

都市高速道路における時間信頼性便益の試算

長澤光弥¹・福田大輔²・朝倉康夫³・中西雅一⁴・北澤俊彦⁵

¹正会員 阪神高速道路株式会社 計画部 調査課 (〒541-0056 大阪府大阪市中央区久太郎町4-1-3)

E-mail: mitsuya-nagasawa@hanshin-exp.co.jp

²正会員 東京工業大学大学院理工学研究科 准教授 (〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1)

E-mail: fukuda@plan.cv.titech.ac.jp

³正会員 東京工業大学大学院理工学研究科 教授 (〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1)

E-mail: asakura@plan.cv.titech.ac.jp

⁴正会員 株式会社地域未来研究所 (〒530-0003 大阪府大阪市北区堂島1-5-17)

E-mail: nakanishi@refrec.jp

⁵正会員 阪神高速道路株式会社 計画部 調査課 (〒541-0056 大阪府大阪市中央区久太郎町4-1-3)

E-mail: toshiko-kitazawa@hanshin-exp.co.jp

道路事業を取り巻く情勢は、少子高齢社会の進展とともに、厳しさを増しており、より透明性が高く、かつ分かりやすい事業の必要性が求められている。阪神高速道路においても、従来から基本3便益を用いた新規路線等の評価を実施してきている。一方、過年度から時間信頼性に関する研究に取り組み、交通情報提供等で活用している。本研究では、道路網の信頼性の中でも旅行時間信頼性に着目し、便益評価を試みた。具体的には、まず国内外の時間信頼性向上便益の計測マニュアル等をレビューし、諸課題を整理した。次に、既往研究で提案された統合アプローチの実務への適用を図り、2013年5月に供用された2号淀川左岸線を対象として時間信頼性便益を試算した。最後に、試算結果に基づいて、複数経路が形成された場合の便益の算定・評価に関する課題等を整理した。

Key Words : 時間信頼性便益, 時間信頼性価値, 統合アプローチ, 都市高速道路

1. はじめに

道路事業を取り巻く情勢は、少子高齢社会の進展とともに厳しさを増しており、より透明性が高くわかりやすい事業の必要性が求められている。阪神高速道路においても、新規路線の事業評価に関して、従来から基本3便益（走行時間短縮、走行費用減少、交通事故減少）を用いた評価を実施してきている。一方、諸外国では、基本3便益以外の道路が有する多様な整備効果も便益に計上し、費用便益分析を実施している¹⁾。特に、時間信頼性向上便益に関しては、欧州で事業評価に加えようとする動きが活発化している。ロンドンやストックホルムの混雑料金制度導入による時間信頼性向上便益は利用者便益全体の2割程度になるという試算結果も報告されており、時間短縮便益と比較しても無視できない大きさであるというのが基本認識となりつつある²⁾。

従って、現在実施されている基本3便益のみに基づく評価では、道路が有する多様な整備効果を十分に反映したものとは必ずしもなっていないと考えられる。

さて、阪神高速道路では、過年度から時間信頼性に関する研究に取り組んでいる。交通情報提供といった観点では、インターネット上の情報提供サービスとして%マイル旅行時間情報の提供を実用化³⁾している。また、サービス水準評価に関しては、既存の渋滞指標（渋滞量や損失時間）と時間信頼性指標を組み合わせた総合的な評価の試算⁴⁾等に取り組んできた。

本研究では、上述した社会情勢や阪神高速道路における時間信頼性に関する取り組みや、最新の研究動向等を踏まえて、都市高速道路における時間信頼性便益の算定を試み、便益算定・評価における課題を整理する。

まず、2章で国内外の時間信頼性便益の計測マニュアルについて整理する。3章では、便益算定における課題を整理するとともに、本研究における時間信頼性便益の算定根拠とする統合アプローチについて概説する。4章では、2013年5月に供用を開始した阪神高速2号淀川左岸線を対象に事後的に取得された交通データに基づいて時間信頼性便益の算定を試みる。5章で、便益試算を通じて得られた便益の算定・評価における課題を整理する。

表-1 国内外の時間信頼性向上便益の算定手法

	イギリス ⁵⁾	ニュージーランド ⁶⁾	国交省マニュアル案 ⁷⁾
時間信頼性指標	標準偏差	標準偏差	余裕時間 (99%tile－平均旅行時間)
指標の算定単位	トリップベース	リンク・交差点⇒トリップ	リンク⇒トリップ
指標の推定式	トリップ単位で変動係数（標準偏差/平均旅行時間）を推定 $CV = 0.16ci^{1.02}d^{-0.39}$ ci : 混雑指標 平均旅行時間/自由流走行時の旅行時間 d_{ij} : トリップ長 ■推定式の説明変数 ・トリップ長 ・混雑指標	道路種別や交差点種別に、区間・交差点単位で標準偏差を推定 $\sigma = s_0 + \frac{(s - s_0)}{1 + e^{\frac{b}{C}(\frac{V}{C} - a)}}$ ⇒トリップ単位に結合 $\sigma_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n \sigma_k^2}$ V : 交通量, C : 交通容量 s_0, s, a, b : パラメータ n : トリップを構成するリンク及び交差点数 ■推定式の説明変数 ・交通量 ・交通容量	車種別・道路種別別・車線数別・信号密度別に 1km 当たりの余裕時間を推定 日平均旅行速度－余裕時間の換算表として整理（99%tile 旅行時間と旅行速度の回帰式を作成している） ⇒トリップベースに換算 車種別・道路種別別にトリップ長分布を考慮した余裕時間を算出するための換算係数を表形式で整理している ■説明変数 ・日平均旅行速度
信頼性比※ 時間信頼性価値	自動車旅客交通 : 0.8 公共旅客交通 : 1.4 貨物交通 : 記述なし	典型的な都市内交通 : 0.9 (乗用車 : 0.8, 商用車 : 1.2 の比率により設定)	時間価値と同一
その他の特徴	—	分析の対象エリア外における旅行時間変動の影響を考慮する補正係数を設定	時間信頼性の向上を享受する利用者割合を補正係数として、最後に乗じている

※ 信頼性比 : 時間信頼性価値 / 時間価値 (RR: VOR/VOI)

2. 国内外の時間信頼性便益の計測マニュアルのレビュー

本章では、まず、英国⁵⁾及びニュージーランド⁶⁾の計測マニュアル、平成20年度に国土交通省の道路事業の評価手法に関する検討委員会で示されたマニュアル案⁷⁾について、便益評価をする際に重要となる事項を整理する。具体的には、時間信頼性指標、指標の算定単位、指標の推定式、時間信頼性価値、及びその他特徴的な事項に着目して比較・整理する（表-1参照）。

(1) 時間信頼性指標

時間信頼性指標として、英国及びニュージーランドでは標準偏差、国交省マニュアル案では余裕時間（99%タイル旅行時間－平均旅行時間）を採用している。国交省マニュアル案では、平日1年間（約245日）で、年3回以内の遅刻に抑えることを前提に、99%タイル旅行時間を設定している。その設定根拠は、物流事業者等に対する許容可能な遅刻日数に関するアンケートやヒアリング等に基づいて設定したと推察される。

(2) 指標の算定単位

指標の算定単位について、英国はトリップベースで直接的に指標を算定している。一方、ニュージーランドでは、リンク・交差点単位で算定した時間信頼性指標をリンク間の相関を考慮せずトリップ単位に統合している。国交省マニュアル案では、車種別・道路種別別・車線数別・信号密度別に1km当たりに正規化したリンク単位で指標を算定し、別途算定したリンク間の相関関係やトリップ長分布を勘案した換算係数を指標に乗じて、トリップベースに変換している。

(3) 指標の推定式

時間信頼性指標の推定式に関して、英国は混雑指標とトリップ長を説明変数に変動係数を得る推定式として、イングランドの10大都市圏の34ルートにおける走行軌跡データを用いて構築している。ニュージーランドは、交通量と交通容量を説明変数に標準偏差が得られる推定式を7パターン（リンク5区分、交差点2区分）に分類して構築している。一方、国交省マニュアル案では、推定式ではなく、日平均旅行速度と1km当たりの余裕時間の換算表として車種別・道路種別別・車線数別・信号密度別に整理している。

換算表は、具体的に以下の工程から算定されている。まず、プローブデータやVICSデータ等から1km当たりの旅行時間データを整理し、標準偏差を算定する。次に旅行時間分布に正規分布を仮定して、算定した標準偏差から99%タイル旅行時間を推定する。最後に、推定した99%タイル旅行時間と旅行速度との回帰式を作成し、回帰式に基づいて日平均旅行速度・余裕時間の換算表として整理している。

(4) 時間信頼性価値

時間信頼性価値に関しては、国交省マニュアル案では、時間信頼性価値と時間価値は同一と見なしている。一方、英国やニュージーランドでは、“信頼性比（RR：Reliability Ratio）＝時間信頼性価値／時間価値”を設定しており、両国とも暫定値として信頼性比0.8～0.9を採用している。また、英国に関しては、既往の研究成果をベースに議論された結果を暫定値として設定している旨の記述がある。

(5) その他の特徴的な事項

その他の特徴として、ニュージーランドでは、分析の対象エリア外における旅行時間変動の影響を考慮する補正係数を設定している。国交省マニュアル案では、時間信頼性の向上を享受する利用者割合を補正係数として最後に乗じている。

3. 時間信頼性便益の試算方針の整理

本章では、前章で整理した時間信頼性便益の計測マニュアルのレビュー及び既往研究のレビュー^{8) 9)}に基づき、時間信頼性便益を試算する際の課題を整理する。加えて、本研究における時間信頼性便益の試算方針及び考え方について述べる。

(1) 便益試算における課題の整理

ここでは、時間信頼性指標、指標の算定単位及び指標の推定式、時間信頼性価値に着目して便益算定における課題を整理する。

a) 時間信頼性指標

時間信頼性を評価する指標は、旅行時間の標準偏差、%タイル旅行時間などの旅行時間分布の特性値が想定される。どの指標を採用するかについては、指標の頑健性、推定手法の構築のしやすさ、交通行動モデルとの整合性といった観点を考慮することが重要と考えられる。

b) 指標の算定単位及び指標の推定式

既往の時間信頼性便益の計測マニュアルのレビューにおいても述べたように、時間信頼性指標の算定単位とし

て、リンクベース、トリップベースの2通りの考え方がある。

リンクベースの算定は、検知器データや各種プローブデータなどの旅行速度の計測結果が区間単位で整理されていること、時間短縮便益の算定単位と整合すること等から実務的に算定が容易（交通量推計においても、経路単位の旅行時間の出力が不要）といった利点がある。しかし、リンクベースから最終的にトリップベースに変換する際は、リンク間での旅行時間の相関関係（共分散）の影響を考慮する必要がある。しかし、現時点では理屈に基づいて解消することが技術的に難しい。加えて、長距離トリップになる（リンク数が多くなる）ほど、リンク間の相関関係の影響が大きくなるため、相対的に長距離トリップの構成比が高い阪神高速道路では、リンクベースの算定では、時間信頼性指標に与える影響は大きいと推察される。

また、指標の推定式に関して、国交省マニュアル案では、日平均旅行時間をインプットに余裕時間を推定している。これは、現状の交通量推計が日単位の結果になっていることに起因していると推察される。しかし、実際には、時間信頼性は交通需要（旅行時間）の増減と密接に関係することから、交通需要の時間変動を考慮するため、一定の仮定に基づいて時間帯別に時間信頼性指標を推定する手法を検討しておくことも重要と思われる。

c) 時間信頼性価値

国交省マニュアル案では、時間信頼性価値と時間価値は同一と見なして算定している。しかし、時間変動と時間短縮は性質が異なった時間を評価しており、海外の時間信頼性向上便益の算定マニュアルや既往研究においても、時間価値とは異なった様々な値の設定や試算が行われている。従って、本研究においても、時間信頼性価値を算定することが望ましいと考えられる。

一般的に時間信頼性の価値を算定する手法として、平均・分散アプローチ、スケジューリングアプローチの2つに大別される。それぞれの特徴を表-2に示す。

平均・分散アプローチは、利用者の早着・遅着を区別せず、旅行時間の不確実性によって生じる利用者の不都合さを記述したモデルである。利用者の効用が旅行費用、平均旅行時間、旅行時間変動（標準偏差や%タイル値など）に依存すると仮定される。モデルが明快かつ分析が容易であることから、経路選択モデルとしてSP調査を実施して行動データを収集し、時間信頼価値を推定している事例が幾つかある。一方、効用関数の説明変数に平均値や標準偏差等の統計値を用いることがミクロ経済学的に妥当か否かについては明確でないといった指摘がある。

一方、スケジューリングアプローチは、“希望到着時刻（Preferred Travel Time, PAT）を持つ利用者が旅行時間

表-2 時間信頼性価値の算定アプローチの特徴

	平均 - 分散 アプローチ	スケジューリング アプローチ
交通 行動 モデル	利用者の効用が旅行費用、平均旅行時間、旅行時間変動（標準偏差や%タイル値など）に依存すると仮定したモデル	利用者の効用は、旅行費用、旅行時間、希望到着時間（PAT）から遅着するか、早着するかに基づいて決定されると仮定した出発時刻選択モデル
長所	モデルが明快で分析が容易であり実務的 （SP 調査＋経路選択モデル等で時間信頼性価値の推定事例が多い）	行動理論と整合した厳密なモデル （行動結果のアウトカム（早着、遅着、旅行時間）が直接効用関数の説明変数になる）
短所	ミクロ経済学の観点からは妥当性が不明確（標準偏差等の統計値を用いることの是非）	実務での適用が困難な点あり （利用者の PAT の収集が困難、早着と遅着という複数の価値が存在するなど）

の変動を考慮した期待不効用を最小にするような出発時刻選択を行う”ことを想定したモデルである。利用者の効用は、旅行費用、旅行時間、希望到着時間から遅着するか、早着するか、に基づいて決定されると仮定している。行動結果のアウトカム（早着、遅着、旅行時間）が説明変数として直接効用関数に含まれる点において行動理論と整合しており、厳密なモデルと捉えることができる。しかし、適用に当たっては、利用者のPATを収集する必要があるがその作業が困難であること、早着と遅着といった複数の価値が存在すること、信頼性比の算出には所要時間分布が必要になること等、実務での適用が困難な面があり、国内での算定事例は少ない。

これらに対し、双方の利点を兼ね備えた平均 - 分散・スケジューリング統合アプローチ^{10) 11)}が提案されている。

(2) 本研究における便益の試算方針及び考え方

a) 試算方針

(1)での整理結果を勘案し、本研究における時間信頼性便益の試算方針を以下に示す。

本研究では、時間信頼性指標として標準偏差を用いる。また、指標の算定単位はトリップ単位とした。阪神高速道路を対象とした場合、事後的に交通データが収集可能であることから、本研究では、将来予測ではなく、現況評価に焦点を当てて、時間信頼性便益を試算することとした。信頼性比については、後述する平均 - 分散・スケジューリング統合アプローチを用いて算定した。

b) 平均 - 分散・スケジューリング統合アプローチ

平均 - 分散・スケジューリング統合アプローチ^{10) 11)}は、スケジューリング型のコスト関数に基づいたドライバー

の出発時刻選択のモデル化から定式化を開始し、最終的に得られる最大化された期待効用関数が平均旅行時間と標準偏差の線形和といったと平均 - 分散型に帰着する。すなわち、ミクロ経済理論との整合性も確保（スケジューリングモデル）されつつ、時間信頼性便益は標準偏差の減少分によって計測すればよい（平均 - 分散モデル）ため、実務での適用も容易と考えられる。以下に統合アプローチの考え方を概説する。

まず、利用者の効用関数として式(1)に示す出発時刻選択モデルを設定する。式(1)の第1項は早着不効用、第2項は旅行時間不効用、第3項は遅着不効用を示している。

$$U(D,T) = \eta D + \omega T + \lambda(T-D)^+ \quad (1)$$

$$\text{where } T = \mu + \sigma X, \quad X \approx \Phi(X)$$

ただし、 D ：出発時刻、 T ：実旅行時間、

η, λ, ω ：スケジューリング・パラメータ

μ ：平均旅行時間、

σ ：旅行時間の尺度関数（標準偏差）

X ：基準化旅行時間、

Φ ：基準化旅行時間の分布関数、

式(1)を期待効用最大化原理に従って、最適な出発時刻を選択するとして定式化を進めると、式(2)に示すように、平均旅行時間と標準偏差の線形和といったと平均 - 分散モデルの式形に帰着する。

$$EU^* = (\eta + \omega)\mu + \lambda H\left(\Phi, \frac{\eta}{\lambda}\right)\sigma \quad (2)$$

$$= \theta\mu + \kappa\sigma$$

$$\text{where } H\left(\Phi, \frac{\eta}{\lambda}\right) = \int_{1-\frac{\eta}{\lambda}}^1 \Phi^{-1}(v) dv \quad (3)$$

ただし、式(3)で定義されるH指数は、利用者の選好（ η, λ ）と基準化旅行時間分布 Φ に依存する関数であり、図-1で示した斜線部の面積に相当する。

従って、スケジューリングパラメータとH指数が定まると、式(2)の関係性から得られる式(4)より、信頼性比RR（時間信頼性価値/時間価値）が算定できる。

$$RR = \frac{\lambda}{\eta + \omega} H\left(\Phi, \frac{\eta}{\lambda}\right) \quad (4)$$

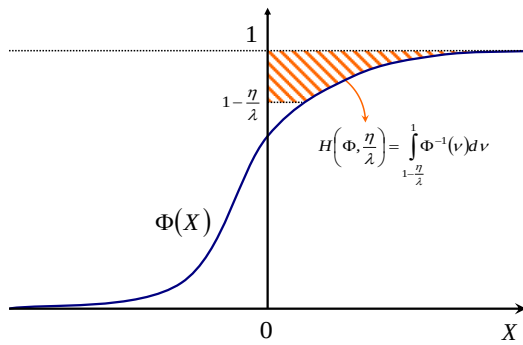


図-1 H指数の図化表現

4. 時間信頼性便益の試算

(1) 便益試算の対象事業と評価範囲

本研究では、阪神高速2号淀川左岸線一期事業を便益試算の対象事業として設定した。当該事業区間（島屋IC～海老江JCT間の4.3km）は平成25年5月25日に供用を開始した。供用によって3号神戸線と5号湾岸線が1号環状線を経由せずに直結することとなり、利便性の向上が期待される。

便益試算範囲については、阪神高速道路のネットワーク全体を分析対象とせず、本事業の効果が強く発現されると考えられる神戸方面～堺方面のトリップに限定して試算する。特に神戸線→環状線→湾岸線といった経路を利用していただトリップは、神戸線→淀川左岸線→湾岸線といった利用で距離が短く、渋滞・混雑区間を回避できるため、時間短縮及び時間信頼性向上が図られると推察できる。また、競合する神戸線→（乗継ルート）→湾岸線といった利用経路への影響も大きいと推察される。従って、本研究では図-2に示すA～Cの3経路を対象に便益を試算する。

(2) 試算に用い交通データ

試算条件及び交通データの概要を表-3に示す。対象期間は、供用前の平日114日間、供用後の平日120日間とした。経路交通量は、ETCシステムから集計された利用経路が概ね把握できる1時間単位のランプ間OD交通量を用いた。経路旅行時間は、約500m区間毎に設置されている車両検知器データからタイムスライス法¹²⁾ ¹³⁾を用いて算定した。

また、便益評価に用いる信頼性比を算出するためには、予めH指数（式(3)）の算定が必要となる。H指数の算定に必要な当該区間の基準化旅行時間分布は、前述の車両検知器データから作成した経路旅行時間分布を用いた。更に、H指数の算定に必要となるスケジューリング・パラメータについては、本試算のためのパラメータ推定等は実施せず、Smallの推計値¹⁴⁾を用いた。



図-2 試算対象とした経路

表-3 試算条件及び交通データの概要

対象路線	阪神高速2号淀川左岸線
対象期間	供用前：平成24年11月25日～平成25年 5月24日 供用後：平成25年 6月 1日～平成25年11月30日
試算範囲	神戸→堺方面の以下のOD交通量・経路で算定 O：3号神戸線柳原ランプ以西 D：4号湾岸線出島ランプ以南 経路A：神戸線→（摩耶→住吉浜）→湾岸線 経路B：神戸線→（京橋→住吉浜）→湾岸線 経路C：供用前：神戸線→環状線→湾岸線 供用後：神戸線→淀川左岸線→湾岸線
経路交通量	ETC-ODデータ （流入時刻を1時間単位で集計済）
旅行時間	5分間検知器データ （タイムスライス法で経路旅行時間を算定）
スケジューリングパラメータ	Smallによる推計値 ¹⁴⁾ から以下の値を設定 $\eta = -0.065$, $\lambda = -0.319$, $\omega = -0.041$

(3) 基礎的なデータ分析

便益評価に用いる交通データの基礎的な分析結果を以下に示す。

a) 経路交通量と経路分担率

まず、経路別交通量と経路分担率を表-4及び表-5に示す。対象ODでは供用前後で176台/日から214台/日と38台/日の増加が確認できる。また、経路Cの分担率が供用前後で10.4%から24.6%に増加していることが把握できる。加えて、日平均交通量と比較すると、経路Aと経路Bは供用前後で概ね同一の値となっているが、経路Cでは、18台/日から53台/日に増加している。

b) 平均旅行時間と標準偏差

次に、経路別・時間帯別の旅行時間の平均値と標準偏差を図-3～図-5に示す。供用前後において、淀川左岸線を利用するようになった経路Cでは、平均旅行時間・標準偏差ともに減少している。一方、経路Aや経路Bでは平均旅行時間・標準偏差ともに微増している。これは、

表-4 経路交通量と分担率（供用前：平日114日間）

経路	期間延べ交通量 〔台〕	日平均交通量 〔台/日〕	経路 分担率
A	9,860	86	49.0%
B	8,159	72	40.6%
C	2,089	18	10.4%
合計	20,108	176	100.0%

表-5 経路交通量と分担率（供用後：平日120日間）

経路	期間延べ交通量 〔台〕	日平均交通量 〔台/日〕	経路 分担率
A	10,579	88	41.3%
B	8,737	73	34.1%
C	6,316	53	24.6%
合計	25,632	214	100.0%

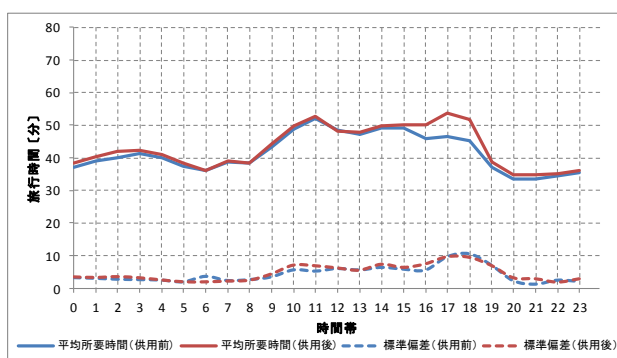


図-3 経路Aの平均旅行時間と標準偏差

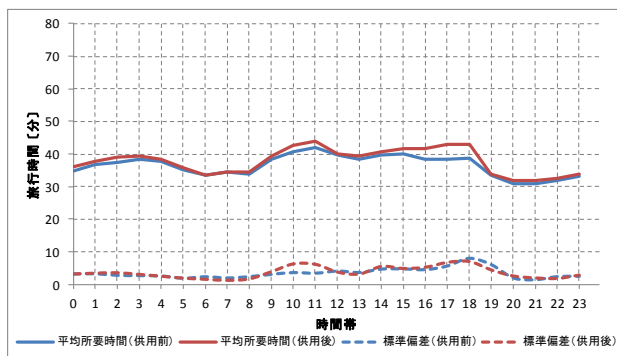


図-4 経路Bの平均旅行時間と標準偏差

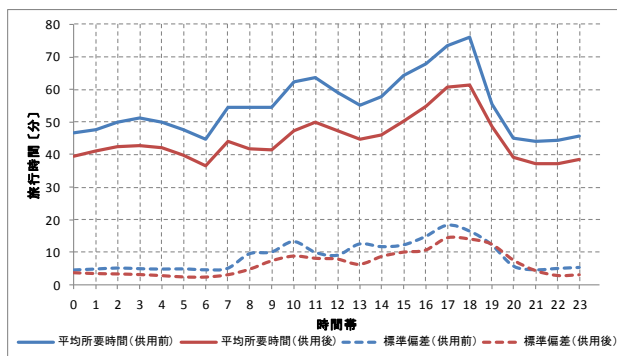


図-5 経路Cの平均旅行時間と標準偏差

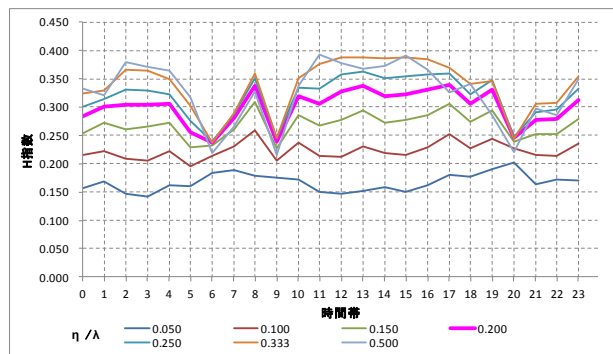


図-6 H指数（経路A・供用前）

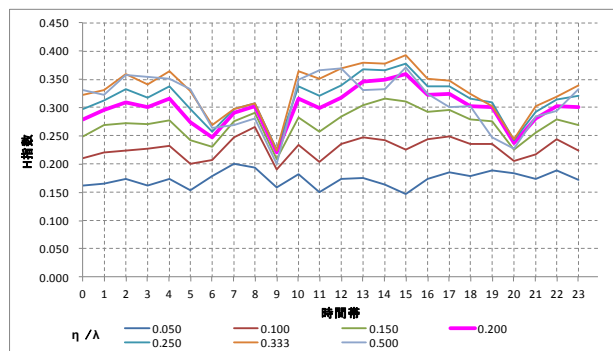


図-7 H指数（経路B・供用前）

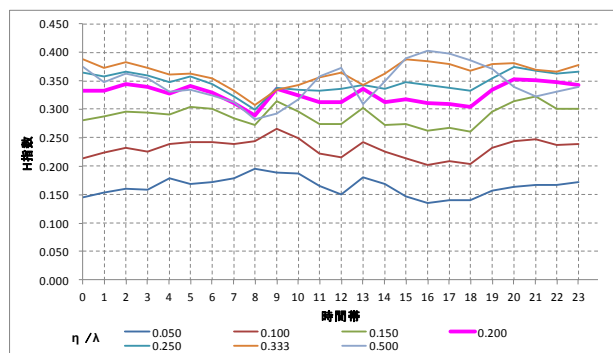


図-8 H指数（経路C・供用前）

淀川左岸線の供用以外の影響（神戸線での渋滞・混雑の増加等）によるものと推察される。

(4) H指数の試算

基礎分析を実施した旅行時間データを用いて、時間信頼性比の算定に用いるH指数を試算する。本試算では、供用前後別、経路別、時間帯別に細かくH指数を試算し、安定的な値が得られるか、検証する。安定的な値が確認できれば、一律のH指数を適用することが可能となり、実務的に便益の算定が容易になる。

H指数の算定結果を図-6～図-11に示す。一部の時間帯を除き、いずれの経路・時間帯においても概ね、0.30～0.35程度の値となっていることが確認できる。一方、供用前の経路Bの9時台や供用後の21時台等では、H指数が

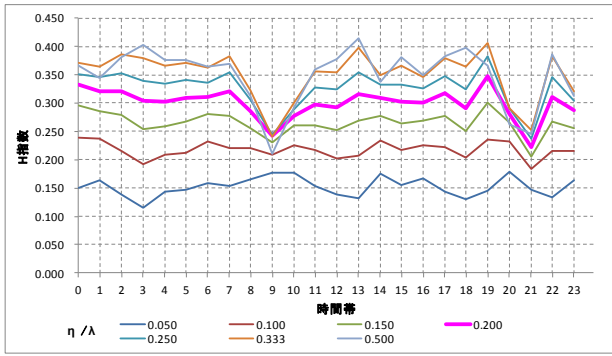


図-9 H指数（経路A・供用後）

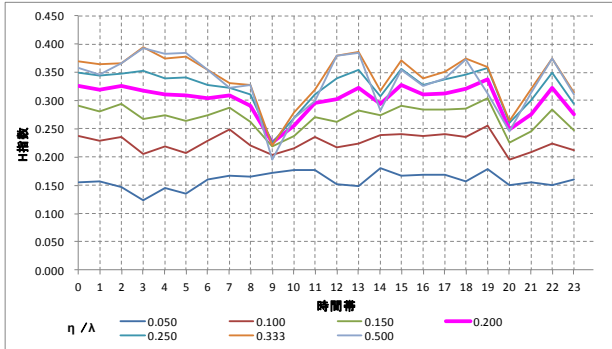


図-10 H指数（経路B・供用後）

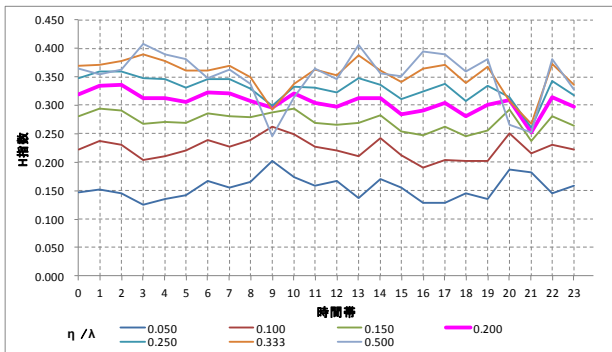


図-11 H指数（経路C・供用後）

小さな値を示しており、安定的な値となっていないことが確認できる。

ここでは、経路Bの9時台と12時台を例に検証する。

図-12に9時台及び12時台の実旅行時間分布及び基準化旅行時間分布を比較して図示する。実旅行時間分布及び基準化旅行時間分布ともに、9時台に非常に大きな旅行時間が確認できる。これは平成25年2月6日に発生した事故渋滞（最大渋滞長5.2km, 8:37発生～10:02解消）によるものであることが確認できた。このような、非常に稀なインシデントによって、極端に大きな旅行時間が生じると、H指数の安定性に影響を与えることが把握できた。このような、非常に大きいインシデントが生じた場合は例外として、それ以外のRecurrentな旅行時間の変動状況においては、H指数はいずれの経路においても出発時刻に強く依存することがない（ie.H指数の系統的な時間変化は

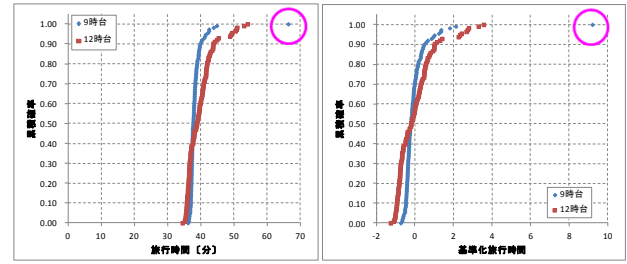


図-12 旅行時間分布（供用前・経路B）

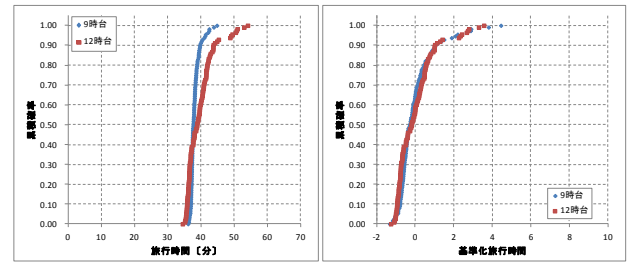


図-13 旅行時間分布（供用前・経路B：外れ値除去）

見られない）ことが確認され、その値の一律値への集約の可能性が示唆される。

また、この事故渋滞の発生日を除外したデータセットで基準化旅行時間を作成すると、9時台の基準化旅行時間分布は、概ね12時台の分布形と一致することを確認した（図-13参照）。

(5) 便益の試算方法

上述で得られた結果に基づき時間信頼性便益を算定する。便益は、時間信頼性を考慮した一般化費用に対する台形公式によって推計することとする。供用前後別、経路別、時間帯別に、平均旅行時間、標準偏差、交通量、H指数を算定し、以下の式(5)及び式(6)で算定した。

$$TC = VTT * u + VTT * RR * \sigma \quad (5)$$

$$BT = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \sum_{hour=1}^{Hour} (Q_{k,hour}^o + Q_{k,hour}^w) * (TC_{k,hour}^o - TC_{k,hour}^w) \quad (6)$$

ただし、 u ：平均旅行時間、 σ ：標準偏差、

VTT ：時間価値、 RR ：信頼性比、

K ：経路数、 $Hour$ ：時間帯数、

o ：供用前、 w ：供用後

(6) 便益の試算結果

便益の試算結果として、まず、信頼性比を算定する。次に、経路別・時間帯別・供用前後別に算出したH指数に基づき、算定した時間信頼性便益額を示す。最後に実務で適用を想定し、H指数の集約度合いと便益額にどのような影響があるか、検証する。

表-6 原単位の試算結果

原単位	Small (1982)
信頼性比	0.928
時間信頼性価値	37.21円/分・台
時間価値	40.10円/分・台 (H20国交省 B/Cマニュアル)

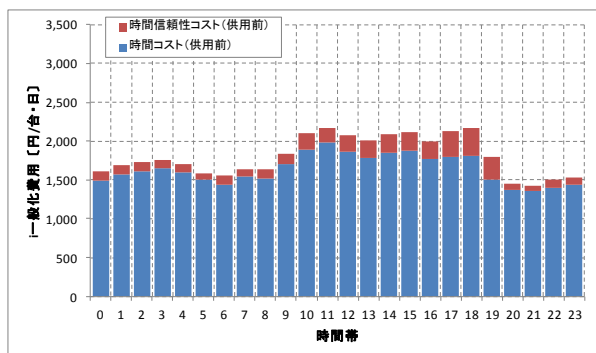


図-14 一般化費用（供用前）

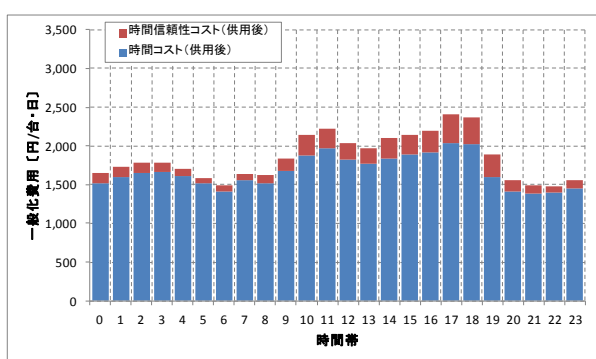


図-15 一般化費用（供用後）

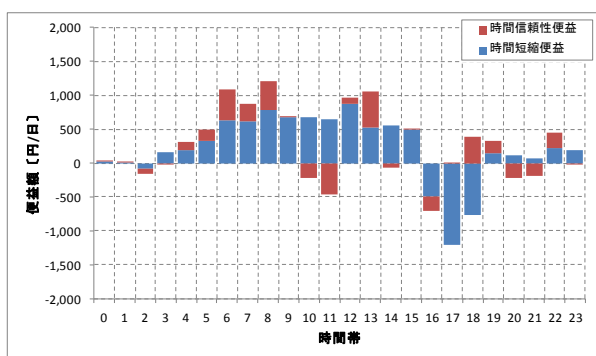


図-16 時間帯別の便益額

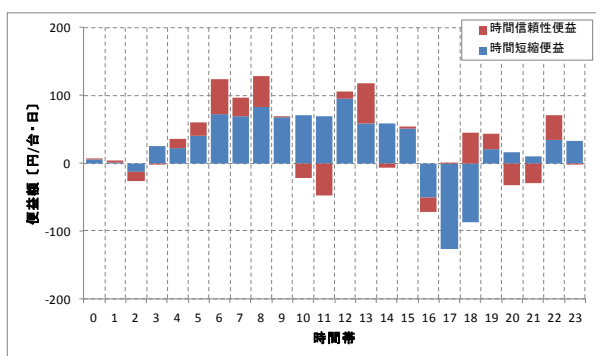


図-17 1台当たりの時間帯別便益額

表-7 H指数の集約パターン別時間信頼性便益の試算結果

	便益額 [円/日]	便益額 [円/台・日]	信頼性便益/ 時間短縮便益
①経路別 時間帯別	1,412	7.2	0.26
②経路別	1,338	6.9	0.25
③全体 (経路別)	1,210	6.2	0.22
④時間帯別	1,272	6.5	0.24
⑤全体 (時間帯別)	1,202	6.2	0.22
【参考】 時間短縮	5,836	27.6	-

a) 信頼性比

(4)で得られた結果に基づき、信頼性比を算定する。信頼性比の算定に必要なH指数は、経路別・時間帯別・供用前後別に算定されている。従って、これらを平均した値に基づいて算定した信頼性比及び時間信頼性価値を表-6に示す。

算定した結果、信頼性比は0.928、時間信頼性価値は37.21円/分・台の値が得られた。得られた信頼性比は、英国やニュージーランドのマニュアルで用いられている値（0.8～0.9）とほぼ同等の値となっている。

b) 時間信頼性便益

(4)及び(5)で得られた結果や考え方に基づき時間信頼性便益を算定した結果を図-14～図-17に示す。

1日当たりの時間信頼性向上便益額は1,412円/日となった。時間短縮便益（5,386円/日）に対して、約26%に相当している。1台当たりの時間信頼性便益は7.2円/台・日、時間短縮便益は27.6円/台・日となっている。時間帯別では、多くの時間帯で正の便益が生じているが、一部の時間帯では負の便益が生じている。また、時間帯別の1台当たりの便益額では、6～8時台では、時間信頼性便益として30～50円/台・日程度、時間短縮便益として70～80円/台・日程度の便益が生じていることが確認できる。

c) H指数の集約化の程度が便益に及ぼす影響

H指数の集約について、まず経路に着目して、①経路別・時間帯別→②経路別→③全体（経路）といった順で集約した場合、次に、時間帯に着目して①経路別・時間帯別→④時間帯別→⑤全体（時間帯別）といった順で集約した場合の合計5パターンを検証した。

集約パターン別の信頼性便益の試算結果を表-7に示す。経路に着目した場合①>②>③の順、時間帯に着目した場合は①>④>⑤の順で時間信頼性便益額は小さくなっていることが把握できる。すなわちH指数を共通化するほど便益額は小さくなっていることが理解できる。特に、経路では②→③、時間帯では①→④での集約で便益額の

減少が相対的に大きくなっている。従って、試算結果では、実務で適用する際に、③経路別への集約に留めておくことが望ましいことが把握できる。

5. まとめと今後の課題

(1) まとめ

本研究では、国内外の時間信頼性便益の計測マニュアルをレビューすると共に、淀川左岸線を対象に、事後的に得られた交通データを用いて、統合アプローチに基づいた時間信頼性便益の算定を試みた。その結果、以下の知見が得られた。

- 英国やニュージーランドでは、時間信頼性指標に標準偏差を用いている。また、信頼性比は暫定値として0.8~0.9を採用している。
- 統合アプローチに基づくH指数を経路別・時間帯別・供用前後別に試算した結果、H指数は同一と見なすことはやや難しい。
- 同一と見なすことが難しい要因として、非常に稀なインシデントによって生じた極端に大きな旅行時間が挙げられる。
- 本試算による信頼性比は0.928、時間信頼性価値は37.21円/分・台となった。
- 時間信頼性便益は7.2円/台・日となり、時間短縮便益（27.6円/台・日）の26%程度となった。
- H指数を集約し共通化するほど、時間信頼性便益額は小さくなる傾向が確認できた。

(2) 今後の課題

今後の課題として主に以下の3点が挙げられる。

a) H指数（信頼性比）

本研究では、経路別・時間帯別などにH指数を算定し、時間信頼性便益を試算したが、実務的な観点からは一律のH指数を用いて便益を算定することが現実的であると考えられる。一律のH指数について検討する際には、H指数の安定性を阻害する非常に稀なインシデントの扱いが検討課題になる。加えて、阪神高速道路の特徴的な交通状況を示す複数の路線を対象にH指数を算定し、算定されたH指数の妥当性について検証することが重要となる。加えて、本研究ではSmallによるスケジューリング・パラメータの推計値を用いてH指数を試算したが、今後、阪神高速道路の利用者の実情に合致したパラメータの推定・精査が必要になる。

b) ネットワーク評価への拡張

本研究では、経路別に平均旅行時間と標準偏差を算定し、時間信頼性便益の算定に用いた（図-18：方法1参

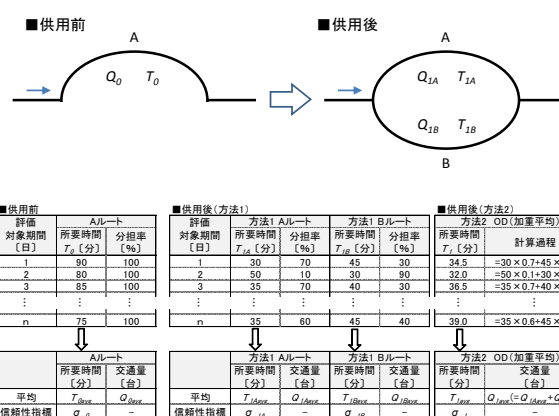


図-18 平均と標準偏差の算定方法（経路別とOD間加重平均）

照）。一方、日々の経路旅行時間を経路分担率で加重平均したOD間の旅行時間を用いて平均旅行時間と標準偏差を求め、時間信頼性便益を算定するといった手法（図-18：方法2）も考えられる。

事後的に観測データが得られる現況評価が前提ならば、方法2は理屈に合致すると考えられる。一方、今後、将来予測を検討するならば、日々の経路交通量の分担率が必要となる方法2を適用することは難しく、方法1による評価を採用せざるを得ない。しかし、これらの方法によって得られる結果の差異は明確ではない。従って、今後、方法2についても現況データによる算定を試み、方法1との比較・検討を実施することが必要と考えられる。

一方、実務の観点からは、現在の時間短縮便益と同様にネットワーク全体で評価する場合は、方法1や方法2では、全経路の経路交通量や経路旅行時間の算定が必要となり、計算量が膨大になると考えられる。従って、特定の路線やODに着目した評価については、実務においても本手法の成果を有効に活用できると考えられる。しかし、ネットワーク全体を評価する場合は、実務での活用可能性の高い、より簡便な手法論を検討することが必要になると考えられる。

c) 将来予測

本研究では、事後的に得られる供用前後の交通データを用いて、時間信頼性便益を算定した。今後、事前に将来路線の整備に伴う時間信頼性便益を算定する際は、現状の交通量推計では算定できない旅行時間の変動を得る手法について検討する必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省：第2回道路事業の評価手法に関する検討委員会 資料2-諸外国における事業評価手法に比較、<http://www.mlit.go.jp/road/ir/council/hyouka-syuhou/2pdf/2.pdf>, 2008.
- 2) 福田大輔：旅行時間変動の評価：研究動向のレビュー

- 一と実適用に向けた課題の整理, 交通工学, Vol. 45 No. 2, pp. 9-15, 2010.
- 3) 岩里泰幸, 山本昌孝, 田名部淳, 菅芳樹, 朝倉康夫: 阪神高速道路の WEB アクセスログの分析に基づく所用時間信頼性情報の提供方針, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol.41, CD-ROM, 2010.
 - 4) 北沢俊彦, 岩里泰幸, 石橋照久, 飛ヶ谷明人: 阪神高速における所要時間信頼性評価, 交通工学, Vol. 45 No. 2, pp. 28-35, 2010.
 - 5) The Reliability Sub-Objective TAG Unit 3.5.7, Department for Transport, 2009.
 - 6) Economic evaluation manual Volume1, New Zealand Transport Agency, Amendment No. 2, 2008.
 - 7) 国土交通省: 第 2 回 道路事業の評価手法に関する検討委員会 資料 5 - 時間信頼性向上効果の便益算定について, <http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/hyouka-syuhou/2pdf/5.pdf>, 2008.
 - 8) 福田大輔: 旅行時間変動の価値付けに関する研究展望とプロジェクト評価への適用に向けた課題の整理, 土木計画学研究・論文集, Vol. 27, No. 5, pp. 437-448, 2010.
 - 9) 中山晶一朗: 道路の信頼性とその便益評価, 交通工学, Vol. 45 No. 2, pp. 4-8, 2010.
 - 10) Fosgerau, M. and Karlström, A.: "The value of reliability," Transportation Research Part B: Methodological, Vol. 44, No. 1, pp. 38-49, 2010.
 - 11) Fosgerau, M. and Fukuda, D.: "Valuing travel time variability: Characteristics of the travel time distribution on an urban road," Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Vol. 24, pp. 83-101, 2012.
 - 12) 吉村敏志, 菅芳樹: 阪神高速道路における所要時間提供と精度検証, 土木学会第 59 回年次学術講演会論文報告集, pp. 725-726, 2004.
 - 13) 割田博, 岡田知郎, 田中淳: 所要時間情報の精度向上に関する研究, 第 21 回交通工学研究発表会論文報告集, pp. 301-304, 2001.
 - 14) Small, K.A.: The scheduling of consumer activities : work trip, American Economic Review, Vol.72, No3, pp. 467-479, 1982.

A TRIAL OF EVALUATION OF TRAVEL TIME RELIABILITY BENEFIT IN URBAN EXPRESSWAY

Mitsuya NAGASAWA, Daisuke FUKUDA, Yasuo ASAKURA,
Masakazu NAKANISHI and Toshihiko KITAZAWA