

プローブデータを用いた 立体化事業の時間信頼性向上便益試算

吉沢 仁¹・石田 貴志²・野中 康弘³・毛利 雄一⁴・福田 大輔⁵

¹非会員 国土交通省関東地方整備局首都国道事務所（〒271-0072 千葉県松戸市竹ヶ花86）
E-mail:yoshizawa-h8310@mlit.go.jp

²正会員 株式会社 道路計画（〒170-0013 東京都豊島区東池袋2-13-14 マルヤス機械ビル）
E-mail:t_ishida@doro.co.jp

³正会員 株式会社 道路計画（〒170-0013 東京都豊島区東池袋2-13-14 マルヤス機械ビル）
E-mail:y_nonaka@doro.co.jp

⁴正会員 一般財団法人計量計画研究所（〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町2-9）
E-mail:ymohri@ibs.or.jp

⁵正会員 東京工業大学 環境・社会理工学院 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

時間信頼性向上便益を算出した研究事例はいくつかあるものの、走行時間短縮便益として算出される値と比較しての大小関係や、計算時に使用する時間信頼性指標（標準偏差や四分位範囲）の違いが便益の値にどのように影響を与えるかについての知見は少ない。本研究は、様々な事業や交通状況を対象に、時間信頼性向上便益を試算し、知見を蓄積していくことが重要との認識のもと、国道357号の新木場立体事業を対象に、プローブデータより時間信頼性向上便益の試算を行った。試算の結果、時間信頼性向上便益は走行時間短縮便益の3-4割、走行時間短縮便益と時間信頼性向上便益の和の2-3割を占め、既往研究と同様の傾向であった。また、今回のケースではBT、標準偏差、四分位範囲の順で時間信頼性向上便益が大きく、一番小さな四分位範囲とBTでは1.3倍程度の違いがあることを確認した。

Key Words : *travel time reliability improvement benefit, grade separation project, probe car data*

1. はじめに

我が国で道路事業を評価する際に計上する便益は、走行時間短縮便益、走行経費減少便益、交通事故減少便益の3つである。これは、関連する諸量が十分な精度で計測が可能であり、かつその貨幣価値換算の方法が実務的に確立していることが背景にある。道路事業の評価手法は、試行期間を経て平成10年より導入されており、これまでに、貨幣価値原単位の見直しや、休日、災害等による通行止め、冬期の交通状況の考慮などといった拡張はなされたものの、3便益を基本として評価を行う方針に変更はみられない^{1,2)}。

一方、道路の時間信頼性についてみると、我が国ではこれまで、道路交通を管理するため時間信頼性指標値を算出すること、道路利用者の行動選択の助けとするため情報提供すること、時間信頼性向上便益を試算すること

等が中心に検討されてきた。そもそも時間信頼性とは、日々変動する所要時間のばらつきを指すものあり、道路利用者の行動選択に与える影響が大きい^{3,5)}。時間信頼性が低ければ、遅着を回避するために出発時刻を早めるなどして余分の時間を見込む^{6,8)}。これにより、予定より早着しても、何らかの生産活動が行わなければ損失時間と考えることができ、時間信頼性が高ければこの余分が小さくなる。この観点だけでみても、時間信頼性向上便益が存在することは明らかである。

海外に目を向けると、英国⁹⁾やニュージーランド¹⁰⁾では事業評価で時間信頼性向上便益を計上している。また、オランダでは時間信頼性向上便益を算出するためのガイドライン¹¹⁾も公表されている。時間信頼性向上便益を算出するため、そのアプローチ方法や信頼性比（時間変動価値/時間価値）に関する研究も行われており、知見が蓄積されつつある^{12, 13)}。特に近年ではプローブデータの

活用が容易となり、実データで日々の所要時間を計測することも可能となった。

このような背景のもと、様々な事業や交通状況を対象に時間信頼性向上便益を試算し、知見を蓄積していくことは引き続き重要である。一方、時間信頼性向上便益を算出した研究事例はあるが¹⁴⁾、走行時間短縮便益として算出される値と比較しての大小関係や、計算時に使用する時間信頼性指標（標準偏差や四分位範囲）の違いが便益の値にどのように影響を与えるかについての知見は少ない。

本研究は、時間信頼性向上便益を算出するにあたっての課題を整理した上で、国道357号の新木場立体事業を対象に、プローブデータを用いて時間信頼性に関する基礎分析を行い、事後評価の枠組みで時間信頼性向上便益の試算を行う。そしてこの結果より、走行時間短縮便益として算出される値との関係を考察する。さらに、時間信頼性指標を複数設定し、便益算出結果に与える影響について考察する。

2. 時間信頼性向上便益算出にあたっての課題¹²⁾⁻¹⁷⁾

時間信頼性向上便益を算出するにあたっては、ミクロ経済学的基礎を持つドライバーの行動モデルとの対応付けが必要であり、ドライバーの時間変動に対する選好をモデル化することが要件となる。具体的には、a) 所要時間分布を仮定して、b) 時間変動に対する個人の選好をアンケート調査より推定することで信頼性比を算出し、c) 時間価値に乗じることで時間変動価値を得る、d) さらに時間信頼性評価指標と対象交通量の情報より時間信頼性向上便益を算出するという手順を踏む。

英国やニュージーランドをはじめとした海外でも、同様の手法が採用されている。また、国内外にかかわらず、b) の信頼性比を推計した研究は複数みられる。以下では、この流れに沿って時間信頼性向上便益算出するにあたっての課題と、本研究における対象範囲を整理する。

(1) アプローチ方法と信頼性比

上記b) の時間変動に対する選好の調査とモデル化は、平均-分散アプローチ、スケジューリングアプローチ、統合アプローチの3つが代表的である¹²⁾。平均-分散アプローチは、早着、遅着にかかわらず、不確実性そのものによって生じる時間変動によるドライバーの不便さが、直接的にモデル化されるものである。標準偏差などの時間信頼性指標を使用し、モデルがわかりやすく分析も容易であることから、実務的である。スケジューリングアプローチは、所要時間の変動がドライバー自身のスケジュール決定を介して効用に影響を与えると想定する。す

なわち、どのくらいの頻度で遅れるのか、また平均的にどのくらいの長さの時間で遅れる（早く着く）のかといった視点である。モデルを同定するためには、出発時刻選択に関する行動データが必要になる。これらに対して、両者の利点を備えたものが統合アプローチである。

英国やニュージーランド、オランダでは、平均-分散アプローチが採用されている。これは、前述のとおり、分析が容易で実務的であるためと考えられる。我が国では、どのアプローチを採用するか、空間移転性を考慮してどのような規模で調査を行うのか、またどのような調査方法とするか等が課題となっている。

本研究では、信頼性比自体の算出は行わず、既往文献の値を援用する。そのため、アプローチ方法を選択することは行わない。また、時間信頼性指標としては標準偏差や四分位範囲等を使用することから、暗に平均-分散アプローチを前提としていることになる。

(2) 時間信頼性指標

時間信頼性指標は、推定した行動モデルの変数と対応している必要がある。英国やニュージーランド、オランダでは標準偏差が用いられているが、所要時間分布が正規分布とならないことは多くの実証例があり、ドライバーが行動を決定する際に認識する所要時間分布と一致させることも含めて課題である。

本研究では、標準偏差、四分位範囲、BT（Buffer Time：95%タイル所要時間と平均所要時間の差）を用いて、時間信頼性向上便益を試算し、指標の違いが便益に与える差異を考察する。

(3) 時間信頼性指標値の推定式

事業実施前に時間信頼性向上便益を算出する場合、いかなる指標であろうと、事業実施後の時間信頼性指標値を推定する必要がある。しかし現状では、これらを精度高く推計する技術は確立されておらず、時間信頼性向上便益を事前評価するにあたっての課題のひとつである。

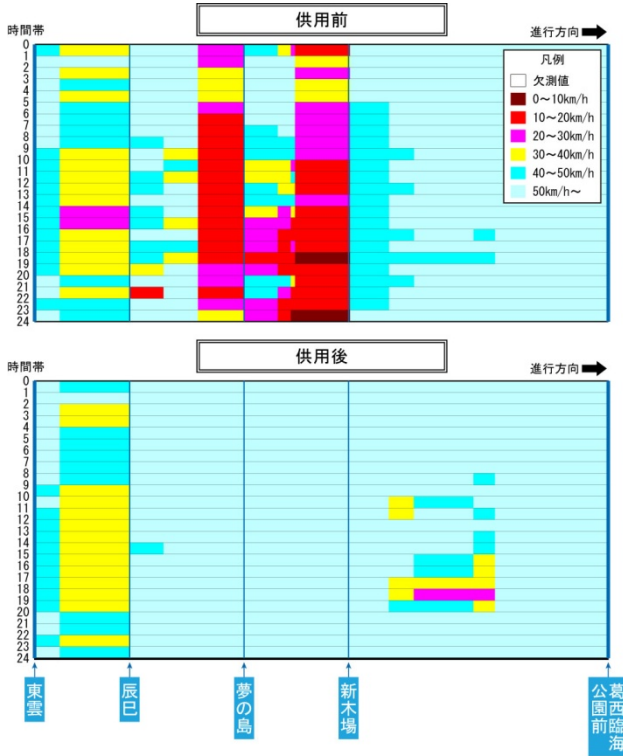
一方、事業実施後に事後評価を行う際は、プローブデータ等を用いることで事前事後の所要時間データを実データとして得ることができる。そのため、本研究では事後評価の枠組みで時間信頼性向上便益を算出する。

(4) 所要時間・交通量の集計単位

所要時間や交通量の集計単位について、英国はトリップベース、ニュージーランドはリンク・交差点単位である。ドライバーが経路や出発時刻を選択するにあたっては時間信頼性の大小が影響を与えるが、これらの選択行動は、リンクレベルではなく経路あるいはODレベルで行われていると考えるのが自然であり、そのようなトリップベースでの分析が望ましい。



図-1 対象区間位置図



※供用前：平成25年9月平均(平日)
 供用後：平成26年9月平均(平日)

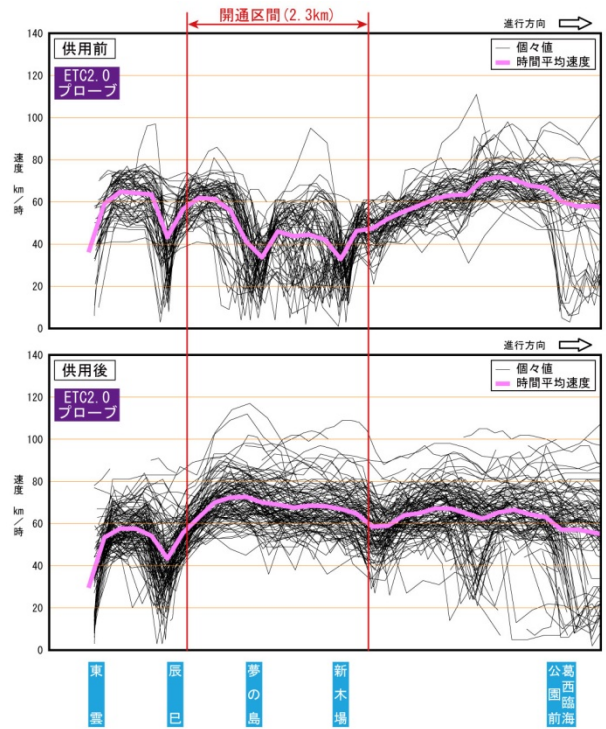
図-2 速度階級図にみる渋滞発生状況の変化(東行き・平日)

本来は事業の影響を受ける全てのODペアを対象とすべきであるが、新木場立体事業に関連する全ODペアを抽出することは困難である。そこで、本研究では疑似ODペアとして任意の区間を設定し、所要時間を算出する。また、常時観測データの値をOD交通量と仮定することで、時間信頼性向上便益を算出する。

3. 分析方法

(1) 対象区間・期間

対象区間位置図を図-1に示す。本研究は、新木場立体事業を対象とする。新木場立体事業は、国道357号の2.3kmを立体化したものであり、平成26年3月18日(火)に供用した。これにより、夢の島交差点と新木場交差点が立体化された。



※供用前：平成25年4月1日(月)～平成25年12月31日(火)
 供用後：平成26年4月1日(火)～平成26年12月31日(水)

図-3 ETC2.0プローブ情報による地点速度の変化(東行き・平日・昼間(7-19時))

この事業による所要時間の変化を分析するため、事業区間を含む東雲交差点から葛西臨海公園前交差点の6.0kmを分析対象とする。また、便益の試算は新木場立体供用前後の各1年(供用前：平成25年3月から平成26年2月、供用後：平成26年4月から平成27年3月)を対象とするが、所要時間分析はデータの制約上、新木場立体供用前後各9ヶ月(供用前：平成25年4月から12月、供用後：平成26年4月から12月)を対象とする。

(2) 所要時間算出方法

本研究では、DRMリンク毎に管理された民間プローブデータを用いて日別時間帯別に所要時間を算出する。所要時間の算出方法は、国土交通省 国土技術政策総合研究所が公表している「時間信頼性指標値算定マニュアル」¹⁸⁾に基づく。いくつか記載されている方法のうち、「加算方法4(タイムスライスあり・欠測区間あり)」を採用する。

なお、曜日区分はカレンダーの暦に従って平日と休日の2区分とし、土曜日は休日扱いとする。

4. 時間信頼性の基礎分析

(1) 渋滞発生状況の変化

図-2は、民間プローブデータを用いて描画した速度階級図である。東行きの平日を例にみると、新木場立体供用前は新木場交差点を先頭とした渋滞がみられる。朝方

に比べて夕方の渋滞規模が大きい。また、供用後には夢の島交差点と新木場交差点の渋滞が解消しており、新木場立体事業の効果が確認できる。なお、休日や西行きも同様の傾向である。

(2) 地点速度の変化

ETC2.0プローブ情報による地点別速度変動を図-3（前頁）に示す。新木場立体供用前は、夢の島交差点と新木場交差点で速度低下がみられたが、供用後は速度低下がなくなったことがわかる。

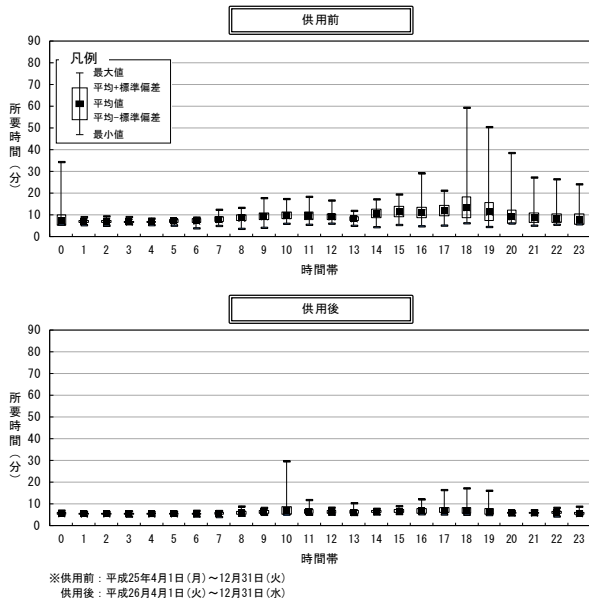


図-4 所要時間分布の変化（東行き・平日）

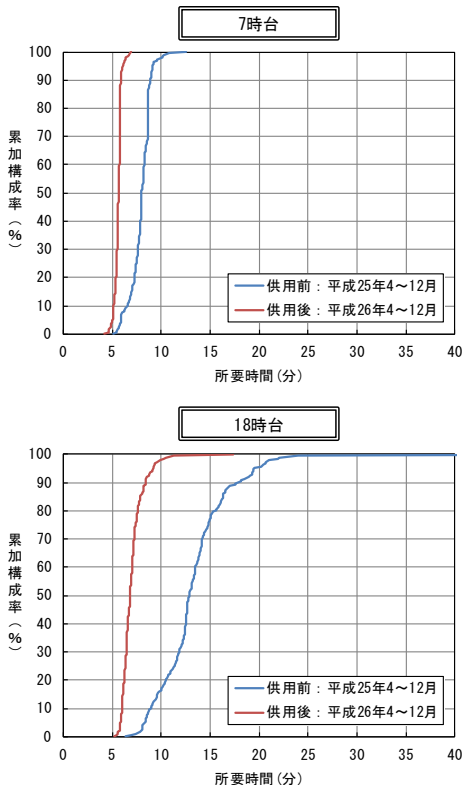


図-5 所要時間の累加構成率の変化（東行き・平日）

(3) 所要時間分布の変化

所要時間分布の変化を図-4に示す。東行きでは、供用前で夕方に所要時間のピークが出現しており、ばらつきが大きい。供用後は所要時間が短くなるとともに、ばらつきも小さくなり、時間信頼性が向上したことがみとれる。なお、西行きは東行きとは逆に朝方にピークがあり、東行きと同様に所要時間とばらつきが小さくなった。

図-5に示す7時台と18時台の所要時間の累加構成率をみると、夕方のピークである18時台のみならず、7時台も所要時間の短縮と、ばらつきの軽減が確認できる。

以上より、新木場立体事業によって、多くの時間帯で走行時間の短縮と時間信頼性の向上がみられることを確認した。

5. 時間信頼性向上便益の試算方法

(1) 一般式の記述

時間信頼性向上便益は、OD別車種別時間帯別に算出したものを積み上げる。そのため、通常リンク別に走行台時を計上する走行時間短縮便益について、OD別車種別時間帯別に表現する。なお、式(1)は、費用便益分析マニュアル¹⁾に記載された式を拡張したものである。

$$BT = \left(\sum_k \sum_j \sum_i Q_{w/o \cdot ijk} \cdot T_{w/o \cdot ik} \cdot \alpha_j - \sum_k \sum_j \sum_i Q_{w \cdot ijk} \cdot T_{w \cdot ik} \cdot \alpha_j \right) \times 365 \quad (1)$$

ここで、

BT : 走行時間短縮便益(円/年)

$Q_{w/o \cdot ijk}$: 整備前のOD*i*の車種*j*の時間帯*k*の交通量(台/時)

$Q_{w \cdot ijk}$: 整備後のOD*i*の車種*j*の時間帯*k*の交通量(台/時)

$T_{w/o \cdot ik}$: 整備前のOD*i*の時間帯*k*の平均所要時間(分)

$T_{w \cdot ik}$: 整備後のOD*i*の時間帯*k*の平均所要時間(分)

α_j : 車種*j*の時間価値原単位

次に、式(1)をもとに時間信頼性向上便益の算定式を記載する。時間信頼性向上便益は、OD別車種別時間帯別に積み上げる。時間信頼性、いわゆるばらつきは、時間帯によって異なるためである。また、車種については、時間価値原単位が異なるためである。

$$BTR = \left(\sum_k \sum_j \sum_i Q_{w/o \cdot ijk} \cdot T_{R \cdot w/o \cdot ik} \cdot \alpha_j - \sum_k \sum_j \sum_i Q_{w \cdot ijk} \cdot T_{R \cdot w \cdot ik} \cdot \alpha_j \right) RR \times 365 \quad (2)$$

ここで、

BTR : 時間信頼性向上便益(円/年)

$T_{R \cdot w/o \cdot ik}$: 整備前のOD*i*の時間帯*k*の時間信頼性指標(分)

$T_{R \cdot w \cdot ik}$: 整備後のOD*i*の時間帯*k*の時間信頼性指標(分)

RR : 信頼性比

(2) 集計期間

本研究で対象とする新木場立体は、平成26年3月18日に供用したことから、整備前：平成25年3月から平成26年2月（平日：246日 休日：119日）、整備後：平成26年4月から平成27年3月（平日：245日 休日：120日）の各1年間を対象とする。

(3) 対象区間（疑似ODペア）

本研究では、国道357号 東雲交差点から葛西臨海公園前交差点（東行き・西行き）の区間を疑似ODペアとし、所要時間等を算出する。

上記区間を通過する交通量は、常時観測地点「夢の島」の値を用いる。なお、平成25（暦）年はデータ欠測が多いこと、平成26（暦）年は立体化前の国道357号に観測機器が設置されたままとなっていることから供用前後とも平成24（暦）年の交通量を使用する。つまり、新木場立体の供用による交通量の変化がないことを前提とする。

当該区間の日交通量は、平日で東行き18,780台/日、西行き20,565台/日、休日で東行き19,004台/日、西行きで20,355台/日である。また、大型車混入率は平日で36-38%、休日で25-26%である。

(4) 時間信頼性指標

時間信頼性指標は、英国やオランダ、ニュージーランドで採用されている標準偏差を使用する。また、比較対象として、四分位範囲とBTも対象とする。

新木場立体供用前後の時間信頼性評価指標を図-6に示す。標準偏差、四分位範囲、BTのいずれの指標もほぼすべての時間帯で値が小さくなっており、時間信頼性が向上している。また、最も大きな値をとり立体化による短縮量大きい指標はBT、次いで標準偏差、四分位範囲である。

(5) 信頼性比

我が国においては、事業評価に用いるための信頼性比はない。本来であれば、アンケート調査を行い、我が国の実状にあった信頼性比を定めていくことが望ましいが、ここでは既往文献¹⁹⁾より値を設定した。既往文献で整理された信頼性比を図-7に示す。

図-7は時系列で整理されており、2007年以降に着目する。また、一般的にSP調査結果に比べ、RP調査結果の精度が高いため、RP調査結果に着目する。その結果、0.5から1.3に収まっていることから、中央の0.9を採用する。なお、英国やオランダは0.8、ニュージーランドやスウェーデンは0.9を検討しているようであることから、試算を行う上で0.9は妥当と考えられる。

(6) 時間価値原単位

信頼性比に乗じる時間価値原単位は、所得接近法で算出された費用便益分析マニュアルの値を使用する。具体的には、平成20年価格として、乗用車の40.10円/分・台、普通貨物車の64.18円/分・台を使用し、それぞれ小型車と大型車に対応させる。

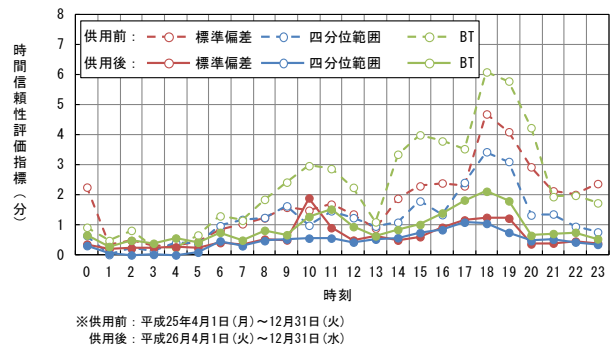


図-6 時間信頼性指標の変化（東行き・平日）

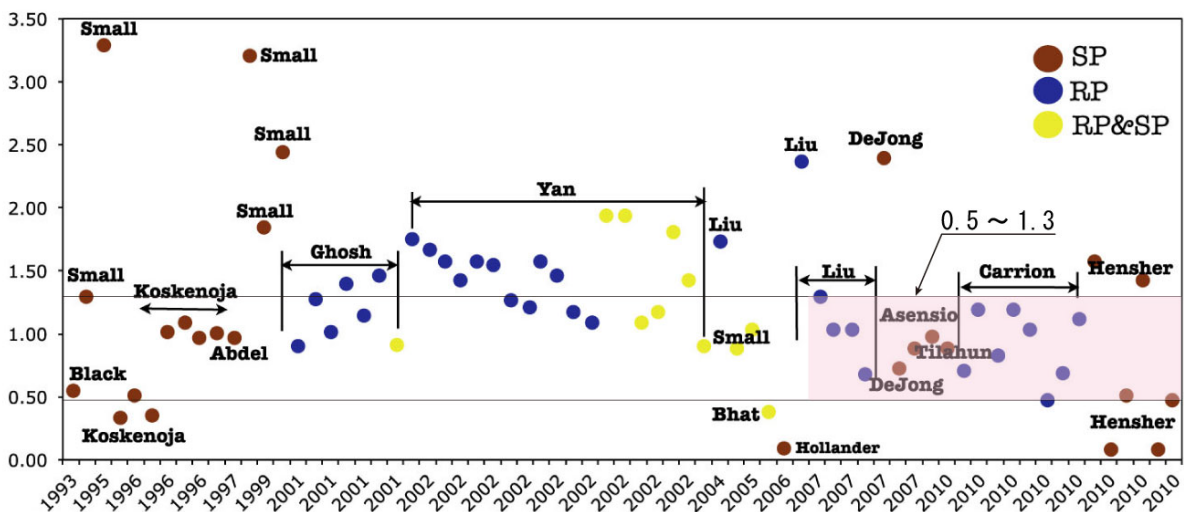


図-7 既往文献による信頼性比整理結果¹⁹⁾に加工付図

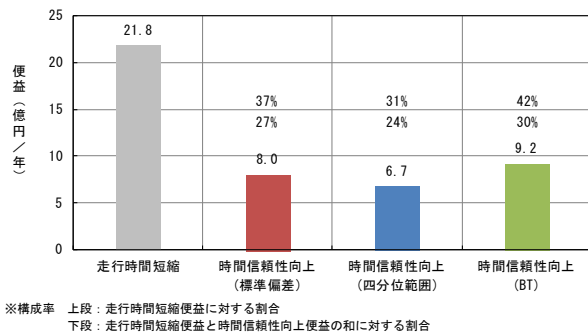


図-8 時間信頼性向上便益の試算結果

6. 時間信頼性向上便益の試算

図-8は、時間信頼性向上便益の試算結果である。比較対象として、走行時間短縮便益も併記している。時間信頼性向上便益は、前述の式(2)をもとにを試算し、平日と休日に区分して積み上げている。なお、算出した便益は、東雲交差点から葛西臨海公園前交差点の6.0kmを利用した車両のみに着目しているため、事業評価の際に検討する面的な算出結果と数値が異なることに注意していただきたい。

走行時間短縮便益は21.8億円/年であるのに対し、時間信頼性向上便益は6.7-9.2億円/年であった。概ね走行時間短縮便益の3-4割、走行時間短縮便益と時間信頼性向上便益の和の2-3割である。福田¹⁷⁾は、ロンドンやストックホルムの混雑料金制度導入による信頼性向上便益が、利用者便益全体の2割程度になるという試算結果を報告している。長澤ら¹⁴⁾が阪神高速道路の新規供用による試算を行った結果、時間信頼性向上便益は走行時間短縮便益の約26%に相当するとしており、いずれの結果も本研究の試算結果と概ね一致する。

次に、時間信頼性指標の差をみると、BT、標準偏差、四分位範囲の順で時間信頼性向上便益が大きく、BTと四分位範囲では1.3倍程度の違いがある。両指標値の事業による短縮率と短縮量を確認したところ、短縮率は同程度であったのに対し、短縮量はBTの方が大きく、時間信頼性指標の短縮量が影響していると考えられる。

7. まとめと今後の課題

本研究では、様々な事業や交通状況を対象に、時間信頼性向上便益を試算し、知見を蓄積していくことが重要との認識のもと、国道357号の新木場立体事業を対象に、プローブデータより時間信頼性向上便益の試算を行った。

試算の結果、時間信頼性向上便益は走行時間短縮便益の3-4割、走行時間短縮便益と時間信頼性向上便益の和の2-3割を占め、既往研究と同様の傾向であった。この割合は、決して無視し得る大きさでなく、今後も時間信

頼性向上便益について検討していく必要性を改めて確認した。また、時間信頼性指標の差をみると、今回のケースではBT、標準偏差、四分位範囲の順で時間信頼性向上便益が大きく、一番小さな四分位範囲とBTでは1.3倍程度の違いがあることを確認した。この1.3倍の差を大きいとみるか小さいとみるかは議論の余地があるが、オーダー感が異なるような状況でないことも事実である。

今後は、前述したとおり、多くの課題を解決しつつ、時間信頼性便益の評価方法について、議論を重ねていくことが望まれる。また、信頼性比は推定時に変数として設定した時間信頼性指標でのみ有効であり、四分位範囲やBTの信頼性比として0.9が有効である保証はない。今後は、各時間信頼性指標に対応した信頼性比について更に知見を蓄積した上で、時間信頼性向上便益を比較することも重要である。

参考文献

- 1) 国土交通省 道路局 都市・地域整備局: 費用便益分析マニュアル, 2008.11
- 2) 国土交通省: 公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針 (共通編), 2009.6
- 3) 田名部, 朝倉, 井坪: 所要時間変動と経路選択の関係性に関する実証分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.35, 2007.
- 4) 日下部, 辻本, 朝倉: 旅行時間信頼性情報による高速道路利用者の行動変化の分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.43, 2011.
- 5) 村上, 原田, 太田: SP 調査における所要時間信頼性の表現形式が選択に与える影響, 土木計画学研究・論文集, Vol.20, No.3, 2003.
- 6) 梶原, 中本, 石田, 野中: 所要時間の信頼性に関する利用者意識分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.38, 2008.
- 7) 北澤, 岩里, 石橋, 飛ヶ谷: 阪神高速道路における所要時間信頼性評価, 交通工学, Vol.45, No.2, pp28-35, 2010.
- 8) 足立, 藤川, 朝倉: 高速道路における多頻度利用者の見込み所要時間実証分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.41, 2010.
- 9) The Reliability Sub-Objective TAG Unit 3.5.7, Department for Transport, 2009.
- 10) Economic evaluation manual Volume 1, New Zealand Transport Agency, Amendment No.2, 2008.
- 11) The Ministry of Infrastructure and the Environment: Values of time and reliability in passenger and freight transport in The Netherlands, 2012.
- 12) 中山, 朝倉: 道路交通の信頼性評価, コロナ社, 2014.9
- 13) 中山: 道路の時間信頼性に関する研究レビュー, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.67, pp.95-114, 2011.
- 14) 長澤, 福田, 朝倉, 中西, 北澤: 都市高速道路における時間信頼性便益の試算, 土木計画学研究・講演集, Vol.49, 2014.
- 15) 福田: 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.
- 16) 中山: 道路の信頼性とその便益評価, 交通工学, Vol.45, pp.4-8, 2010.

- 17) 福田: 旅行時間変動の経済評価: 研究動向のレビューと実適用に向けた課題の整理, 交通工学, Vol.45, No.2, pp9-15, 2010.
- 18) 諸田, 関谷, 高宮, 上坂: 時間信頼性指標値算定マニュアル, 国土技術政策総合研究所資料, No.790, 2014.
- 19) Carlos Carrion, David Levinson: Value of travel time reliability: A review of current evidence, Transportation Research Part A 46, pp.720-741, 2012.

ESTIMATING TRAVEL TIME RELIABILITY BENEFIT OF A GRADE SEPARATION PROJECT FOR AN URBAN ROAD USING PROBE CAR DATA

Hitoshi YOSHIZAWA, Takashi ISHIDA, Yasuhiro NONAKA, Yuichi MOHRI and Daisuke FUKUDA