

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*

A Study on the Travel Time Prediction Method Using Traffic Volume up to the Bottleneck Point*

黒川 洸**・小川 圭一***

by Takeshi KUROKAWA** and Keiichi OGAWA***

1. はじめに

近年では、都市間、都市内の高速道路において、利用者に対する所要時間情報の提供が一般的になされるようになってきている。こうした所要時間情報の提供は、高速道路利用者に対するサービスの向上であるとともに、利用者の経路選択行動、出発時刻選択行動などに影響を与えることにより、特定の経路や時間帯への交通の集中を緩和することが期待されている。

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、対象区間内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、利用者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。

そのため、こうした都市間、都市内の高速道路における所要時間予測方法に関する研究が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、首都高速道路などで既に実用化の域に達しているものもある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),5)}、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る交通渋滞の発生は、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る。

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構築を行う。また、その精度を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、その有用性を検討することにする。

2. 現在の所要時間情報の算定方法とその精度

(1) 現在の所要時間情報の算定方法

現在、東名・名神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

* キーワーズ：交通情報、ITS、TDM、交通容量

** 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 横浜市緑区長津田町 4259
Tel: 045-924-5606, Fax: 045-924-5651

*** 正会員，博(工学)，岐阜大学 工学部土木工学科 助手
〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1
Tel: 058-293-2446, Fax: 058-230-1528

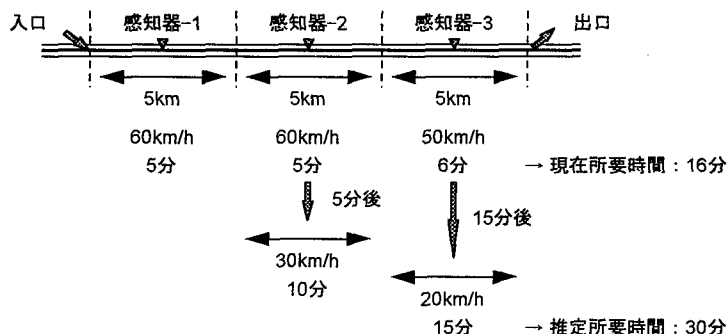


図-1 現在所要時間と推定所要時間との差異

～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。

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。次に、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良好な精度を有しているものである⁹⁾。しかし、情報提供時点での交通状況の計測値を基にしていることから、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の存在が、その精度上の課題として挙げられる。

(2) ドライバーにとっての実所要時間の推定方法

一方、ドライバーに提供される所要時間情報に対して「精度」を設定するためには、その基準として、走行する車両の平均的な「実所要時間」を設定する必要がある。

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算定の場合と同様に、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した所要時間を「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. ボトルネックへの流入交通量を用いた所要時間予測方法

(1) 既往研究による方法

交通渋滞が発生している場合、渋滞通過に要する時間は、その原因となるボトルネックの交通容量に

依存するものと考えられる。馬場(1992)⁷⁾による既往研究においては、ボトルネックまでの車両存在台数をボトルネック容量で除することによる所要時間予測方法が提案されている。

しかし、この方法ではボトルネック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。実際にはボトルネックにおいても自由走行となる状態が存在し得るため、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、新たな予測方法を考えることが必要であると考えられる。

(2) 渋滞時における所要時間の予測

渋滞時には、既往研究⁷⁾に示される通り、ボトルネックまでの所要時間は、現在位置からボトルネックまでの車両存在台数に依存することになる。即ち、所要時間 T_{Jam} は車両存在台数を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。

$$T_{Jam} = \frac{N}{Q_{Bottleneck}}, \quad N = \sum_i k_i \cdot L_i = \sum_i \frac{q_i}{v_i} \cdot L_i \quad (1)$$

ここで、 N は現在位置からボトルネック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。車両存在台数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。なお、現在所要時間の場合と同様、予測対象区間は各車両感知器に対応した複数のセクションに分割されており、 q_i 、 k_i 、 v_i はそれぞれ車両感知器 i によって計測される交通量、密度、平均速度、 L_i はセクション i の延長である。

(3) 自由走行時における所要時間の予測

自由走行時には、所要時間は各セクションの自由走行速度に依存することになる。即ち、所要時間 T_{Free} は以下のように表現される。

$$T_{Free} = \sum_i \frac{L_i}{v_{Fi}} \quad (2)$$

ここで、 v_{Fi} はセクション i の自由走行速度、 L_i は

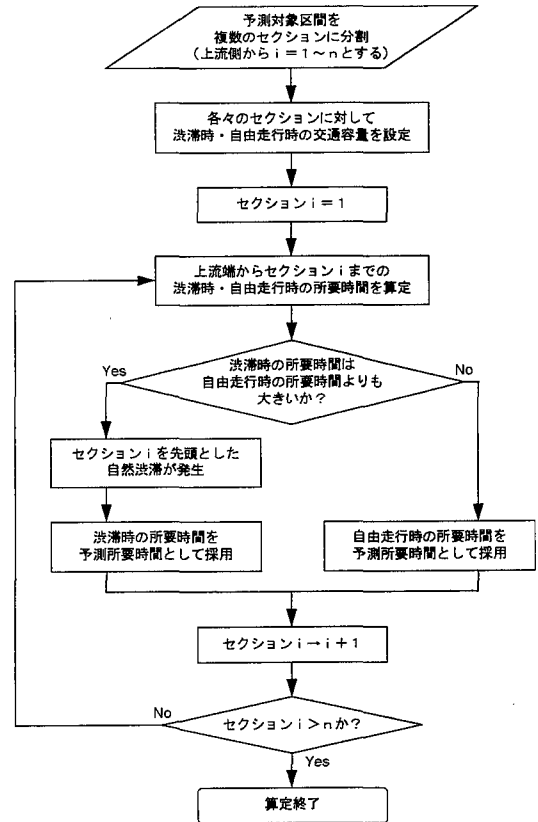


図-2 所要時間予測方法のフローチャート

セクション i の延長である。

(4) 渋滞発生の有無の判定

渋滞時、自由走行時における予測所要時間を比較すると、自由走行時の所要時間 T_{Free} が現時点での交通状況に依存しないのに対し、渋滞時の所要時間 T_{Jam} は現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。そのため、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ボトルネックに到達するまでの時間にボトルネックを通過し得る車両台数に対して、ボトルネック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ため、渋滞の有無は渋滞時、自由走行時の所要時間 (T_{Jam} と T_{Free}) の比較により判定され、渋滞時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、予測所要時間 T は以下のように表現される。

$$T = \begin{cases} T_{Jam} , & \text{if } T_{Jam} \geq T_{Free} \\ T_{Free} , & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

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。

上の方法は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、全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。

4. 東名高速道路の車両感知器計測値に対する適用

ここでは、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、前項で構築したボトルネックへの流入交通量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。

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。また対象日時は、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 日の終日とする。

図-3 は、前章で示した方法による予測所要時間と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

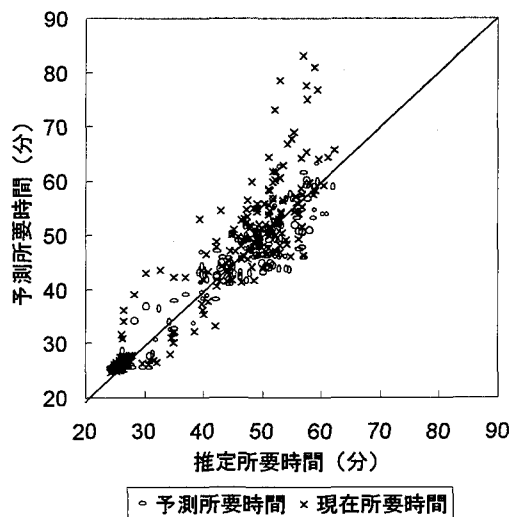


図-3 予測所要時間と現在所要時間との比較

表-1 予測所要時間・現在所要時間と推定所要時間との相関係数

	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

ものである。

これらにより、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。

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) 大口敏：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) 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.
- 7) 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.