

首都高速道路における所要時間信頼性向上便益の試算*

Benefit Estimation of Travel Time Reliability Improvement on Tokyo Metropolitan Expressway*

坪田隆宏**・菊地春海***・梶原一夫***・坂爪誠***・割田博****・倉内文孝*****

By Takahiro TSUBOTA**・Harumi KIKUCHI***・Kazuo KAJIWARA***

Makoto SAKAZUME***・Hiroshi WARITA****・Fumitaka KURAUCHI*****

1. はじめに

首都高速においては、利用者への満足度調査やアンケート調査により、所要時間の信頼性に関するニーズや重要度の高さが示されている¹⁾。また、2007年12月末の山手トンネル(4号新宿線～5号池袋線間)開通により、渋滞量の削減や、所要時間の短縮など、走行円滑性が改善されてきており、所要時間の信頼性も大きく向上している。そのような背景を受け、時間信頼性の評価方法や効果把握の方法を早急に整理する必要が出てきている。

効果把握の中で、所要時間信頼性の向上便益算定の試みとして、幾つかの研究が報告されているが、それらは2つに大別できる。一つは、施策前後での安全余裕時間の減少分を信頼性向上便益として算定するもの(山崎ら²⁾)。もう一つは、利用者による出発時刻選択行動の仮定の下、期待早着・遅着損失を推定し、それを施策の前後で比較することにより、信頼性向上便益の算定を試みるもの(福田ら³⁾、日下部ら⁴⁾)である。

本稿では2007年12月末の首都高速山手トンネル(4号新宿線～5号池袋線間)供用によって交通状況が大きく改善した4号新宿線上り方向に着目し、所要時間信頼性向上便益を両手法から試算する。また、試算結果を通じて信頼性向上便益算定の今後の方向性を考察するものである。

2. 便益算定の前提条件

所要時間信頼性向上便益の算定にあたり、(1)所要時間信頼性向上便益を享受する割合、および(2)首都高速利用者の実効所要時間、を設定する。本稿では表-1 に示した山下ら¹⁾で実施したWEB アンケート調査結果を参考に設定した。

*キーワード: 旅行時間信頼性, プロジェクト評価

**修(工), パシフィックコンサルタンツ株式会社(東京都多摩市関戸 1-7-5, TEL042-372-7435, FAX042-372-6394)

***首都高速道路株式会社(東京都千代田区霞が関 1-4-1, TEL03-3539-9395, FAX03-3502-2412)

****正会員, 博(工), 首都高速道路株式会社

*****正会員, 博(工), 岐阜大学工学部社会基盤工学科(岐阜県岐阜市柳戸 1-1, TEL058-293-2447, Fax058-293-2393)

表-1 WEB アンケート調査概要

時期	2009年1月
サンプル数	2010
形式	WEBアンケート
対象	1都3県在住で、首都高速を月に1回以上、往復利用するドライバー
割付	運転目的を首都高速道路のOD調査結果に合わせてサンプル数を割付 業務60%, 通勤20%, 私用20%

(1) 所要時間信頼性向上便益を享受する割合

全ての利用者が所要時間信頼性向上便益を享受すると仮定することは非現実的である為、早着あるいは遅着によるリスクを回避する利用者を信頼性向上の便益享受者と設定する。そのような利用者として、まず「到着約束時刻指定を持つ利用者」が考えられる。このような利用者は、早着および遅着によるコストを考慮して、安全余裕時間を見込んで行動しているが、信頼性向上によって安全余裕時間が短縮し、その分を便益として享受できるようになると仮定する。

一方、安全余裕時間を見込んで行動しているものの、早着時には直ぐに目的の活動が開始できるような利用者の場合、安全余裕時間を見込むことは必ずしも損失とはならないとする考え方もある。よって二つ目の案として、早着分の時間は無駄になる(待機する)利用者、すなわち「到着約束時刻指定を持ち、且つ早着時には待機する利用者」を信頼性向上の便益享受者と見することもできる。本稿では上記の2案それぞれに対して信頼性向上便益を算定する。

a) 案1: 到着約束時刻指定を持つ割合

到着約束時刻指定の有無を確認したところ、全利用者の52%が到着約束時刻指定を持つことが分かった(図-1)。

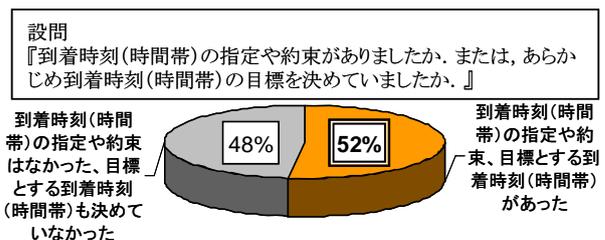


図-1 到着約束時刻指定の有無

尚、ここでは到着時刻の指定や約束は持っていないものの、目標とする時刻を設定している利用者についても、早着あるいは遅着によるコストを考慮して行動していると仮定し、信頼性向上の便益享受者割合に含めている。

b) 案2:到着約束時刻指定を持ち、早着時に待機する割合
到着約束時刻指定を持つ利用者を対象に、到着約束時刻に間に合った(早着した)場合の行動について確認したところ、早着した利用者の内、61%が目的の活動が出来ずに待機していたことが分かった(図-2)。

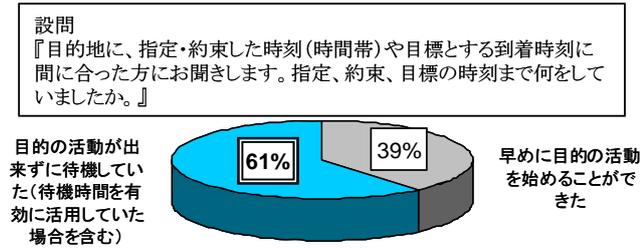


図-2 早着時の行動

尚、ここでは待機時間を目的以外の活動を行うことで有効に活用できた利用者も、目的の活動に対しては待機していたと仮定し、信頼性向上の便益享受者割合に含めている。

上記結果より、到着約束時刻指定を持つ利用者(全利用者の52%)の内、61%の利用者は早着時に待機すると考え、到着約束時刻指定があり、早着時に待機する割合を32%(=52%×61%)と設定する。

以上で述べた所要時間信頼性向上便益の享受者割合の考え方を、表-2に整理する。

表-2 所要時間信頼性向上便益の享受者割合

	対象者の割合
案1	到着約束時間がある割合 全利用者の52%
案2	到着約束時間があり、早着時に待機する割合 全利用者の32%

(2) 首都高速利用者の実効所要時間

首都高速利用者の実効所要時間を、WEB アンケート結果より設定する。本稿では国土交通省の検討会資料⁵⁾に示されている考え方に則り、首都高速利用者の内、到着約束時刻に間に合った利用者の割合(非遅着割合)から実効所要時間を設定する。

到着約束時刻指定を持つ利用者を対象に、約束時刻に間に合ったか確認したところ、94%の利用者が間に合ったことが分かった(図-3)。本設問はOD/時間帯を問わずに行っている為、OD別/時間帯別の非遅着割合までは確認できていない。その為、本稿では首都高速利用者はODや時間帯を問わず、平均的に6%の遅着を容認して

いるものと仮定し、平均的な実効所要時間を94%ile 所要時間(t_{94})と設定した。

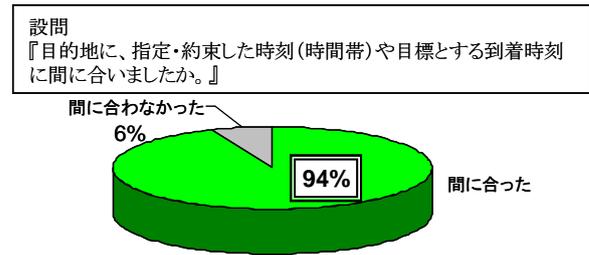


図-3 非遅着割合

3. 所要時間信頼性を考慮した便益評価の概要

所要時間信頼性向上の便益として、安全余裕時間の減少便益と、期待早着・遅着損失の減少便益の2種類が考えられる。本稿ではそれぞれの考え方にに基づき、信頼性向上便益の試算を行う。飯田⁶⁾を参考に、以下にそれぞれの便益の考え方を整理する。

(1) 安全余裕時間の減少便益

首都高速利用者の内リスク回避的な人は94%ile 所要時間により行動しており、安全余裕時間(= $t_{94} - t_{ave}$)を見込むことによる損失を受けるものと仮定する(図-4)。安全余裕時間の減少便益とは、安全余裕時間を施策前後で比較し、その差を所要時間信頼性向上の便益と考えるものである。

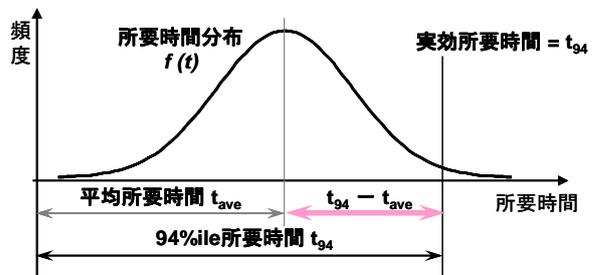


図-4 安全余裕時間による損失

(2) 期待早着・遅着損失の減少便益

リスク回避的な利用者は予め設定された早着・遅着ペナルティ関数下で、期待早着・遅着損失の和が最小になるように出発時刻を選択していると仮定する。期待早着・遅着損失の減少便益とは、上記のような出発時刻選択行動の結果として得られる期待早着・遅着損失を、施策前後で比較し、その差を便益と考えるものである。

本稿では、ある到着制約時刻 t^d に対して、遅着時には単位時間あたり C^d の、早着時には単位時間あたり C^e のペナルティが発生すると仮定する(図-5, 上段)。

日下部ら⁴⁾が示しているように、このようなペナルティ関数の場合、遅着ペナルティ C^d と早着ペナルティ

C^e の比は、所要時間の分布形状に関わらず早着割合と遅着割合の比 (= 94:6 = 15.5) に等しくなる。

$$C^d = 15.5C^e \quad \dots \text{式1}$$

また、所要時間分布を $f(t)$ とすると (図-5, 中段), ある出発時刻 t^e に出発した際の期待早着・遅着損失は、実効所要時間 $t^e (=t^d - t^e)$ を用いて、次のように表される (図-5, 下段)。

・期待早着損失 P^e

$$P^e(t^e) = \int_0^{t^e} C^e(t^e - t)f(t)dt \quad \dots \text{式2}$$

・期待遅着損失 P^d

$$P^d(t^e) = \int_{t^e}^{\infty} C^d(t - t^e)f(t)dt \quad \dots \text{式3}$$

ここで、利用者が期待早着・遅着損失の和を最小化するように、十分合理的に出発時刻を選択した結果が WEB アンケート結果に表れていると仮定すれば、式 1 ~ 3 より期待早着・遅着損失を次のように計算できる。

$$\begin{aligned} & \text{Min}_{t^e} [P^e(t^e) + P^d(t^e)] \\ &= \text{Min}_{t^e} \left[\int_0^{t^e} C^e(t^e - t)f(t)dt + \int_{t^e}^{\infty} C^d(t - t^e)f(t)dt \right] \\ &= \int_0^{t_{94}} C^e(t_{94} - t)f(t)dt + \int_{t_{94}}^{\infty} 15.5C^e(t - t_{94})f(t)dt \quad \dots \text{式4} \end{aligned}$$

式 4 で示される期待早着・遅着損失を事前事後で比較することにより、信頼性向上便益を算定する。なお、早着ペナルティ C^e に関しては、適切なパラメータ推定が必要であるが³⁾、本稿では時間評価値 49.18 円/分 (首都高速試算値) を用いる。

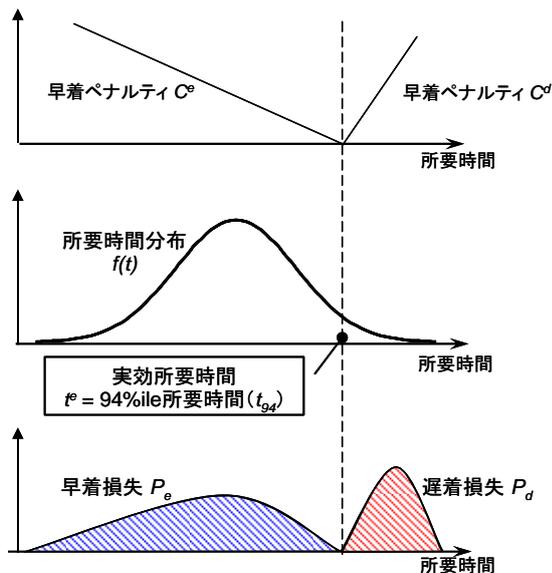


図-5 期待早着・遅着損失

4. 所要時間信頼性向上便益の試算

(1) 対象路線

上記の考え方にに基づき、2007年12月末の首都高速山手トンネル(4号新宿線~5号池袋線間)供用によって交通状況が大きく改善した4号新宿線上りに着目し、所要時間信頼性向上便益を両手法から試算する(図-6)。



図-6 分析対象路線(首都高速4号新宿線)

(2) 分析期間および使用データ

分析対象期間は、供用前を2007年1~7月、供用後を2008年1~7月の、それぞれ平日とする。なお供用後の交通状況は、ガソリン価格高騰等による影響を受けていると考えられる為、試算結果は純粋に山手トンネル供用による効果とはならない点に留意が必要である。

分析に使用する速度データは、本線上に約300m間隔で設置されている車両感知器から得られる区間データの5分間集計値とし、タイムスライス法により時間帯別の所要時間データを算出する。交通量データについても、同じく車両感知器5分間データを使用する。算定に用いる交通量の扱いには、供用前後の交通量をそれぞれ用いるものや、前後の平均交通量に統一するといった考えもあるが、本稿では総量を供用後(2008年1~7月)に統一して試算する。但し、適切な交通量の扱いについては今後の課題としたい。

(3) 試算結果

所要時間信頼性向上便益を享受する割合の考え方ごとに信頼性向上便益の試算結果を示す。表-3には到着約束時刻指定のある人を対象とした算出結果(案1)、表-4には到着約束時刻指定があり、且つ早着時に待機する人を対象とした算出結果(案2)を示す。

表-3 信頼性向上便益(案1:全利用者の52%を対象)

単位: 百万円/日	供用前	供用後	便益
安全余裕時間の損失	15.50	10.43	5.07
期待早着損失	15.45	10.92	4.53
期待遅着損失	6.09	6.18	-0.09

表-4 信頼性向上便益(案2:全利用者の32%を対象)

単位: 百万円/日	供用前	供用後	便益
安全余裕時間の損失	9.54	6.42	3.12
期待早着損失	9.51	6.72	2.79
期待遅着損失	3.75	3.80	-0.05

今回試算した2種類の便益を比較すると、安全余裕時間による損失と期待早着損失は概ね等しいことが分かる。しかし、期待遅着損失を含めて供用前後の損失を比較した場合には、概ね期待遅着損失分が安全余裕時間による損失より大きな値となっていることが分かる。但し、今回試算したケースにおいては、供用前後で期待遅着損失はほとんど変化していない為、両手法による供用前後の損失の差である便益算定結果は、概ね等しい値となっている。このことより、安全余裕時間の減少便益には、期待遅着損失の変化が含まれていないことも考えられることから、今後さらに検討を進めていきたい。

次に、従来から用いられている走行時間短縮便益である、平均所要時間の短縮便益と、所要時間信頼性の向上便益を加味した便益との比較を行ったものを表-5に整理する。信頼性向上の便益としては、例として安全余裕時間の減少便益を用いており、「全利用者が平均所要時間の短縮便益を受け、信頼性便益を享受する利用者は更に信頼性向上の便益を受ける」ものとして整理している。

今回試算した所要時間信頼性の向上便益を加味することにより、従来からの平均所要時間短縮便益に比べて、案1の場合は4割、案2の場合は3割程度の便益の増加が見込まれる。

表-5 平均所要時間短縮便益と信頼性便益との比較

単位:百万円/日	供用前	供用後	便益
平均所要時間の損失	44.75	33.17	11.57
信頼性向上を加味した便益			
案1:信頼性便益享受者 = 全利用者の52%			16.64 (1.43)
案2:信頼性便益享受者 = 全利用者の32%			14.69 (1.27)

※カッコ内の数字は平均所要時間短縮便益との比

5. おわりに

本稿では、所要時間信頼性を考慮した便益算定の試みとして、安全余裕時間の減少便益、及び期待早着・遅着損失の減少便益、それぞれの考え方にに基づき試算を行った。

試算結果から、両手法による供用前後の損失の差である便益算定結果は概ね等しい値となることを確認したが、両手法の相違については、今後さらに検討を進めていきたい。

試算に際しては、幾つかの仮定を用いている。まず、所要時間信頼性向上の便益享受者割合の設定では、早着あるいは遅着によるリスクを回避する利用者として、「到着約束時刻指定を持つ利用者」、および「到着約束時刻指定を持ち、早着時に待機する利用者」の2案を仮定している。本稿では、2案それぞれの算定結果を併記したが、適切な便益享受者割合の設定は今後の課題である。

次に、利用者の実効所要時間(94%ile 所要時間)の設定

の際、非遅着割合からの整理を行った。しかし、別の方法として、利用者が想定する所要時間が実際の所要時間分布の何パーセントタイル値に相当するか、という観点からの整理も考えられる。例えば、梶原ら⁷⁾では、3号渋谷線、及び4号新宿線の利用者が想定している所要時間をWEBアンケートにより確認し、昼間(7~19時)の全時間帯で、年間(平日)の90%ile 所要時間に最もよく当てはまることを示している。今後、これらの関係性を明らかにすると共に、実効所要時間設定の考え方について再整理を行う。

また、所要時間信頼性の価値に関しても、通常の時間価値と同一と扱ったが、これらは本来異なるものであることに留意が必要である。また、今回の試算では利用者を均質に扱ったが、実効所要時間や信頼性の価値等は、車種/利用目的に応じて異なるものと考えられる為、これらについても、今後の研究課題としたい。

最後に、本稿では4号新宿線をモデルとした試算を行ったが、今回の試算結果を踏まえ、首都高全線の所要時間信頼性向上便益の算定に拡張していく予定である。

謝辞 本研究を行うにあたり、首都高速道路株式会社・渋滞ビジョン委員会において、東京大学:桑原教授をはじめ、千葉工業大学:赤羽弘和教授、一橋大学:根本敏則教授、東京大学:清水哲夫准教授、首都大学東京:小根山裕之准教授、及びご参加の皆様より貴重なご意見を賜った。ここに記し謝意を表する。

参考文献

- 1) 山下浩行, 菊地春海, 梶原一夫, 坂爪誠, 割田博, 倉内文孝: 所要時間信頼性評価のための首都高速道路利用者の行動実態について, 土木計画学研究・講演集, Vol.39, 2009 (投稿中)
- 2) 山崎浩気, 倉内文孝, 宇野伸宏, 伊藤秀昭: 旅行時間信頼性向上便益の算定方法に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.38, 2008
- 3) 福田大輔, M. Fosgerau: 道路交通における所要時間分布特性の統計解析, 土木計画学研究・講演集, Vol.37, 2008
- 4) 日下部貴彦, 井料隆雅, 朝倉康夫: 出発時刻選択と旅行時間信頼性, 土木計画学研究・講演集, Vol.37, 2008
- 5) 国土交通省道路局 道路事業の評価手法に関する検討委員会: 「第2回 時間信頼性の向上効果の便益算出について」, <http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/hyouka-syuhou/2s.html>, 2008
- 6) 飯田恭敬: 「交通計画のための新パラダイム-交通ネットワーク信頼性とOD交通量逆推定」, 技術書院, 2008
- 7) 梶原一夫, 中本浩志, 石田貴志, 野中康弘: 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