるといえる。そのため以下の交通容量、自由走行速度の設定においては、上に述べた現行の渋滞判定方法を用いて渋滞流、自由流の判定を行うこととする。

(3) 交通容量と自由走行速度の設定

まず、各車両感知器設置地点における交通容量として考えられる、渋滞時の最大交通量、平均交通量について見ることにする。

ここでは、(2)で述べた現在の東名高速道路における渋滞判定方法を用いて、各々の車両感知器設置地点の計測値を渋滞時、自由走行時に判別し、このうち渋滞時の交通量（5 分間交通量を 12 倍することによる 1 時間交通量への換算値）について、上位 95%タイル値を「渋滞時最大交通量」、平均値を「渋滞時平均交通量」と定義する。

図-5 に、この定義により算定した、東名高速道路東京 IC—三ヶ日 IC 間 (251.0km) 上り線の各車両感知器設置地点 (144 箇所) における、渋滞時の最大交通量、平均交通量を示す。但し、ここでは上述の方法によって渋滞時と判定される計測値が 2 日間で 12 時点 (1 時間分

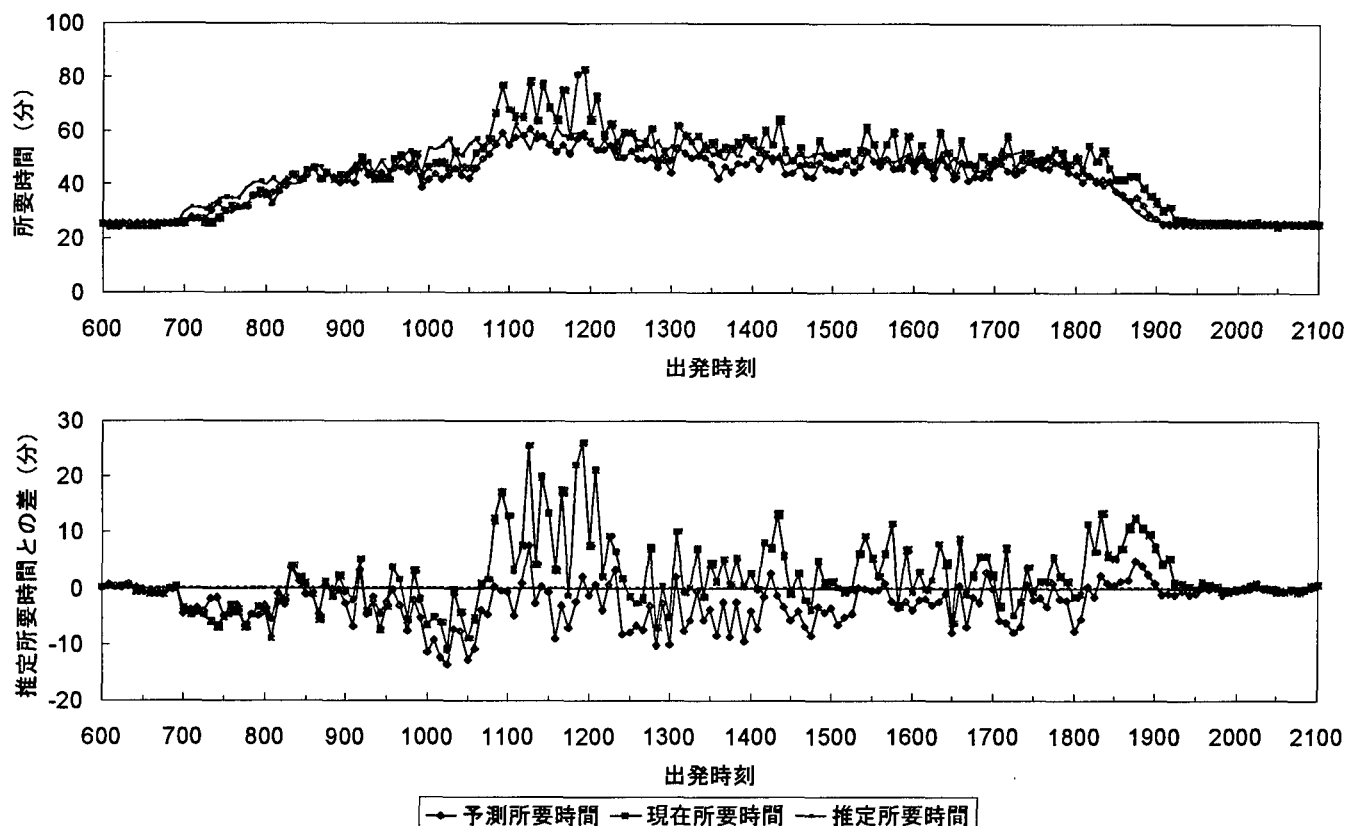


図-6 予測所要時間・現在所要時間・推定所要時間の時間的推移
(上り線・菊川 IC—静岡 IC 間)

に相当)以上存在する車両感知器のみを対象としている。また比較のため、同様に定義した自由走行時の最大交通量、平均交通量についても、併せて示している。

これらを見ると、各計測地点における渋滞時、自由走行時の最大交通量、平均交通量は、地点によって上下流の地点よりも大きく減少する箇所があり、交通容量のボトルネックとなる箇所が存在している様子が分かる。

なお、後述の予測所要時間の算定においては、このうち「渋滞時最大交通量」を交通容量として用いた場合が、比較的高い予測精度が得られたため、この値を交通容量として用いることとした。

また、自由走行速度についても同様に、(2)で述べた現在の東名高速道路における渋滞判定方法を用いて、各々の車両感知器設置地点の計測値を渋滞時、自由走行時に判別し、このうち自由走行時のみの走行速度の平均値を用いることとした。なお、ここでの自由走行時は渋滞発生直前、解消直後の速度低下部分の値を含むものであるため、この値は厳密な意味での自由走行速度とはなっていない。しかしながら、こうした渋滞発生直前、解消直後の速度低下が発生している時点は、全体ではごく少数である。また、(2)で示した判定方法による自由走行時の交通状態を代表するには、厳密な自由走行速度よりも、渋滞が発生していない状況での平均的な走行速度を用いることが妥当と考えられる。そのため、ここでは自由走行速度としてこの値を採用することとした。

また、渋滞時の最大交通量、平均交通量、自由走行速度のいずれも、計測された地点による値の差異が見られており、これらは各々の車両感知器設置地点付近の道路幾何構造に依存しているものと推察される。本研究では各地点ごとに得られた計測値を用いて交通容量、自由走行速度の値を設定したが、より汎用性のある所要時間予測モデルを構築してゆくためには、こうした予測モデルのパラメータとなる交通容量、平均速度などの値と、その原因となる道路幾何構造との関係を明らかにすることが必要となるものと考えられる。これらについては今後の研究課題としたい。

6. モデルの検証と予測対象距離による差異

(1) モデルの検証結果

本章では、東名高速道路本線上に設置された車両感知器による計測値を用いて、第3章で提案した所要時間予測モデルによる所要時間の予測を行い、その精度について検証する。ここで対象とする区間は、単一のボトルネックによる比較的単純な自然渋滞が発生している区間として、日本坂トンネルをボトルネックとした自然渋滞の多発区間を含む、上り線の菊川 IC—静岡 IC 間 (40.0km) とする。

なお、各車両感知器設置地点について、交通容量としては第5章で示した渋滞時の最大交通量(上位95%タ

イル値)を、自由走行速度としては自由走行時の平均走行速度を用いている。また、渋滞時と判定される計測値が2日間で12時点未満である車両感知器については、渋滞時の最大交通量が得られていないため、ボトルネック(日本坂トンネル)上流側で渋滞が発生している地点の最大交通量の平均値によって代用した。

図-6、図-7は、第3章で示した所要時間予測モデルによる予測所要時間と、第2章で示した現行の算定方法による現在所要時間の算定値を、推定所要時間の値と比較したものである。

まず、図-6は予測所要時間、現在所要時間、推定所要時間の各々について、出発時刻(ここでは菊川ICの通過時刻)による時間的推移を示したものである。このうち上の図は各々の所要時間の時間的推移を示したものの、下の図はその精度を見るため、予測所要時間、現在所要時間の各々について推定所要時間との差をとったものである。また、図-7は予測所要時間と現在所要時間の両者の算定値について、推定所要時間との比較を散布図によって表したものである。また、表-1は予測所要時間と現在所要時間の両者について、推定所要時間との平均2乗誤差と相関係数を示したものである。

これらにより、対象区間において現行の所要時間算定方法は精度上の課題を有していること、また提案した所要時間予測方法の精度が現行の算定方法に比較して良好であることが示されている。図-6を見ると、現在所要時間は18時から19時過ぎ頃に掛けての渋滞の解消時に、時間的な遅れに起因すると見られる誤差が生じているのに対し、本研究で提案した所要時間予測モデルにおいては、その誤差が減少している様子が分かる。また渋滞停滞時においても、現在所要時間では11時から12時頃に掛けて大幅な過大推計や過剰な時間的変動が生じているのに対し、本研究のモデルによる予測所要時間ではこの誤差が減少している様子が分かる。

(2) 予測対象区間の距離による予測精度の差異

次に、本研究で示した予測モデルの利用可能範囲について検討するため、予測対象区間の距離による精度の変化を見ることにする。

図-8に、異なる対象区間を対象に所要時間の予測を行った場合における、予測対象区間の距離と相関係数との関係を示す。

これを見ると、予測所要時間、現在所要時間のいずれも、対象区間の距離が長くなるにつれて相関係数が小さくなっており、所要時間情報としての精度が低下している様子が分かる。しかし、現在所要時間においては対象

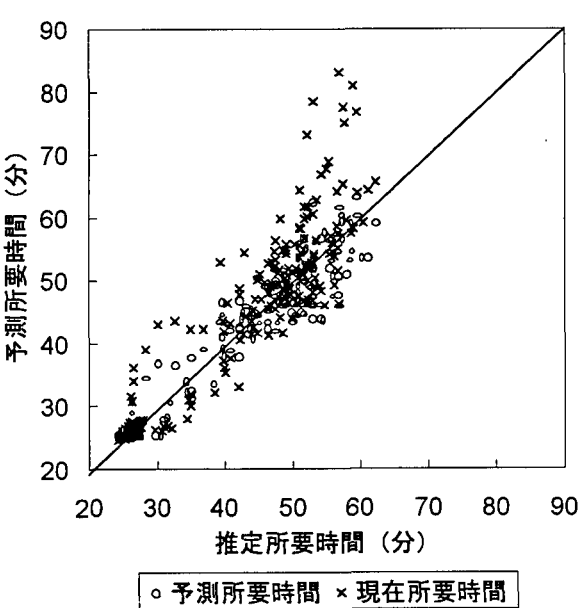


図-7 予測所要時間と現在所要時間との比較
(上り線・菊川IC-静岡IC間)

	現在所要時間	予測所要時間
平均2乗誤差(分)	5.316	3.489
相関係数	0.9419	0.9647
サンプル数	276	276

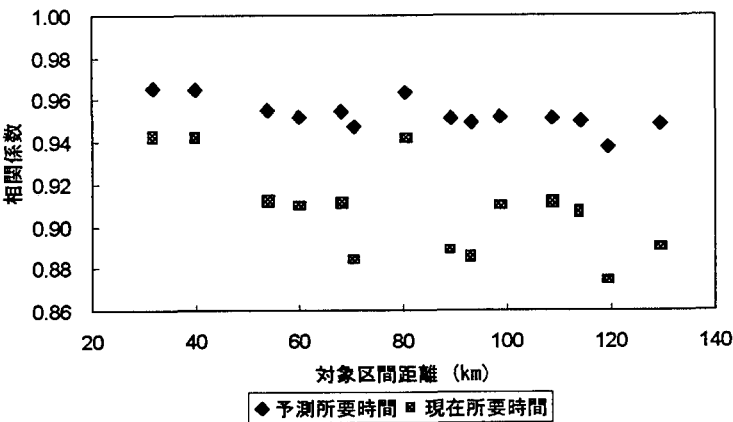


図-8 予測対象区間の距離による予測精度の差異

区間距離の増大に伴って相関係数が大幅に低下しているのに対し、本研究で示したモデルによる予測所要時間は長距離の対象区間に対しても比較的高い精度を維持しており、長距離の対象区間においてもモデルの利用が可能であるものと考えられる。

7. まとめ

本研究では、従来の交通流シミュレーションモデルによる所要時間予測方法よりも簡便な方法で、都市間高速道路における現行の算定方法よりも精度の高い所要時間

予測方法を提案することを目的として、ボトルネックの交通容量と上流側からの流入交通量とを比較することによる所要時間予測方法のモデル化を行った。また、予測対象区間の距離による予測精度の差異について検討を行い、モデルの利用可能範囲について検討を行った。

その結果、本研究で提案したモデルは、対象区間距離の増大に伴って予測精度が低下する傾向にあるものの、現行の算定方法に比較すると長距離においても高い精度を維持しており、長距離の対象区間においてもモデルの利用が可能であることが示された。

今後の課題としては、所要時間の算定過程において精度を規定する要因を明らかにし、具体的なモデルの利用可能範囲や、交通状況に応じたモデルの使い分け、入力変数となる計測値の使い分けを明確にしてゆくことが必要と考えられる。

また、本研究では各地点ごとに得られた計測値を用いて、予測モデルのパラメータとなる交通容量、自由走行速度の値を設定したが、これらの値は付近の道路幾何構造に依存しているものと考えられる。そのため、モデルの汎用化のためには、これらの交通容量、平均走行速度などの値と、その原因となる道路幾何構造との関係を明らかにすることが必要となるものと考えられる。さらには、事故渋滞、工事渋滞など通常と異なる交通容量の区間が存在する場合にも対応できる所要時間予測モデルの構築が必要となるものと考えられる。

参考文献

- 1) 大塚秀樹：首都高速の渋滞予測 システム 97 の交通状況予測システムー，交通工学，Vol.32，増刊号，pp.27-33，1997.10.
- 2) 大塚秀樹・谷上敦亨：首都高速の新しい交通管制システム（システム 97），第 17 回交通工学研究発表会論文報告集，pp.177-180，1997.11.
- 3) 越正毅・桑原雅夫・赤羽弘和：高速道路のトンネル、サグにおける渋滞現象に関する研究，土木学会論文集，

No.458/IV-18，pp.65-71，1993.1.

- 4) 那健・越正毅：高速道路のサグにおける渋滞現象と車両追従挙動の研究，土木学会論文集，No.506/IV-26，pp.45-55，1995.1.
- 5) 大口敬：高速道路サグにおける渋滞の発生と道路線形との関係，土木学会論文集，No.524/IV-29，pp.69-78，1995.10.
- 6) 馬場卓男：名神高速道路の所要時間提供に関する精度検証，高速道路と自動車，Vol.35，No.9，pp.21-28，1992.9.
- 7) 日本道路公団東京第一管理局技術部：東名高速道路交通便覧（東京ー三ヶ日）1994 年版，日本道路公団，1994.3.
- 8) 井上淳一・田中直樹：時間情報提供への取り組みとその評価，高速道路と自動車，Vol.37，No.8，pp.25-34，1994.8.
- 9) 森宣夫・森地茂・小川圭一：高速道路所要時間情報の精度向上方策に関する検討，土木学会第 51 回年次学術講演会講演概要集，第IV部門，pp.694-695，1996.9.
- 10) 小川圭一・黒川洸：高速道路における所要時間情報提供の精度に関する考察，土木学会第 52 回年次学術講演会講演概要集，第IV部門，pp.196-197，1997.9.
- 11) Takeshi Kurokawa, Keiichi Ogawa : A Study on Travel Time Prediction Method on Inter-City Expressways Using Traffic Capacity at the Bottleneck, Proceedings of the 5th World Congress on Intelligent Transport Systems, CD-ROM, No.3060, 1998.10.
- 12) 黒川洸・小川圭一：ボトルネックへの流入交通量を用いた所要時間予測方法，土木計画学研究・講演集，No.21(2)，pp.901-904，1998.11.
- 13) 川添卓司・酒井利忠：渋滞自動判定システム（暫定形）に関する検討について，交通工学，Vol.22，No.2，pp.9-15，1987.3.
- 14) 森康男・竹谷栄一：東名高速道路の渋滞自動判定に関する研究，交通工学，Vol.25，No.4，pp.25-35，1990.7.

本研究では、都市間高速道路の単路部を対象として、従来の交通流シミュレーションモデルによる所要時間予測方法よりも簡便な方法で、現行の算定方法よりも精度の高い所要時間予測方法を提案する。そのため、ボトルネックの交通容量と上流側からの流入交通量とを比較することによる所要時間予測方法のモデル化を行い、その精度を検証する。また、提案した予測モデルについて、予測対象区間の距離による精度の変化について分析し、その利用可能範囲について検討する。結果として、対象区間距離の増大に伴って予測精度が低下する傾向にあるものの、現行の算定方法に比較すると長距離においても高い精度を維持していることが示されている。

A Study on the Travel Time Prediction Method Using Traffic Capacity at the Bottleneck Point

By Keiichi OGAWA and Takeshi KUROKAWA

In this paper, a new modeling method of predicting travel time on the inter-city expressways is proposed. This method is based on the estimation of travel time for jammed flow by comparing the traffic capacity at the bottleneck and the number of existing vehicles. The accuracy of the prediction method is discussed. To analyze the characteristics of the method, the influence to the accuracy by the total distance of application districts. As a result, it is known that this method has higher accuracy, even in long distance, compared with a current calculation method.
