

蓄積データに基づく都市高速道路における 所要時間範囲の予測

日比野 亮¹・松本 幸正²

¹学生員 名城大学大学院 理工学研究科 建設システム工学専攻
(〒468-8502 愛知県 名古屋市天白区塩釜口1-501)
E-mail:103437008@c alumni.meijo-u.ac.jp

²正会員 教授 名城大学 理工学部 建設システム工学科
(〒468-8502 愛知県 名古屋市天白区塩釜口1-501)
E-mail:matumoto@meijo-u.ac.jp

本研究では、近年のETCなどの普及により得られるようになった車両ごとのランプ間OD所要時間を用いて、短期先の所要時間を、幅を持たせて予測する手法の開発を試みる。蓄積された所要時間データを、現時点での交通状況を表す指標を用いて多重クロス集計によりカテゴリ化を行い、そのカテゴリ内の所要時間分布から、所要時間範囲を予測する。また、交通状況を表す指標として、車両感知器やAVIから観測されるデータを用い、その指標の有用性を検討する。実際に名古屋高速道路で観測されたAVIデータと車両感知器データを用いて、モデル構築を行い、さらに別のデータによって予測精度の検証を行った。その結果、予測モデルの精度はおおむね良好であることがわかった。しかし、所要時間範囲の幅に大きなバラツキがあることや、サンプル数の少ないカテゴリでの所要時間範囲では精度が悪化することがわかった。

Key Words : Travel Time, Urban Expressway, AVI

1. はじめに

速達性や定時性など、より高い道路サービスを求める都市高速道路利用者にとって、目的ランプまでの所要時間は、経路選択などの交通行動を決定するための最も重要な情報の1つである。しかしながら、現在、都市高速道路で提供されている所要時間情報の多くは、現時点までの交通状況に基づくものであり、ドライバーが目的ランプに到着するまでの将来の交通状況の変化を考慮にされていない。そのため、提供した所要時間情報とドライバーが実際に経験する所要時間との間に違いが生じることがある。

このような問題点を解決するため、短期先の交通状況を考慮した、所要時間の予測手法に関する研究が従来から行われてきた。蓄積された車両感知器データに基づくパターンマッチングによる予測¹⁾や、アップリンク情報を用いた予測²⁾、交通流シミュレーションを用いた予測³⁾など、様々な所要時間予測手法が提案された。しかし、時々刻々と変化する交通状況を正確に予測することは困難である。さらに、未来の不確定さを考慮に入れると、所要時間を1点で予測し、情報提供することには問題も

ある。このことから、所要時間の確率分布を考慮にいれ、ある幅を持たせた所要時間の情報提供の方法を検討する必要がある。

一方、近年では車両感知器の他に、ETCが普及しつつあり、現在の名古屋高速道路におけるETC利用率は85%以上(2011年4月時点)に達している⁴⁾。都市高速道路において、出口ETCが設置されることを想定した場合、車両ごとの様々な情報が各ランプ間で得られることになる。現在、出口ETCが設置されている首都高速道路や阪神高速道路などでは、ETCデータを用いた分析が数多く行われている⁵⁾。

ETCから得られる情報のひとつとして、車両ごとのランプ間OD所要時間がある。この所要時間データは、車両感知器によって推定される所要時間よりも精度が高く、また、蓄積も容易であり、これらを用いた新たな所要時間予測手法の開発が望まれる。

そこで本研究では、ETCなどの蓄積された車両ごとのランプ間OD所要時間を用いて、短期先の所要時間を、幅を持たせて予測する手法を検討する。

なお、今回、研究対象とする名古屋高速道路においては、出口ETCが設置されておらず、ETCからランプ間

OD 所要時間データを得ることができない。よって、本研究では、AVI から得たものをランプ間 OD 所要時間データとして用いることとする。

2. 対象箇所と使用データ

(1) 対象箇所

予測手法の検討にあたって、本研究では、図 1 に示す名古屋高速道路 1 号楠線料金所から 3 号大高線大高出口までの南行き区間 18.15km を対象ランプ間 OD とする。分析には、平成 17 年 10 月 1 日土曜日から平成 18 年 2 月 28 日火曜日の期間のデータを用いる。

(2) AVI データ

図 1 に示すように、楠料金所付近と大高出口付近には AVI が設置されている。これらの AVI から、車両ごとの対象ランプ間 OD の所要時間データが得られる。

車両ごとの所要時間データから、1 分間隔のインターバルごとの所要時間を算出する。楠料金所付近での流入時刻と大高出口付近での流出時刻をそれぞれ基準として、各車両の所要時間を 1 分間隔で集計する。集計した所要時間から中央値を算出し、それぞれを流入時刻ベース所要時間、流出時刻ベース所要時間とする。両者の特性は以下の通りである。

流出時刻ベース所要時間：流出時刻ベース所要時間は、現時点において、本線から流出した車両を基に算出しているため、観測可能な情報であり、提供所要時間情報として利用可能である。ただし、本線上を走行する車両にとっては当該所要時間分、過去の情報となる。

流入時刻ベース所要時間：現時点において、本線に流入してきた車両が流出するまでに要する所要時間を意味する。したがって、現時点では観測することができない情報である。

本研究では上記のうち、流入時刻ベースの所要時間の情報提供を目指す。

車両ごとの所要時間データは、交通状況の変化による影響と、個々のドライバーの運転特性により変動する。本研究では、前者の影響による所要時間の変動を予測することが目的である。そのため、個々のドライバーの運転特性による所要時間の変動を除去する必要がある。

表 1 に流入時刻を基準として、インターバルごとの所要時間（流入時刻ベース所要時間）と車両ごとの所要時間を、流入時に本線が自由流の場合と渋滞流の場合に分け、平均値と標準偏差をそれぞれもとめた。平均値では、自由流、渋滞流どちらの場合も車両ごとの所要時間がインターバルごとの所要時間よりも若干大きくなる。標準

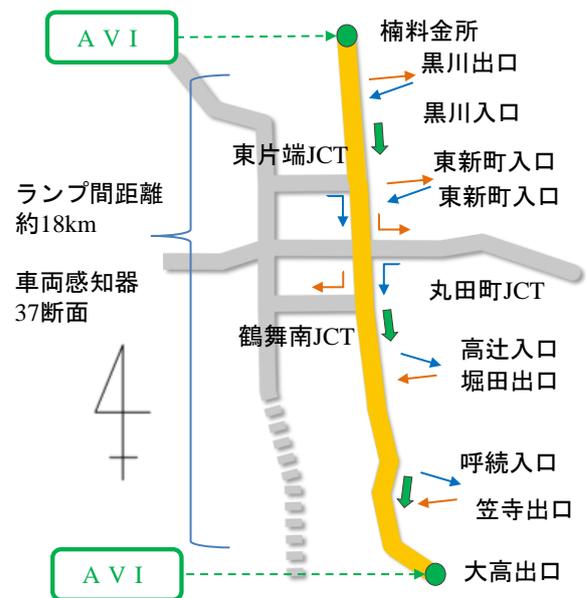


図 1 名古屋高速道路路線図

表 1 流入時刻ベースと車両ごとでの所要時間の違い

所要時間	自由流時		渋滞流時	
	インター	車両ごと	インター	車両ごと
平均値	827(s)	839(s)	1552(s)	1570(s)
標準偏差	99(s)	188(s)	509(s)	569(s)

偏差においては、インターバルごとの所要時間が自由流時と渋滞流時のどちらの場合においても、車両ごとの所要時間よりも小さくなった。特に自由流時の場合の標準偏差の変化が大きく、自由流時における、ドライバーの運転特性による影響を受けにくいことがわかる。

以上のことから、予測対象の所要時間データとして、インターバルごとに集計した流入時刻ベース所要時間を用いることにする。

(3) 車両感知器データ

対象ランプ間 OD には、車両感知器が 37 断面で設置されている。その車両感知器の位置と車線数により対象ランプ間 OD は 84 区間に区分される。その区間ごとに、交通量・速度・占有率がそれぞれ 1 分間隔で観測される。この区間ごとの同インターバルの速度データを用いて、それらを単純に足し合わせることで、瞬時値ベースの所要時間を得ることができる。

これら車両感知器から得られる情報を用いることによって、対象ランプ間 OD の現状の交通状況を捉えることができる。しかしながら、短期先の所要時間の変動を予測するためには、現時点で将来の交通状況を捉えることができる指標が必要である。

図2にインターバルごとの各所要時間と、対象ランプ間 OD の区間ごとの占有率の状態を示す。時間が経過するにつれ、流入時刻ベース所要時間が徐々に増加していることがわかるが、瞬時値ベース所要時間と、占有率が10%・20%以上となる区間の数はその変動を捉えている。特に占有率が10%以上の区間の数の変動は、交通状況が混雑し、所要時間が増加傾向となる以前から、その前兆を捉えることができる。

これらの指標と流入時刻ベース所要時間との関係をみるために、流入時刻ベース所要時間を基準として、30分前から30分後まで、1分間隔で各指標とのコレログラムをもとめた。データは平成17年11月21日月曜日6:00~12:00の期間のもので、朝の通勤時間帯の自然渋滞が発生して、解消するまでの時間帯である。

図3にコレログラムを示す。流入時刻ベース所要時間との相関は、どの指標においても、未来の値を用いた場合にピークとなる。流入時刻ベース所要時間自体が未来の値であるためである。指標としては、流出時刻ベース所要時間で、ピーク時の相関係数がどの指標よりも高くなるが、タイムラグが大きく、流入時刻ベース所要時間の変動に追従できていない。瞬時値ベース所要時間と占有率が20%以上のときの区間数においては、現時点から間近の過去にかけての相関が高い。これらの指標は、各区間の車両感知器から、現時刻で得られたものを合算した指標であるため、流出時刻ベース所要時間よりも流入時刻ベース所要時間の変動に早く反応しているといえる。また、占有率10%以上の区間数においては、どの指標よりも早く、ピークが現れることがわかる。この指標には、占有率が10%から20%までの渋滞流になる前の交通状況を捉えることができるため、他の指標よりも早く反応したと考えられる。

このように、それぞれの指標には特徴があり、混用することが短期先の所要時間の予測に有用であるといえる。

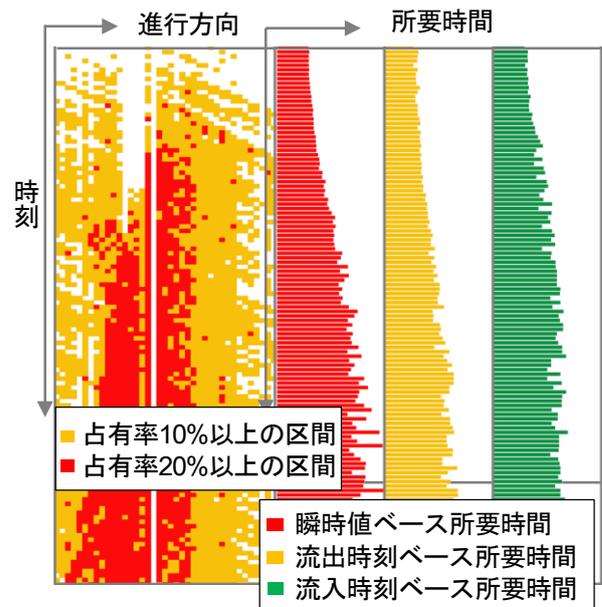


図2 対象 OD 間の交通状況の時間変動

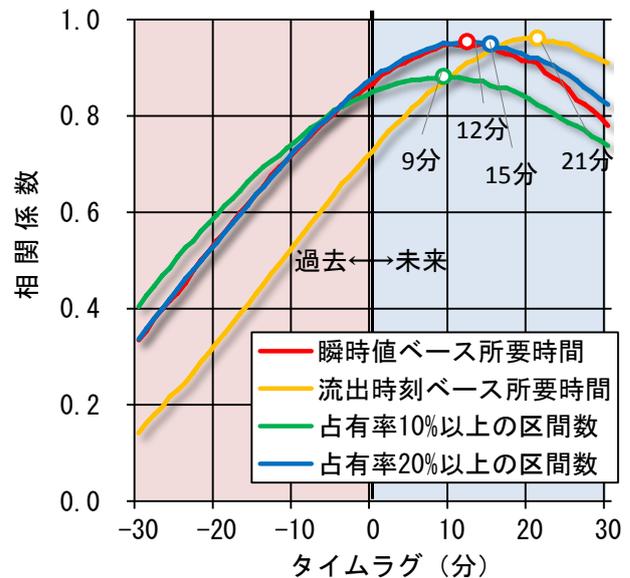


図3 流入時刻ベース所要時間と各指標のコレログラム

3. 予測手法

(1) 所要時間範囲予測の概念

本研究では、ドライバーに対して、都市高速道路を利用する直前に提供するための所要時間情報を検討する。過去の蓄積されたデータから、ドライバーが経験する平均的な所要時間を統計的に算出し、提供する。その際、所要時間に幅を持たせ、その範囲内に到着できる確率も示す。具体的には、都市高速道路上に流入する直前のドライバーに対して、「(目的ランプまで) ○分から○分の間で到着する確率が○%」という情報を提供する。本研究では、確率としては80%を採用する。以下、このような情報を所要時間予測範囲とする。

(2) 予測モデルの構築手法

本研究では、蓄積された所要時間データを、車両感知器より得られた交通状況を表す指標を基に、多重クロス集計を行い、カテゴリに分ける。そして、そのカテゴリ内で所要時間分布を描き、所要時間予測範囲を求める。具体的な手順を以下に示す。

a) 使用するデータ

蓄積されたデータとして、平成17年10月1日土曜日から平成18年2月28日火曜日までの5ヶ月間のAVI、車両感知器から得られたデータを用いる。

b) 多重クロス集計

次に、蓄積データを現時刻の交通状況別に多重クロス集計を行い、カテゴリ化する。カテゴリ化を行う際に4つの指標を用いる。用いる指標は、「瞬時値ベース所要時間」、「流出時刻ベース所要時間」、「占有率が10%以上の区間数」、「占有率が10%以上の区間数の変動傾向」の4つである。「占有率が10%以上の区間数の変動傾向」については、横軸に時間を取り、縦軸に現時点の15分前から現時点までの占有率が10%以上の区間数を1分間隔でプロットし、直線回帰を行い、その直線の傾きを変動傾向とする。

これら4つの指標をそれぞれ5段階に離散化する。離散化する際の基準として、瞬時値ベース所要時間、流出時刻ベース所要時間、占有率が10%以上の区間の数の3つの指標については、蓄積データのパーセンタイル値を用いて離散化した。占有率が10%以上の区間の数の変動傾向については、標準偏差を基にして離散化を行った。離散化した指標を基にして、多重クロス集計を行う。所要時間データは625のカテゴリに振り分けられる。

c) %タイル値の算出

さらに、カテゴリごとに所要時間データを集計し、所要時間分布を描き、10%タイル値、90%タイル値をそれぞれ算出する。この10%タイル値と90%タイル値を境界値として、80%の確率で到着することができる所要時間の範囲とし、そのカテゴリにおける所要時間予測範囲とする。

以上のような手順で、予測モデルを構築する。図4に予測方法の概念図を示す。

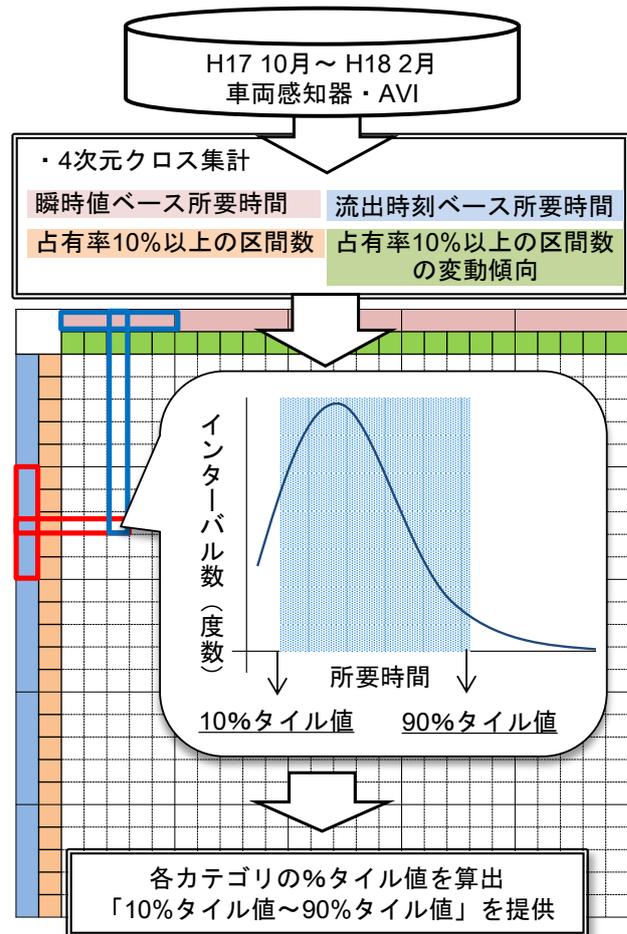


図4 所要時間範囲の予測方法の概念図

表2 90%タイル値別の予測所要時間範囲の評価

90%タイル値	所要時間範囲の 平均値	データ数
15分以下	3.1分	51365 (40.0%)
15分～20分	3.1分	61332 (47.8%)
20分～25分	6.0分	5584 (4.3%)
25分～30分	9.1分	4067 (3.2%)
30分～35分	11.8分	2465 (1.9%)
35分～40分	16.1分	121 (0.1%)
40分～45分	19.3分	843 (0.7%)
45分～50分	19.4分	2037 (1.6%)
50分以上	30.8分	586 (0.5%)
全体	4.1分	128400

4. 予測結果

(1) 予測モデルの構築

表2に構築したモデルの各カテゴリ内の所要時間分布の90%タイル値別に、所要時間予測範囲の平均値を示す。80%の確率で到着できる所要時間範囲は、上限値である90%タイル値の値が大きいほど、広がる傾向がある。90%タイル値が30分以下の場合の所要時間範囲の幅は10分以内で表すことができているが、90%タイル値が30分から50分となると、所要時間範囲の幅が10分から19分と、広がりが大きくなる。さらに、90%タイル値が50分以上となると、所要時間範囲の幅の平均は30分となる。これは、このときの所要時間データのサンプル数が不足していること、カテゴリ化がうまく対応出来ていないことなどが原因と考えられる。

(2) 予測モデルの精度検証

予測モデル構築に用いた蓄積データとは異なる期間を

用いて、予測モデルの精度検証を行う。検証用データとして、平成19年7月26日木曜日から8月31日金曜日の期間のデータを用いる。流入時刻ベース所要時間が、所要時間予測範囲に入るかどうかを車両ごとに検証する。

表3に個々の車両の所要時間が、その時刻の所要時間予測範囲に入った場合の台数、外れた場合の台数、的中率をそれぞれ示す。

検証を行った結果、全体の的中率は83%となり、所要時間範囲内に到着する確率が80%という設定と合致している。流入時刻ベース所要時間の大きさ別でみると、15分から30分において的中率は80%を下回っているものの、それ以外の場合的中率は80%を上回っており、おおむね良好な予測精度となった。しかし、流入時刻ベース所要時間が45分以降になると、所要時間予測範囲が外れることが多く、的中率が著しく低くなっている。これは、カテゴリ内のサンプル数が不足しており、適切な所要時間範囲を予測できなかったことが原因と考えられる。

図5に平成19年8月7日火曜日の6:00から13:00までの、平均的な自然渋滞が発生している時間帯の流入時刻ベース所要時間と所要時間予測範囲をプロットしたものを示す。全体的にみると、所要時間予測範囲は、流入時刻ベース所要時間の変動に対応できていることがわかる。特に渋滞解消時の流入時刻ベース所要時間の減少を狭い範囲で捉えることができています。一方、突発的に所要時間予測範囲が大きくなるインターバルがあり、改善が求められる。

5. おわりに

本研究では、ETCなどの蓄積された車両ごとのランプ間OD所要時間を用いて、短期先の所要時間を、幅を持たせて予測する手法の開発を試みた。蓄積された所要時間データを現時点での交通状況を表す指標を用いて、多重クロス集計によりカテゴリ化を行い、そのカテゴリ内の所要時間分布から、所要時間予測範囲を算出するモデルを構築した。

予測モデルの精度はおおむね良好であった。しかし、所要時間範囲の幅に大きなバラツキがあることや、統計的に棄却域に入る所要時間が出現する場合に、精度が悪化することがわかった。

今後は、自然渋滞時のデータを充実させることにより、精度向上を図る。また、カテゴリ化を行う際の基準を変更するなどの検討を行い、所要時間が増大した場合の所要時間予測範囲の幅を小さくすることが必要である。

さらに、短期先の予測だけではなく、ドライバーが高速道路を利用する数時間前、ないしは数日前など、中長期的な予測においても、この予測手法が適用可能かどうかを検討する必要がある。

表3 所要時間予測範囲の精度検証

	予測範囲内 車両台数	予測範囲外 車両台数	的中率
15分以下	46061	6626	87%
15分～20分	10008	4383	70%
20分～25分	2050	579	78%
25分～30分	1047	345	75%
30分～35分	977	183	84%
35分～40分	628	125	83%
40分～45分	431	70	86%
45分～50分	142	82	63%
50分以上	24	123	16%
全体	61368	12516	83%

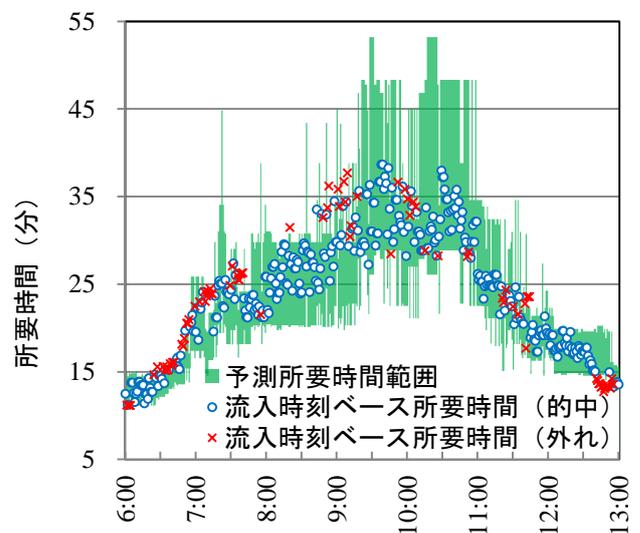


図5 平成19年8月7日火曜日の所要時間

参考文献

- 1) 割田博, 森田純之, Edward Chung, 田中淳: パターンマッチングを用いた所要時間予測手法の研究, 交通工学研究発表会論文報告集, Vol.24, pp.129-132, 2004.
- 2) 村重至康, 加藤真司, 舌間貴宏, 堀口良太: 都市間高速道路における所要時間予測手法の検討, 交通工学研究発表会論文報告集, Vol.29, No.72, pp.285-288, 2009.
- 3) 宗像恵子, 田村勇二, 割田博, 白石知良: 「首都高速道路におけるリアルタイム予測シミュレーションの開発」, 交通工学研究発表会論文報告集, Vol.29, No.74, pp.293-296, 2009.
- 4) 名古屋高速道路公社HP: <http://www.nagoya-expressway.or.jp/>
- 5) 割田博, 桑原雅夫, 佐藤光, 稲富貴久: 首都高速道路におけるETCデータを用いたランプ間ODに関する実証分析, 交通工学研究発表会論文報告集, Vol.29, No.65, pp.257-260, 2009.