

都市高速道路を対象とした旅行時間信頼性による新たな評価手法の研究*

A Study of Evaluation Method by Travel Time Reliability for Urban Expressway*

割田 博**・坪田 隆宏***・船岡 直樹***・宗像 恵子****

By Hiroshi WARITA**・Takahiro TSUBOTA***・Naoki FUNAOKA***・Keiko MUNAKATA****

1. はじめに

首都高速道路は、日平均115万台の交通量を有する反面、年間11,000件の事故と2,700万台・時の渋滞損失時間が発生している¹⁾。これらの問題に的確な対策を実施するためには、安全性と円滑性の両面からの客観的な評価が不可欠である。

これまで道路の機能評価を交通状況の観点から行う指標としては、渋滞量や渋滞損失時間、事故件数等が一般に用いられている。これらの指標に対し、近年、渋滞だけでなく事故も包括した側面を有する、旅行時間信頼性評価が脚光を浴びている^{2), 3)}。

一方、既往研究で指摘されているように、旅行時間信頼性による評価は、採用の前提としている道路交通状況が事故・渋滞の多い道路(特に日本の都市高速道路)への適用は困難といった問題点を有している^{4), 5)}。

そこで本研究では、首都高速道路への適用を考慮した、交通状況を的確に評価し得る新たな旅行時間信頼性指標を提案する。尚、本研究で対象としているのは道路の機能評価であることから、情報提供の一助というような観点を排除し、道路管理者のための指標に主眼を置いた提案を行う。

2. 既往評価指標の整理

表-1に既往評価指標の特徴を整理する。

事故件数や渋滞量、損失時間は、単純明快ながら、各々の評価項目を一面的に評価しているに過ぎない。

一方、旅行時間信頼性指標は、事故等の異常事象発生時(最長)、平常時(平均)、円滑時(最短)のうち、2つの組合せを評価できるものの、様々な交通状況が発生する首都高速道路の様な場合には、既往の指標で包括的・総合的に評価可能とは言い難い。

*キーワード: 旅行時間信頼性, 道路評価, 都市高速道路

**正会員, 博(工), 首都高速道路株式会社

(東京都千代田区霞が関1-4-1、

E-mail: h.warita1116@shutoko.jp)

***修(工), パシフィックコンサルタンツ株式会社

(E-mail: takahiro.tsubota@ss.pacific.co.jp)

(E-mail: naoki.funaoka@ss.pacific.co.jp)

****Msc, 首都高速道路株式会社

(E-mail: k.munakata613@shutoko.jp)

表-1 既往評価指標

評価指標	特徴
事故件数	管理者と利用者にとって単純明快な、安全性に関わる値
渋滞量	渋滞長の総和で管理指標として使用
損失時間	渋滞による遅れ時間の総和で管理指標として使用
BTI	Buffer Time(=95%ile値-平均値)を平均値で除した指標 平均値の変化によっては、適切な効果の表現は困難 自由流時に対する適切な評価は困難
PTI	Planning Time(95%ile値)を最小旅行時間で除した指標 重渋滞時のみを評価(通常時の適切な評価は困難)

3. 新たな指標の提案

ここで、「理想的な道路」とはどのようなものであり、旅行時間はどのような結果となるかを考えてみたい。これが的確に表現できなければ、評価指標が的確でないということになる。

$$TT_5 = TT_{50} = TT_{95} \quad \dots \text{式1}$$

ここでは、例として5,50,95の各%ile値を用いたが、この式は、常に一定の旅行時間である道路を示唆している。つまり、最短である5%ile値が自由流を意味しているならば、常に自由流の道路ということになる。

しかしながら、実際の道路、特に都市高速道路は、重交通に起因する日々の交通状況変化により、旅行時間の分布が広範且つ変化に富んでいる。そこで、極力簡易な手法で旅行時間の分布形状をトレースした指標の提案を本研究では目指し、最長・平均・最短の旅行時間合成による評価を試みる。

具体的には、最長は95%ile値、最短は5%ile値を採用する。これらは著しい値(異常値)を除去するための設定であるが、同時に既往指標の算出に用いる値を参考に決めている。尚、最短に関しては不変性が有り、損失時間指標の基準値でもある規制速度による旅行時間(TT_{95})を用いることも考えられるが、実態の交通状況に基づいた道路の機能評価という観点からは、5%ile値を用いる方が適切と考えられる。

一方、平均は、これを表現する値として、平均値・最頻値・中央値(50%ile値)がある。平均値は分布形状に依存するため、最長・最小と合わせた場合、形状を過大・過小に表現してしまう可能性がある。最頻値は、単峰性のある分布形状とは限らないため適切ではないと

考える。そこで本研究では、異常値の影響を受け辛く、最長・最小と同列の算出値である 50%ile 値を採用する。

以上より、既存指標に対し広範(多種)な旅行時間域を対象とした時間(値)であることから、WRT (Wide Range Time)と名付け、以下のように2通り(WRT_A、WRT_B)の算出を提案する。

$$WRT_A = \sqrt{TT_5^2 + TT_{50}^2 + TT_{95}^2} \quad \dots \text{式2}$$

$$WRT_B = \sqrt[3]{TT_5 * TT_{50} * TT_{95}} \quad \dots \text{式3}$$

式2 および式3 の概念を図-1に示す。旅行時間の3つの代表値から構成される直方体を考えた場合、式2はその直方体の対角線長に対応する。一方、式3は直方体の体積を変えずに立方体へ変形した場合の一边の長さに対応し、旅行時間代表値の相乗平均となる。

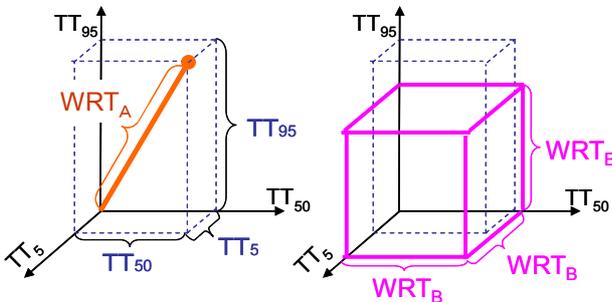


図-1 提案指標概念図

式1に示したような理想的な道路の場合、式2 および式3は、それぞれ以下のように表される。

$$WRT_A^* = TT_5 \sqrt{3} \quad \dots \text{式4}$$

$$WRT_B^* = TT_5 \quad \dots \text{式5}$$

式2 および式3 を、それぞれ式4 および式5 によって除することで、路線間の比較が可能な指標として、WRT-I (Wide Range Time - Index)を提案する。

$$WRT_{A_I} = WRT_A / WRT_A^* \quad \dots \text{式6}$$

$$WRT_{B_I} = WRT_B / WRT_B^* \quad \dots \text{式7}$$

ここで、旅行時間の信頼性向上に関して整理を行う。信頼性が向上するとは、一般に旅行時間の分布幅が狭まることを意味するが、それには表-2に示すように、3種類のケースが考えられる。尚、一般に自由流走行時の旅行時間である5%ile 値は、交通状況によらずほぼ一定である為、ここでは整理の対象から除外する。

表-2 旅行時間信頼性向上の種類

	最長旅行時間 (95%ile 値)	平常時旅行時間 (50%ile 値)
ケース1	↓低下	→不変
ケース2	→不変	↓低下
ケース3	↓低下	↓低下

(凡例：→ 変化しない、↓改善)

これら3ケースの旅行時間信頼性向上のパターンを全て表現できて、はじめて適切な評価指標と呼ぶことが出来ると考えられる。BTI による評価の場合、平常時の旅行時間(50%ile 値)が大きく改善する場合(ケース2、ケース3)には、必ずしも適切な評価が出来ないことが、既往の研究でも示されている^{4),5)}。また、PTI は最長旅行時間(95%ile 値)のみを評価しているため、95%ile 値は変化しないが、50%ile 値は改善するような場合には、その変化を表現しきれない。一方、提案指標では最長・平常時・円滑時の3種類の旅行時間を用いているため、表-2に示す3つのケースの何れの場合も表現可能と期待される。

4. 対象路線と対象期間

首都高速道路ネットワークの中でも重交通を有し、事故・渋滞の発生が見受けられる路線を比較検証する観点から並行・類似する3号渋谷線(上り)と4号新宿線(上り)を選定する。また、その他の放射線として、6号三郷線(上り)、及び9号深川線を選定する。表-3に各路線の概要を示す。

分析対象期間としては、交通状況変化の影響分析を行うことを考慮し、2007年12月に開通した中央環状新宿線(山手トンネル)の供用前後を比較すべく、2007年と2008年の夫々11月のデータを用いることとする。

尚、道路管理指標を念頭においているため、出発時間を考慮した使い方である時間帯毎の区分は今後の課題とする。



図-2 分析対象路線

表-3 分析対象路線概要

路線名(上り)	延長 km	交通量 台/日	損失時間 台時/日	事故 件/月
3号渋谷線	12	59,000	61	39
4号新宿線	14	57,000	53	42
6号三郷線	11	48,000	39	16
9号深川線	7	41,000	16	10

※2007年11月データ

5. 既存指標と新たな指標による評価比較

上記の分析対象路線に対し、既存指標と提案指標を用いて路線の機能評価を行う。本研究では旅行時間の信頼性に注目している為、比較対象に用いる既存指標として、BTI、およびPTIを採用する。

まず、3号渋谷線の指標を比較する。図-3に旅行時間の代表値と指標比較結果を示すが、50%ile 値と95%ile 値の両方に改善が見られ、表-2のケース3に当てはまる。指標値を見ると、明らかに旅行時間の分布幅が狭まっているにも関わらず、BTI による評価では、信頼性が悪化していることを示している。これは、既往の研究でも指摘されている通り、BTI 指標は50%ile 値が比較前後で変化しないことを前提に設定されているためであり、首都高速のように、日常的に渋滞する路線の評価には適していないことを示す^{4), 5)}。

一方、提案指標とPTIは同様の変化を示している。これは、提案指標の性格上95%ile 値の影響を最も受けやすく、95%ile 値そのものを評価するPTI と似た性質を持つことを表している。

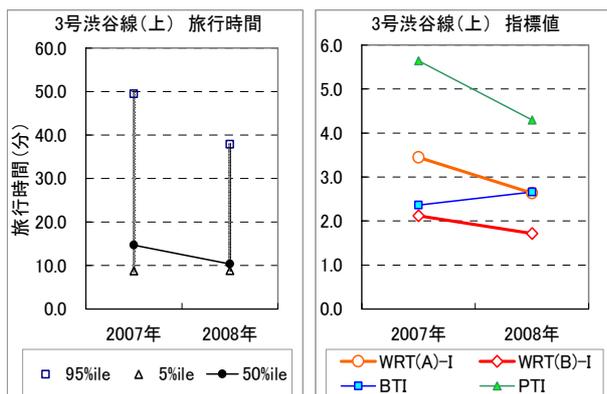


図-3 旅行時間代表値と指標比較(3号渋谷線)

次に、4号新宿線の指標を比較する(図-4)。この場合も50%ile 値と95%ile 値の両方に改善が見られ、表-2のケース3に当てはまる。このケースでは50%ile 値の改善幅が比較的小さく、BTIを含めた全指標で、適切な結果が得られている。

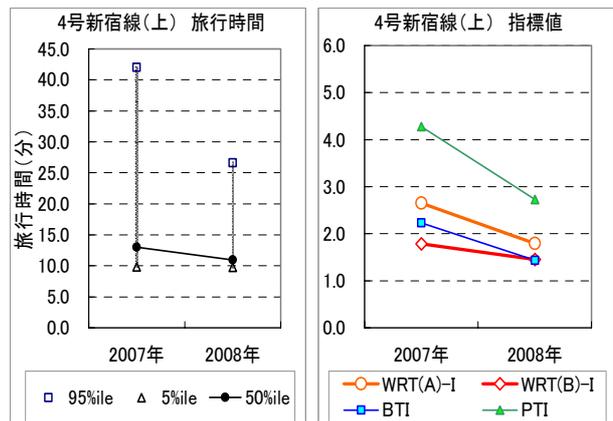


図-4 旅行時間代表値と指標比較(4号新宿線)

続いて、6号三郷線での算出結果を示す(図-5)。今回は、50%ile 値は殆ど変化していないのに対し、95%ile 値は大きく改善しており、表-2のケース1に対応する。このケースでは、50%ile 値が殆ど変化しておらず、且つ50%ile 値と5%ile 値がほぼ等しいことから、BTI の変化とPTI の変化が類似の傾向を示している。一方、提案指標では、WRT_A-IはBTIやPTIと同様に大きな改善幅を見せているのに対し、WRT_B-Iは比較的小さな改善となっている。50%ile 値が殆ど変化していないことを考えた場合、WRT_B-Iの方が総合的な評価が可能という側面を有している。

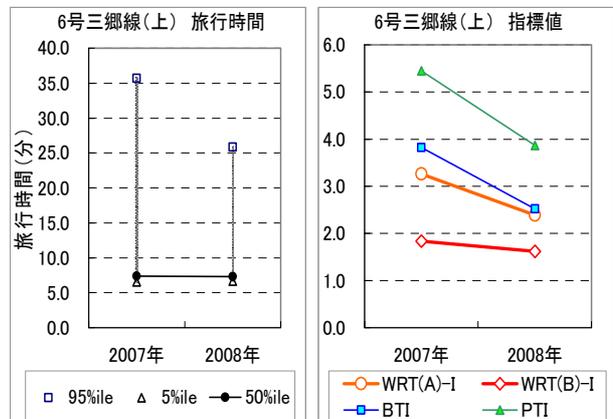


図-5 旅行時間代表値と指標比較(6号三郷線)

最後に、9号深川線での算出結果を示す(図-6)。このケースでは3つの旅行時間代表値の何れも殆ど変化しておらず、旅行時間信頼性は改善も悪化もしていない。一方、指標の変化を見るとBTIやPTIでは僅かながら増加傾向を示している。これは95%ile 値の微増に反応した結果であるが、提案指標による評価では殆ど変化が見られず、より直感に即した評価が出来ていると考えられる。

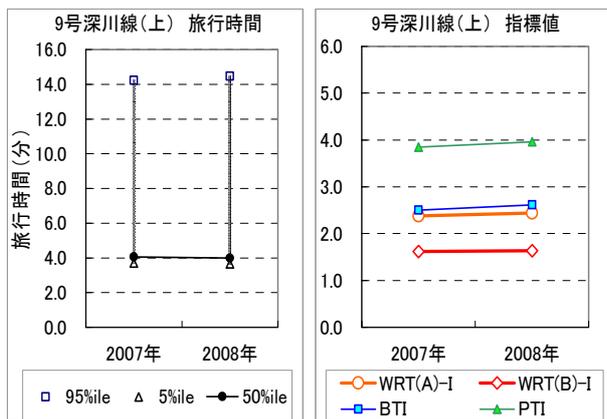


図-6 旅行時間代表値と指標比較(9号深川線)

以上の分析では、既存指標に対し提案指標の部分的な優位性を示すに留まっており、絶対的な優位性は示しきれなかったが、以下に提案指標の性質を踏まえた今後の展開について考察を加える。

まず、 WRT_A については、95%ile 値、50%ile 値及び5%ile 値からなる直方体の対角線の長さであるという幾何学的な性質上から当然の結果であるが、常に95%ile 値以上の値をとる。 WRT_A-I が PTI と類似の傾向を示した原因は、この考察からも明らかである。

一方、 WRT_B は定義上、旅行時間代表値の相乗平均であることから、異常時の交通状況(95%ile 値)も反映した一種の重み付け旅行時間と見ることが出来る。表-4に WRT_B の旅行時間分布における%ランクを示す。

表-4 WRT_B の%ランク

路線名(上り)	2007年11月	2008年11月
3号渋谷線	56.0%	64.8%
4号新宿線	59.8%	72.2%
6号三郷線	64.2%	69.6%
9号深川線	76.8%	79.7%

今後、利用者の認知している旅行時間と、 WRT_B との関係性を明らかにすることで、 WRT_B を管理指標としてだけでなく、利用者にとっても意味のある指標として活用出来ると考えている。

6. おわりに

本研究では、簡易な手法で旅行時間の分布形状をトレース可能な指標として、最長(95%ile 値)、平常時(50%ile 値)、及び円滑時(5%ile 値)の3種類の旅行時間を用いた、2つの指標を提案した。

提案指標の課題として、以下の事項が考えられる。

- ◇ 路線(or 特定OD)の評価に留まるため、代表抽出による全体推定は可能だが、道路網全体の評価が可能とは言い難い。

- ◇ 直観的に理解しやすい指標とは言い難い。
- ◇ 分布形状の違いを表現可能な指標とは言いがたい。例えば、図-7に示すように95%ile 値、50%ile 値、5%ile 値の等しい単峰性の分布と多峰性の分布を考えた場合、これらは交通状況としては明らかに異なるにもかかわらず、提案指標では全く同じ評価結果となってしまふ。

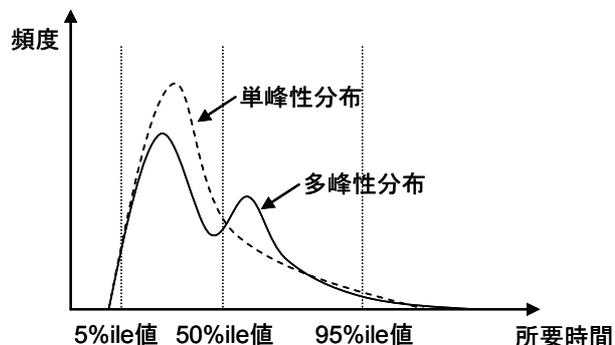


図-7 単峰性分布と多峰性分布

一方、今後の展開を考えた際、以下の項目が考えられる。

- ◇ BTI、PTI が無次元の単なる指標であるのに対して、 WRT_B はある種の重み付け旅行時間として扱うことも可能であるため、利用者への提供を見据えた展開が考えられる。
- ◇ 本研究では時間帯等の区分は行わなかったが、時間帯別への拡張も考えられる。

本研究での提案指標は萌芽段階にあり、実務に反映させるための課題は多いが、今後検証事例を増やしていく中で適宜修正を加え、管理者だけでなく利用者にも分かり易い(使い易い)指標にしていく所存である。

参考文献

- 1) 独立行政法人 日本高速道路保有・債務返済機構 HP, <http://www.jehdra.go.jp/pdf/424.pdf>
- 2) 飛ヶ谷明人, 石橋照久, 田名部淳, 朝倉康夫: 阪神高速道路におけるインシデント発生時の旅行時間信頼性評価, 第28回交通工学研究発表会論文報告集, pp.177-180, 2008
- 3) 足立智之, 藤川謙, 朝倉康夫: 代替経路を持つ高速道路区間の所要時間信頼性に関する実証分析, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol.38, No.294, 2008
- 4) 宗像恵子, 割田博, 岡田知朗: 首都高速道路における所要時間の信頼性指標を用いた事業評価事例, 土木計画学研究・講演集, Vol.37, No.123, 2008
- 5) 山崎浩気, 嶋本寛, 宇野伸宏, 倉内文孝, 小笹浩司, 成田博: 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, 土木計画学研究・講演集, Vol.36, No.220, 2007