

都市間高速道路の旅行時間の変動と管理者・利用者からみた旅行時間信頼性指標との関係*

Travel Time Variability on the Intercity Expressway and Travel Time Reliability Indexes for Highway Users and Administrators*

若林拓史**・松本幸正***・鈴木 温***・鈴木忠英****

by Hiroshi WAKABAYASHI **・Yukimasa MATSUMOTO ***・Atsushi SUZUKI ***・Tadahide SUZUKI ****

1. はじめに

時間価値の増大，経済活動の旅行時間正確性への要求を社会的背景として，道路の交通サービス向上と情報提供への要望が強くなってきている．このうち，旅行時間はドライバーにとって最も重要な情報のひとつである．しかしながら，時々刻々と変化する交通状況の中で，平均的な旅行時間の情報提供のみでは十分とはいえず，旅行時間の正確性や安定性という信頼性の観点からも旅行時間を評価して利用・提供する必要がある．

筆者らは，道路管理者/利用者の立場からみた旅行時間信頼性指標を整理分類¹⁾し，新たな信頼性指標を提案した．本研究では，都市間高速道路の特性の異なる複数地点間を対象として，既存および提案している旅行時間信頼性指標のルート別の旅行時間特性との関係を道路管理者/利用者双方の立場から分析する．

2. 旅行時間信頼性指標の評価の観点

旅行時間信頼性を定量化する立場は以下のような分類が考えられる．

(1) 道路管理者の立場と利用者の立場

(a) 道路管理者の立場

これは，道路管理者が，道路が提供しているサービスのレベル，特に「遅れの程度」を知りたいという立場である．また，OD間に複数経路が存在する場合，ネットワークとして有効に機能しているかを知りたいという立場もある．

(b) 利用者の立場

これは，利用者が，各自想定している「予定旅行時間」で目的地に到着できるかどうかの程度を知りたいという立場である．

(2) 他の道路区間との比較可能性

これは，指標の標準化を行うかどうか，という立場である．標準化を行えば，異なる区間での比較が可能にな

る．一方，標準化を行えば，「割合の指標」に変換されるので距離の大小の考慮が困難になる場合が考えられる．

本論文で考察する11種の指標について，上記の観点から整理したものを表-1に示す．

3. 各種旅行時間信頼性指標の特性と問題点

アメリカ等で使用されている指標としては，*PT* (Planning Time), *PTI* (Planning Time Index), *BT* (Buffer Time), *BTI* (Buffer Time Index)等であり，以下のように定義される^{2),3)}．

$$PT = 95\text{パーセントイル旅行時間} = TT95 \quad \dots(1)$$

$$PTI = PT / T_{\min} \quad \dots(2)$$

$$BT = 95\text{パーセントイル旅行時間} - \text{平均旅行時間} = TT95 - Tave \quad \dots(3)$$

$$BTI = BT / Tave \quad \dots(4)$$

ここに， T_{\min} とは，自由流における旅行時間である．

BTIの問題点は式(4)において平均値が同じであれば，旅行時間変動すなわちBT値が小さい方が望ましいので，BTI値は小さい方が望ましいこととなる．しかしながら，式(4)の分子，すなわち「平均旅行時間からの変動」が同じであれば，「平均旅行時間」の小さい方が望ましいにもかかわらず，「平均旅行時間」が分母にあるために，「平均旅行時間」の小さい方の道路区間の方がBTI値が大きく算出されてしまうことが問題となっている．

また，Lomaxら²⁾は，95パーセントイル旅行時間を使用する意義を次のように述べている．

表-1 旅行時間信頼性指標の整理

	他の道路区間との比較が不可能	他の道路区間との比較が可能
道路管理者サイド	<i>PT</i> <i>BT</i> <i>TTV</i> <i>skew</i> <i>ver</i> <i>TT80-TT20</i> <i>TT70-TT30</i>	<i>PTI</i> <i>BTI</i>
利用者サイド	$P(Tave + ATTV)$ $P(Tave - DTTR)$	

* キーワード：交通ネットワーク信頼性，旅行時間信頼性，旅行時間信頼性指標，各種指標の比較

** 正会員 名城大学都市情報学部(〒509-0261 岐阜県可児市虹ヶ丘, Tel:0574-69-0131, Fax: 0574-69-0155)

*** 正会員 名城大学理工学部(〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501, Tel: 052-832-1151, Fax: 052-832-1178)

**** 正会員 (株)建設技術研究所

1) 95 パーセンタイル値は、標準正規分布における 2σ に相当する。

2) 95 パーセンタイル値は、20 日間の通勤トリップにおける 1 日の遅刻であるとし、「深刻なトラブルなしに 1 ヶ月に 1 日程度の遅刻は許されるであろう」と述べている。

1)は、この *BTI* 指標が、道路管理者側の指標（特に渋滞に起因する遅れの程度を表す指標）であることを示唆している。しかしながら、ドライバーは全体の車両の 95 パーセンタイル旅行時間に対して、それほど興味を持っているか疑問である。この点については 1σ の値にも意味があると考えられ、3.において後述する。また、2)に関しては、1 人のドライバーの長期間にわたる交通行動が、短時間における多数のドライバーの交通行動にすり替わっている点に問題点がある。多数のドライバーの中には、好んで低速での移動を選択しているドライバーも存在すると考えられるからである。

van Lint ら⁴⁾や Enide ら⁵⁾,Tu ら⁶⁾は、*askew* や *lver* 指標、*TTV* 指標を提案している。すなわち、

$$askew = (TT90 - TT50) / (TT50 - TT10), \quad \dots(5)$$

$$lver = (TT90 - TT10) / TT50. \quad \dots(6)$$

$$TTV = TT90 - TT10, \quad \dots(7)$$

ここに、 TT_x は、 x パーセンタイル旅行時間である。これらの指標も、*BTI* 指標と同様、道路管理者側の指標であるといえる。

4. 新しい指標の提案

各指標についての数値計算や各種文献等から、筆者の見解として以下のことがいえる。

- (1) 旅行時間信頼性指標のみの提供では不十分で、利用者には平均旅行時間と旅行時間変動の 2 つの情報を提供する必要がある。
- (2) 管理者側の指標と利用者側の指標を区別する必要がある。
- (3) 区間ごとの固有の評価指標と、異なる道路間で比較可能な評価指標とは別であり、両者は併用する必要がある。

以上のことから本研究では、平均旅行時間付近での変動を表現した指標を考える⁷⁾。提案する指標は、次のとおりである。

$$P(Tave + ATTV) = x | TT_x(Tave + ATTV), \quad \dots(8)$$

$$P(Tave - DTTR) = x | TT_x(Tave - DTTR), \quad \dots(9)$$

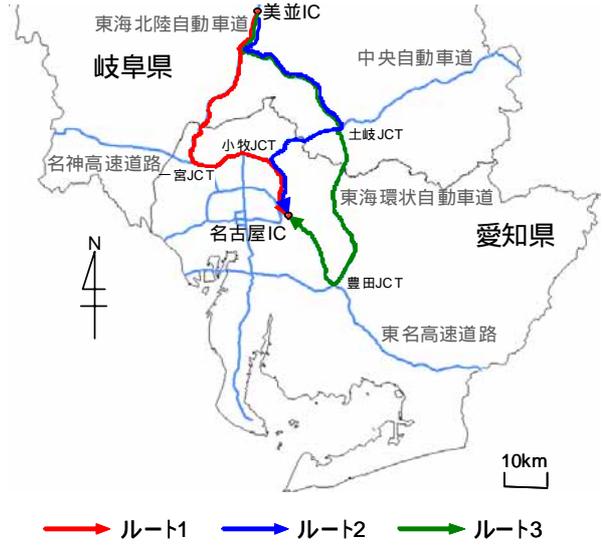
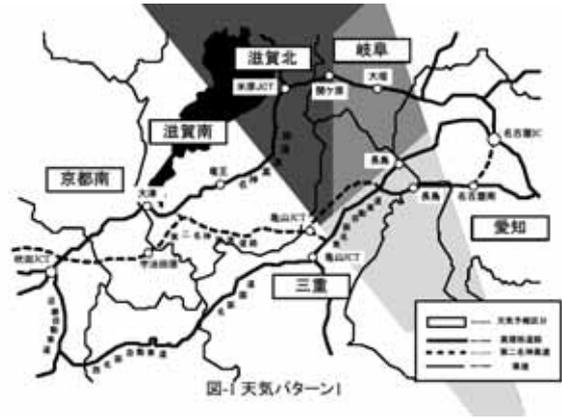


図-2 対象高速道路ネットワーク(区間2)

$$TT80 - TT20 = 80\% \text{タイル値} - 20\% \text{タイル値}, \quad (10)$$

$$TT70 - TT30 = 70\% \text{タイル値} - 30\% \text{タイル値}, \quad (11)$$

ここに、 $Tave$ とは平均旅行時間、 $ATTV$ とは許容旅行時間変動 (Acceptable Travel Time Variation)、 $DTTR$ とは希望旅行時間短縮 (Desirable Travel Time Reduction) である。

名古屋市周辺の都市間高速道路利用者を対象にした著者らの研究⁸⁾によれば、ドライバーの約 80%は、情報板で提供する予測所要時間と実際の所要時間の誤差が、 ± 10 分以内であれば、「許容できる」もしくは「ほぼ許容できる」と回答したことが明らかになっている。このことから、この 10 分という値は、所要時間の変動に対しても許容可能な範囲になると考えられる。

そこで本研究では、 $ATTV$ および $DTTR$ をともに 10 分として計算した。また、 $TT80 - TT20$ は、 1σ 型の指標に近い。これらの指標により、ドライバーは旅行時間の平均値周りの「ブレ」を知ることができ、行動判断の意志決定に利用することができると考えられる。

5. 旅行時間信頼性指標の比較

- (1) 対象区間と旅行時間算出法

表-2 各種旅行時間信頼性指標の比較(名古屋IC～吹田JCT：その1)

	<i>Tave</i>	順位	<i>PT</i>	順位	<i>PTI</i>	順位	<i>BT</i>	順位	<i>BTI</i>	順位
名神(平常時)	119.04	2	164.16	2	2.30465	2	45.12	2	0.37903	3
東名阪(平常時)	145.53	3	190.71	3	1.95725	1	45.18	3	0.31044	1
新名神(平常時)	93.25	1	128.59	1	2.30448	3	35.34	1	0.37898	2
名神(降雪予報下)	140.02	2	183.61	2	1.95658	2	43.59	2	0.31128	2
東名阪(降雪予報下)	146.28	3	191.47	3	1.95001	1	45.19	3	0.30890	1
新名神(降雪予報下)	98.48	1	133.77	1	2.18987	3	35.29	1	0.35836	3

表-3 各種旅行時間信頼性指標の比較(名古屋IC～吹田JCT：その2)

	$\lambda skew$	順位	λvar	順位	<i>TTV</i>	順位	<i>P(ave+10)</i>	順位	<i>P(ave-10)</i>	順位	<i>TT80-TT20</i>	順位	<i>TT70-TT30</i>	順位
名神(平常時)	2.00760	3	0.44355	3	52.80000	2	68.30935	3	31.34650	2	34.56000	2	21.69000	3
東名阪(平常時)	1.99996	1	0.36338	1	52.88300	3	68.53051	2	31.47101	3	34.77000	3	21.65300	2
新名神(平常時)	2.00679	2	0.44354	2	41.36000	1	73.27982	1	26.91406	1	27.07000	1	16.99000	1
名神(降雪予報下)	2.00748	3	0.36416	2	50.99000	2	68.95522	2	30.72356	2	33.47000	2	20.95000	2
東名阪(降雪予報下)	2.00057	1	0.36161	1	52.89700	3	68.52506	3	31.44666	3	34.76900	3	21.63800	3
新名神(降雪予報下)	2.00731	2	0.41935	3	41.29671	1	72.88500	1	26.88535	1	27.06833	1	16.96912	1

表-4 各種旅行時間信頼性指標の比較(美並IC～名古屋IC：その1)

	<i>Tave</i>	順位	<i>PT</i>	順位	<i>PTI</i>	順位	<i>BT</i>	順位	<i>BTI</i>	順位
ルート1(平日)	55.67	1	62.55	1	1.28	3	6.88	2	0.12	3
ルート2(平日)	63.46	2	66.20	2	1.13	1	2.74	1	0.04	1
ルート3(平日)	83.27	3	92.62	3	1.22	2	9.34	3	0.11	2
ルート1(休日)	54.89	1	65.02	1	1.29	3	10.14	2	0.18	3
ルート2(休日)	62.34	2	65.97	2	1.13	1	3.63	1	0.06	1
ルート3(休日)	81.52	3	94.37	3	1.25	2	12.85	3	0.16	2

表-5 各種旅行時間信頼性指標の比較(美並IC～名古屋IC：その2)

	$\lambda skew$	順位	λvar	順位	<i>TTV</i>	順位	<i>P(ave+10)</i>	順位	<i>P(ave-10)</i>	順位	<i>TT80-TT20</i>	順位	<i>TT70-TT30</i>	順位
ルート1(平日)	1.96	2	0.11	3	5.79	2	97.63	2	0.00	-	3.32	2	1.88	2
ルート2(平日)	1.06	1	0.06	1	3.54	1	98.90	3	0.00	-	1.97	1	1.19	1
ルート3(平日)	2.62	3	0.10	2	7.94	3	95.58	1	0.00	-	3.61	3	2.05	3
ルート1(休日)	3.96	3	0.18	3	9.50	3	94.84	2	0.00	-	4.31	3	2.78	3
ルート2(休日)	1.68	1	0.07	1	4.49	1	99.46	3	0.00	-	2.38	1	1.33	1
ルート3(休日)	1.78	2	0.08	2	6.03	2	94.24	1	0.00	-	3.35	2	1.89	2

本研究では、2つの区間を対象に検討する。

(a) 区間1(東名高速名古屋IC～名神高速吹田JCT)

計算対象経路は、1) 名神高速道路経由、2) 東名阪自動車道経由、3) 新名神高速道路経由、の3路線である。旅行時間およびその変動の計算は降雪予報下の旅行時間変動モデル⁷⁾およびビデオカメラによる観測値を用いた(図-1参照)。

(b) 区間2(東海北陸自動車道美並IC～東名高速名古屋IC)

計算対象経路は、ルート1は東海北陸道 名神高速道路 東名高速道路区間83.7km、ルート2は東海北陸道 東海環状道 中央道 東名高速道路区間87.6km、ルート3は東海北陸道 東海環状道 東名高速道路区間117.9kmである(図-2参照)。この本線上に設置されている車両感知器から得られた1分間隔の速度データを用い、走行軌跡推定法⁹⁾によって所要時間を算出した。また、ビデオカメラによってナンバープレートの照合を行って、モデルによる所要時間の推定精度の確認を行った。この算出した推定旅行時間に基づいて、旅行時間信頼性指標

の比較を行う。

ここに、これら2区間は次のような特性をもつ。

(a) 名古屋IC～吹田JCT

主ルート(新名神)が最短経路で、かつ、旅行時間変動が小さい。代替ルート(名神または東名阪)が次最短であるが、旅行時間変動が大きい。

(b) 美並IC～名古屋IC

主ルート(一宮JCT経由のルート1)が最短経路であるが、旅行時間変動が大きい。代替ルート(東海環状・中央道のルート2)が次最短であり、旅行時間変動も小さめである。

6. 各種旅行時間信頼性指標の比較検討

東名名古屋IC～名神吹田IC間の計算結果を表-2、表-3に、東海北陸道美並IC～東名名古屋IC間の計算結果を表-4、表-5に示す。表-2の第2列および表-4の第2列に平均旅行時間*Tave*を示しておく。

区間1(東名古屋IC～名神吹田IC間)の結果から述べる。新名神, 名神, 東名阪道の順に旅行時間が小さい。名神と新名神の時間差は平常時で約30分, 図-1に示す降雪パターン下では40分以上の差となっている。また, 名神と東名阪とでは平常時に約25分の時間差となっている。3路線間での順位に着目すると, 以下のことが明らかとなる。

- (1) PT, PTL, BT, BTI 値では, 順位に大きな相違が発生する。3.で述べた定性的な問題点が, 定量的に裏付けられたこととなる。特に BTI 値では, 旅行時間の小さい新名神ルートが大きく順位を落としており, 実態に合わないこの指標の問題点が明らかとなっている。
- (2) $\lambda skew, \lambda ver$ は, BTI 値と同様の傾向を示しており, (1)で指摘した問題点を同様に有している。
- (3) これに対し, 本論文で提案した $P(Tave+10), P(Tave-10)$ 指標は, 平均旅行時間付近での曲線の勾配を表しており, 旅行時間信頼性指標としての性能評価値として妥当であることを示している。 Tu ら⁹⁾による TTV 指標も同様の傾向を示している。ただし, $P(Tave+10), P(Tave-10)$ の2位と3位は, 評価値が1の位まで同じ値であるので, 微妙な順位関係にあるといえる。この点については, 計算ケースを増やして今後検討したい。
- (4) $TT80-TT20$ 指標や $TT70-TT30$ 指標も, 平均旅行時間付近での曲線の勾配を表していることから, 旅行時間信頼性指標として利用可能であることが分かる。同時に, これらの指標は, $TT95$ ほどではないが, ある程度, 道路管理者側も利用価値が高いと思われる。

次に, 区間2(美並IC～名古屋IC間)の結果について述べる。

- (5) 名古屋IC～名神吹田IC間との特性比較で述べたように主(最短)ルートと代替(次最短)ルートでの平均旅行時間および旅行時間変動に差違がある。その結果, PT, PTL, BT, BTI 値で, 順位に大きな相違が発生していることが確認できる。
- (6) 表-4の BTI 指標においては, おそらく経路長の長さから混雑時以外は利用されないと思われるルート3の評価順位が2位となっている。このような「超」大回りルートでも BTI 指標では上位に評価される点は, この指標の特徴である。
- (7) 平日と休日の結果を見ると, 順位が入れ替わっている指標がいくつかあることがわかる。これらの指標では, 平日と休日の交通状況の違いを反映した信頼性の提供が可能であると考えられる。

道路管理の立場からは, 各路線が提供しているサービスのレベルを, 上記の各指標の特性を踏まえた上で把握することができる。特に, OD間に複数ルートがあれば, それらのルートが互いに補完し合いながらネットワーク

機能を有効に発現し, 交通混雑の緩和を図る道路運用が望まれるが, この実現策として, 例えば, 情報提供の効果の評価指標として, 各信頼性指標が利用できよう。

利用者の立場からは, 利用しようと思う経路の信頼性が的確に表されているかが重要となる。ただし, 利用者のニーズは多様化しており, 複数の指標による信頼性の評価も必要であろう。

7. おわりに

本研究は, 都市間高速道路を対象とし, 区間別・ルート別の旅行時間信頼性指標の比較を行い, その特性を把握した。今後は, さらなる指標の比較と旅行時間変動と感度の分析を進めてゆく必要がある。

また, 本稿では紙数の関係から述べられなかったが, 4.で述べたように, 今後の旅行時間情報提供のあり方についても詳細に検討する必要がある。

謝辞

本研究では, 中日本高速道路株式会社から, データ提供に関して多大なるご協力をいただいた。また, 名城大学平成20年度学術研究奨励助成を得て本研究を遂行した。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 若林拓史: 各種旅行時間信頼性指標の比較と課題, 土木計画学研究・講演集, No.37, CD-ROM(No.118), 2008。
- 2) Lomax, T., Schrank, D., Turner, S. and Margiotta, R. (2003). Selecting Travel Reliability Measures. Texas Transportation Institute and Cambridge Systematics Inc., 2003. (<http://tti.tamu.edu/documents/474360-1.pdf/>)
- 3) FHWA Report (2006). Travel Time Reliability: Making It There On Time, All The Time. US Department of Transportation, Federal Highway Administration, http://www.ops.fhwa.dot.gov/publications/tt_reliability/index.htm.
- 4) van Lint, J.W.C., Tu, H. and Van Zuylen, H.J. (2004). Travel Time Reliability on Freeways. Proceedings of the 10th World Conference on Transportation Research (WCTR). Istanbul, Turkey.
- 5) Enide A.I., Bogers and van Lint, H. (2007). Traveler's Perception of Reliability: How to Measure and How to Influence. Proceedings of The 3rd International Symposium on Transport Network Reliability, Vol.2, Behavior.
- 6) Tu, H., van Lint, H. and van Zuylen, H. (2007). The Influence of Road Geometry on Travel Time Variability. Proceedings of The 3rd International Symposium on Transport Network Reliability, Vol.1, Network Design II.
- 7) Wakabayashi, H. (2008). Travel Time Reliability Indexes for Highway Users and Administrators under Uncertain Environment. Proceedings of AATT2008.
- 8) 松本幸正・鈴木忠英・松井寛: 都市間高速道路における所要時間情報提供の現況と高度化に対する意識分析, 第27回交通工学研究発表会論文報告集, pp.213-216, 2007.11
- 9) 松葉一弘・松本幸正・杉原良紀(2004): 車両感知器データを用いた都市高速道路における車両の軌跡と所要時間の同時推定, 土木計画学研究・論文集, Vol.21, No.4, 899-906.