

# 諸外国における道路の所要時間信頼性向上に関する評価手法のレビュー\*

Review of the Benefit Evaluation Methods of the Travel Time Reliability of Road Traffic in Foreign Countries\*

牧浩太郎\*\*・土谷和之\*\*\*・伊藤智彦\*\*\*\*・由利昌平\*\*\*\*\*

By Kotaro MAKI\*\*・Kazuyuki TSUCHIYA\*\*\*・Tomohiko ITO\*\*\*\*・Shohei YURI\*\*\*\*\*

## 1. 背景と目的

近年、道路の所要時間信頼性について関心が高まっており、プローブ技術やデータ等の蓄積によって定量的で詳細な観測が可能となり、信頼性向上に関する施策の評価が可能となってきている。また、道路の時間信頼性については、貨物輸送において道路が果たすべき役割、期待の中でも重要な項目となっている。しかし、所要時間信頼性向上の便益計測手法については、これまでに十分に確立された手法がなく、今後更なる知見の蓄積が必要と考えられる。本研究では、諸外国（イギリス、オランダ、ニュージーランド）における道路の所要時間信頼性向上の効果に関する事業評価の取組み状況（実務的な便益計測手法等）について文献やヒアリングに基づくレビューを行った。

## 2. 方法

### (1) 対象国

調査対象は、イギリス、オランダおよびニュージーランドとする。

### (2) 調査項目

所要時間信頼性に関する評価実施の有無、評価の考え方および評価方法の観点から、各国の資料についてレビューを行った。

## 3. 結果

### (1) イギリス

#### a) The Reliability Sub-Objective TAG Unit 3.5.7

本資料は、時間信頼性について現在利用可能な知見をとりまとめたものである。時間信頼性の計測を様々な側面から議論しており、道路の時間信頼性の計測と公共交

\*キーワード：所要時間信頼性，事業評価，便益計測

\*\*正員，環境修，株式会社三菱総合研究所

(東京都千代田区大手町2-3-6、FAX03-3277-3462)

\*\*\*正員，工修，株式会社三菱総合研究所

\*\*\*\*非会員，経修，株式会社三菱総合研究所

\*\*\*\*\*正員，工修，株式会社三菱総合研究所

通機関の時間信頼性の計測について説明している。

具体的には、公共交通と道路交通において、時間信頼性について異なる定義を適用している。公共交通については、タイムテーブルと実際の時刻の違い（＝遅延）を用いて定時性を評価する。貨物車を含む自動車については、時間信頼性は走行時間の予測できないばらつき\*に関して計測される必要があり、それは走行時間の標準偏差より求められる。

\*言葉の意味を明確にするため、「分散」については統計の用語として標準偏差の二乗を意味する場合についてのみ用いることとし、分かれ散らばっていることについては「ばらつき」という言葉を用いることとした。

ばらつきは、1日のうちのある与えられた時間における走行時間の標準偏差、もしくは（走行時間の標準偏差）／（平均走行時間）で定義される変動係数によって計測される。いずれの値も乗用車の時間信頼性向上の評価に用いることができる。

<道路を利用して通勤する場合の時間信頼性の例>

1週間の通勤日数は5日、通常の通勤時間は30分、5日間のうち1日（任意の出勤日）は20分の遅延、同様に10分の遅延が1日とすると、以下の通り表現できる。  
平均通勤時間 =  $30 \times \frac{3}{5} + (30+20) \times \frac{1}{5} + (30+10) \times \frac{1}{5} = 180/5 = 36 \text{ min/trip}$   
通勤時間の分散 =  $\frac{1}{5}((30-36)^2 + (30-36)^2 + (30-36)^2 + (50-36)^2 + (40-36)^2) = 320/5 = 64 \text{ min}^2$   
通勤時間の標準偏差 =  $(64)^{1/2} = 8 \text{ min/trip}$

出典) Department for Transport: The Reliability Sub-Objective TAG Unit 3.5.7, 2009.

信頼性比(Reliability Ratio)は旅行時間のばらつきを小さくすることの価値に関する指標で、1日のうちの特定の時間の走行時間の標準偏差の価値と時間価値との比である。

「信頼性比 = 走行時間の標準偏差の価値 / 時間価値」

標準偏差を用いることについては、オランダ交通省が主催したワークショップ (Rand Europe, Transport Research Centre (2005) “The Value of Reliability in Transport, Provisional values for the Netherlands based on expert opinion”) を通してまとめられている。 ”Values of Time and Operating Costs TAG Unit

3.5.6”にある時間価値および下表の推奨される信頼性比を用いることによって、走行時間の標準偏差の価値額が算出される。

表一 1 交通手段ごとの信頼性比

交通手段	信頼性比
自動車	0.8
電車、バス、トラム、地下鉄	1.4

出典) Department for Transport: The Reliability Subjective TAG Unit 3.5.7, 2009.

b) The NATA Refresh: Reviewing the New Approach to Appraisal

“Chapter 3: Economy, Accessibility and Safety”のなかで、経済性の目標における下位レベルの目標として、時間信頼性が位置づけられており、以下のように説明されている。

「ここ数年で、走行時間の日々の変化を分析するためのデータは、格段に改善された。高速道路では、速度と交通流の追跡装置から、走行時間のばらつきを計測するために必要な高頻度のデータが入手できる。特に都市部において、プローブカーから得られるデータが旅行速度の観測に役立っている。(中略) これらの新しいデータが利用可能になったこと、さらに走行時間のばらつきに関する知見が蓄積されたことにより、どれだけの人が定時性ならびに時間信頼性に価値を置いているかを把握することが可能になった。」

また、あわせて作成された、Mackie, Peter, and Kelly, Charlotte. (2007) “Transport Appraisal in other countries: lessons for the NATA Refresh”において、オランダの事例が紹介されており、「車もしくは公共交通による旅客交通の時間信頼性の暫定的価値（自動車については0.8、公共交通については1.4）が公開された」と述べられている。

(2) オランダ

a) The Value of Reliability in Transport, Provisional values for the Netherlands based on expert opinion

本資料は、オランダ交通省の交通研究センター (Transport Research Centre) が Rand Europe に委託し、交通の時間信頼性の価値を研究した成果をとりまとめたものである。

当初、オランダ交通省は、時間信頼性の価値の根拠を得るために、Rand Europe に文献調査を委託したが、確定的な値が得られなかったため、オランダ国内外の専門家を招集したミーティングを2004年10月25日に実施し、そこでの議論で得られた結論を暫定的な値として費用便益分析に適用することとしている。

時間信頼性の評価方法としては、以下のように平均的な走行時間に対する標準偏差を1分小さくすることの価値 (value of one minute of standard deviation) を計測することとされ、具体的には以下の式で示される。

$$VoR = RR \times VoT$$

VoR : 時間信頼性の価値 (標準偏差 1 分あたりの価値, Value of Reliability)

VoT : 時間価値 (平均走行時間 1 分あたりの価値, Value of Time)

RR : 信頼性比 (Reliability Ratio)

ミーティングにおいて、イギリス、スウェーデン、オランダから10名以上の専門家が召集され、ディスカッションが行われている (ディスカッションの議事要旨は Rand Europe, Transport Research Centre of the Dutch Ministry of Transport (2005) “The Value of Reliability in Transport, Provisional values for the Netherlands based on expert opinion”にまとめられている)。

ディスカッションの冒頭で既往の研究成果を提示した上で、専門家がその妥当性や値の大小について議論する形式をとっている。

ディスカッションの結果、自動車旅客交通に関しては、各目的について信頼性比 (RR) はすべて0.8という結果を得ている。また、公共旅客交通に関しては、各交通手段について信頼性比は全て1.4という結果を得ている。さらに貨物交通については、議論が収束しなかったとして具体的な値は示されていない。

b) 関連団体へのヒアリング結果

オランダのシンクタンク TNO Inro の L. A. Tavasszy 氏に、「1. The Value of Reliability in Transport にて提示されている時間信頼性の価値の実務への適用状況」および「2. 時間信頼性 (標準偏差) を算出できる交通需要予測モデルの構築状況」について e-mail によりヒアリングを実施した。

1. The Value of Reliability in Transport にて提示されている時間信頼性の価値の実務への適用状況

L. A. Tavasszy 氏の知る限り、時間信頼性の価値は実際の評価にはまだ適用されていない。ただし、最近、実務において  $VOR=0.25 \times VOT$  とし、走行時間変化を時間信頼性変化の代理指標として計算する方法も取り入れられている模様である (おそらく、単純に時間短縮便益が1.25倍になるものと想像される)。ただし、L. A. Tavasszy 氏はこれは非常にラフな方法であると指摘している。

2. 時間信頼性 (標準偏差) を算出できる交通需要予測モデルの構築状況

現時点では、交通省は走行時間の標準偏差の変化を予測できるモデルをもっていない。ただし、TNO Inro は SMARA (Simulation Model for Analysing the Reliability of Accessibility) と呼ばれるモデルを開発している。このモデルはモンテカルロシミュレーションにより所要時間の幅を予測できる。

さらに、Dutch Ministry of Transport の Pim Warffemius 氏に、The Value of Reliability in Transport 以降の検討の進捗についてヒアリングしたところ、以下の結果を得た。

- ・最近の検討の進捗状況は、「The Value of Travel Time and Travel Time Reliability, Survey Design, Final report」(2007年)にまとめられている。2008年に、時間価値(VOT)と時間信頼性の価値(VOR)に関するSP調査の準備が進められ、2009年5月より開始される予定とのことである。実務への適用については未定であるが、SP調査の結果が活用できるのが2010年5月頃の予定である。
- ・時間信頼性を計測するためには、交通需要予測モデルについて更なる検討が必要である。VORを使えない場合は、時間信頼性の価値は時間短縮便益の25～38%に相当するというシンプルなルールを使うことになる。ここで、25%という数値は"The Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis (CPB)"における分析に基づいており、また38%は"KiM Netherlands Institute for Transport Policy Analysis"の分析に基づいている。

### (3) ニュージーランド

#### a) Economic evaluation manual Volume 1

上記は、Land Transport New Zealand (ニュージーランド陸運局)により作成された、道路事業の経済分析のためのマニュアルである。

#### i) 走行時間に関する便益の構成

走行時間に関する便益は、以下の式で計算される。

走行時間短縮便益の総額 (Total travel time savings)  
 = 基本的な走行時間短縮便益 (base travel time benefits for improved flow)  
 + 渋滞緩和による便益 (travel time benefits for reduced traffic congestion)  
 + 時間信頼性向上による便益 (travel time benefits for improved trip reliability)

\*「渋滞緩和による便益」および「時間信頼性向上による便益」は、適用可能な場合のみ加算する。

#### ii) 時間信頼性向上による便益の考え方

時間信頼性向上の便益は以下の式により計算される。

(時間信頼性向上の便益) =

- 0.9 × 時間価値 (travel time value, \$/h)
- × ネットワーク内における走行時間のばらつきの縮減 (reduction in the network variability (in min) / 60)
- × 当該時間帯における交通量 (traffic volume for time period period, veh/h)
- × 補正係数 (correction factor)

\*「0.9」は一般的な都市内交通の構成比の場合。乗用車の0.8と商用車の1.2の比率により設定される。

走行時間のばらつきは、走行時間の標準偏差により表現される。各交差点や区間ごとに、走行時間の標準偏差は容量と交通量の関係から以下の式で計算される。

$$s_0 + \frac{(s - s_0)}{1 + e^{\frac{b}{c}(v-a)}} \quad (\text{min})$$

\*vは交通量、cは交通容量、その他は係数

\*各係数については、道路種別ごとに数値が示されており、例えば Motorway/multilane highway (70～100 km/h) の場合、S=0.90、b=-52、a=1、S<sub>0</sub>=0.083 とされている。

理論的には、走行時間のばらつきはネットワーク全体のトリップの走行時間を用いて計算できる。しかし、現実的には、ネットワーク全体をモデルによって表現することは困難である。トリップの一部のみを取り出した区間の走行時間の標準偏差を用いることは過大推計となるため、補正係数 (correction factor) を適用する。

表-2 ばらつきの算出に適用される補正係数

Percentage of variance outside of study area	Factor for benefit calculation	Indicative transport network model coverage
< 20 %	100 %	Regional model
20 %	90 %	Sub-regional model
50 %	70 %	Area model
75 %	50 %	Corridor model
90 %	30 %	Intersection model, individual passing lane

出典) Land Transport New Zealand: Economic evaluation manual Volume 1, 2006.

つまり、具体的な計算方法は以下の通りである。

1. 各交差点間もしくは各交差点における走行時間の標準偏差を計測する。
2. 標準偏差を2乗して、分散を算出する。

※例：x と y のリンクにより構成される区間の標準偏差は、以下のように算出される。

$$\sqrt{(SD_x)^2 + (SD_y)^2}$$

3. 各 OD 間について分散を合計する。
4. 各 OD 間の分散の合計について平方根をとり、OD 間の走行時間の標準偏差を算出する。
5. OD 表全体を合計して、ネットワーク全体の走行時間のばらつきを算出する。
6. プロジェクトの有無による走行時間のばらつきの差分を計測する。
7. 分析対象範囲外で生じる走行時間のばらつきを考慮して、補正係数を選択する。
8. 先述の公式を用いて、時間信頼性の向上から得られる便益を計測する。

#### b) Review of the Benefit Parameters Used in Transfund New Zealand's Project Evaluation Procedures

Transfund New Zealand により、自家用乗用車利用者、業務用自動車運転者等を対象とした SP 調査が実施されている。SP 調査は、所要時間 (Drive Time)、渋滞状況 (Congestion) および所要時間信頼性 (Reliability) の3属性を直交配列表に基づいて変化させた2肢選択のアンケート調査となっている。アンケート結果から構築される選択行動モデルより、信頼性比の評価値が算出される。ただし、信頼性比の評価値について確定した数値が得られず、イギリスにおける計測事例の結果が援用されている。

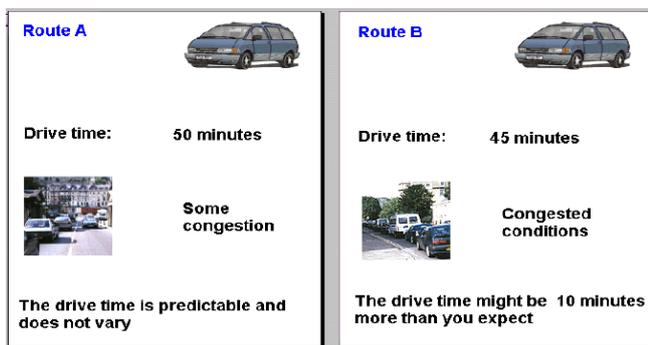


図-1 SP調査の設計

出典) Melsom, Ian: Review of the Benefit Parameters Used in Transfund New Zealand's Project Evaluation Procedures, 2003.

#### 4. 考察

イギリス、オランダおよびニュージーランドにおける道路の所要時間信頼性向上に関する評価手法をレビューした結果、いずれの国においても、信頼性比(=走行時間の標準偏差の価値/時間価値、Reliability Ratio)を設定し、所要時間の標準偏差を乗じることにより、時間信頼性に関する便益を算出する方針を検討していることが分かった。この評価手法については、信頼性比に関する計測事例がまだ少ないため、適切な数値を設定するためには計測方法について検討を深め、計測事例を蓄積していくことが期待される。また、所要時間の標準偏差に関して、事業評価にあたり事業の有無の両方について算出することが考えられ、また、我が国では実務的に日平均旅行速度を用いることが多く、このため、標準偏差の算出方法について検討が期待される。さらに、交通事故により所要時間のばらつきが生じる場合があるが、このような場合は事故による時間損失と所要時間のばらつきによる損失の関係性について、検討の余地があると考えられる。

#### 5. 謝辞

本研究にあたり、太田勝敏教授(東洋大学)、山内弘隆教授(一橋大学)、竹内健蔵教授(東京女子大学)、室町泰徳准教授(東京工業大学)より貴重なご意見をいただいた。また、各国のヒアリング対象者からは貴重な資料とコメントをいただいた。ここに記して感謝の意を表す。また、今回の報告は中間的な成果に基づくものであるため、今後変更される可能性がある。

#### 参考文献

- 1) Department for Transport: The Reliability Sub-Objective TAG Unit 3.5.7, 2009.
- 2) Department for Transport: The NATA Refresh: Reviewing the New Approach to Appraisal, Chapter 3: Economy, Accessibility and Safety, 2007.
- 3) Rand Europe, Transport Research Centre of the Dutch Ministry of Transport: The Value of Reliability in Transport, Provisional values for the Netherlands based on expert opinion, 2005.
- 4) Land Transport New Zealand: Economic evaluation manual Volume 1, 2006.
- 5) Melsom, Ian: Review of the Benefit Parameters Used in Transfund New Zealand's Project Evaluation Procedures, 2003.