

ETCデータを用いた都市間高速道路の旅行時間信頼性指標についての一考察*

A Study on Travel Time Reliability Measures for Intercity Highway Using ETC Data*

山崎 浩気**・嶋本 寛***・宇野 伸宏****・倉内 文孝*****・小笹 浩司*****・成田 博*****

By Hiroki YAMAZAKI**・Hiroshi SHIMAMOTO***・Nobuhiro UNO****

Fumitaka KURAUCHI*****・Koushi OZASA*****・Hiroshi NARITA*****

1. はじめに

我が国は成熟社会を迎えつつあり、道路交通に対してより高い水準のサービスの提供が求められてきている。そのため、提供される交通サービスの質を、単に平均あるいは最短旅行時間のみで評価するのでは十分とはいえず、旅行時間信頼性の観点からも評価することが必要である。旅行時間信頼性の考えに基づき、道路交通サービスを実証的に評価するためには、旅行時間の変動に関わる莫大なデータが必要であるが、近年では、ETC (Electronic Toll Collection) 搭載車が飛躍的に増加しており、流入・流出時刻から IC 間の旅行時間データが入手可能となっている。このようなデータを活用し道路交通サービスの質を道路利用者にとって分かりやすい評価指標で指し示す必要があると考える。本研究では、ETC データを活用し旅行時間信頼性評価指標を算出し、それらを用いて既存の高速道路ネットワークのサービスレベルを分析する。本稿では先行研究¹⁾にて検討した手法を用いて1年間のETCデータによる分析を行い、旅行時間信頼性指標の特性について考察を加えた結果を報告する。

2. 分析対象データ

(1) 分析対象ネットワーク

分析対象ネットワークは名神高速道路八日市 IC～名神吹田 IC 間とする(図-1)。すべての隣接 IC ペア間について旅行時間分布を生成することが望ましいが、利用可能なデータが分単位での流入時刻記録にとどまっております。分布を作成する際の旅行時間の階級数が確保できなかった。そのため、距離が同程度でデータが比較的多く確保できる八日市 IC、栗東 IC、京都南 IC および名神吹田 IC を発着点とするトリップを対象とした。

(2) ETC データに含まれる情報

ETC データからは、利用車両の車種、入口、出口の

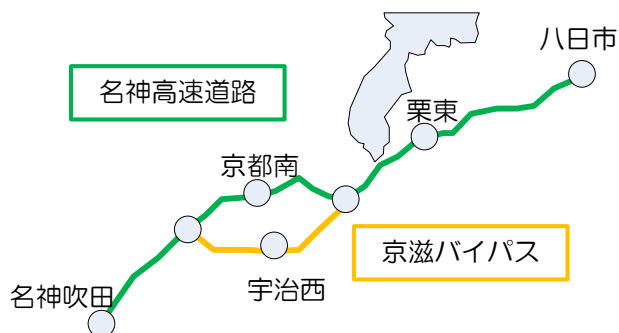


図-1 対象ネットワーク

表-1 対象 IC 間のデータ数および距離

IC ペア	八日市 ー栗東	栗東 ー京都南	京都南 ー吹田
距離	23.7km	29.6km	27.1km
西向きデータ数	148,256	424,441	1,460,125

IC、日付、流入時刻、流出時刻、料金割引の種類を知ることができる。本研究では個人情報保護の観点から、車両・個人の特定につながる情報は抽出していない。特定の入口、出口を利用した車両の流入時刻、流出時刻から旅行時間を算出し集計することで、旅行時間の分布に関する情報を得る。したがって、本稿で定義する旅行時間は本線上の走行時間だけでなく IC 内走行時間も含まれていることに留意する必要がある。

(3) 分析対象期間とデータ数

分析に用いるデータは、平成 18 年 1 月 1 日から 12 月 31 日までの間に NEXCO 管内の料金所で料金收受を行った ETC 車のデータであり、車両の入口・出口 IC の通過時刻を用いて算出した IC 間旅行時間である。この条件の下では、八日市・吹田間(西向き)を起終点とする ETC データはおよそ 904 万サンプル存在した。その中で、分析対象 IC 間における ETC 車の利用台数は表-1 に示すとおりであり、本研究ではおよそ 22% のデータを用いて分析を行っていることとなる。

(4) 旅行時間信頼性分析のためのデータ集計方法

事故等の突発事象の影響を加味した形で旅行時間の安定性について議論することも可能ではあるが、本研究では平常時の交通サービスの変動に着目して分析すること

*キーワード: ETC, 旅行時間信頼性, 都市間高速道路

** : 学生員, 京都大学大学院工学研究科

(〒615-8246, 京都市西京区京都大学桂, TEL 075-383-3237,

FAX 075-383-3236, yamazaki@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp)

*** : 正会員, 博(工), (社) システム科学研究所

**** : 正会員, 博(工), 京都大学大学院経営管理研究部

***** : 正会員, 博(工), 京都大学大学院工学研究科

***** : 西日本高速道路(株) 関西支社

とする。道路管理者サイドからの評価を行うため、集計時間単位 15 分ごとの平均旅行時間を算出し、その分布形に関する情報に基づき旅行時間信頼性を評価する。このとき、車線閉塞をとまなう事故・工事等の突発事象の影響を受けている走行データについては除去し分布形を作成した。なお、事故・工事の影響を受けない状況においても、SA、PA での休憩時間が ETC による旅行時間に含まれる走行データが存在していた。これらのデータも含めて旅行時間信頼性について分析すれば、旅行時間が過大評価となる可能性がある。そこで、各 IC ペアの全原データでの旅行時間の平均値 μ 、標準偏差 σ を用いて、 $\mu \pm \sigma$ より外のデータを外れ値として除去した上で分布形を作成した。また、時間帯による交通サービス水準の差異について分析するため、朝時間帯は 6:00~9:59、昼時間帯は 10:00~16:59、夕方・夜時間帯は 17:00~20:59、そして深夜・早朝時間帯は 21:00~5:59 とし、時間帯ごとに旅行時間の平均値の分布を構成する。

3. 主要 IC ペア間の平均旅行時間累積分布

旅行時間の年間を通じての変動ならびに時間帯毎の差異を分析するため、主要 IC ペア間の平均旅行時間累積分布を作成した。図-2 は紙面の制約上、京都南・吹田間の西向きについて例示した図である。当該区間は、夕方・夜時間帯(17:00~20:59)以外の分布形状は、1年間を通してほぼ同程度であり、夕方・夜時間帯以外の旅行時間信頼性は非常に高いといえる。その一方、夕方・夜時間帯においては、1年間のサービス水準にバラツキが存在し、特に、3月、8月、11月、12月において特異な分布形状を取っていることがわかる。このような相違が生じた原因としては、経済活動、観光行動に伴う交通需要の変動特性が影響を及ぼした可能性が考えられる。

4. 旅行時間信頼性指標による評価

本章では、アメリカ、イギリスなどで提案されている旅行時間信頼性評価指標を援用して分析対象区間の旅行時間信頼性評価を行う。

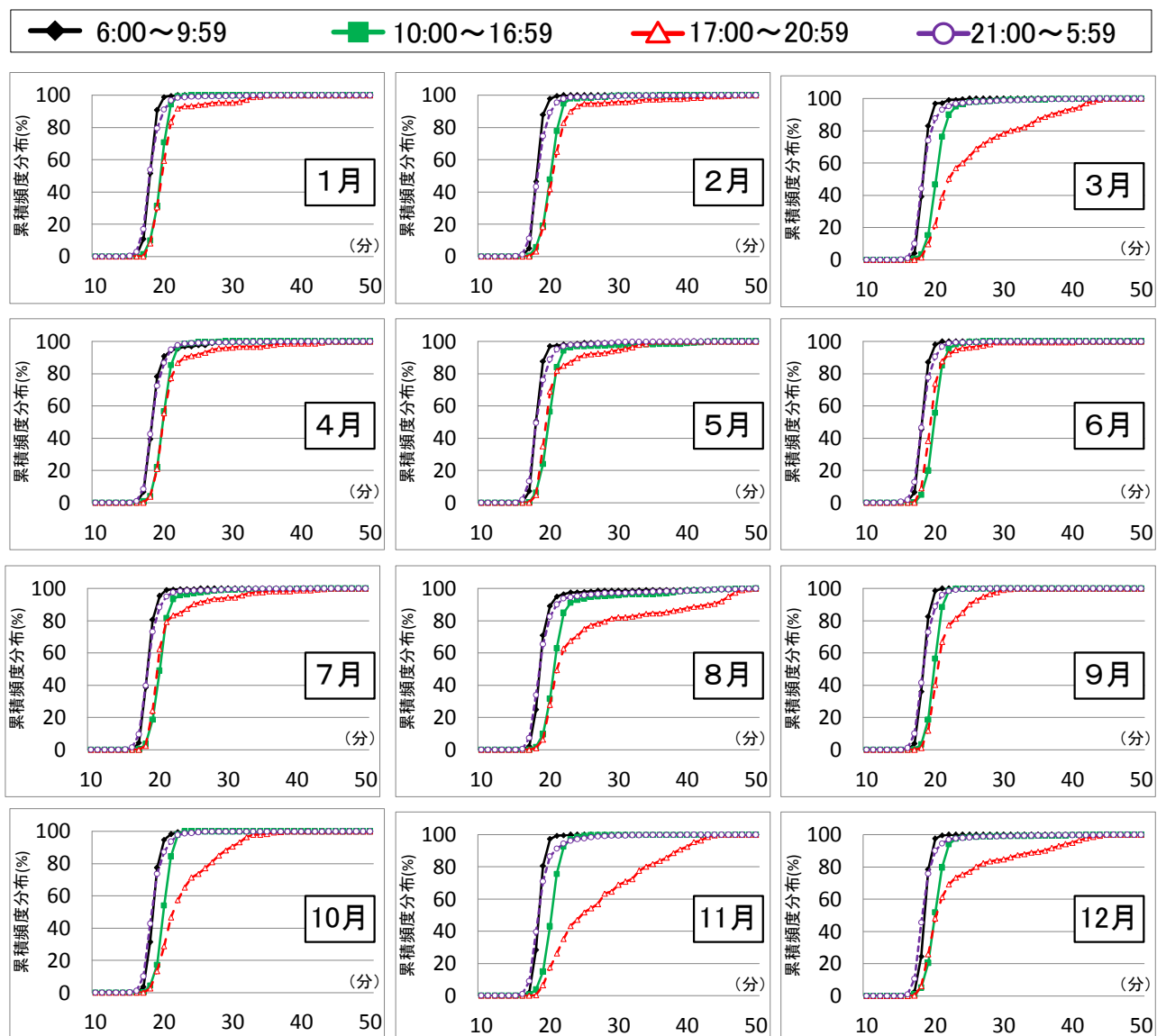


図-2 旅行時間累積頻度分布 (京都南→吹田間)

(1) 信頼性評価指標の整理

既往の旅行時間信頼性指標の特徴を表-2 にまとめておく。本研究では、集計時間単位 15 分ごとの平均旅行時間を算出しているため、15 分間平均旅行時間の平均値を T_{ave} 、15 分間平均旅行時間の 95% タイル値を T_{95} と表し、 T_{95} を Planning Time と呼ぶ。本稿では、 T_{ave} を月別・時間帯別の ETC データから算出される平均旅行時間、 T_{min} を 1 年間の 15 分間平均旅行時間のうち最短であるものとした。

図-3 に平成 18 年 3 月の京都南・吹田間西向き平均旅行時間の累積頻度分布を描き、既往の信頼性評価指標算定結果を示す。このように $PTI=1.72$ 、 $BTI=0.30$ と算出される区間であれば、自由流旅行時間の 1.72 倍、平均旅行時間の 1.3 倍の旅行時間を要する可能性を考慮しておけば、ほぼ確実に (95 パーセントの確率で) 到着できるといえる。 BTI は区間の平均旅行時間により正規化しているが、多くの時間において旅行時間の大きい区間では平均旅行時間も大きくなるため、 BTI は相対的に小さな値となってしまう。そこで、平均旅行時間 T_{ave} 、Buffer Time (BT) をそれぞれ区間距離によって正規化した以下のような指標を提案する。

$$T_{ave}/Dist = T_{ave}/L \text{ [分/km]} \quad \dots(1)$$

$$BT/Dist = (T_{95}-T_{ave})/L \text{ [分/km]} \quad \dots(2)$$

また、評価指標を正規化したことで、区間間の比較が可能となる利点を活かし、3 つの分析対象区間の西向き方向、計 3 つの IC ペア間の交通サービス水準について旅行時間信頼性の観点から分析する。

(2) 旅行時間信頼性指標の比較

旅行時間変動特性が時間帯ごとに大きく異なる京都南・吹田間について、図-2 より特に信頼性指標が低い値をとると推察される 3 月、8 月、11 月および 12 月の夕方・夜時間帯に着目して、各旅行時間信頼性評価指標の算出に関する数値を列挙してみた。表-3 は、旅行時間信頼性指標値を計算した結果である。

T_{ave} をみても、11 月が最もサービスレベルの低い月といえる。一方で、 PT 値からみれば、8 月の値が他と比較して大きく、旅行時間信頼性の概念からは 8 月が相対的に悪い。次に、 BT 値がほぼ同じ値をとっている 3 月と 12 月の結果を比較してみよう。 BT 値ではほぼ同じであっても、 BTI 値は 3 月と 12 月で大きく異なり、12 月の方が旅行時間信頼性が低いのにに対して、 $BT/Dist$ 値はほぼ同一の値をとる。この理由は、 BT 値が同一であっても、 BTI 値算定の際には T_{ave} 値によって除するためである。 $BT/Dist$ では分母の値が一定となるため、この 2 つの月の旅行時間信頼性評価値は安定する。このように、同一区間における信頼性評価、という観点から見れば、 T_{95} がほぼ同じ値をとるのであれば、 $BT/Dist$ 値を活用する方が望ましいといえる。なお、図-2 の旅行時間累積分布に立ち返って確認すると、3 月の方がより旅行時間

表-2 既存の旅行時間信頼性指標の定義と特徴

指標	定義	特徴
Planning Time	小さいほうから数えて 95% に位置するデータ $T_{95}(=PT)$	時間単位で表されるため分かりやすいが、他の道路区間と同一指標で比較不可
Buffer Time (余裕時間)	Planning Time と平均値の差 $BT=T_{95}-T_{ave}$	他の道路区間との単純比較不可
Planning Time Index	自由流旅行時間に対する Planning Time の比率 $PTI = PT/T_{min}$	正規化されているため他の道路区間との比較が可能
Buffer Time Index (余裕時間)	Buffer Time を平均旅行時間で割って正規化したもの $BTI = BT/T_{ave}$	正規化されているため他の道路区間との比較が可能だが、平均旅行時間の大小に影響を受けやすい

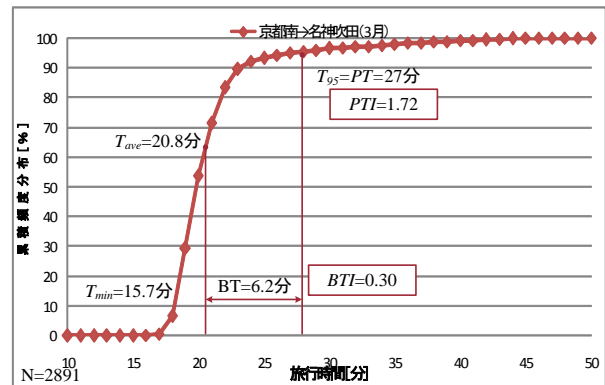


図-3 京都南→吹田累積頻度分布

累積分布がなだらかに変化していることから、若干の混雑が多く発生していることが確認できる。 BTI が大きく算出される条件としては、8 月の累積分布形状のように短い平均旅行時間と非常に長い平均旅行時間を併せ持っている分散の大きな分布形状となる。この結果は、普段は安定した旅行時間で走行可能であるが、たまに非常に混雑する、というケースに対して BTI 値は大きく算出される可能性があることを示唆する。

以上、既存の旅行時間信頼性指標について考察を加えてきたが、今後旅行時間累積分布の傾きを評価する方法も必要と考える。11 月の BT 値および BTI 値をみると信頼性評価値は他と比較して悪くない。しかしながら、旅行時間累積頻度分布をみると、最も旅行時間がなだらかに変化している分布であり、一般的な解釈からいえば旅行時間信頼性が低い。このような結果となる一因は、 T_{95} のみで旅行時間信頼性を評価しているためであり、旅行時間分布に関する尖度あるいは歪度など、高度な分布情報を活用することが今後求められるといえる。

(3) 道路区間ごとの旅行時間信頼性指標値の比較

信頼性指標値算定結果を用いて、道路区間ごとの信頼性評価値の比較を行っていきこう。比較的安定した信頼性

指標と考えられる $BT/Dist$ 値と、単位距離あたりの平均旅行時間の値の 2 軸をもって評価する。各指標を各月で算定した結果を 1 プロットとし、得た散布図を図-4 に示す。単位距離あたりの平均旅行時間の値が小さく、かつ信頼性指標の値が小さいほど旅行時間信頼性が高いといえるため、左下にプロットされることが交通サービスの質の観点からは望ましい。

まずは時間帯別に比較してみる。図より、朝および深夜・早朝時間帯において、相対的にサービスレベルが高く、特に朝の時間帯の方が $T_{ave}/Dist$ 、 $BT/Dist$ 値ともに小さい。本研究では 15 分間平均旅行時間を用いているため、深夜時間帯においては平均を算定するための車両台数が小さく、特に大型車などの低速走行車両の影響を受けた結果と考えられる。17:00~20:59 の時間帯が最もサービスレベルの低い時間帯といえ、特に京都南・吹田間については、いずれの指標値も大きくなっている。

区間ごとに比較すると、八日市・栗東間、栗東・京都南間の 2 区間と京都南・吹田間でプロットの散布特性が異なる。京都南・吹田間は朝、昼および深夜・早朝時間帯においては $BT/Dist$ が非常に小さくなっており、旅行時間信頼性の高い交通サービスが提供できている。これは、京都南・吹田間の片方向の車線数が、3 もしくは 4 車線あるためと推察される。一方、夕方・夜時間帯においては、旅行時間信頼性が大きく低下しているが、この区間は夕方に交通集中が原因の渋滞が頻発する区間でありその影響と推察される。

5. まとめ

本稿では、旅行時間信頼性の考え方にに基づき、既往の旅行時間信頼性評価指標および新たに提案した $BT/Dist$ による都市間高速道路の信頼性分析手法を提案した。提案した指標は、区間距離で正規化するため異なる区間で比較可能となっており、渋滞が頻発することで平均旅行時間が大きく算出される事象において有効性が示された。また、名神高速道路八日市・吹田間についてサービス水準を評価した結果、道路区間・月によってサービス水準が異なることが確認でき、車線数という構造的特徴により対象区間を 2 つのグループに分類できた。今後の研究課題としては、より高次の分布形状に関する情報の活用や、旅行時間変動の原因の把握があげられる。

参考文献

- 1) 宇野, 倉内, 嶋本, 山崎, 小笹, 成田: “ETC データを用いた都市間高速道路の旅行時間信頼性分析”, 土木計画学研究・講演集, Vol35, No.218, 2007.

謝辞 本研究を遂行するにあたり、NEXCO 西日本・高速道路整備効果評価研究会(会長：飯田恭敬京都大学名誉教授)にご参加の皆様より貴重なご意見・ご示唆を多

表-3 月別指標値比較 (京都南→吹田 17:00~20:59)

	3月	8月	11月	12月
T_{ave}	26.2	26.0	27.9	24.0
$T_{95}(=PT)$	42.0	47.0	41.0	40.0
BT	15.8	21.0	13.1	16.0
BTI	0.606	0.807	0.467	0.667
$BT/Dist$	0.585	0.774	0.482	0.591
L	27.1			

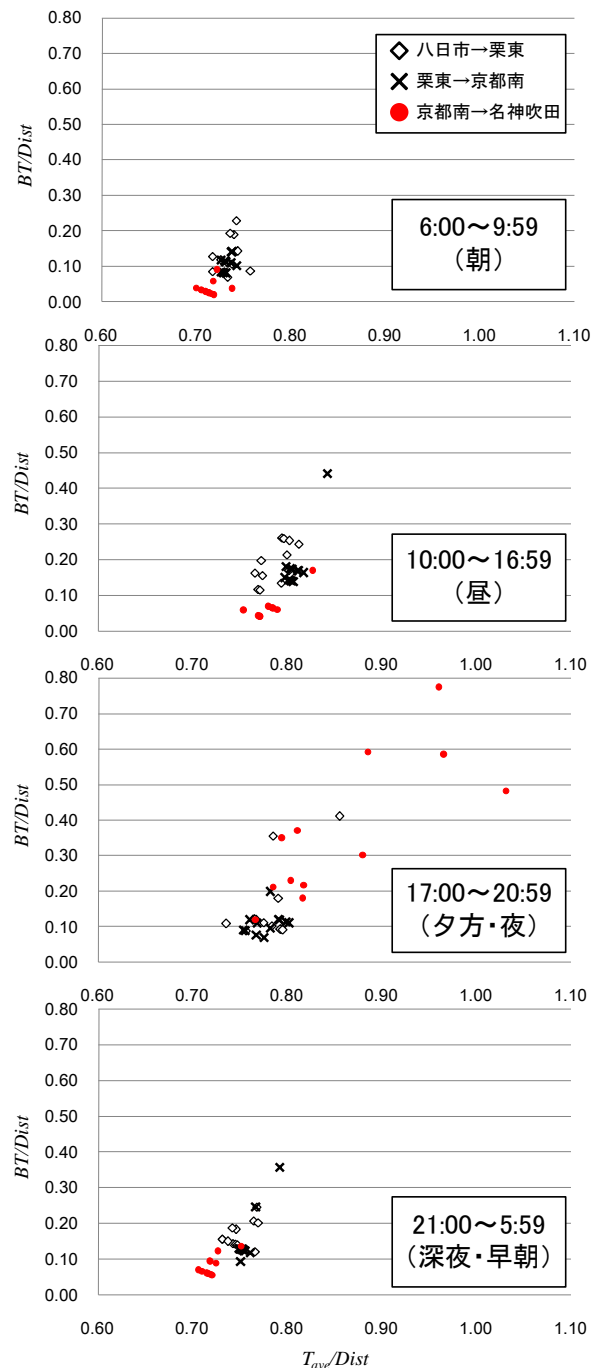


図-4 平均旅行時間/Dist—BT 値/Dist(全区間)

数頂戴した。また、データ処理において(社)システム科学研究所に多大なるご支援をいただいた。記して謝意を表します。