

### 3. 時間信頼性の分析・評価のケーススタディ

#### 3.1. 都市高速道路と一般道路における時間信頼性指標の比較分析

##### 3.1.1. はじめに

道路の時間信頼性は、道路の機能や交通特性によって大きく異なると考えられるため、機能や特性の異なる道路における所要時間の発生確率分布や時間帯変動、遅れ発生の主要因または時間信頼性指標等について実測データを用いて比較・分析し、それぞれの道路の質の違いについて考察を行う必要がある。

本節では、都市高速道路と一般国道という機能や特性の異なる二つの路線を対象として上記の比較分析を行った。具体的には、首都高速道路（以下「首都高」という。）と首都高と並行する一般国道を対象として、VICS データを用いて時間信頼性指標と原因事象の発生割合を整理し、二路線の時間信頼性の分析とその原因事象の関係の分析を行った。さらに、分析した時間信頼性指標値を各路線において上下別・並行区間別に図示し、比較を行った。

VICS データは、高速道路のみならず主要な幹線道路においても全国的に 5 分間隔で継続的にデータが取得されている。また、工事・事故・故障車等 12 種類の原因事象データが同時に取得されているため、このデータを用いることで、上述のような分析が可能である。

### 3.1.2. 調査の概要

#### 1) 分析対象路線・経路、調査期間、利用データ、分析指標

分析対象路線、調査期間、利用データ及び分析指標を表 3.1-1 に示す。

表 3.1-1 分析対象路線と利用データ、分析指標

項目	内容
分析対象路線	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 首都高と並行する一般国道（5つのペア）               <ul style="list-style-type: none"> <li>－首都高3号線 と 国道246号</li> <li>－首都高4号線 と 国道20号</li> <li>－首都高5号線 と 国道254号</li> <li>－首都高6号線 と 国道6号</li> <li>－首都高7号線 と 国道14号</li> </ul> </li> </ul>
利用データと所要時間の算定方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ VICSのデータ</li> <li>・ 平成17年1月1日～12月31日（1年間）の5分間隔の所要時間データと同時に得られる原因事象データ</li> <li>・ 経路・区間の所要時間は「タイムスライス法」により算定し、所要時間データが未取得の場合にはH17センサスの混雑時旅行速度を用いて所要時間データを補完</li> </ul>
分析指標	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 時間信頼性指標               <ul style="list-style-type: none"> <li>－平均所要時間</li> <li>－Planning Time (PT)                   <ul style="list-style-type: none"> <li>= 95%タイル所要時間 － 平均所要時間</li> </ul> </li> <li>－Buffer Time Index (BI)                   <ul style="list-style-type: none"> <li>= PT / 平均所要時間</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

分析対象路線を図 3.1-1 に、分析対象路線と分析対象路線長の整理表を表 3.1-2 に示す。

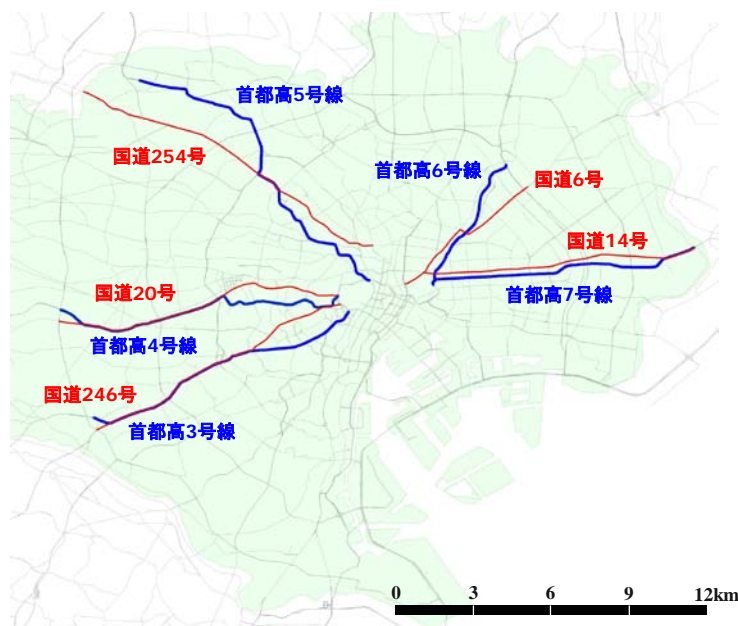


図 3.1-1 分析対象路線

表 3.1-2 分析対象路線と分析対象路線長

分析対象路線	分析対象路線長
首都高 3 号線	12.9km
-----	-----
国道 246 号	12.5km
首都高 4 号線	13.4km
-----	-----
国道 20 号	12.5km
首都高 5 号線	16.2km
-----	-----
国道 254 号	15.0km
首都高 6 号線	7.2km
-----	-----
国道 6 号	7.8km
首都高 7 号線	11.6km
-----	-----
国道 14 号	11.7km

## 2) VICSデータの取得率

分析に先立ち、分析対象路線の VICS データの取得率を算定した。データ取得率の算定方法は、5 分間隔で取得される VICS 所要時間データに対して全リンクの 5 分間隔のデータポイント総数に対する取得されたデータポイント総数により算定した。

首都高では全路線上下とも、ほぼ 100%のデータが取得されている。首都高 3 号線において取得率が 99%となっているものの、完全なデータ未取得区間は存在しない。一般道上路りでは国道 20 号を除き、85%以上のデータが取得されており、下りでは国道 20 号で

72%、国道 6 号で 80%と一部のデータ未取得区間が存在する。以上のデータ取得率の調査結果を踏まえた上で、次項以降で具体的な時間信頼性の分析について説明する。

### 3.1.3. 分析結果

#### 1) 首都高と一般国道の時間信頼性

##### (a) 路線別のBI値と平均旅行速度

分析対象路線 10 路線について、上下別に時間信頼性指標として BI 値と平均旅行速度を算出し、首都高と一般国道に分けて路線間の比較を行った。なお、各路線、表 3.1-3 に示すとおり区間を分割して所要時間を整理した後、路線としての平均旅行速度（平均所要時間）を整理した。

表 3.1-3 区間設定方法

対象	区間の設定方法
高速道路	IC や JCT 間隔で区間を設定
一般国道	主要な道路と交差する地点にて区間を設定

所要時間を算定した後、各路線上下方向別に所要時間の大きい 5%について、自然渋滞以外の原因事象データに対応付け、所要時間が大きくなった原因について分析した。ここで、所要時間の大きい 5%とした理由は、BI 値の算出には、Planning Time の 95%マイル旅行時間を用いていたことによる。なお、時間信頼性とは本来、「ある特定の時間帯における日々の所要時間変動の不確実性」を取り扱う概念であるものの、本分析では収集期間の全てのデータから、時間信頼性指標を算出している。

所要時間の大きい 5%のうち、自然渋滞以外の原因事象データが存在しない場合、本分析においては、自然渋滞と定義した。また自然渋滞以外の原因事象データは、表 3.1-4 に示す 12 種類となっている。

表 3.1-4 自然渋滞以外の原因事象データ一覧

番号	事象
1	事故
2	火災
3	故障車
4	路上障害物
5	工事
6	作業
7	行事等
8	気象条件
9	災害等
10	地震警戒宣言
11	その他
12	不明

分析の都合上、同一経路上で2つの原因事象が発生した場合は原因事象の継続時間の大きい原因事象を対応づけてとして集計を行っている。分析の結果は以下のとおり。

【首都高上り】

- BI値は、6号線が1.39と最も大きく、最も小さいのが4号線の0.99となった。5号線ともにほとんど1.0を超えており、20回に1回は、平均所要時間の倍の所要時間を要する。
- 平均旅行速度は、7号線が44.0km/hと最も高く、最も低いのが6号線の30.8km/hであった。
- 所要時間の大きい5%の原因事象は、どの路線も自然渋滞が大半を占めている。3号線、4号線、5号線は、6号線、7号線に比べ事故の割合が多い。

各路線のBI値と所要時間の大きい5%の原因事象の割合(上り)

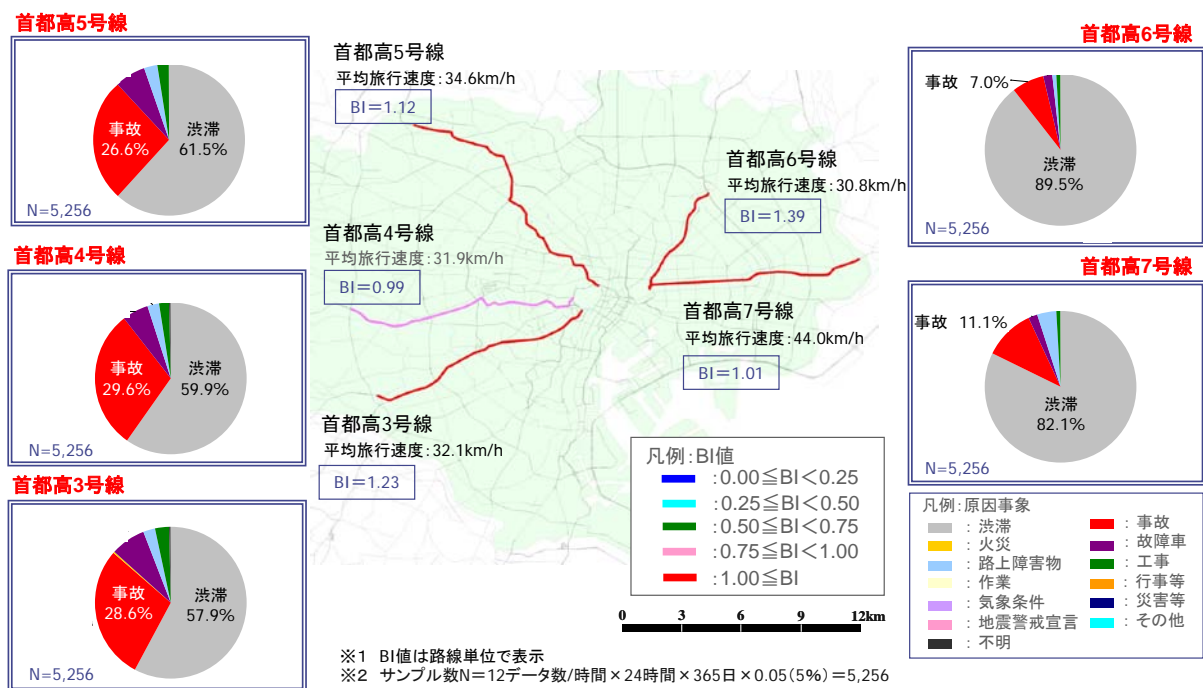


図 3.1-2 路線別 BI 値と所要時間の大きい 5%における事象発生割合 (首都高・上り)

【首都高下り】

- BI 値は、6 号線が 0.89 と最も大きく、最も小さいのが 7 号線の 0.16 となった。前述の首都高上りとは異なり、5 路線ともに 1.0 未満となった。
- 平均旅行速度は、7 号線が 65.0km/h と最も高く、最も低いのが 3 号線の 47.3km/h であった。
- 所要時間の大きい 5%の原因事象は、4 号線・5 号線において事故の割合が大きい。また、上りと比べると、全体的に工事の割合が高い。

各路線のBI値と所要時間の大きい5%の原因事象の割合(下り)

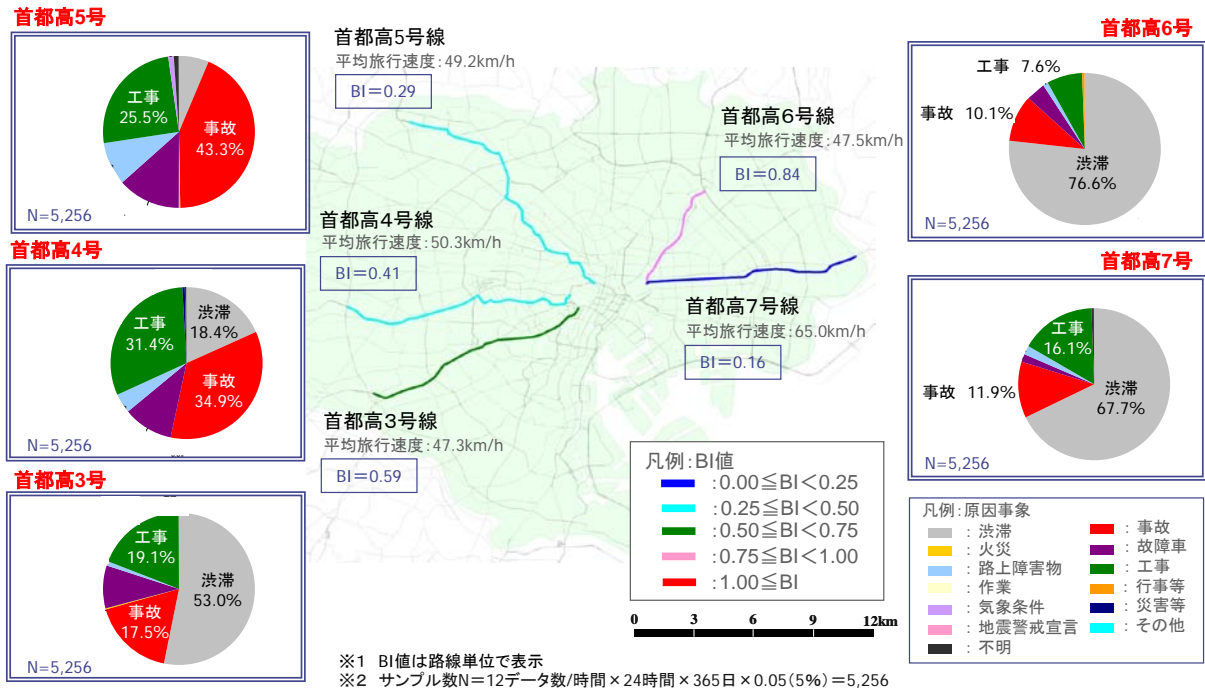


図 3.1-3 路線別 BI 値と所要時間の大きい 5%における事象発生割合 (首都高・下り)

【国道上り】

- BI 値は、国道 254 号が 0.72 と最も大きく、最も小さいのが国道 14 号の 0.40 となった。前述の首都高上りと比べ、BI 値が低く時間信頼性が高いと考えられる。
- 平均旅行速度は、国道 14 号が 25.8km/h と最も高く、最も低いのが国道 246 号の 20.2km/h であった。前述の首都高上りと比べ、平均旅行速度は低い。
- 所要時間の大きい 5% の原因事象は、全体的に渋滞の割合が高い。

各路線のBI値と所要時間の大きい5%の原因事象の割合(上り)

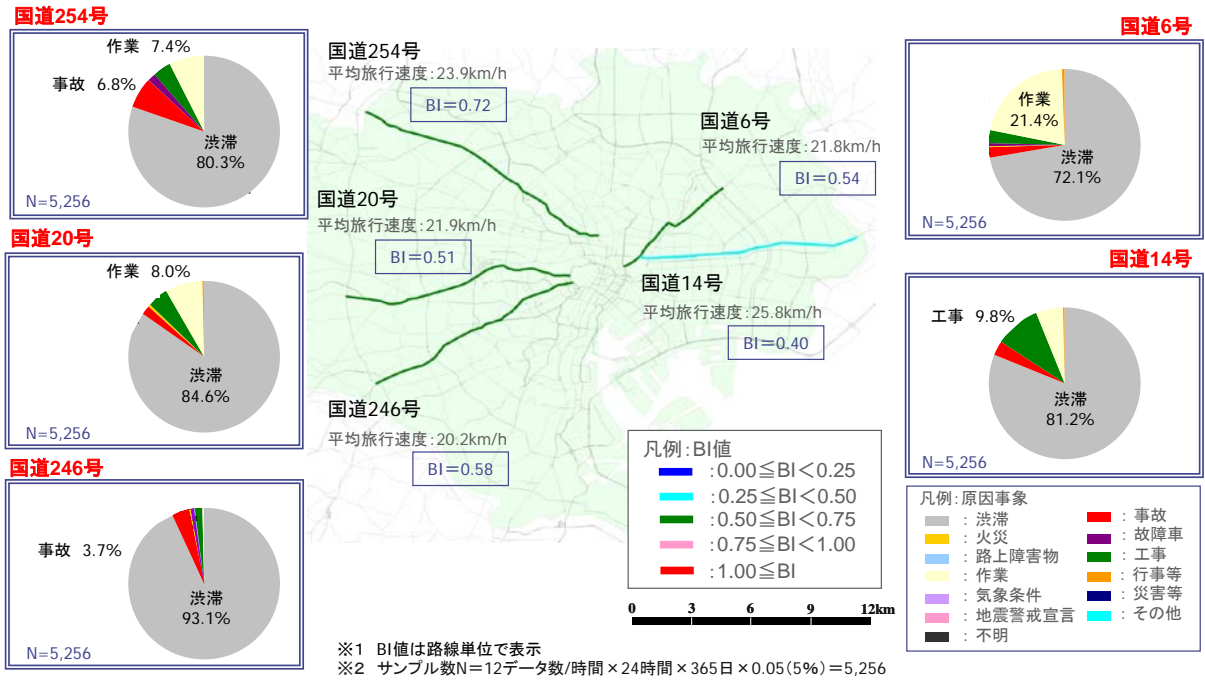


図 3.1-4 路線別 BI 値と所要時間の大きい 5% における事象発生割合 (一般国道・上り)

【国道下り】

- BI 値は、国道 20 号が 0.54 と最も大きく、最も小さいのが国道 14 号の 0.48 となった。どの路線も BI 値が 0.50 前後と路線差はほとんどない。
- 平均旅行速度は、国道 14 号が 27.9km/h と最も高く、最も低いのが国道 20 号の 23.1km/h であった。前述の首都高下りと比べ、平均旅行速度は低い。
- 所要時間の大きい 5% の原因事象は、全体的に渋滞の割合が高い。

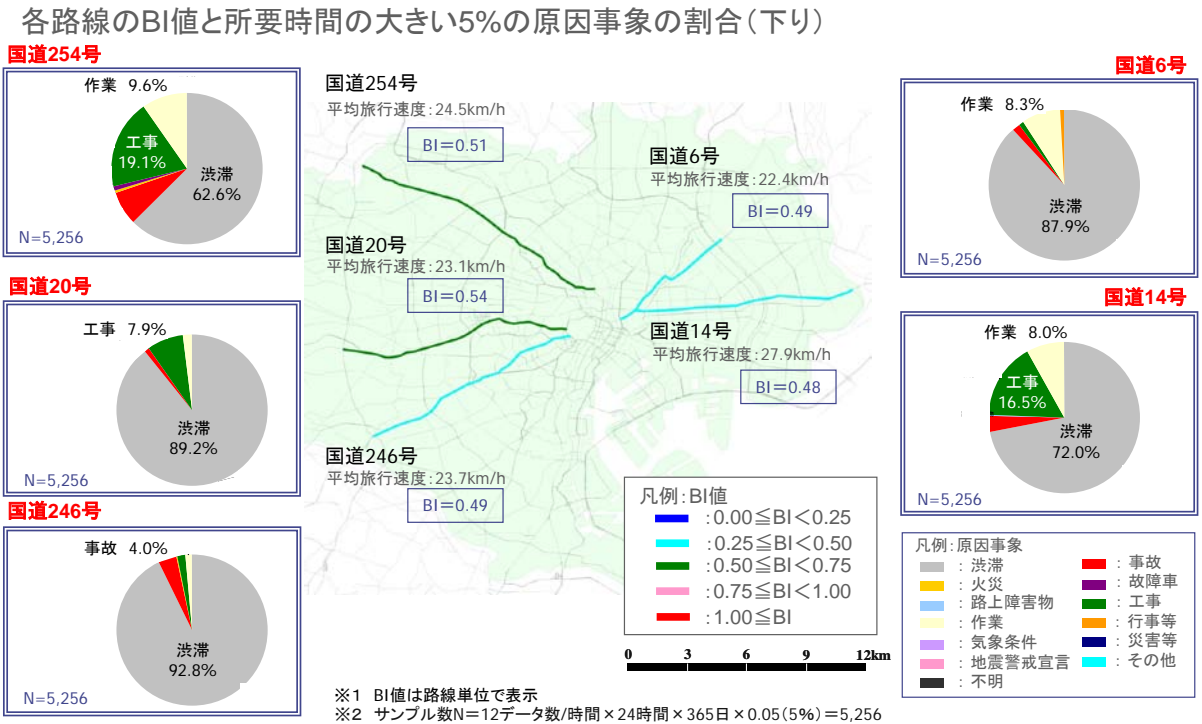


図 3.1-5 路線別 BI 値と所要時間の大きい 5%における事象発生割合 (一般国道・下り)

(b) 区間別BI値と平均旅行速度

首都高、一般国道の上下別 10 経路において区間別に BI 値と平均旅行速度を算定し、並行路線による比較を行う。なお、区間の設定は以下に示す方法にて設定している。

表 3.1-5 区間設定方法

対象	区間の設定方法
高速道路	IC や JCT 間隔で区間を設定
一般国道	主要な道路と交差する地点にて区間を設定



以下に上り区間・下り区間の特徴を述べる。

【上り区間の特徴】

- 首都高では、東京西側に位置する3号線、4号線、5号線においては、比較的区間別のBI値が小さい。東京東側に位置する6号線、7号線においては、都心部に近い区間でBI値が大きくなり、時間信頼性が低くなる。
- 一般国道では、首都高に比べ区間毎のBI値の差が大きく、区間によって時間信頼性の差が大きい。

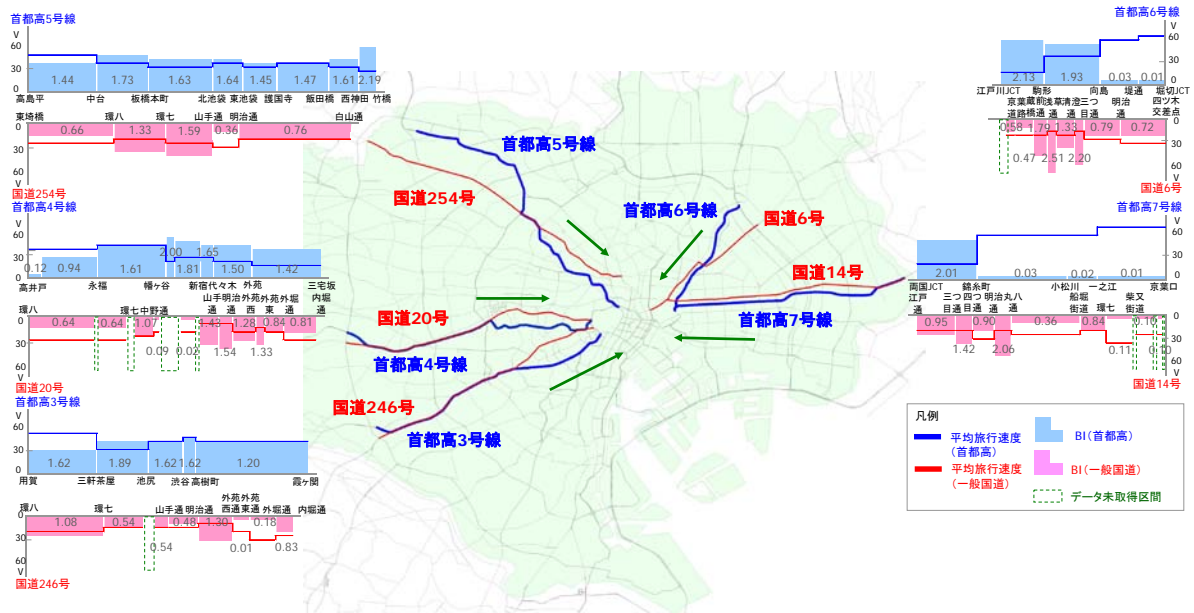


図 3.1-6 区間別 BI 値と平均旅行速度（上り）

### 【下り区間の特徴】

- 首都高では、東京西側に位置する 3 号線、4 号線、5 号線において、都心部で BI 値が大きく、時間信頼性が低い。
- 一般国道では、首都高に比べ区間毎の BI 値の差が大きく、区間によって時間信頼性の差が大きい。
- 首都高、一般国道ともに、どの区間も上りと比較して BI 値が小さく、下りの方が時間信頼性が高いと考えられる。

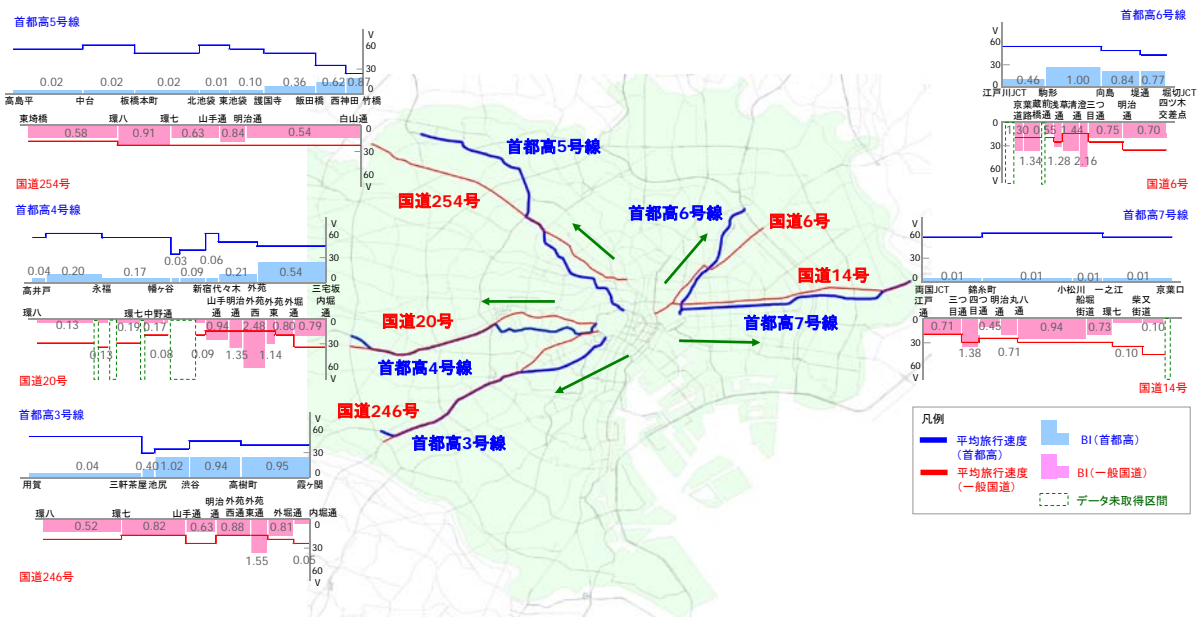
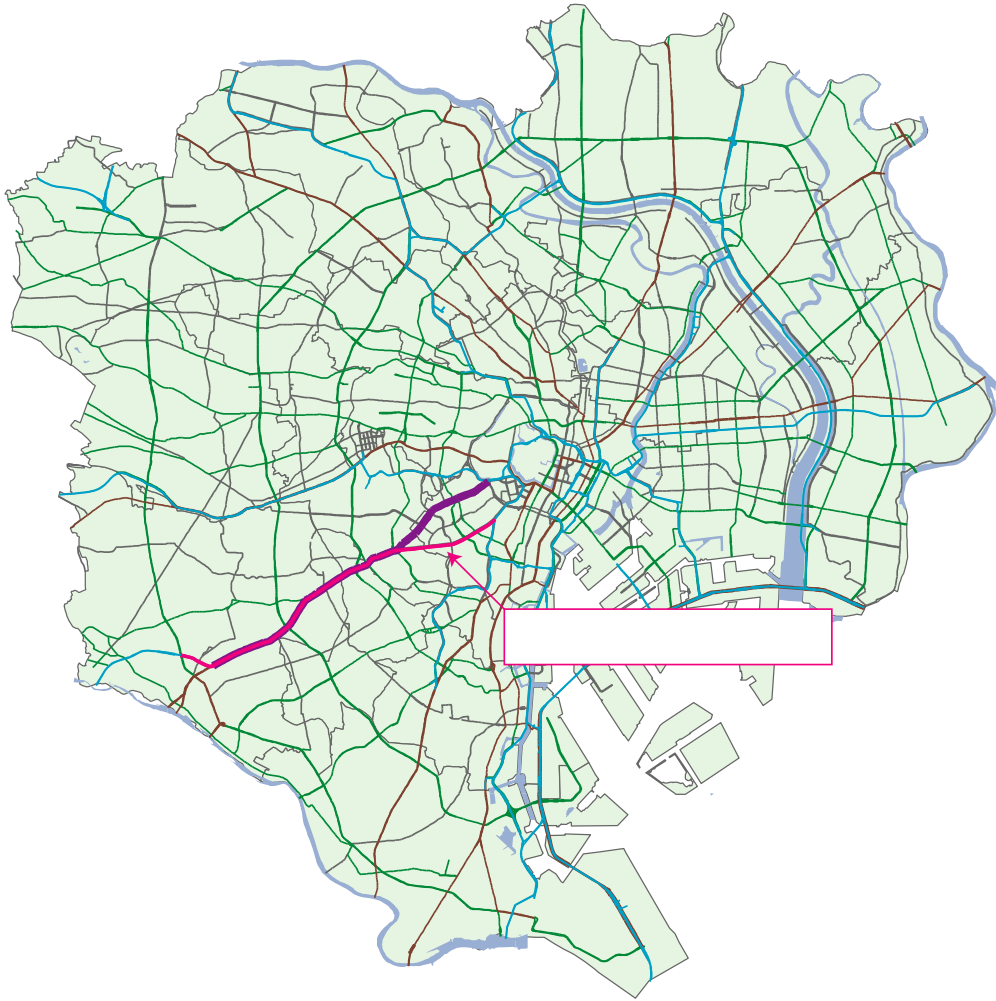


図 3.1-7 区間別 BI 値と平均旅行速度（下り）

## 2) 首都高 3 号渋谷線と国道 246 号の時間信頼性分析

### (a) 分析対象路線

本節では、「首都高 3 号線」と「国道 246 号」を対象とし、所要時間分布及び時間信頼性の詳細な比較分析を行う。この 2 路線を選択した理由として、「路線がほぼ並行しており一対一の比較対象が可能」「VICS データが豊富に取得されている」「両者の所要時間分布に、2 路線の特徴がよく表れている」ということが挙げられる。対象区間の詳細は図 3.1-8 と表 3.1-6 に示す通りである。



(c) 時間信頼性指標の算出

表 3.1-7 に示す内容に従って時間信頼性指標等の分析指標の算出を行う。対象延長が二つの路線で異なるため、「単位距離当たり所要時間(分/10km)」に正規化して評価する。

- ① 所要時間分布
- ② 一般化費用を考慮した所要時間分布
- ③ 所要時間の大きい方から 5%の該当日 (所要時間上位 5%)
- ④ 平均所要時間
- ⑤ Planning Time (=旅行時間の 95%タイル値)
- ⑥ Buffer Time Index (= (Planning Time - 平均旅行時間) ÷ 平均旅行時間)

なお、1)と同様に、所要時間データが未取得の VICS リンクは H17 センサスの混雑時旅行速度より算定した所要時間を用いて補完している。また、時間信頼性とは本来、ある特定の時間帯における日々の所要時間の不確実性を取り扱う概念であるものの、本節でも 1)と同様に、データ数の制約から便宜的に収集期間の全てのデータから、時間信頼性指標を算出している。上りの方が都心への交通集中による時間信頼性の変動が明確に現れているため、以下、所要時間の特性に関する図を用いた詳細な説明は上りのみとする。

表 3.1-7 分析の概要

項目	内容
対象経路	首都高 3 号線 (谷町 JCT ~用賀 IC) 11.3km 国道 246 号 (赤坂見附~用賀) 12.0km
利用データ	VICS の「所要時間」データ、5 分間隔・24 時間・1 ヶ月 (平成 17 年 5 月) 経路の旅行時間は「タイムスライス法」により集計
分析指標	所要時間分布の確認、時間信頼性指標の分析、平均所要時間 Planning Time (=PT)、Buffer Time Index (=BI)
分析内容	経路および区間について分析 首都高 3 号線と国道 246 号の比較

(i) 所要時間分布

図 3.1-9 に首都高 3 号線と国道 246 号の所要時間分布を比較して示す。

首都高は所要時間 10 分前後が最頻となるピークの高い分布である反面、所要時間が 30 分を超えるものもあり、分布にばらつきがある。このため平均所要時間は 15 分で最頻値より大きく、95%タイル所要時間は 32 分、両指標の差を示す BT を平均旅行時間で除した BI は 114%と高い。一方、国道 246 号は所要時間 20~25 分が最頻であるもののピークは低く、30 分を超えるものも多く、平均所要時間は 27.5 分で最頻値より大きい。また、95%タイル所要時間は 40.3 分、BT は 12.7 分、BI は 46%という所要時間のばらつきが見られる。

次に、首都高と国道 246 号の所要時間を比較する。平均所要時間は首都高が国道 246

号の約半分であり、はるかに短い。一方、95%タイル所要時間は首都高の方が 10 分近く短いに対して、両指標の差である BT は首都高の方が国道 246 号より約 4 分長い。また、BI に至っては、首都高が国道 246 号の 2 倍以上となる。

この結果から、首都高の平均所要時間分布は国道 246 号より大きく、時間信頼性はそれほど高いと言えないということが分かった。

一方、下りについて概説すると、首都高は上りに比べて所要時間の遅れが少ないため時間信頼性が高く、一方で国道 246 号は上りに比べてばらつきが大きいいため時間信頼性が低く、首都高と国道 246 号では時間信頼性は同程度になるということが分かった。

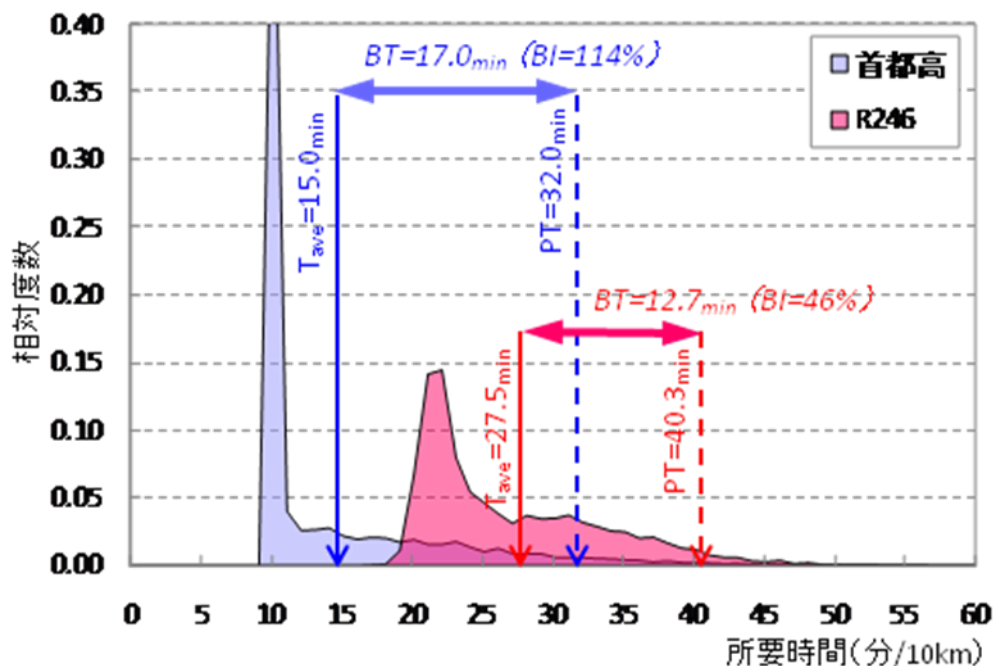


図 3.1-9 所要時間分布（上り方向：分/10km）

(ii) 一般化費用を考慮した所要時間分布

次に、「一般化費用」の概念を考慮した所要時間の発生確率分布を求め、考察を行った。すなわち、首都高を利用した時の料金を時間換算し、所要時間に反映させる方法である。表 3.1-8 に示すように、道路事業評価における車種別時間価値<sup>4</sup>を車種別交通量で重み付けし、平均時間価値を 74.5 円/分・台と設定した。また、同様に車種別基本料金で重み付けした平均利用料金 920 円は 12.3 分に相当する<sup>5</sup>。この一般化費用から首都高の所要時間分布と各統計指標を算出し、分析を行った（図 3.1-10 参照）。

<sup>4</sup> 平成 15 年道路事業評価における車種別時間価値

<sup>5</sup> 国土交通省道路局,都市地域整備局編：「費用便益分析マニュアル」,2003.8

表 3.1-8 車種平均した時間価値と料金（試算）

車種	交通量* (台/日)	基本料金 (円)	時間価値** (円/分・台)
1. 乗用車	53,325	700	62.86
2. バス	1,078	1,400	519.74
3. 小型貨物	13,762	700	56.81
4. 普通貨物	29,980	1,400	87.44
車種平均	98,145	921.5	74.5

\*) 首都高 3 号線における H17 センサス交通量

\*\*) H15 道路事業評価における車種別時間価値

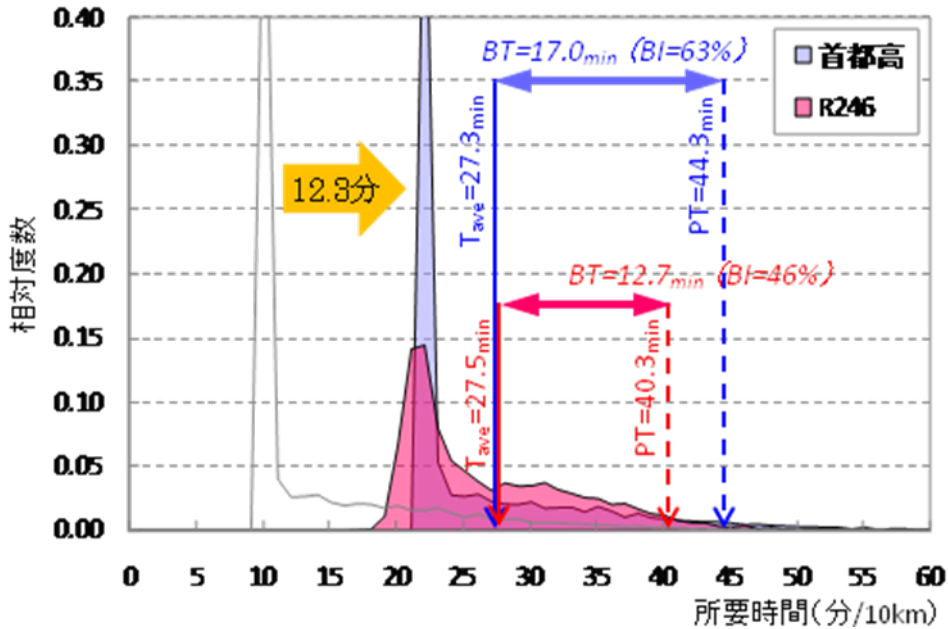


図 3.1-10 一般化費用を考慮した所要時間分布（上り方向：分/10km）

上りの首都高と国道 246 号の所要時間分布の特徴について説明する。

一般化費用を考慮した首都高上りの平均所要時間は 27.3 分で国道 246 号上りのそれとほぼ同値となり、95%タイル所要時間は 44.3 分で国道 246 号の 40.3 分をやや上回る結果となった。

一方、下りにしてもほぼ同様の結果となった。

これらの結果から、一般化費用を考慮すると、首都高は国道 246 号に対して速達性において同等であり、時間信頼性において若干劣っていると考えられる。

### (iii) 時間信頼性低下の原因事象分析

道路の所要時間信頼性を低下させる要因の一つとして「需要変動」が挙げられる。朝のラッシュ時や観光シーズン等特定日または特定時間帯において道路の交通容量を上回

る交通需要が流入した際に発生するケースであり、主として自然渋滞による時間信頼性の低下と捉えることができる。一方、別の一つの要因に「容量変動」が挙げられる。これは災害や事故等による通行障害、補修や剪定による通行規制等様々であるが、特定日または特定時間帯において道路の交通容量が減少することによって発生するケースである。表 3.1-4 で示した通り、VICS データには旅行時間情報の他、自然渋滞以外の原因事象情報も抽出することができるため、これを用いて原因事象と時間信頼性低下の関係を把握する。

分析対象の二つの路線に対して、原因事象と時間信頼性低下の関連性について把握するために、所要時間の上位 5%以内に該当する日を抽出して、VICSデータにより同時に発生している状況を確認した。具体的な分析方法として、上位 5%所要時間のうち、原因事象データも併せて収集されている場合を「(自然渋滞以外の)原因事象による遅れ」、同データが収集されない場合を「自然渋滞による遅れ」とみなして集計を行った。また、原因事象が複数のリンクで同時に発生している場合には、その継続時間が最も長い事象を代表原因事象として集計している点に留意が必要である。所要時間の上位 5%の所要時間を取り扱う理由には、阪神高速道路において 95%タイル所要時間を超えるデータに原因事象が多く含まれる結果が報告されているためである。<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> 飛ヶ谷,石橋,田名部,朝倉:”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書.pp.177~180,2008

### 【首都高 3 号線（上り）】

- ・ 所要時間の上位 5%の原因事象のうち、自然渋滞以外の原因事象が 4 割近くを占める。
- ・ 自然渋滞以外の原因事象では、事故が原因の遅れが半分以上を占める。

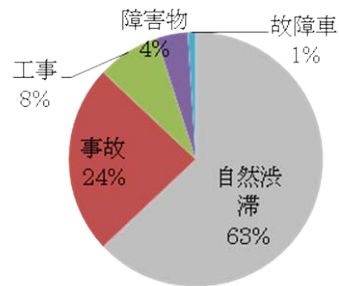


図 3.1-11 所要時間の上位 5%の場合の原因事象(首都高 3 号渋谷線上り)

### 【国道 246 号（上り）】

- ・ 所要時間の上位 5%の原因事象のうち、事故や工事によるものは少なく、自然渋滞が大部分を占めている。
- ・ なお、後述するように、遅れは 7 時台～18 時台にのみ発生し、深夜から朝方の時間帯には発生していない。

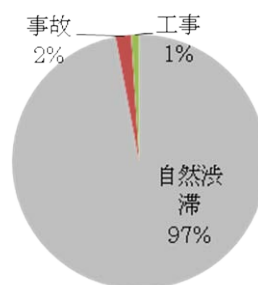


図 3.1-12 所要時間の上位 5%の場合の原因事象(国道 246 号上り)

以上より、首都高等の都市高速道路は、自然渋滞以外の原因事象（事故、工事、路上障害物）に伴う通行規制が所要時間の信頼性に重大な影響を及ぼすこと、また一般道での速度低下の大半は自然渋滞に起因すると考えられるということが明らかにされた。

#### (iv) 時間帯別の時間信頼性指標（平均所要時間、BT）の比較

次に、一日における所要時間の変動状況を考察する。分析対象の二つの路線に対して、前述の統計指標を用いて、時間帯別の所要時間を比較分析した。

##### ① 平均所要時間と 95%タイル所要時間の変動状況

首都高は昼間時（7～18 時台）に平均所要時間及び 95%タイル所要時間が大きく変動



する。特に朝と夕方のピーク時における所要時間が長く、平均所要時間と 95%タイル所要時間との差 (Buffer Time Index) も広がっているものの、正午と夕ピークの間では、BT は小さくなる傾向にある。一方、国道 246 号も、首都高と同様に、昼間時において平均所要時間及び 95%タイル所要時間が大きく変動する。しかし、正午過ぎの時間帯においても所要時間が長く、Buffer Time も大きい点で首都高の傾向と異なる。

次に、所要時間変動状況を二つの路線で比較する。平均所要時間はどの時間帯においても首都高が国道 246 号に対して 10~15 分程度短く、優位性を保っている。また、平均所要時間と 95%タイル所要時間との関係を見た時に、変動が大きな昼間時間帯においても首都高の 95%タイル所要時間は国道 246 号の平均所要時間を下回っている。ただし、夕方に限っては、首都高の時間信頼性も低く、前項で示した料金の一般化費用 12.3 分を考慮すると国道 246 号に対する首都高の走行サービスの優位性は十分に保たれていないものとする。

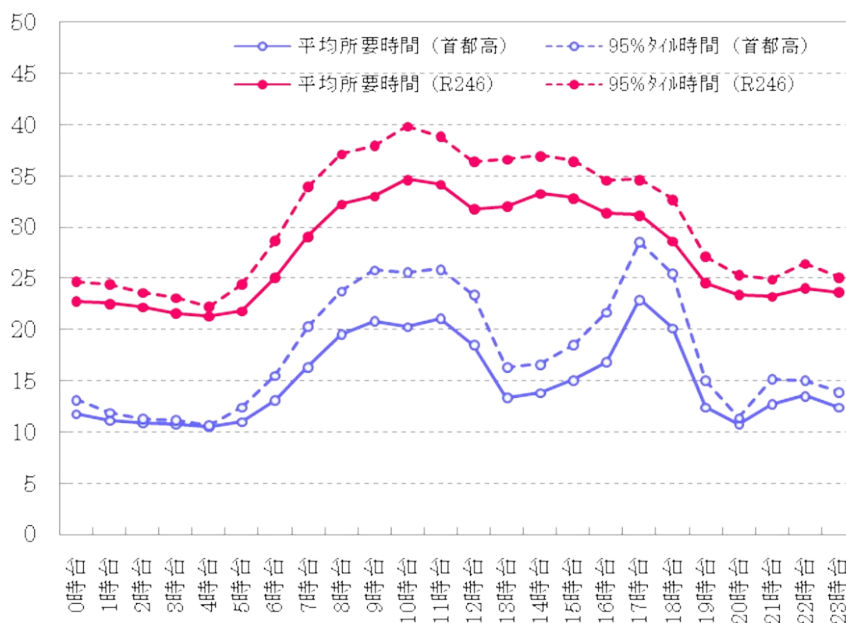


図 3.1-13 首都高 3 号線と国道 246 号 (上り : 分/10km) の平均所要時間と 95%タイル所要時間の時間帯別変動

### 3.1.4. まとめ

本分析では、都市高速道路と一般国道という機能や交通特性が異なる道路について、それぞれ並行する路線のペアを作り、VICS データを用いて時間信頼性指標等の比較分析を行った。本分析から得られた知見は以下の通りである。

#### ①一般化費用の概念を考慮した所要時間及び時間信頼性の比較

首都高と首都高に並行する一般国道の所要時間分布を比較するときに「一般化費用(料金負担を時間換算)」の概念を考慮した結果、首都高と一般国道の平均所要時間は同等となることから、道路利用者は料金や所要時間を含む総合的な走行費用に着目して経路選択を行っているものと考えられる。ただし、BI 値は首都高の方がやや大きかったため、都市高速道路の方が一般国道より時間信頼性の面では劣ると考えられる。

#### ②一日における所要時間の変動

所要時間はどの時間帯においても首都高が一般国道に対して 10~15 分程度の高い優位性を保っている。また、両路線ともに昼間時の所要時間変動が大きく、特に夕方に限っては首都高の時間信頼性も大きく劣っており、一般国道に対する走行サービスの優位性が十分保たれていない。

#### ③時間信頼性の低下要因

所要時間の信頼性に重大な影響を及ぼす要因は、首都高においては自然渋滞に次いで、事故や工事等の原因事象に伴う容量変動であり、一般国道においては朝の通勤時等自然渋滞に伴う需要変動である。

## 3.2. 季節変動及び天候が時間信頼性評価に与える影響の分析

### 3.2.1. はじめに

道路交通の時間信頼性の変動要因としては、大別すると交通容量の変動と交通需要（交通量）の変動とがある。交通容量はバイパスの整備、拡幅あるいは車線追加等物理的な道路構造の改造により拡大することが可能であり、これにより時間信頼性の向上を図ることができる。また、交通需要（交通量）を適切にコントロールすることで、時間信頼性の向上を図ることができると考えられる。

交通量の変動には周期的な変動と非周期的な変動がある。周期変動とは、年・月・曜日・時間（時刻）、休日祝日、商慣行、季節、定期的な工事による交通規制による交通量の大小の傾向であり、非周期的な変動とは、天候、突発的な災害・工事・事故による交通規制による交通量の大小の傾向である。周期変動として、特に月変動（季節変動）、曜日変動、時間変動（24時間）の3つに着目し、さらに道路特性に応じて道路を分類すると（都市部、日平均交通量が多い郊外部、日平均交通量が少ない郊外部、通過交通の性格が強い地方部の旧一級国道、通過交通の性格が強くない地方部に旧一級国道、地方部の二級国道等）、同じ分類内では類似した交通量変動パターンを示すという研究成果もある。<sup>7</sup>

前述のように、道路の交通量には周期的な変動と非周期的な変動が存在し、特に降雨などの非周期的な変動では交通容量自体が低下する可能性もある。交通量や交通容量の変動は道路のサービスレベルにも影響を及ぼす。時間信頼性指標はこのサービスレベルの変動を評価するものであり、その変動が何に起因しているかを十分に検討する必要がある。

時間信頼性指標を算定するには長期のデータを扱う必要があるため、季節変動や降雨の影響が必然的に含まれることになる。例えば、観光道路のように季節変動が大きな区間で1年間のデータを使って指標を算定した場合、算定された指標値は季節変動そのものとなる可能性が高く、年間を通じたパフォーマンス指標としてこの指標値を用いることが妥当であるかどうかは議論を要する。

以上のことから、長期間にわたる所要時間データを用いて季節変動の発生状況について分析するとともに、降雨が所要時間に与える影響についても検証を行うことで、外的要因による時間信頼性の変動を捕捉・評価するための方法について検討を行う必要があると言える。

### 3.2.2. 調査分析の方法と分析結果

#### 1) 分析対象路線・経路、調査期間、利用データ、分析指標

長期間にわたる所要時間データが整備されている東名高速・中央道・関越道・東北道・常磐道の5路線（いずれも上り方向）を対象として分析を行った。調査対象区間はいずれも100km程度である。路線ごとに月別の時間帯別平均所要時間及び標準偏差を算定・比較することで、季節変動の発生状況及び天候（降雨）が時間信頼性評価に与える影響

<sup>7</sup> 池之上;「交通量の変動」技術書院,東京,1966

を把握した。

降雨のデータに関しては、気象庁の web サイトで公開されている地点別の 1 時間毎の降雨情報を用いた。各路線の概ね 5km 以内に存在する観測ポイントを 1 路線当たり 6 箇所抽出し、当該時間帯に路線近傍の観測ポイントで 1 か所でも降雨が観測されていれば雨であると判定した。これらのデータを用いて降雨の有無別に平均所要時間を算定し、その平均値に統計的な有意差が存在するのかどうかを検討した。



図 3. 2-1 分析対象路線と降雨観測ポイント位置図

表 3. 1-1 分析の概要

項目	内容
対象路線	東名高速：沼津 IC→東京 IC（約 103km） 中央道：甲府南 IC→高井戸 IC（約 106km） 関越道：渋川伊香保 IC→練馬 IC（約 103km） 東北道：宇都宮 IC→川口 IC（約 103km） 常磐道：日立 IC→三郷 IC（約 117km）
利用データ	トラカンデータ（5分毎）、雨量データ（1時間毎）
対象期間	季節変動：2006年4月1日～2007年3月31日 降雨の影響：2006年4月1日～2006年6月30日（平日のみ） 2007年4月1日～2007年6月30日（平日のみ）
分析指標	平均所要時間、95%タイル所要時間

## 2) 季節変動に関する分析

平日と休日（土曜日含む）では変動傾向が異なることが予想されるため、平日と休日に区分し、朝ピーク時（6時台）、オフピーク時（12時台）、夕方ピーク時（17時台）の3つの出発時間帯で平均所要時間、95%タイル所要時間を整理した。各路線の時間帯別年平均所要時間は以下の通りである。各路線とも休日の17時台で所要時間が長くなっている。

また、各時間帯の年平均所要時間に対する当該月平均所要時間の比率を、季節変動を示す月変動係数として算出し比較分析を行った。

表 3.2-2 各路線の時間帯別年平均所要時間（分）

		東名	中央	関越	東北	常磐
平日	6時台	73	83	64	62	71
	12時台	67	70	65	63	73
	17時台	70	77	68	64	74
休日	6時台	64	69	61	59	69
	12時台	63	69	63	59	69
	17時台	96	95	93	74	83

### (a) 平日

朝ピーク時（6時台）については、東名高速・中央道において、3月、10月、11月の所要時間が長く、5月、6月が短くなっている。関越道・東北道・常磐道については、東名高速・中央道に比べて月変動が小さい。オフピーク時については、各路線とも月変動が小さい。夕方ピーク時（17時台）については、各路線とも8月の所要時間が長くなっている。東名高速では10月が、中央道・関越道では11月の所要時間が長い。所要時間の短い月は朝ピーク時と同様に5月・6月である。

各路線とも、朝ピーク時（6時台）、オフピーク時（12時台）、夕方ピーク時（17時台）で異なる月変動が見られる。路線別にみると、東名高速・中央道は月変動が3路線に比べて大きく、東北道・常磐道は月変動が小さい。

月変動係数

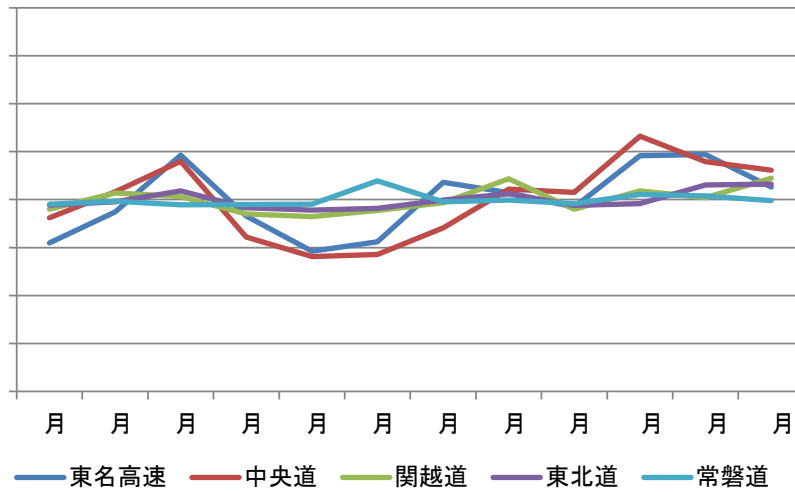


図 3.2-2 平日の朝ピーク時（6 時台）

月変動係数

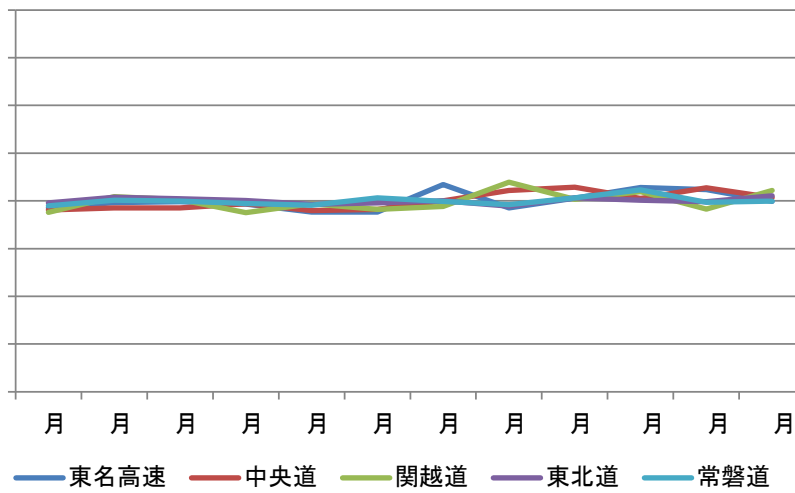


図 3.2-3 平日のオフピーク時（12 時台）

月変動係数

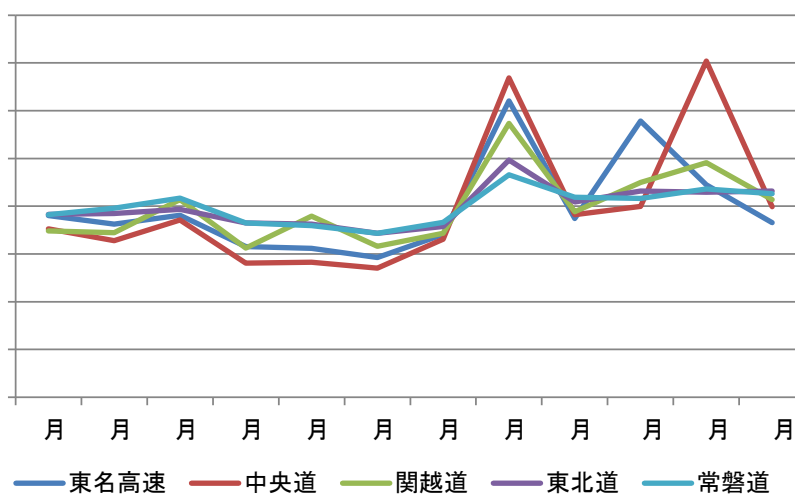


図 3.2-4 平日の夕方ピーク時（17 時台）

(b) 休日（土曜日含む）

朝ピーク時（6 時台）については各路線ともに平日に比べ月変動が小さい。オフピーク時（12 時台）については、各路線とも平日に比べて月変動が大きい。

夕方ピーク時（17 時台）については、各路線とも平日の朝ピーク時（6 時台）、オフピーク時（12 時台）、夕方ピーク時（17 時台）、休日の朝ピーク時（6 時台）、オフピーク時（12 時台）に比べて最も月変動が大きい。特に 8 月、10 月、11 月はどの路線も所要時間が長くなる。

路線別にみると中央道の月変動が最も大きい。

月変動係数

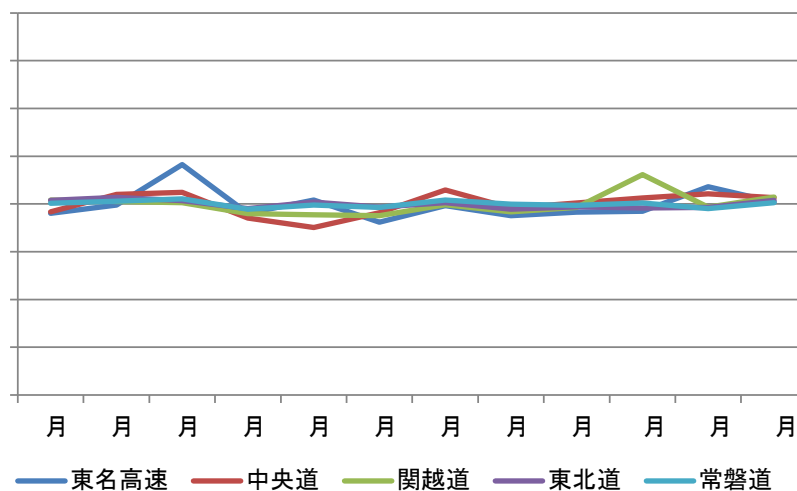


図 3.2-5 休日の朝ピーク時（6 時台）

月変動係数

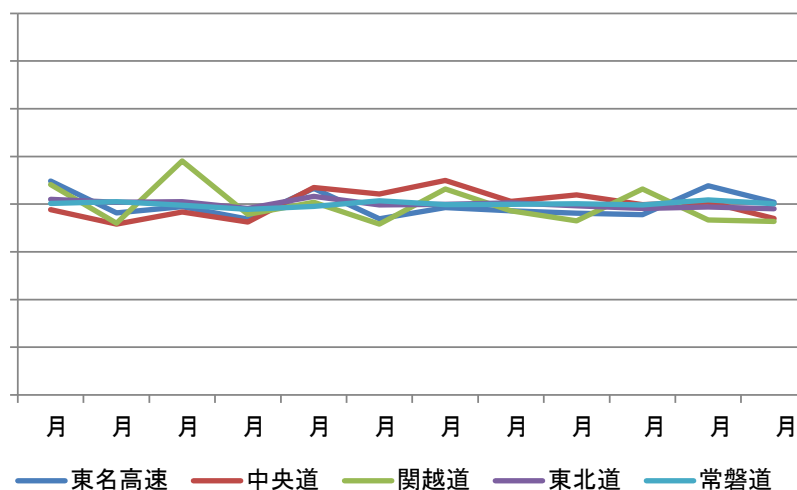


図 3.2-6 休日のオフピーク時（12 時台）

月変動係数

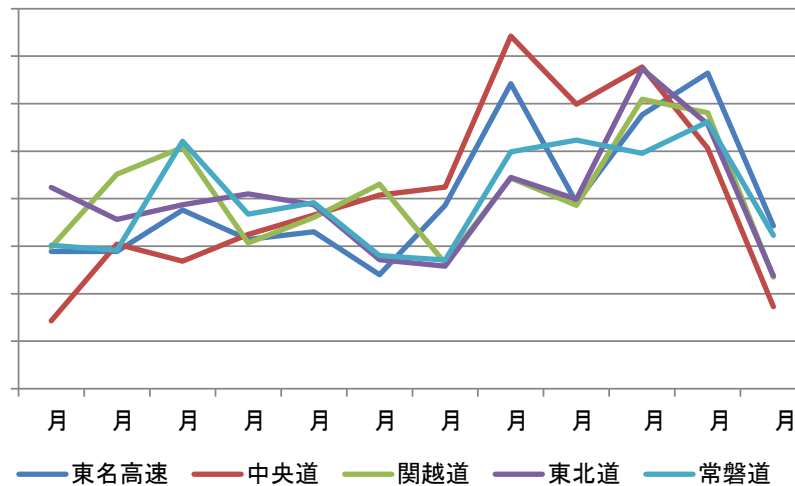


図 3.2-7 休日の夕方ピーク時（17 時台）

(c) 所要時間上位 5%の内訳

以上の分析により、各路線により発生する月別や時間帯別による所要時間の季節変動に大きな差があることが確認された。季節変動があまりにも大きな路線において、年間データを用いて 95%タイル値等の時間信頼性指標を算定した場合、季節変動そのものを評価していることになる。ここでは、各路線の 3 つの時間帯について、上位 5%に含まれる所要時間が何月に発生していたのかを分析した。なお、休日は、該当日数が少なく分析結果の一般性に問題がある、平日のみを対象として分析を行った。

常磐道のオフピーク時（12 時台）のように季節変動が小さい路線・時間帯では、所要時間上位 5%が観測された月がばらばらになっているのに対し、東名高速夕方ピーク時（17 時台）のように季節変動が大きな路線・時間帯では、所要時間上位 5%が観測された月の大半が月変動係数の大きい月となっている。このような路線・時間帯において、例えば 95%タイル所要時間を利用者に提供した場合、月変動係数が小さい時期には過大な所要時間が示されることになる。時間信頼性指標の算定にあたっては、季節変動の発生状況を事前にチェックする等、指標が示すばらつきが何を示しているのかを明確にする必要がある。



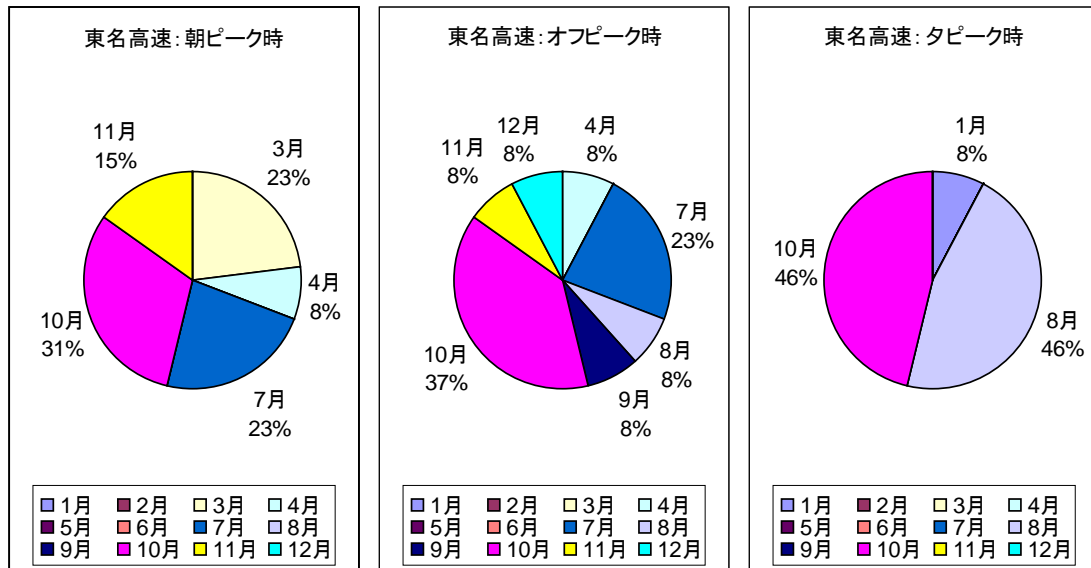


図 3.2-8 所要時間上位 5%の内訳（東名高速：沼津 IC→東京 IC）

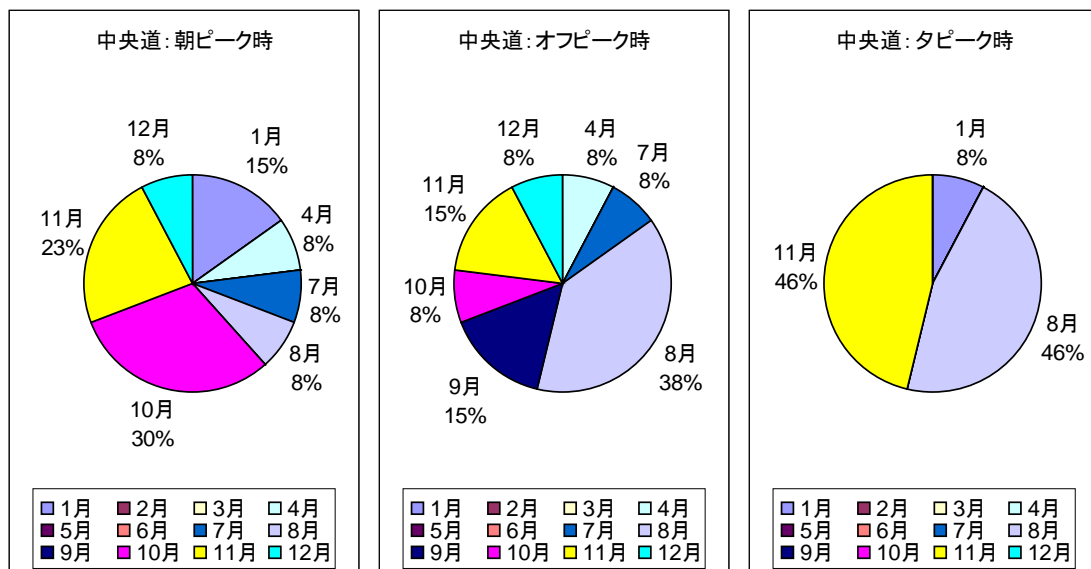


図 3.2-9 所要時間上位 5%の内訳（中央道：甲府南 IC→高井戸 IC）

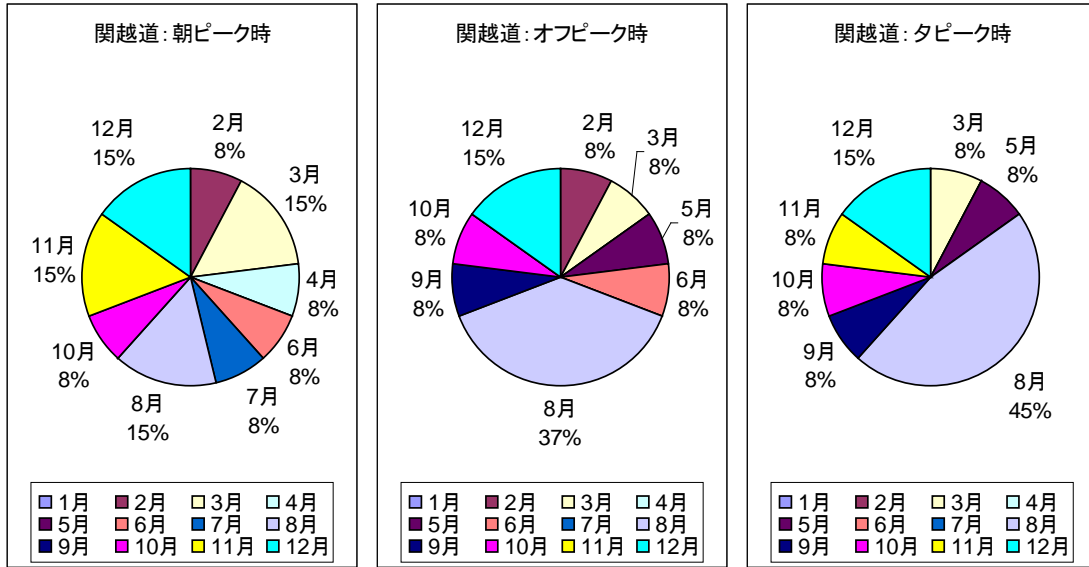


図 3.2-10 上位 5%所要時間の内訳（関越道：渋川伊香保 IC→練馬 IC）

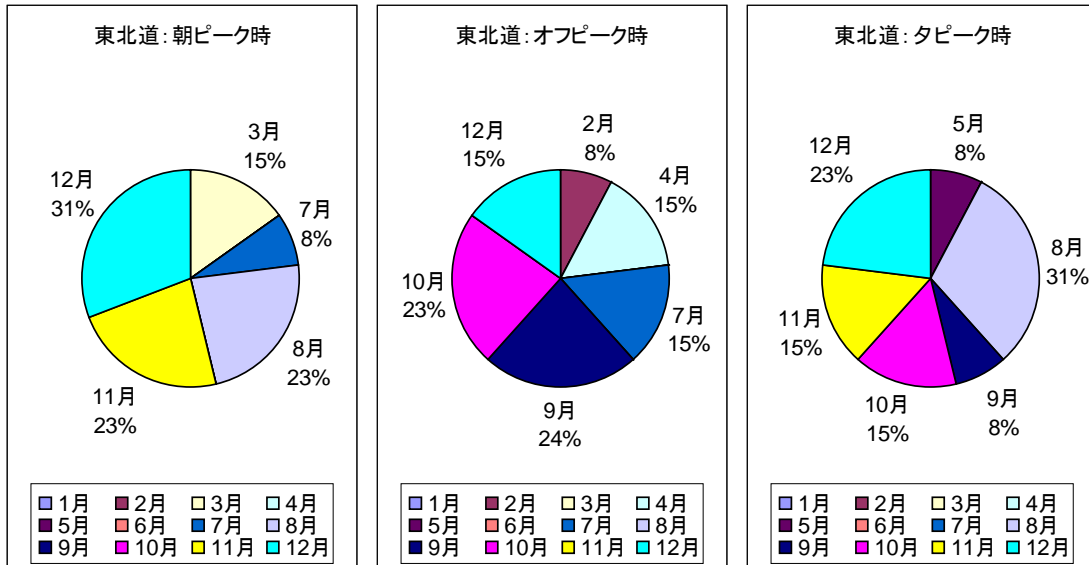


図 3.2-11 所要時間上位 5%の内訳（東北道：宇都宮 IC→川口 IC）

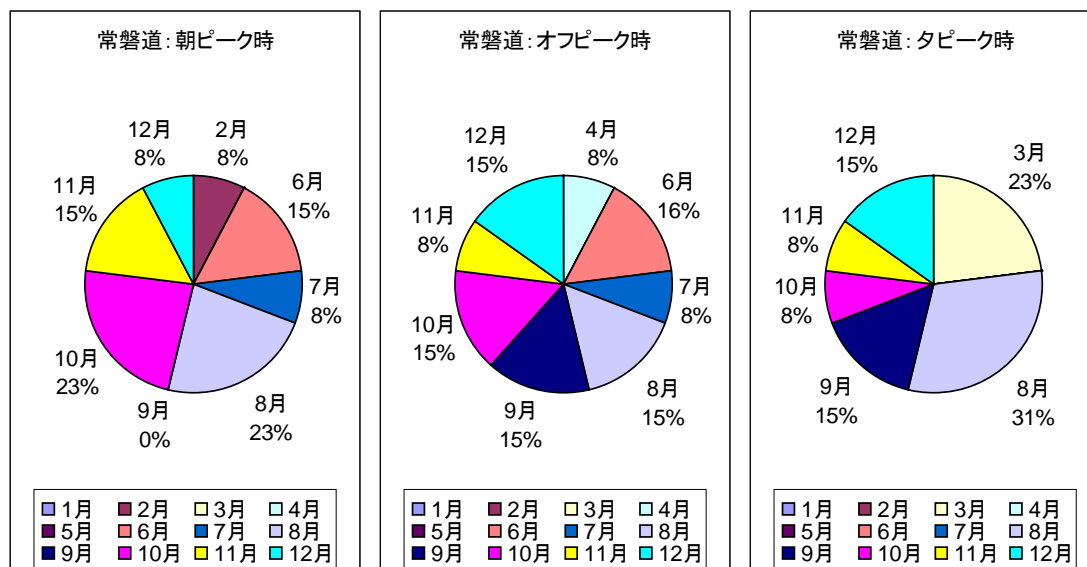


図 3.2-12 所要時間上位 5%の内訳（常磐道：日立 IC→三郷 IC）

### 3) 天候変動に関する分析

#### (a) 降雨の有無別の平均所要時間の差異の有意検定

降雨が所要時間に与える影響を分析するため、降雨の有無別に平均所要時間を算定し、その差異について分析した。分析対象期間については、季節によって降雨の頻度が異なり、季節変動に基づく差異を評価している可能性もあるため、ここでは変動が少なく降雨頻度が高い 4～6 月の平日を対象とし、より多くのサンプル数を確保するため、2006 年 4 月～6 月及び 2007 年 4 月～6 月の平日データを用いた。大半の路線・時間帯において、降雨が観測された時の平均所要時間が、降雨なしの平均所要時間を上回っており、降雨により平均所要時間が増加する傾向がある。この理由としては、交通需要の増加（雨を嫌って自動車利用率が高まる）と交通容量の低下（降雨なし時よりも車間距離に余裕を持って走行するため交通容量が低下する）が考えられる。

上記傾向を検証するため、この平均値の差異に関する統計的な有意性について、有意水準を 5%に設定して t 検定を行った。検定結果より、東名高速ではほぼ半数の時間帯において、常磐道については 8～9 割の時間帯において、降雨の有無で平均値の差異が有意であるという結果が得られた。一方、中央道では、平均値の差異が有意であったのは、17 時台と 22 時台の 2 つの時間帯のみであった。5 時台、6 時台、15 時台、16 時台等は平均値の差は大きいものの、統計的にはこの差異は有意でないという結果になった。平均値の差が大きい 5 時台、6 時台、15 時台、16 時台のデータを確認したところ、降雨時の個々の所要時間が大きくばらついており、所要時間が著しく大きいデータが 2、3 日程度含まれていた。このため、降雨時の平均値が大きくなり、降雨がない場合の平均値との乖離が、見掛け上大きくなっていったと考える。このため、中央道に関してはあまり有意な結果は得られなかったものの、全般的には「降雨により所要時間が増加する」という仮説は統計的にも有意であると考えられる。

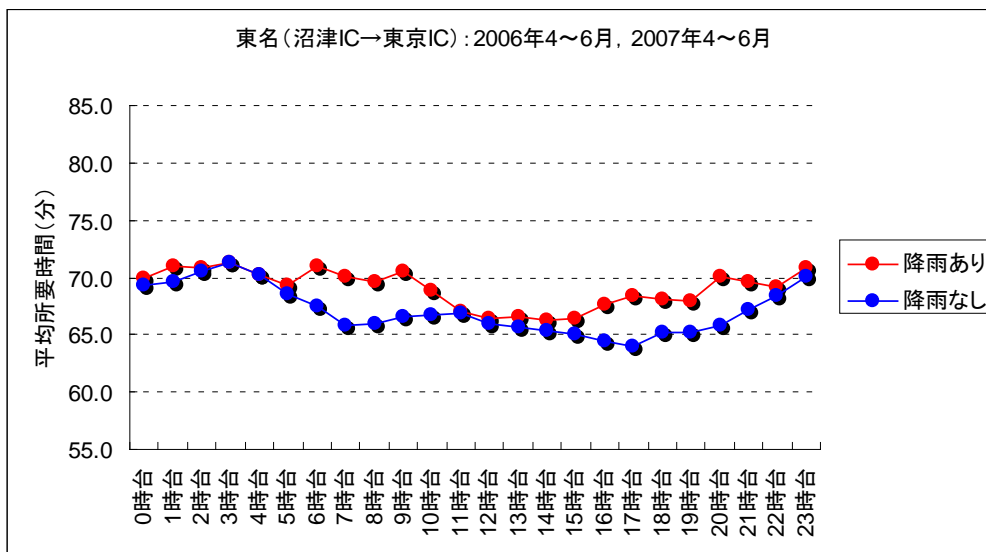


図 3.2-13 降雨の有無別平均所要時間 (東名高速: 沼津 IC→東京 IC)

表 3.2-3 平均値に関する検定結果 (東名高速: 沼津 IC→東京 IC)

時間帯	観測日数		平均所要時間		t値
	降雨あり	降雨なし	降雨あり	降雨なし	
0時台	22	102	69.9	69.4	1.090
1時台	22	102	71.1	69.6	3.780 *
2時台	18	106	70.8	70.5	0.589
3時台	19	105	71.2	71.3	-0.066
4時台	18	106	70.3	70.2	0.105
5時台	18	106	69.3	68.6	0.652
6時台	21	103	71.0	67.5	2.346 *
7時台	23	100	70.1	65.8	2.188 *
8時台	17	107	69.7	65.9	1.318
9時台	19	105	70.5	66.6	1.242
10時台	18	106	68.8	66.8	1.524
11時台	16	108	67.1	66.8	0.468
12時台	23	101	66.4	66.0	1.540
13時台	22	102	66.6	65.7	3.888 *
14時台	17	107	66.2	65.4	2.808 *
15時台	19	105	66.4	65.0	2.588 *
16時台	21	103	67.7	64.4	2.679 *
17時台	24	100	68.4	64.0	3.041 *
18時台	22	102	68.0	65.3	3.634 *
19時台	24	100	68.0	65.3	4.398 *
20時台	23	101	70.1	65.8	2.699 *
21時台	26	98	69.6	67.2	1.924
22時台	27	97	69.1	68.4	1.318
23時台	25	99	70.8	70.1	1.285

\* :5%有意

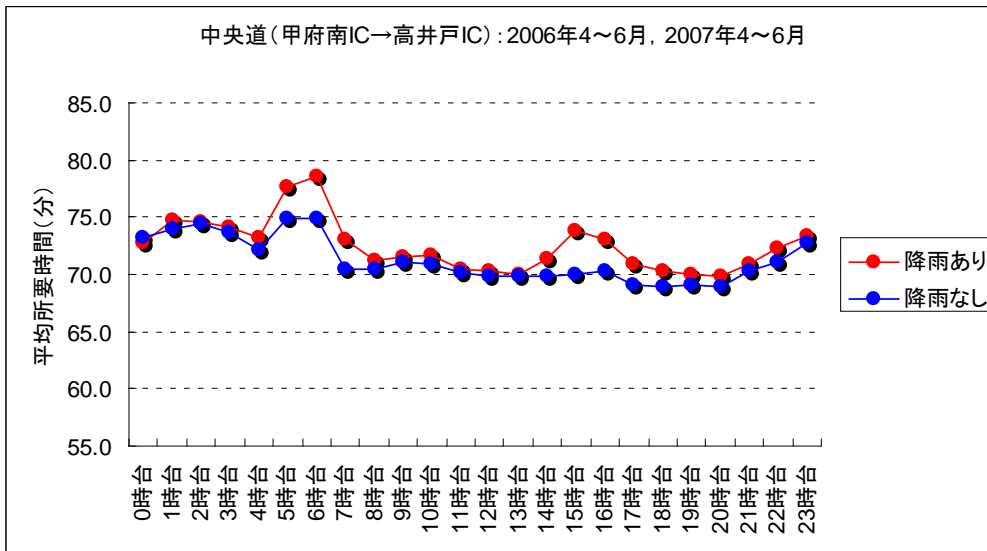


図 3.2-14 降雨の有無別平均所要時間 (中央道 : 甲府南 IC→高井戸 IC)

表 3.2-4 平均値に関する検定結果 (中央道 : 甲府南 IC→高井戸 IC)

時間帯	観測日数		平均所要時間		t値
	降雨あり	降雨なし	降雨あり	降雨なし	
0時台	18	106	72.8	73.2	-0.472
1時台	12	112	74.7	74.0	1.315
2時台	11	113	74.7	74.5	0.336
3時台	14	110	74.1	73.7	0.954
4時台	12	112	73.2	72.1	1.614
5時台	11	113	77.7	74.9	2.154
6時台	15	109	78.6	74.9	1.724
7時台	15	109	73.1	70.5	1.664
8時台	16	108	71.2	70.5	0.954
9時台	14	110	71.5	71.1	0.686
10時台	12	112	71.7	70.8	1.591
11時台	14	110	70.5	70.2	0.798
12時台	14	110	70.3	69.8	1.155
13時台	16	108	69.9	69.9	0.130
14時台	21	103	71.4	69.9	1.647
15時台	15	109	73.8	70.1	1.502
16時台	21	103	73.1	70.3	1.636
17時台	21	103	70.9	69.0	2.240 *
18時台	16	108	70.3	68.9	1.609
19時台	21	103	69.9	69.1	1.140
20時台	21	103	69.9	68.9	1.740
21時台	24	100	71.0	70.2	1.312
22時台	19	105	72.3	71.1	2.190 *
23時台	18	106	73.4	72.7	1.307

\* :5%有意

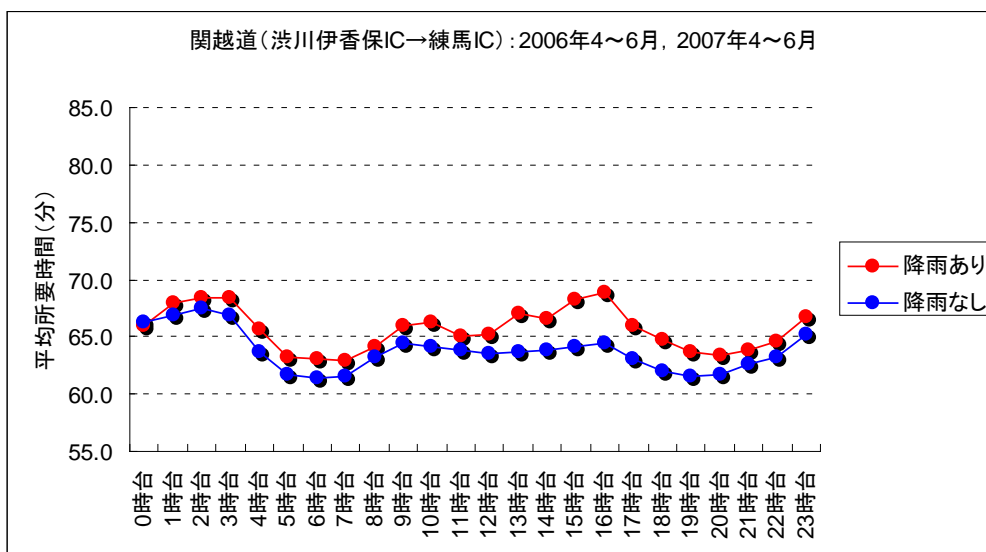


図 3.2-15 降雨の有無別平均所要時間 (関越道：渋川伊香保 IC→練馬 IC)

表 3.2-5 平均値に関する検定結果 (関越道：渋川伊香保 IC→練馬 IC)

時間帯	観測日数		平均所要時間		t値
	降雨あり	降雨なし	降雨あり	降雨なし	
0時台	21	103	65.9	66.3	-0.759
1時台	18	106	68.0	66.8	2.449 *
2時台	17	107	68.4	67.5	1.892
3時台	17	107	68.4	66.9	3.445 *
4時台	17	107	65.7	63.7	4.319 *
5時台	21	103	63.3	61.7	3.032 *
6時台	19	105	63.1	61.4	1.859
7時台	13	111	62.9	61.6	2.271 *
8時台	20	104	64.2	63.2	3.014 *
9時台	14	110	66.0	64.4	2.630 *
10時台	14	110	66.3	64.1	3.621 *
11時台	14	110	65.1	63.8	3.404 *
12時台	19	105	65.1	63.5	2.643 *
13時台	17	107	67.1	63.7	1.884
14時台	18	106	66.5	63.9	2.461 *
15時台	21	103	68.2	64.1	2.971 *
16時台	20	104	68.9	64.5	2.459 *
17時台	18	106	66.0	63.1	3.011 *
18時台	25	99	64.8	62.0	3.729 *
19時台	23	101	63.6	61.6	5.187 *
20時台	29	95	63.4	61.7	6.189 *
21時台	27	97	63.8	62.6	3.814 *
22時台	23	101	64.5	63.3	4.348 *
23時台	21	103	66.7	65.1	5.026 *

\* :5%有意

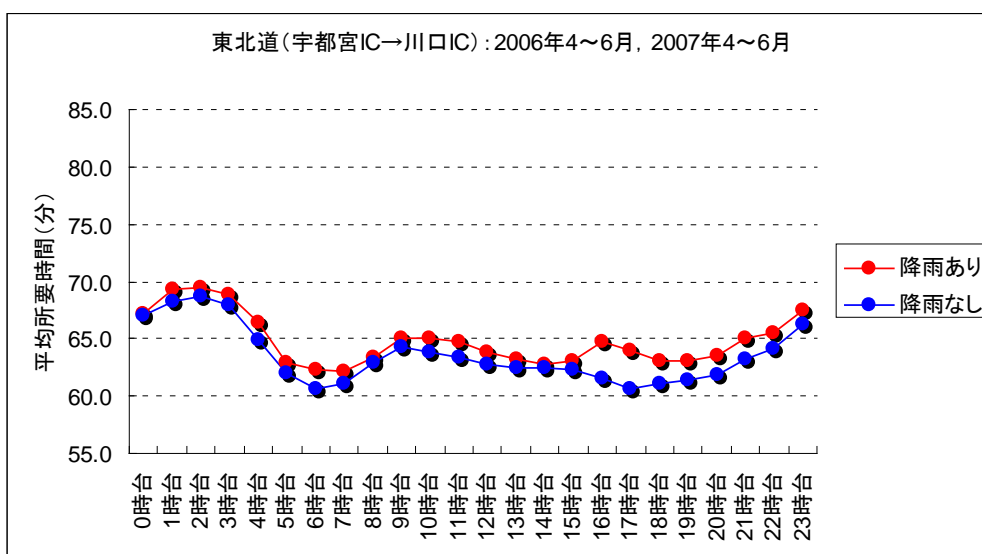


図 3.2-16 降雨の有無別平均所要時間 (東北道 : 宇都宮 IC→川口 IC)

表 3.2-6 平均値に関する検定結果 (東北道 : 宇都宮 IC→川口 IC)

時間帯	観測日数		平均所要時間		t値
	降雨あり	降雨なし	降雨あり	降雨なし	
0時台	20	104	67.2	67.0	0.434
1時台	19	105	69.4	68.2	4.522 *
2時台	21	103	69.5	68.7	2.889 *
3時台	19	105	68.9	67.9	3.377 *
4時台	19	105	66.4	64.8	3.909 *
5時台	19	105	62.9	62.1	1.603
6時台	17	107	62.3	60.7	3.396 *
7時台	16	108	62.2	61.1	3.452 *
8時台	20	104	63.4	62.9	2.018
9時台	17	107	65.0	64.2	2.783 *
10時台	12	112	65.1	63.8	3.741 *
11時台	15	109	64.7	63.3	3.189 *
12時台	14	110	63.9	62.7	3.502 *
13時台	18	106	63.2	62.5	2.909 *
14時台	19	105	62.7	62.5	0.616
15時台	17	107	63.1	62.4	1.230
16時台	21	103	64.8	61.6	2.919 *
17時台	24	100	64.0	60.7	3.843 *
18時台	24	100	63.0	61.1	5.389 *
19時台	22	102	63.1	61.5	5.597 *
20時台	25	99	63.5	61.9	5.901 *
21時台	25	99	65.0	63.2	9.347 *
22時台	25	99	65.5	64.2	4.347 *
23時台	23	101	67.5	66.3	3.952 *

\* :5%有意

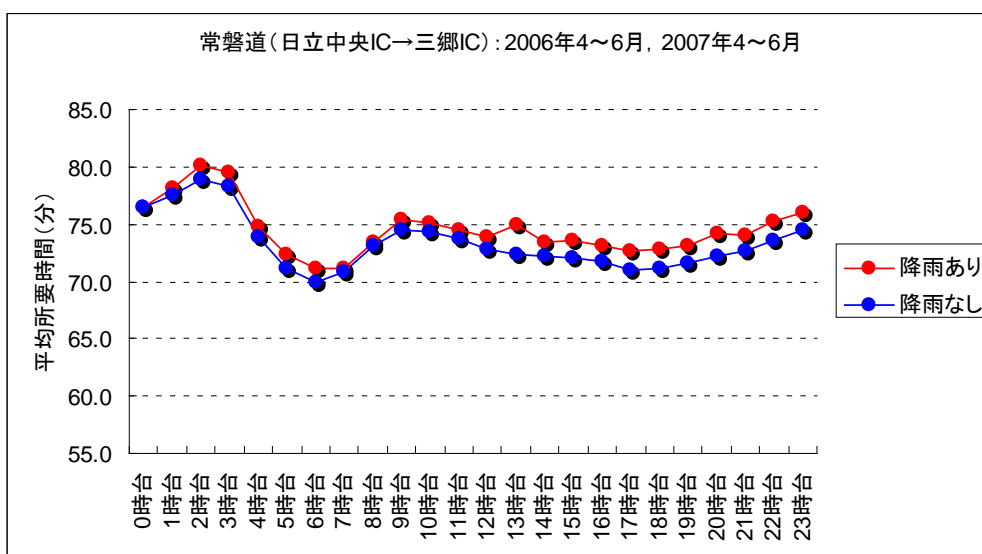


図 3.2-17 降雨の有無別平均所要時間 (常磐道:日立 IC→三郷 IC)

表 3.2-7 平均値に関する検定結果 (常磐道:日立 IC→三郷 IC)

時間帯	観測日数		平均所要時間		t値
	降雨あり	降雨なし	降雨あり	降雨なし	
0時台	22	102	76.5	76.5	-0.155
1時台	24	100	78.2	77.6	1.324
2時台	22	102	80.2	78.9	4.057 *
3時台	18	106	79.5	78.3	3.544 *
4時台	24	100	74.8	73.8	2.443 *
5時台	20	104	72.4	71.2	2.861 *
6時台	22	102	71.1	69.9	3.815 *
7時台	26	98	71.2	70.8	1.272
8時台	24	98	73.4	73.1	0.881
9時台	19	105	75.4	74.6	2.524 *
10時台	18	106	75.1	74.4	1.762
11時台	17	107	74.4	73.8	1.273
12時台	17	107	73.9	72.8	2.499 *
13時台	15	109	74.9	72.3	2.525 *
14時台	20	104	73.5	72.1	3.939 *
15時台	22	102	73.6	72.0	2.624 *
16時台	22	102	73.1	71.8	1.592
17時台	20	104	72.6	71.0	2.691 *
18時台	22	102	72.8	71.2	3.727 *
19時台	22	102	73.2	71.6	4.234 *
20時台	20	104	74.1	72.2	4.836 *
21時台	24	100	74.0	72.6	4.321 *
22時台	22	102	75.3	73.6	5.639 *
23時台	24	100	76.1	74.5	4.634 *

\* :5%有意



### (b) 降雨の有無別の平均所要時間の相関分析

次に、降雨ありと降雨なしの平均所要時間データを用いて相関分析を行った。各対象路線で延長が異なるため、平均所要時間を路線延長で除した値を用いて分析を行った。累積近似が最も当てはまりが良く、決定係数は0.87 (=0.94) と良好な値を示した。この結果を用いることで、降雨による影響を除いた所要時間分布や時間信頼性評価が可能となる。また、年次比較を実施する場合、降雨日数に極端な差があった場合の補正等にも適用可能と考えられる。

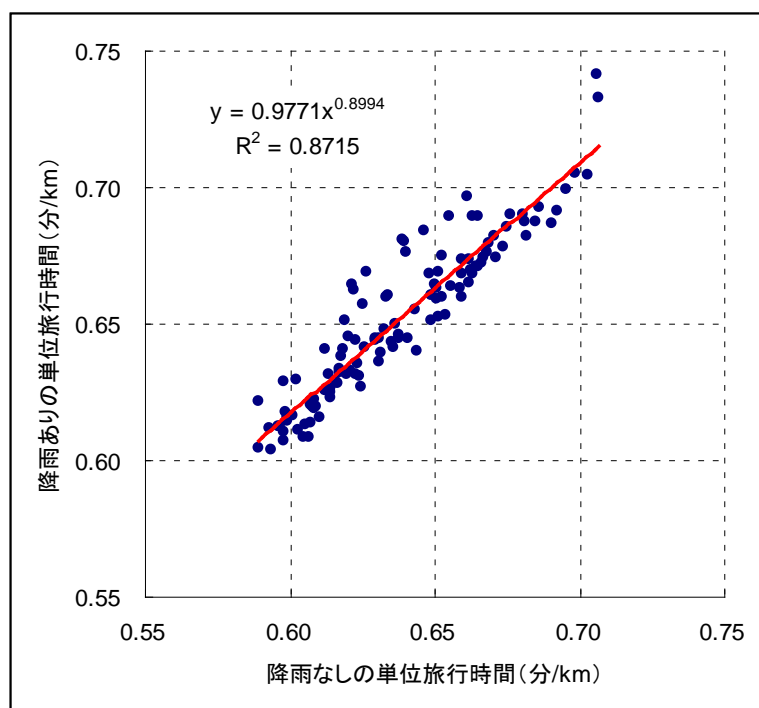


図 3.2-18 降雨の有無に関する所要時間の相関分析

### 3.2.3. まとめ

#### 1) 得られた知見

本節では、長期間にわたる所要時間データを用いて季節変動の発生状況について分析を行うとともに、降雨が所要時間に与える影響について検証を行った。

その結果、以下のことが分かった。

#### ①月別・平休別にみた時間帯別の平均所要時間

月別、平日・休日別、時間帯別（朝夕ピーク時・昼間オフピーク時）で平均所要時間は変動している。分析対象とした東名高速、中央道、関越道、東北道、常磐道のどの路線も夕方のピーク時の月変動が大きく、昼間のオフピーク時の月変動が小さい。また、路線によって所要時間の大きい月・小さい月が朝夕ピーク時・昼間オフピークで異なっている。すなわち、各路線により月別・時間帯別の所要時間の季節変動の発生状況に大きな差がある。

## ② 時間帯別の所要時間

季節変動の発生状況により、時間帯別の所要時間の時間信頼性指標が示す意味が異なる。時間信頼性指標の算定にあたっては、季節変動の発生状況を事前にチェックする等、指標が示すばらつきが何を示しているのかを明確にする必要がある。

## ③ 降雨の有無による平均所要時間の変化

分析対象とした大半の路線・時間帯において、降雨が観測されたときの平均所要時間は降雨なしの平均所要時間を上回っていた。この理由としては、降雨による交通需要の増加・交通容量の低下が考えられる。また、両者の平均値の差異に有意性があるか、季節変動が少なく降雨頻度が高い月の平日のみを対象として5%有意水準でt検定を行ったところ、全般的に「降雨により所要時間が増加する」という仮説は統計的にも有意であると考えられる。

## 2) 課題

時間信頼性指標を今後の道路行政において活用していくためには、本節で確認した季節変動や降雨による変動を分析中で評価して、これらの要因を考慮した上で指標を適切に取り扱う必要がある。また、自然災害、事故等による通行止め、交通システムの障害・維持管理に伴う規制等時間信頼性に影響を与えると思われる各種要因についてその影響を検証し、これらをどのように取り扱うべきか整理する必要がある。

### 3.3. 空港アクセス道路における道路利用者の行動特性と時間信頼性価値の分析

#### 3.3.1. はじめに

所要時間信頼性指標は、アメリカやイギリス等海外では政策評価や事業評価等の実務で、用いられ始めている<sup>8,9,10</sup>。一方、我が国では、都市高速道路においてはドライバーへの情報提供や調査研究レベルでの活発な検討が近年行われている。しかし、時間信頼性一般道路に関しては、調査研究についても、あまり進んでいないのが実態である。

時間信頼性の評価において明らかにすべき重要点の一つは、道路利用者がどの程度正確に時間信頼性の実態を認知及び意識して、移動の際の余裕時間の取り方などの行動に反映させているかである。いくら正確に時間信頼性の実態を把握しても、その実態と道路利用者の意識に乖離があれば、本来評価すべき時間信頼性が道路利用者の行動に与える影響を評価していることにならない。

そこで、本節では、一般道路における時間信頼性の調査・分析方法の検討を行うとともに、その結果をもとに道路利用者の意識との比較分析のケーススタディを行う。なお、対象道路としては、高い時間信頼性が要求され、道路利用者の意識の分析にも適した空港へのアクセス道路を取り上げる。

#### 3.3.2. 本節で用いる時間信頼性指標

本節で用いる時間信頼性指標は、1.4で述べたBuffer Time (BT) 及びBuffer Time Index (BI) とする。これらの指標は、実務の分野では、アメリカの交通省道路局 (FHWA)<sup>11</sup>などで用いられている。時間変動を表す指標として、一般的な統計指標である分散や標準偏差ではなく、BTやBIを用いるのは、道路利用者や政策決定者にとって理解しやすいためである。BTは所要時間の95%タイル値と平均値との差分として定義されており、月1回程度(平日20日のうち1日)の頻度で発生する渋滞に遅れないために見込むべき余裕時間を意味している。BIはBTを平均所要時間で除した指標であり、異なった路線や地域間での比較の際に用いられることが多い。一方、物流などにおいて特に所要時間信頼性が強く求められる場合は、事故等の突発事象の影響も考慮して、99%タイル値を一つの目安とする考え方もある。

本論文では、高い所要時間信頼性が求められる空港アクセス道路を対象とするため、所要時間の95%タイル値と99%タイル値の両方を活用する。そこで、以下、95%タイル値に対するBTを「BT<sub>95</sub>」、99%タイル値に対するBTを「BT<sub>99</sub>」、両者を総称して「BT」と呼ぶこととする。

---

<sup>8</sup>牧浩太郎, 土谷和之, 伊藤智彦, 由利昌平:”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”,土木計画学研究発表・講演集, Vol39, No317, 2009.

<sup>9</sup> U.S. Department of Transportation (Federal Highway Administration),”Traffic Congestion and Reliability Final report-Trends and Advanced Strategies for Congestion Mitigation”-, 2005.

<sup>10</sup> U.K. Department For Transport, Road Statistics 2008 : ”Traffic, Speeds and Congestion”, 2009.

<sup>11</sup> Mohamed A.Abdel-Aty, Ryuichi Kitamura, Paul P.Jovanis:”Investigating "Effect of Travel Time Variability on Route Choice Using Repeated-Measurement Stated Preference Data , TRANSPORTATION RESEARCH RECORD”, No.1493, 1996.

### 3.3.3. AVIを用いた所要時間変動の把握と時間信頼性指標の算出

#### 1) 対象路線の概要

本節では、広島県呉市中心部から広島空港へアクセスする主なルートとして、図3.3-1の4ルートを設定して検討を行った。図3.3-2に示すようにルートA、Bが主なルートであり、ルートC、Dも僅かであるが利用されている。ルートBは呉市から広島空港への空港連絡バスが1日往復6便運行している。一方、ルートAは2007年に無料の自動車専用道路である東広島呉道が一部開通してできたルートである。なお、ルートA、Bは途中まで同一路線であり、重複する国道375号の区間は2車線（片側1車線）で代替ルートがない状況である。



A	呉市→国道185号→国道375号→東広島・呉自動車道（自専道、無料）→国道2号→国道432号→広島空港 約54km
B	呉市→国道185号→国道375号→山陽自動車道（西条IC～河内IC）→広島空港 約53km
C	呉市→広島呉道路（有料）→国道2号→山陽自動車道（志和IC～河内IC）→広島空港 約64km
D	呉市→広島呉道路（有料）→一般道（約6km）→広島高速→山陽自動車道（広島東IC～河内IC）→広島空港 約68km

図 3.3-1 対象路線の概要

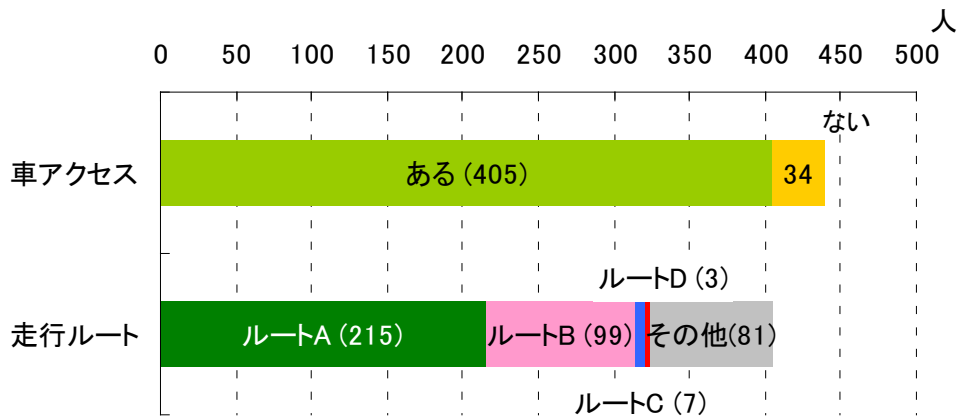


図 3.3-2 4つのルートを選択の現状

## 2) AVIを用いた所要時間変動の実態の把握

呉市から広島空港への主なアクセスルートであるルートA、ルートBのうち、一般道路のAVI調査を行う経路としてルートBを選択した。その理由は、第1にルートBでは空港連絡バスのバスプローブデータが取得されておりAVIによる調査結果との比較分析が可能なこと、第2に3.3.3における道路利用者へのSP調査が日程上AVI調査と同時期に実施せざるを得なかったため、SP調査の設問設計に既存のバスプローブデータを活用する必要があったためである。

図3.3-3にAVI設置箇所を示す。ルートBのうち、一般道路にあたる呉市から山陽自動車道西条ICまでの間の5箇所AVI（図3.3-3参照）を設置し、4つの調査区間において2009年1月中旬から約1ヶ月間、所要時間変動の調査を行った。AVIの設置箇所の選定は以下の方針で行った。

- ① 時間信頼性検討の基本の時間帯を15分帯とし、各調査区間の通過に要する時間を概ね15分程度とする。
- ② 沿道状況、渋滞の発生状況を考慮する。
- ③ AVIの具体的設置箇所は、電源の引き込みが容易でカメラの設置に適した電柱等がある所とする。

これらの方針によって決められた各調査区間の概要は、図3.3-3のとおりである。



No. 1～2	呉市中心部から国道185号を経由して国道375号に入る区間。6車線→4車線→2車線と車線数に変化する。トンネルや交差点などの渋滞箇所が存在。交通量は47,353台
No. 2～3	国道375号の2車線部分。非市街地を通過し道路線形が厳しく最も狭隘な区間やNo. 3付近の渋滞ポイントを含む。交通量は24,453台。
No. 3～4	国道375号の2車線部分で非市街地を通過。No. 4はルートAとの分岐部付近。交通量は20,231台。
No. 4～5	国道375号の2車線部分。東広島市街地を通過し、一部4車線区間もある。No. 5は西条IC付近。交通量は19,746台

※表中の台数はH17道路交通センサスによる日交通量

図 3.3-3 AVI の配置箇所と所要時間調査区間の概要

適用車両	日本国(国土交通省)の登録車両
記録情報	車種、車籍、用途、登録番号、通過時刻
適用速度	140km/h以下
撮影距離	15～20m
使用電源	AC100V
夜間照明	赤外線LED対応

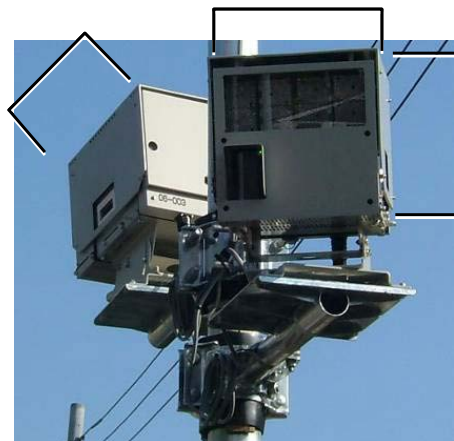


図 3.3-4 調査で用いたナンバープレート読取装置



なお、調査は上り下りの両方向で行ったものの、以下、呉市から広島空港へ向かう方向の調査結果のみを記す。

AVI調査において、ナンバープレートマッチング処理により車両を特定し、所要時間データが取得できた1日当たりの平均走行台数を図3.3-5に示す。1日全体で約450台～5,000台程度、昼間は時間帯別で見ても20台～350台程度のデータは取得することができた。

区間別で見ると、非市街地を通過する2車線区間のNo.2→No.3とNo.3→No.4は取得率が高い。一方、市街地を通過するNo.1→No.2とNo.4→No.5は取得率が低い。また、全区間とも5時台以前の夜間は交通量の低下に伴い取得データ数が急減している。

そこで本節では、旅行時間データの信頼性を確保しつつ、昼間の交通需要変動による時間信頼性の評価を行うために十分な時間帯を6時から20時と設定し、以下の分析を行うこととする。

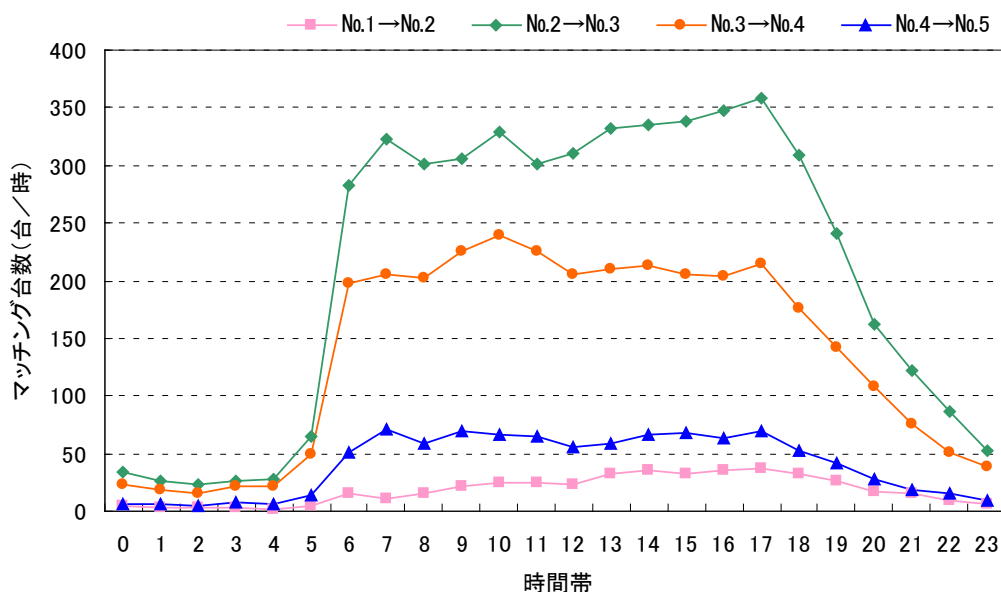


図 3.3-5 所要時間データの日平均取得台数

図3.3-6に、図3.3-3における4つの区間別に平日の所要時間の変動を示した。立ち寄り車両等による異常値を排除するため、各日の15分帯値を平均値ではなく中央値として求め、それを平日23日間に於いて集計し、15分帯毎に最小値、平均値、95%タイル値、99%タイル値を算定した。

図3.3-7では、図3.3-3における4つの区間の所要時間を累加し、さらにNo.5から広島空港までの所要時間（過去の調査結果から15分で一定値とした）を加え、呉市（No.1）から広島空港までの所要時間の変動を算定した。この際、実走行における時間経過を勘案し、累加する各区間の所要時間を時間帯でスライドさせて算出する方法（タイムスライス法）を採用した。ここで、横軸の時間帯は、呉市（No.1）を出発した時間帯を示している。

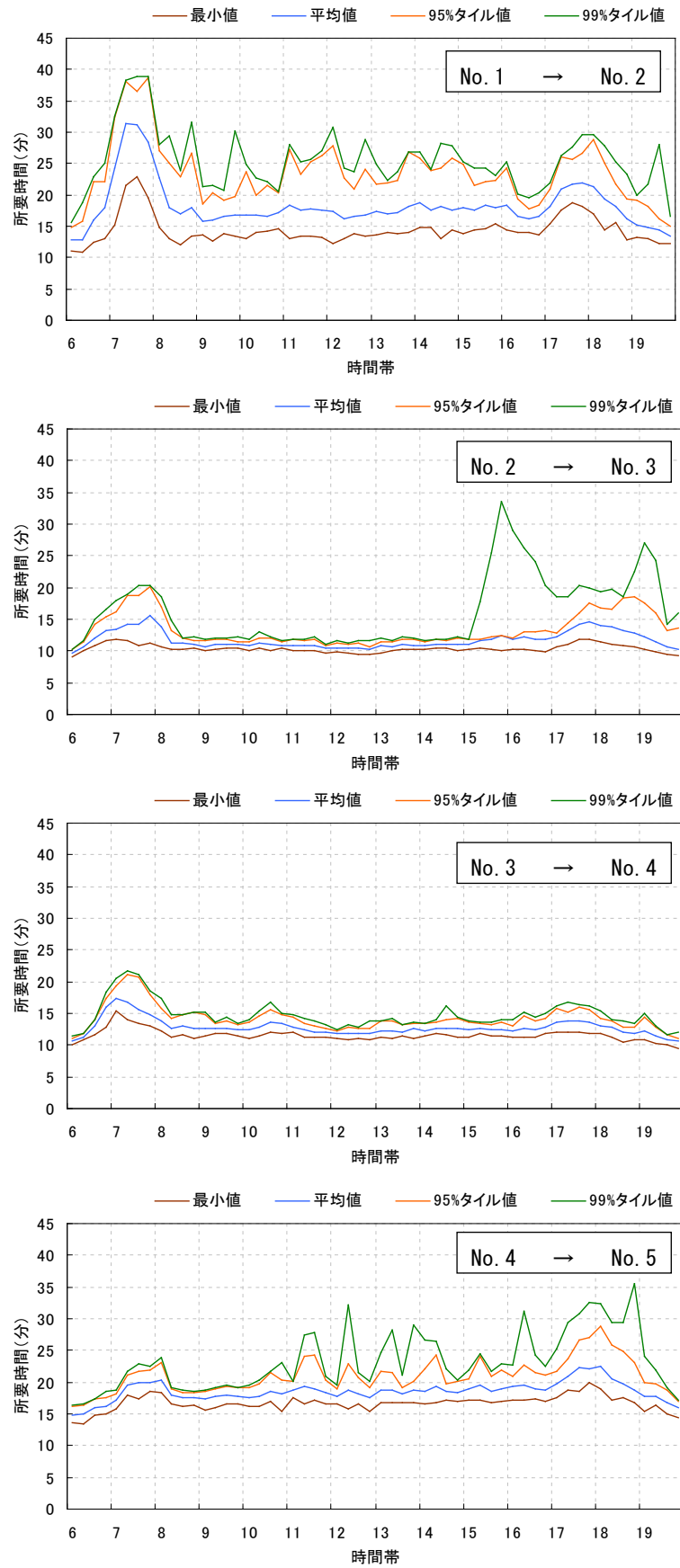
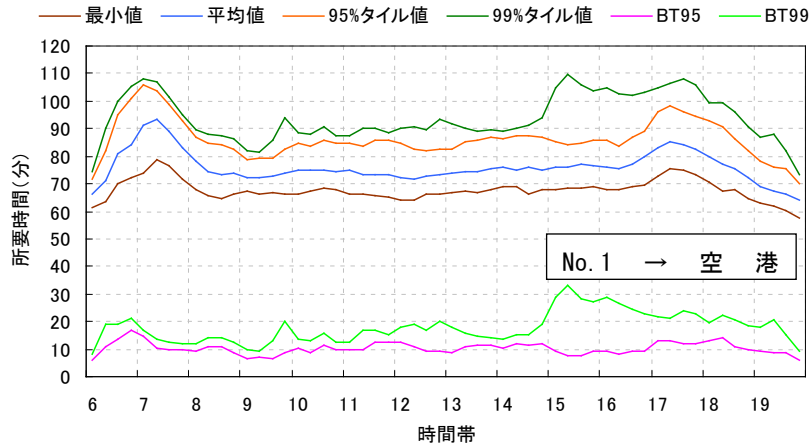


図 3.3-6 ルート B (広島空港方向) の所要時間変動





※ データ処理の都合上、呉市役所～No.1，広島空港近傍を分析対象区間外としているため、図3.3-3に示している距離と若干異なる

図 3.3-7 呉市中心部から広島空港までの所要時間変動

さらに、表3.3-1では、図3.3-6と図3.3-7の結果から6時から20時までの所要時間変動に関する各種の指標を算出して整理した。ここで、BT等の定義は、3.3.2.で述べたとおりである。

これらの図表から、以下のことが分かる。

No. 1→No. 2の区間は都市部を通過し、主な路線が国道185号であり、一部が国道375号となる。昼間の平均速度が約24kmと最も低く、平均値をみると朝に大きなピーク、夕に小さなピークが発生している。また、BTは昼間を通じて大きく、昼間を通じて時間信頼性が低い区間と言える。

N0. 2→No. 3の区間は、国道375号が非市街地部を通過する区間である。昼間の平均速度が時速46kmと最も高く、非ピーク時の平均所要時間は11分程度で安定しており、BTも小さい。しかし、朝夕にピークが発生し、平均所要時間が1.5倍程度となると同時にBT<sub>95</sub>も6分程度となっている。また、15時45分にBT<sub>99</sub>が21分に急増しているのは交通事故の影響であり、これについては図3.3-7で詳述する。

N0. 3→No. 4の区間も、国道375号が非市街地部を通過する区間であり、昼間の平均速度が時速34kmである。朝にピークが見られ、その時のBT<sub>95</sub>は5分程度であるものの、非ピーク時間帯では、BTは小さい。

N0. 4→No. 5の区間は、平均旅行速度は32kmとN0. 3→No. 4とあまり変わらないものの、多くが東広島市街地を通過するため、No. 1→No. 2の区間同様、昼間を通じて時間信頼性が低くなっている。また、ピークは朝より夕方の方が大きく、BTも夕方に特に大きくなっている。

呉市 (No. 1) から広島空港までを通してみると、昼間の平均所要時間は77分 (時速40km)、朝7時頃のピーク時の平均所要時間は91分となっている。また、BT<sub>95</sub>は6～18分であり、BT<sub>99</sub>は8分～33分となっている。なお、最大BT<sub>99</sub>が15:15に発生しているのは、呉市 (No. 1) を出発した車両が、N0. 2→No. 3を通過時に、図3.3-7で示す交通事故に巻き込まれたことを示している。

図3.3-8は、No.2→No.3における2009年1月28日の所要時間の変動を示す。15時2分頃に、No.3の地点の手前で軽自動車ガードレールに衝突し、レッカー処理が行われた。その結果、この区間の所要時間は最大で40分となり、通常より30分程度の遅れが生じている。この事故の影響は、今回の事例では、図3.3-6と図3.3-7において、BT<sub>95</sub>には反映されないものの、BT<sub>99</sub>には反映される結果となった。すなわち、BT<sub>95</sub>は20日に1度程度発生する渋滞による遅れを表し、BT<sub>99</sub>にはもっと発生頻度の低い事故による遅れも反映されていると考えられる。

表 3.3-1 所要時間変動に関する指標

	平均速度 (km/h)	平均 所要時間 (分)	最大BT <sub>95</sub>	最大BT <sub>95</sub> 時刻	最大BT <sub>99</sub>	最大BT <sub>99</sub> 時刻
No.1→2	24.7	18.2	10.4	12:00	13.6	19:30
No.2→3	46.4	11.7	5.7	18:45	21.1	15:45
No.3→4	34.6	12.8	5.1	07:30	5.4	07:30
No.4→5	33.1	18.6	6.3	18:00	16.7	18:45
No.1→空港	39.6	76.8	16.7	06:45	33.2	15:15

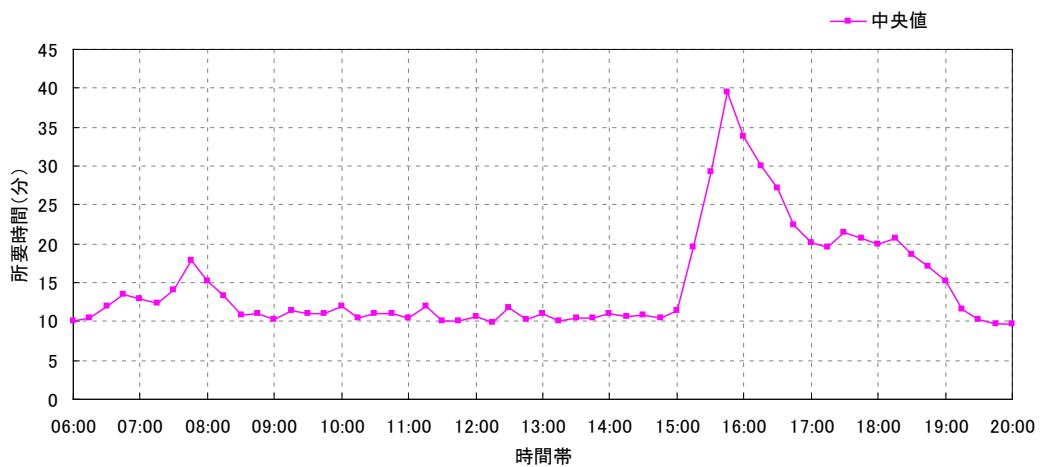


図 3.3-8 No.2→No.3 で発生した交通事故の影響

### 3.3.4. 道路利用者の時間信頼性に対する意識と行動の分析

本節では、前節で明らかとなった時間信頼性指標と、アンケート調査による道路利用者の時間信頼性に関する認知や意識の度合いを比較分析する。

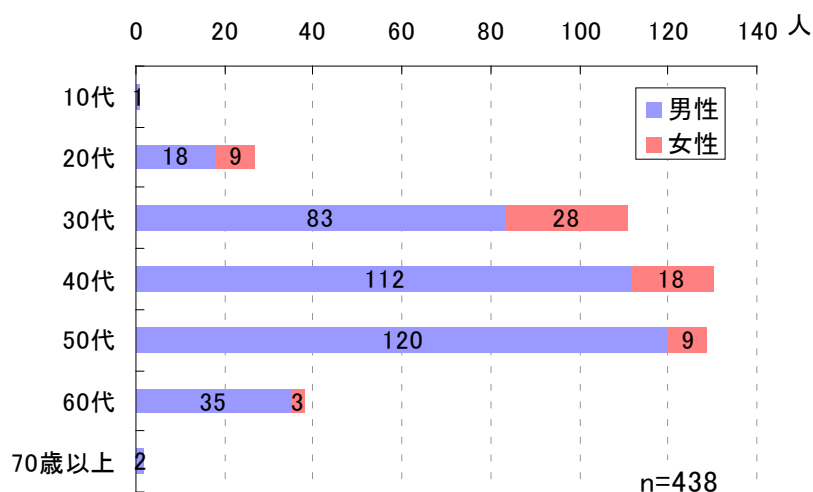
#### 1) アンケートの方法と回答者の属性

呉市から広島空港へアクセスする道路利用者を対象に、3.3.3.2)の所要時間調査とほぼ同時期の2009年1月末から約1ヶ月間、郵送およびWebによるアンケート調査を行った。

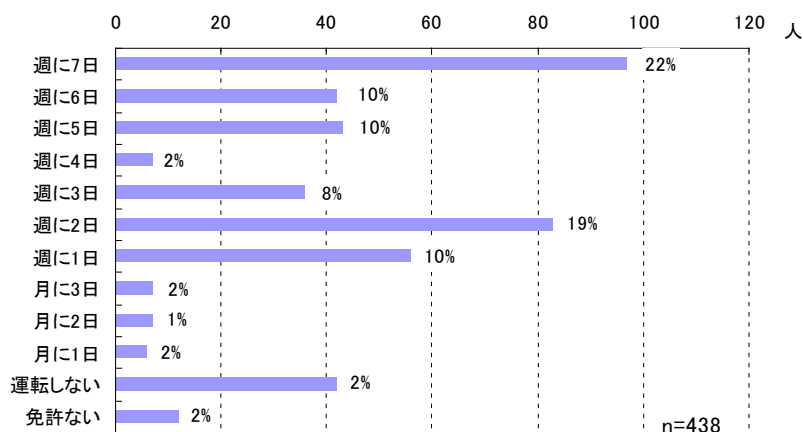
アンケート用紙は、呉市交通局の空港連絡バスの座席前ポケットに入れた他、呉市商工会議所を通じて企業数社に配布した。Webアンケートは呉市のホームページ上でトピックとして掲載していただいたほか、呉市の職員にも回答を依頼した。その結果、回答者447名中、一部の設問に対する回答しか得られなかった8名を除いた439名から有効回答を得た。その内訳は、アンケート用紙での回答が84名、Webアンケートでの回答が355名である。

回答者は呉市在住の人が89%を占め、職業は公務員43%、会社員42%であり、空港利用の目的は「主に私用」が49%、「主に業務」が38%、「業務と私用が同程度」が15%であった。その他の主な属性は図3.3-9のとおりである。

##### ① 年齢と性別



##### ② 運転頻度



### ③ 空港利用頻度

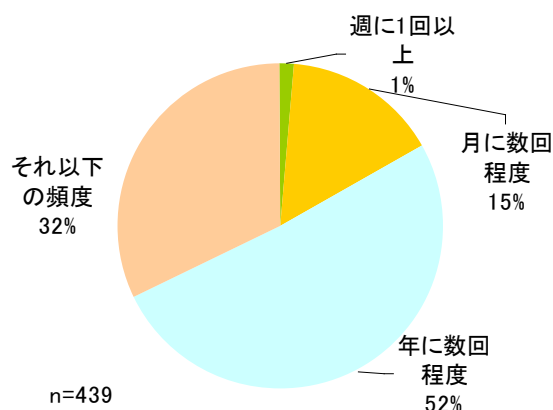


図 3.3-9 アンケート回答者の属性

### 2) 国道 375 号の時間信頼性に関する道路利用者の意識

アンケート回答者にルートA、Bの主要な区間を構成する「国道375号」の状況を尋ねたところ、図3.3-10に示すように、「混雑や渋滞があり」かつ「時間信頼性が低い（所要時間がその時々で変化し一定でない）」と回答した人が約76%を占めた。

次に「時間信頼性が低い」と答えた人にも、その低下原因を上位3つまで答えてもらった結果が、図3.3-11である。時間信頼性低下の原因は、事故、工事、低速車、道路構造、右折待ちの順となっている。このことから、道路利用者は、渋滞による時間信頼性の低下だけを意識しているわけではなく、発生頻度の最も小さい事故と、次に小さい工事の影響も強く意識していることが分かる。

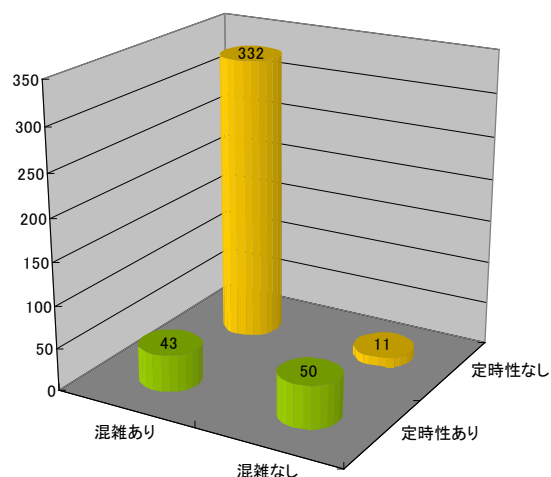


図3.3-10 国道375号の混雑状況と時間信頼性

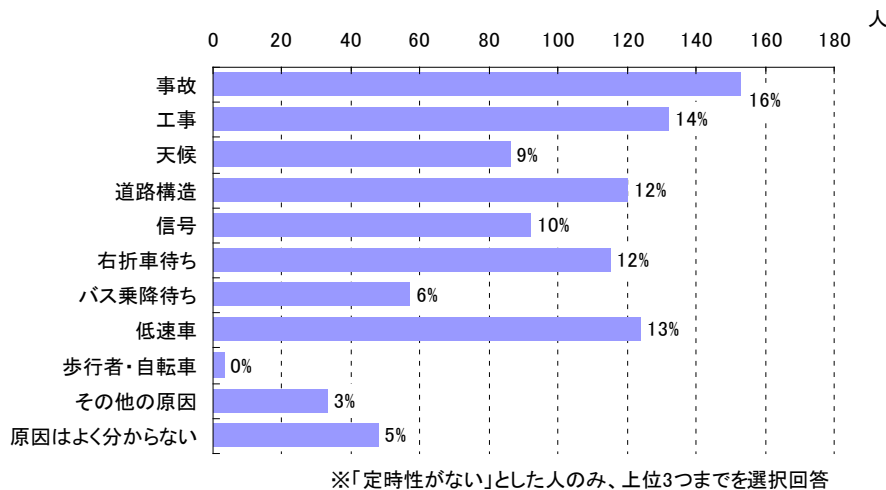


図 3.3-11 国道 375 号の時間信頼性低下の原因

図3.3-12は、3.3.3.2)でAVI調査を行ったルートBの利用者98名に対して、呉市周辺から広島空港までの「見込んでいる移動時間」と「実際かかった移動時間」を尋ねた結果である。90分程度の移動時間を見込んでいる人が最も多く、次に120分程度が多い結果となっている。中には240分もの移動時間を見込んでいる人もいた。一方、実際の移動時間は平均が81分となり、これは表3.3-1のNo.1→空港の平均所要時間77分と概ね整合している。実際の移動時間は、60分～100分を中心に分布しているものの、極端な例として180分かかった人もいた。

図3.3-12は、見込み移動時間と実移動時間の差の分布を示したものである。実時間より見込み時間を長く見積もっている人が全体の約65%程度となっており、その大多数が10分～40分程度の余裕を想定している。一方、図3.3-7の検討結果によると、渋滞の影響を反映したBT<sub>95</sub>が最大14分、事故の影響も加味したBT<sub>99</sub>が最大33分である。したがって、これらの結果から考察すると、余裕時間は人により異なり、渋滞による遅れだけを考慮している人、事故による遅れも考慮して行動する人に分かれている可能性がある。

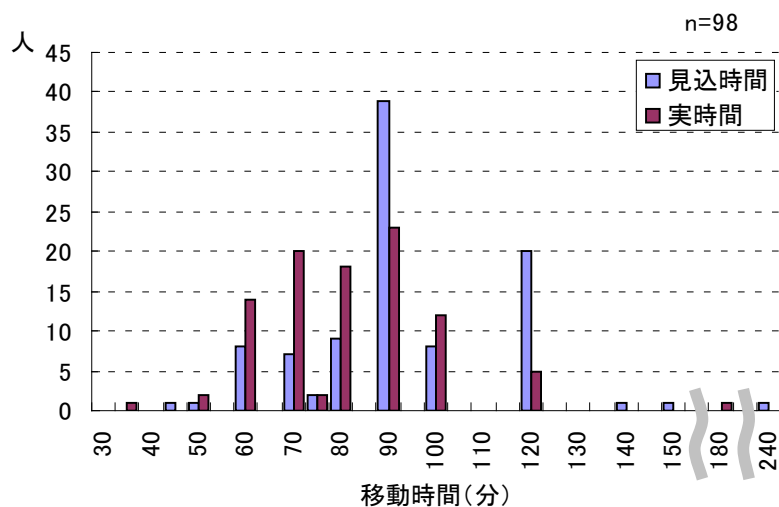


図3.3-12 広島空港までの見込み時間と実時間

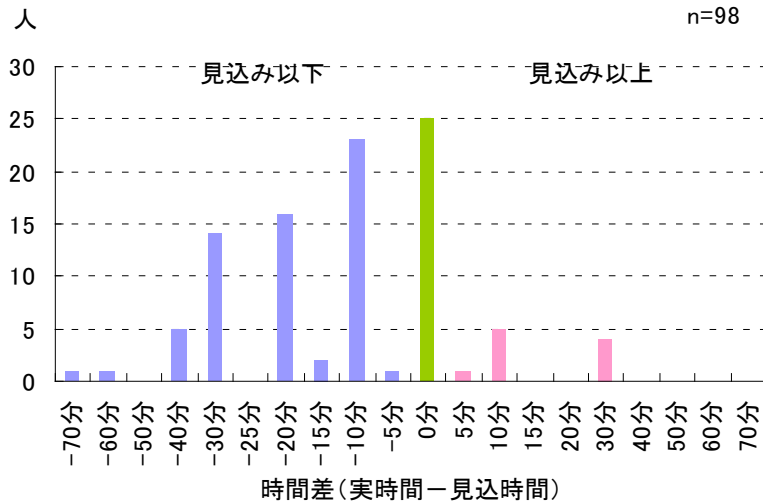


図 3.3-13 広島空港までの見込み時間と実時間との差

そこで、

図3.3-12の設問において時間信頼性の低下原因として事故を選択した人と選択していない人とに分けて、分析した結果を図3.3-14に示す。事故を選択した人は、余裕時間（見込み移動時間と実移動時間との差）をやや長く確保している傾向がある。また、図3.3-7のBT<sub>95</sub>相当以上（16分以上）の余裕時間を確保する割合が50%程度となっている。

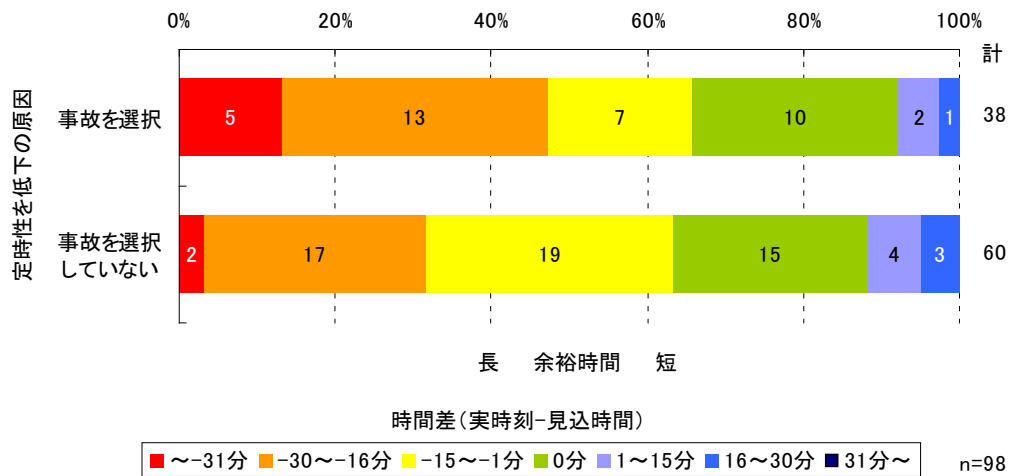


図 3.3-14 事故の認識と余裕時間との関係

### 3) 経路選択モデルを用いた道路利用者の行動分析

これまでの分析により、道路利用者はR375号における時間信頼性の実態を把握して行動しており、時間信頼性の低下要因として交通事故により発生する渋滞の影響を挙げている人が多いこと、交通事故による遅れはBT<sub>99</sub>で表されること が分かった。

ここでは、道路利用者が交通事故による遅れも考慮し、余裕時間を取って行動するという仮定のもと経路選択に関する行動モデルを構築し、SP調査結果を用いて、その妥当性を検証する。

#### (a) モデルの定式化

高速道路料金、平均所要時間、時間信頼性指標 によって経路が決定されるという行動仮説に基づいた経路選択モデルを構築し、パラメータ推定を行うことで、時間信頼性が道路利用者の行動に与える影響を分析した。具体的には、まず、数式3.3-1の効用関数を用いて、SP調査で得られる選好データを基に、2項選択のロジットモデルを構築する。

$$* * * \quad (\text{数式 3.3-1})$$

この式は既往の平均分散アプローチ<sup>12, 13</sup>の考え方に基づいているものの、時間信頼性指標 に関しては、既往研究でよく用いられる分散や標準偏差ではなく、BTを用いることとした。これは、3.3.2でも述べたように、分散や標準偏差のような統計指標ではなく一般の利用者が具体的にイメージしやすいBTを用いることにより、下記に示すSP調査において被験者の意識によく一致した回答を得ることができると考えたためである。また、以下の図3.3-15におけるSP調査の設問における「酷い渋滞時の遅れ時間」から、道路利用者は交通事故に遭遇した場合の遅れ時間を想定すると考え、本モデルの説明変数BTにはBT<sub>99</sub>を用いる。

#### (b) SP 調査の設計と結果

3.3.4.1) で述べたアンケート調査において、実ネットワークを想定したSP調査を同時に実施した。SP調査では、被験者が選択肢を容易にイメージすることができ、現実の交通状況と大きな乖離を生じさせない範囲で選択肢の説明変数をばらつかせることが求められる。

まず、図3.3-1で示したルートの中で、既存のバスプローブデータが存在しAVI調査の対象としたルートBと、高速道路の区間延長が最も長く時間信頼性が最も高いと考えられるルートDを選択肢に採用した。また、被験者の意識の統一を図るため、実際の航空ダイヤに基づいた9:10の航空機(利用者の多い東京便が同時刻に2便ある。)への搭乗を想定し、

<sup>12</sup>岩里泰幸, 石橋輝久, 朝倉康夫, 田名部淳: "所要時間信頼性指標を用いたサービス水準評価手法の検討", 土木計画学研究発表・講演集, Vol39, No322, 2009.

<sup>13</sup>石川智之, 藤原章正, 杉恵頼寧, 李百鎮: "不確実性を考慮した航空移動スケジュール決定行動モデルの構築", 土木計画学研究・論文集, No20, 509-514, 2003.

朝ラッシュ時に呉市役所を出発し、8:30分までに広島空港へ到着することを条件として提示した。

次に、アンケート設問の設計にあたり基本となる両ルートの平均所要時間、酷い渋滞時の遅れ時間（BT<sub>99</sub>に相当）及び高速道路料金を設定した。ルートBでは、事前に入手した空港連絡バスの178日分のプローブデータを用いて平均所要時間とBTを設定した。一方、ルートDにおいても、事前に高速バスのプローブデータが入手できた63kmにおいては同様の設定を行った一方、プローブデータが入手できなかった広島市内の一部区間（約4.6 km）については、平成17年度の道路交通センサスのピーク時旅行速度を平均旅行速度とし、BT<sub>99</sub>はルートBと同等のBIであると仮定して算出した。

また、高速道路料金は、両ルートとも実際の料金額を設定した。実際に想定した平均所要時間、BT<sub>99</sub>、高速料金は、ルートBでは90分、30分、450円、ルートDでは、75分、20分、2,250円となった。なお、ルートBの設定は、図3.3-7で8時30分に空港へ到着するように7時に呉市を出発する車両の平均所要時間が85分（図3.3-7を考慮すると90分程度）になっていることと、表3.3-1でBT<sub>99</sub>が最大33分となっていることとも、よく整合している。上記の平均所要時間、BT<sub>99</sub>、料金を基準とし、各々の説明変数を変動させ、図3.3-15に示す2種類の質問を行なった。まず、料金を固定し、平均的な所要時間を±5分前後、酷い渋滞時の遅れ時間を+10分刻みで変化させ、ルートBで9パターン、ルートDで6パターンの選択肢を設定した。

Q1：あなたはB, Dどちらのルートを選択しますか？

ルート	平均的な所要時間	酷い渋滞時の遅れ時間	高速道路料金
B	85分	+30分	450円
D	70分	+20分	2250円

Q2：Q1でルートBを利用すると回答した方にお聞きします。  
高速料金がいくらならルートDを利用しますか？

ルート	平均的な所要時間	酷い渋滞時の遅れ時間	高速道路料金
B	85分	+30分	450円
D	70分	+20分	?円

図 3.3-15 経路選択モデル SP 調査（ランダムな一例）

表3.3-2に示すようにこれらの選択肢の組み合わせから、モデルの推定に有効な値をとりうる28セットを抽出した。Q1では、抽出した28セットの中からランダムに被験者に選択パターンを提示した。ここで、実ネットワークを想定したSP調査では料金を極端に変



動させた選択肢を提示することは望ましくないと考え、Q2では被験者が料金を回答する形式の設問とした。具体的には、Q1でルートBを選択した被験者に対して、ルートDの高速道路料金がいくらになればルートDを選択するか、具体的な金額を尋ねた。ただし、ルートBの料金を下限値とする制約を設けた。

表 3.3-2 SP 調査データセット

SEQ	ルートB			ルートD		
	平均所要時間(分)	BT(分)	料金(円)	平均所要時間(分)	BT(分)	料金(円)
1	90	10	450	75	10	2250
2	90	10	450	70	10	2250
3	90	20	450	75	10	2250
4	90	20	450	75	20	2250
5	90	20	450	70	10	2250
6	90	20	450	70	20	2250
7	90	20	450	80	10	2250
8	90	30	450	75	10	2250
9	90	30	450	75	20	2250
10	90	30	450	70	10	2250
11	90	30	450	70	20	2250
12	90	30	450	80	10	2250
13	85	10	450	70	10	2250
14	85	20	450	75	10	2250
15	85	20	450	70	10	2250
16	85	20	450	70	20	2250
17	85	30	450	75	10	2250
18	85	30	450	75	20	2250
19	85	30	450	70	10	2250
20	85	30	450	70	20	2250
21	95	10	450	75	10	2250
22	95	10	450	70	10	2250
23	95	10	450	80	10	2250
24	95	20	450	75	10	2250
25	95	20	450	75	20	2250
26	95	20	450	70	10	2250
27	95	20	450	70	20	2250
28	95	20	450	80	10	2250

図3.3-16より、Q1でのルートBの選択割合は約90%となっており、ルートBを選択した約半数は料金によってはルートDに転換する可能性があるという回答していることが分かる。また、図3.3-17より、ルートD利用時の希望料金は1,000円という回答が約半数を占めていると分かる。

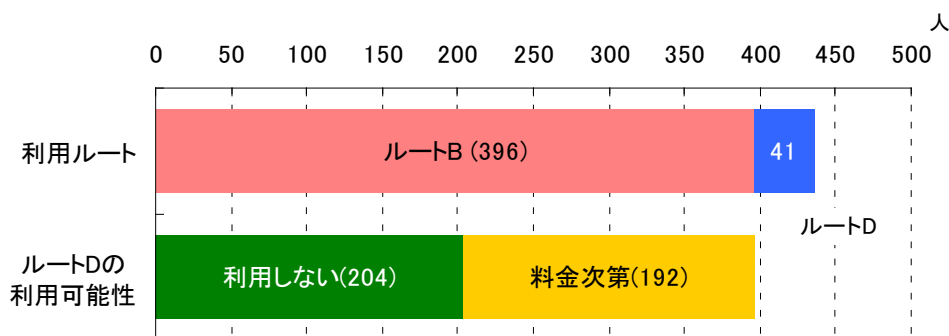


図 3.3-16 選択結果とルート D の利用可能性

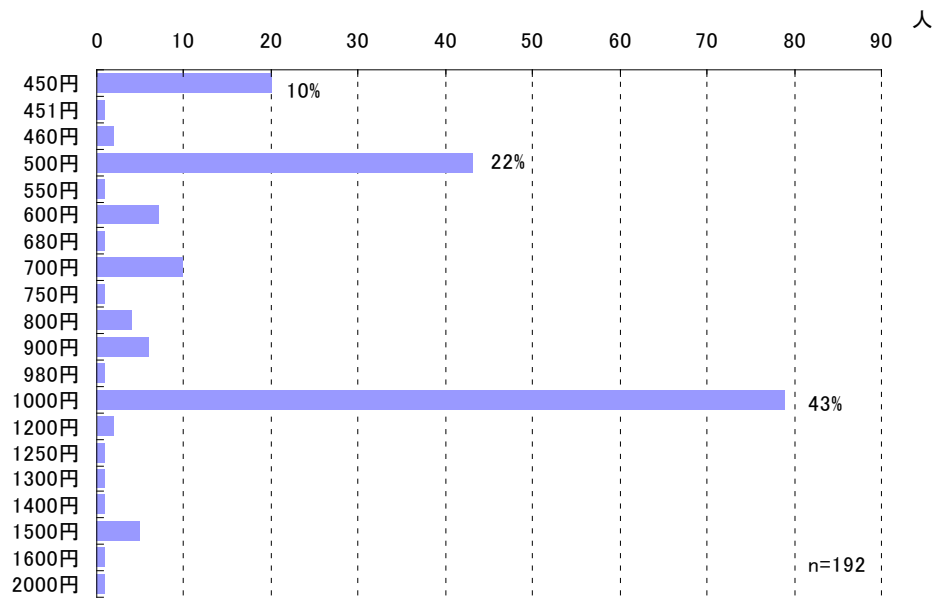


図 3.3-17 ルート D 利用時の希望料金 (Transfer Price)

(c) パラメータ推計結果と時間信頼性の価値

パラメータの推定結果を表 3.3-3 に示す。各パラメータの符号条件は一般的な常識と合致している。また t 値の絶対値は全て 2.576 以上で 1%有意であり、モデルに組み込んだ料金、平均所要時間、BT のいずれもが被験者の経路選択行動の説明要因として意味があることを示している。また、自由度調整済み  $\rho^2$  も 0.6 を示しており、モデルの適合度も非常に高い結果となっている。

表 3.3-3 経路選択モデルのパラメータ推定結果

$\beta_c$ (料金)	-0.00393 (-13.097)**
$\beta_t$ (平均所要時間)	-0.24119 (-9.992)**
$\beta_r$ (BT)	-0.07591 (-4.263)**
N	629
L(0)	-435.99
L( $\theta$ )	-170.79
的中率	0.9300
$\rho^2$	0.6083
自由度調整済み $\rho^2$	0.6064

※括弧内はt値 \*\*：1%有意

次に、上記のパラメータを用いて（平均旅行）時間価値VoT（Value of Time）と時間信頼性価値VoR(Value of Reliability)を算出した結果を表3.3-4に示す。時間価値は、約60円/分・台であり、「道路事業の評価手法に関する委員会」で算定・提案された平成20年度の時間価値（40.10円/分・台）と比較して大きな価値を示す結果となった。これは、原則として遅れることが許されない空港へのトリップを想定した設問であることが、時間価値が大きくなっている要因であると考えられる。一方、時間信頼性価値は約20円/分・台となっており、時間価値の約3割に相当する結果となった。

諸外国における既往研究では、標準偏差を時間信頼性指標とした場合、その信頼性比（Reliability Ratio=VoR/VoT）は1前後としているものが多い。今回の検討では時間信頼性指標をBTとしているため、直接の比較はできないものの、信頼性比は約0.3という結果となった。

ここで、表3.3-4の値は広く一般的に利用できるものではなく、あくまで今回の事例に基づく結果であることに注意する必要がある。

表 3.3-4 貨幣価値の推定

$\beta_t / \beta_c$ (時間価値)	61.43 [円/分]
$\beta_r / \beta_c$ (時間信頼性価値)	19.33 [円/分]

### 3.3.5. 考察

本論文では、所要時間信頼性に関する指標として、所要時間の95%タイル値と平均値との差分で定義される $BT_{95}$ と、99%タイル値と平均値との差分で定義される $BT_{99}$ を用いた。今回の検討事例では、前者は交通渋滞による遅れを表し、後者は事故による遅れも反映するという結果となった。しかし、本来、交通事故による遅れをどのような指標で評価すべきか否かは、対象道路における交通事故の発生頻度によって異なってくると考えられる。

一方、多くの道路利用者は交通事故の影響もある程度考慮しつつ行動していることが予想できるものの、それでも、アンケート回答者439名のうち、11%にあたる50人が飛行機に乗り遅れた経験を有していることも明らかとなった。このことから、道路利用者が行動に際して考慮する遅れ時間のリスクにも限度があることが分かる。したがって、今回のような適当な代替ルートがない路線では、道路利用者がリスクとして考慮できない大きな遅れの発生により、飛行機の乗り遅れのような大きな損失が発生することは避けられないと考える。今回の検討で考慮できていない、このような損失の評価も重要であると考えられる。

### 3.3.6. まとめ

呉市から広島空港へのアクセス道路を対象に、特に一般道路における所要時間変動の実態を把握し、道路利用者の時間信頼性に関する意識や行動の特性と関連づけて分析するとともに、時間信頼性の価値を定量化することを試み、以下の成果を得た。

- ① 一般道路における所要時間変動の実態調査結果と、道路利用者の意識・行動調査結果の整合性は高く、道路利用者は所要時間変動の実態を十分把握していることが明らかとなった。
- ② 多くの道路利用者は事故による遅れの影響をある程度考慮して行動しているものの、それでも1割程度は飛行機に乗り遅れた経験を持っている。したがって、利用者が行動に際して考慮できる遅れのリスクには限界があることが明らかとなった。その結果生じる飛行機の乗り遅れ等の損失の評価も重要と考える。
- ③ 時間信頼性指標を組み込んだ経路選択モデルを推定した結果、モデルが有意であることから、時間信頼性が交通行動に大きな影響を与えていることが明らかとなった。
- ④ 経路選択モデルで算定した時間価値は約60円/分、時間信頼性（BT値）の貨幣価値は約20円/分となった。

時間価値や時間信頼性の価値は、移動目的だけでなく、地域ごとにも異なる可能性がある。したがって、今後、このような事例研究を積み重ねていくことが重要と考える。

また、その他の主な課題として、モデル推定のための時間信頼性等のデータ設定の効率化、移動目的や評価すべき事象に応じた時間信頼性指標の選択及び時間信頼性を考慮する利用者比率の把握等がある。

### 3.4. 山岳道路における交通容量変動が時間信頼性に与える影響の分析

#### 3.4.1. はじめに

時間信頼性は交通需要及び交通容量の変動により決定されると考えられている<sup>14</sup>。交通需要の変動による時間信頼性の変化について研究したものは多くある一方、交通容量の変動が時間信頼性指標に及ぼす影響の定量化に関する検討事例は、交通容量変動要因として、車線数の差異や追越区間の有無等道路構造をとりあげたもの<sup>15, 16, 17</sup>、季節変動・天候をとりあげたもの<sup>18, 19</sup>やインシデントをとりあげたもの<sup>20</sup>、等があるが、前例に乏しい。

そこで、本研究では、往復2車線の山岳道路を対象に、交通容量減少要因（以下、単に「外的要因」という。）として、工事による車線規制と冬期の積雪路面凍結をとり上げ、その影響の定量化を行う。さらに、アンケート調査により時間信頼性の低下の実態とドライバーの意識についても比較する。

#### 3.4.2. AVI調査による旅行時間データの取得

平成21年度に福島県福島市と山形県米沢市を結ぶ国道13号栗子道路（図3.4-1）におけるAVI（ナンバープレート自動読取装置）調査により旅行時間データを取得した。栗子道路は積雪路面凍結・工事規制等の外的要因による時間信頼性低下が見られる地方主要幹線道路である。外的要因による時間信頼性への影響の抽出と定量化、及びこれらの要因の管理による時間信頼性の向上策の検討という本研究の目的に合致した分析を実施することが可能であるという理由から、事例分析対象として選定した。

約30kmの調査対象区間を3分割して（図3.4-2）、それぞれの箇所の上方向にAVIを設置して旅行時間データを約3ヶ月間にわたり取得した。AVIの設置にあたり、設置するための既存の構造物及び電源施設がある地点を選定し、積雪が多いと予想される地点では設置高さを一定以上確保した。また、観測精度を高めるためデータ取得状況を確認し、取得状況に応じて画角調整を行い所定の精度が確保できるまで繰り返した。

積雪路面凍結による影響を抽出するために、冬季とそれ以外の時期の違いが反映できるように観測期間を秋季から冬季（2009年10月末から2010年1月末）にかけて設定した。3ヶ月間という期間は、過去の類似の研究におけるAVIを用いた一般道路における観測期

<sup>14</sup>飛ヶ谷,石橋, 田名部,朝倉：“旅行時間信頼性指標と既存の渋滞評価指標との比較～阪神高速道路の事例～”：土木計画学研究・講演集,Vol.38,CD-ROM, 2008.

<sup>15</sup>吉岡, 橋本, 上坂：“車線数と交通量が所要時間に及ぼす影響に関する実証的研究”，土木計画学研究・講演集, Vol.39, CD-ROM, 2009.

<sup>16</sup>吉岡,橋本, 上坂：“所要時間信頼性の観点からみた追越区間つき2車線道路の評価”，第28回日本道路会議論文集, CD-ROM, 2009.

<sup>17</sup>内海,割田,前田,高田：“首都高速道路有明辰巳ジャンクション間拡幅による効果分析”，交通工学研究発表会論文報告集, No.29, CD-ROM, 2009.

<sup>18</sup>橋本, 奥谷：“季節変動・天候が時間信頼性評価に与える影響分析”：土木計画学研究・講演集,Vol.37,CD-ROM, 2008.

<sup>19</sup>佐々木,東本,杉木,内田：“冬期道路の交通容量に関する研究”：土木計画学研究・講演集,Vol.36,CD-ROM, 2007.

<sup>20</sup>飛ヶ谷,石橋,田名部,朝倉：“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”，交通工学研究発表会論文報告集, No.28, pp.177-180, 2008.

間としては、筆者らの知る限りでは長期にわたるものである<sup>21, 22, 23</sup>。



図 3.4-1 栗子道路 AVI 調査区間

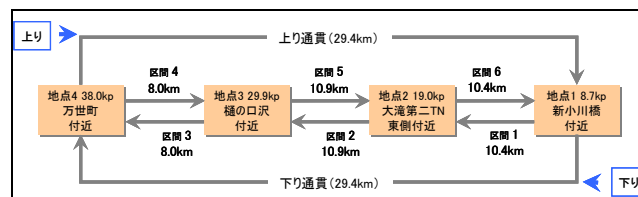


図 3.4-2 栗子道路区間分割模式図

取得した旅行時間データから、分割時間単位（本研究では15分）ごとに代表値を算定し、この代表値を全調査期間分抽出して、これらのデータをもとに時間信頼性指標をはじめとする各種の旅行時間指標（平均値、標準偏差、%タイル値、BT）を算定した。なお、各分割時間単位毎の代表値は異常値に左右されにくい中央値とした。

### 3.4.3. 時間信頼性の低下要因の抽出と影響の定量化

#### (1) 対象とする時間信頼性の低下要因

時間信頼性の低下要因は交通需要変動と交通容量変動とに大別される。栗子道路は交通量が約1万台/日で、交通容量に比して交通量が少なく交通需要変動が乏しい道路であり、従って需要変動による時間信頼性への影響はほとんどないと考えられる。従って今回は交通容量変動のみを外的要因として、その影響の分析を行った。

交通容量の低下要因として、工事による交通規制と積雪路面凍結を想定した。工事による交通規制には片側交互通行規制と登坂車線規制があり、以下、単に工事規制と言った場合は片側交互通行と登坂車線規制双方を混在させて各種統計指標を算出した場合を指す。まず、AVIにて収集されたナンバープレートデータをマッチングして旅行時間データを作成し、容量低下による旅行時間変動が無視できる時期（平常時）と事象発生時（外的要因の発生時）との比較をするため、旅行時間データに事象データを付与するラベリング処理を15分単位で行った。

<sup>21</sup>野間,奥谷,橋本:”道路ネットワークの評価における時間信頼性指標の適用に関する研究”:土木計画学研究・講演集,Vol.37,CD-ROM, 2008.

<sup>22</sup>上坂,橋本,吉岡,中西:”空港アクセス道路の定時性評価のケーススタディ”,土木計画学研究・講演集, Vol.39, CD-ROM, 2009.

<sup>23</sup>宗像,割田,岡田:”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.38, CD-ROM, 2008

## (2) 平常時データの考え方

ここでは、平常時に比べ、工事規制時や積雪時に、時間信頼性指標がどのように変化するかを分析する。ここで、平常時の定義は以下のように考えた。

今回の調査期間中は、平日及び土曜日の昼間は積雪時を除き、ほぼ毎日、いずれかの区間で工事規制が実施されていた。このため、平日及び土曜日の昼間のデータはほとんどの時間帯で、工事規制又は積雪の影響を受けていた。一方、各区间ごとに旅行時間データを比較した結果、積雪がなく工事規制も実施されていない休日の平均旅行時間は、24時間ほぼ一定であり、平日の夜間の旅行時間とも同等であった。

したがって、平常時とは、「平日休日を含む全時間帯のうち、外的要因（工事規制及び積雪）の影響を受けていない時間帯」と定義して、データの整理を行うこととした。

## (3) 工事規制及び積雪による旅行時間への影響

(2)の考え方に基づき、工事規制及び積雪による旅行時間への影響を分析する。分析に活用する有効なデータとしては、15分帯に3台以上の旅行時間が取得できている場合とした。

平常時だけで構成した旅行時間データセット（以下「平常時のみのデータセット」という。）を作成し、区間別に10km当りに換算した旅行時間指標を算定する。次に、平常時のデータに外的要因が発生した日の旅行時間を加えたデータセット（以下「平常時＋外的要因のデータセット」という。）を作成し、同様に旅行時間指標を算定する。

具体的には、各日の15分帯毎の中央値を算出し、それらのデータを平常時と外的要因発生時とに区別して、各々の旅行時間の平均値、標準偏差、95%タイル値、BTを算定する。一般的には、時間信頼性は一日のうちのある時間帯に着目して日々の変動を評価することが多い。しかし、今回の調査では時間帯及び平日・休日の区分による旅行速度の変化がほとんど無視できるため、平常時と外的要因発生時だけを区別して、旅行時間や時間信頼性に関わる指標を算定することとした。

観測期間全体にわたって、AVI調査区間（図3.4-1参照）毎に、平常時別及び外的要因発生時別に旅行時間指標を整理したものが表3.4-1、表3.4-2である。なお、調査区間では、積雪時には迅速に除雪が行われるため、積雪時のデータは除雪後の路面状態を反映したものと考えられる。

表 3.4-1 低下要因の影響（工事による片側交互通行）（分/10km）

	③平常時＋外的要因のデータセット				②平常時のみのデータセット				③-② 各指標平均値の差分			
	平均値	標準偏差	95タイル値	BT値	平均値	標準偏差	95タイル値	BT値	平均値	標準偏差	95タイル値	BT値
区間1	11.6	2.2	14.7	3.1	9.4	0.4	10.0	0.6	2.2	1.8	4.6	2.5
区間2	10.7	6.4	12.8	2.1	9.4	1.1	10.2	0.8	1.3	5.3	2.6	1.3
区間3	10.5	1.1	11.9	1.4	10.2	0.5	10.9	0.7	0.3	0.6	1.0	0.7
区間4	11.2	7.3	12.6	1.4	9.8	0.4	10.3	0.5	1.4	6.9	2.3	0.8
区間5	10.5	2.8	13.8	3.3	9.8	1.3	10.3	0.4	0.6	1.5	3.5	2.8
区間6	12.2	1.9	15.3	3.1	10.2	0.4	10.9	0.7	1.9	1.5	4.4	2.5
下り通貫	10.5	1.1	12.3	1.9	9.4	0.4	10.0	0.6	1.0	0.7	2.3	1.2
上り通貫	10.7	1.1	12.6	1.9	9.8	0.4	10.4	0.6	1.0	0.7	2.2	1.2

※各区間・各指標とも分/10km ※空白は該当する外的要因なし

表 3.4-2 低下要因の影響（積雪（除雪後））（分/10km）

	③平常時+外的要因のデータセット				②平常時のみのデータセット				③-② 各指標平均値の差分			
	平均値	標準偏差	95タイル値	BT値	平均値	標準偏差	95タイル値	BT値	平均値	標準偏差	95タイル値	BT値
区間1	9.8	1.7	11.0	1.2	9.5	0.5	10.2	0.7	0.3	1.2	0.8	0.4
区間2	9.7	1.3	11.3	1.6	9.4	0.9	10.3	0.8	0.3	0.4	1.0	0.7
区間3	10.6	2.8	12.5	1.9	10.0	0.6	10.8	0.8	0.6	2.2	1.7	1.1
区間4	10.1	2.1	11.3	1.2	9.6	0.5	10.4	0.7	0.4	1.6	0.9	0.5
区間5	9.9	1.6	11.4	1.5	9.6	1.0	10.3	0.7	0.3	0.6	1.1	0.8
区間6	10.2	1.5	11.8	1.6	9.8	0.6	10.7	0.8	0.4	1.0	1.2	0.8
下り通貫	10.0	1.6	11.7	1.7	9.5	0.5	10.3	0.7	0.5	1.0	1.5	1.0
上り通貫	10.0	1.1	11.3	1.4	9.7	0.5	10.4	0.8	0.3	0.6	0.9	0.6

※各区分・各指標とも分/10km ※空白は該当する外的要因なし

次に、区間別に工事規制と積雪路面凍結の各指標に対する影響を図化したものが図3.4-3～図3.4-5である。

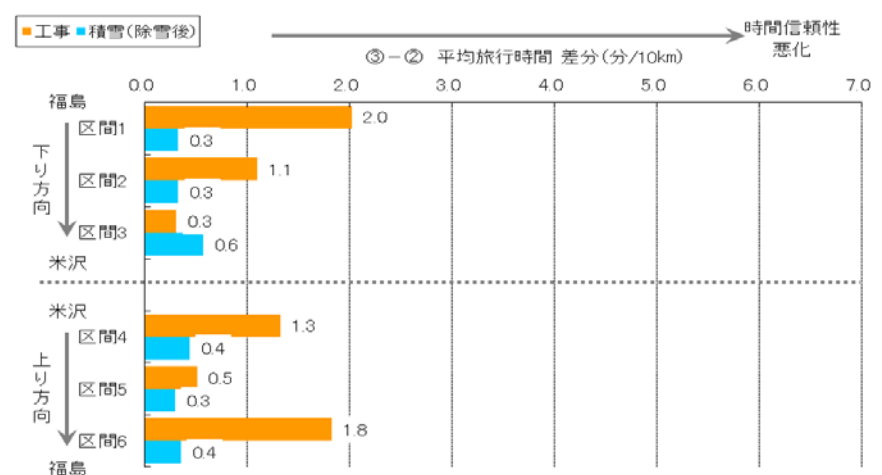


図 3.4-3 平均値への影響（工事、積雪（除雪後））（分/10km）

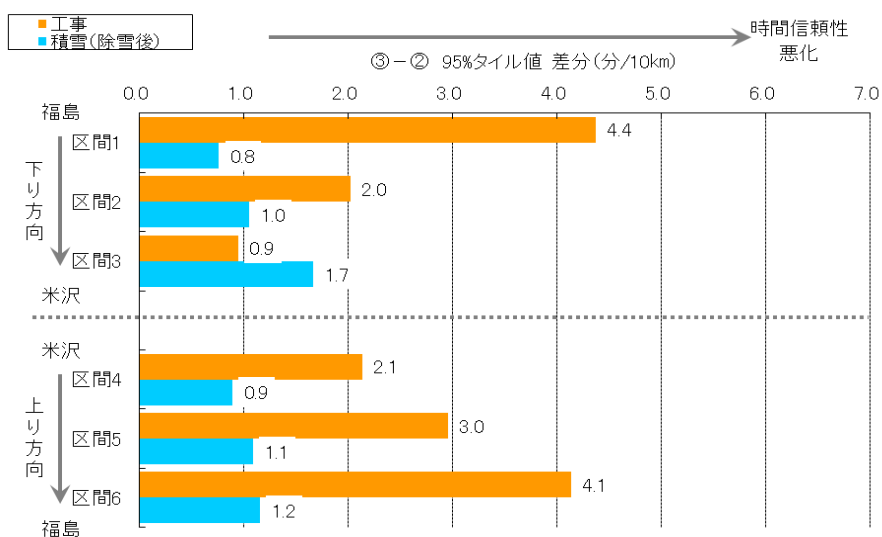


図 3.4-4 95%タイル値への影響（工事、積雪（除雪後））（分/10km）



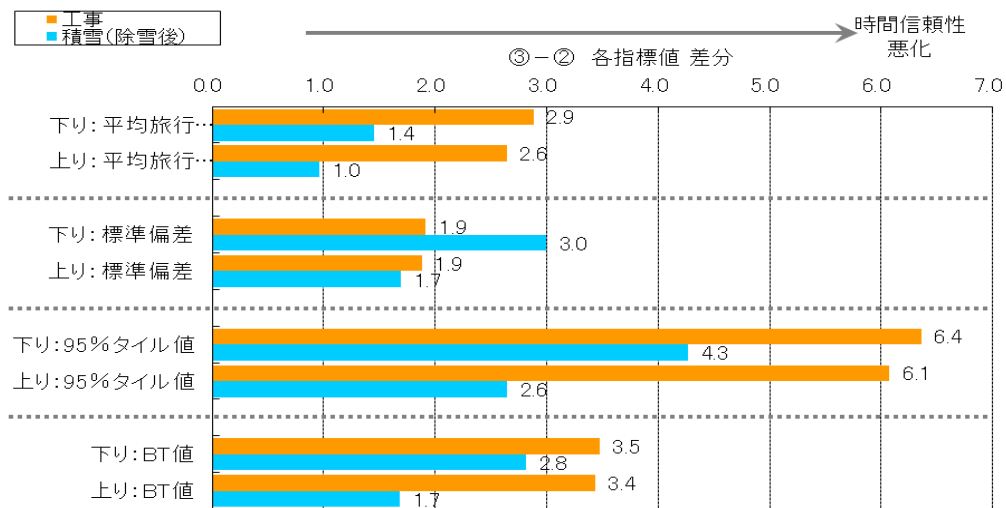


図 3.4-5 標準偏差への影響（工事、積雪（除雪後））（分/10km）

これらの図から以下のことが分かる。

- (1) 積雪（除雪後）より工事規制の方が、旅行速度や時間信頼性の低下に与える影響は大きい。ただし、積雪時に除雪が行われない場合の影響の大きさについては、今回の調査では明らかにできていない。
- (2) 工事規制が旅行速度の平均値と95%タイル値に与える影響は、区間1、6が大きい。これは、区間1、6においてその他の区間よりも工事規制が頻繁に行われていることが一因と考えられる。
- (3) 工事規制が標準偏差に与える影響は、区間2、4が大きい。この理由は定かではないものの、これらの区間が他の区間に比べて上り勾配が大きいことが関係している可能性がある。今後の検討が必要である。

次に、区間ごとのデータを全区間に統合し調査区間全体で外的影響が及ぼす影響を分析する。複数の区間データを統合する方法としては、タイムスライス法（2.2.2.参照）を用いた。タイムスライス法は、出発時刻からの経過時間と走行距離を考慮して、時間単位をずらしながらリンクごとの旅行時間を足し合わせる方法である。タイムスライス法による旅行時間の算定方法は以下の通り（数式3.4-1、数式3.4-2）。

$$\sum_{i=1}^n (t_i) \cdots \cdots \text{(数式 3.4-1)}$$

$$\sum_{i=1}^n (t_i) \cdots \cdots \text{(数式 3.4-2)}$$

:調査区間全体の旅行時間

:分割された区間の旅行時間

:分割区間 から分割区間 までの旅行時間

:出発時刻

調査区間全体（以下「通貫」という。）での工事規制・積雪路面凍結による平均旅行時間、標準偏差、95%タイル値、BT値の変化を、上り・下り別に図3.4-6にとりまとめて示す。

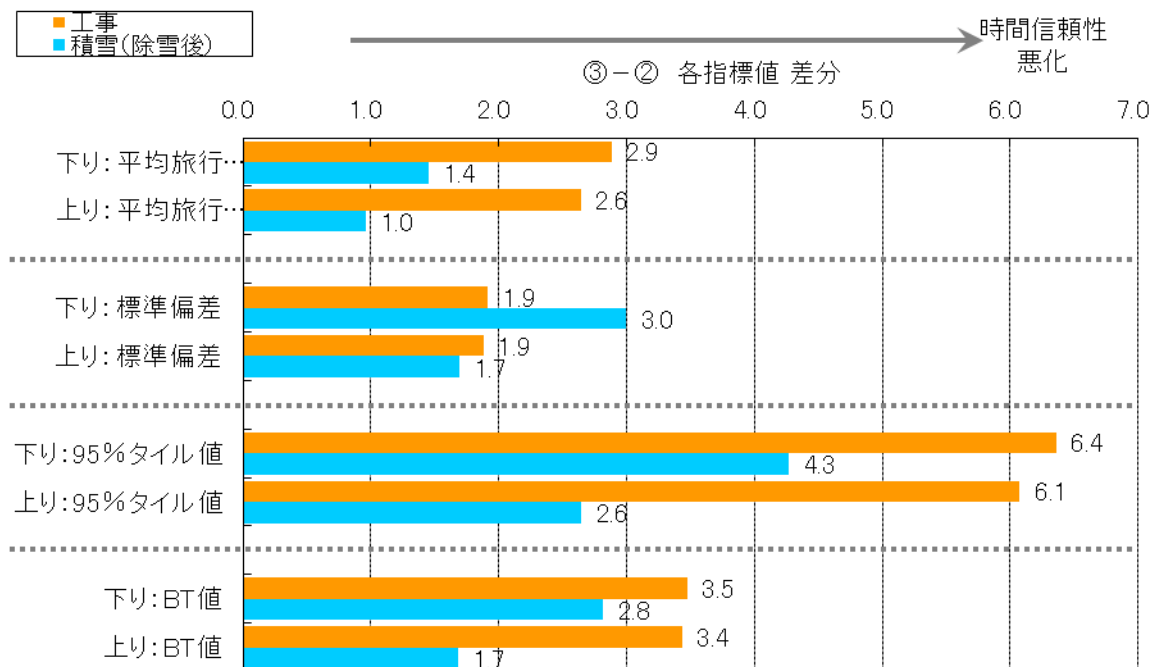


図 3.4-6 方向別の各指標への影響  
(工事・積雪路面凍結 (除雪後)) (分/10km)

さらに、調査期間における調査区間全体の平均値、95%タイル値、標準偏差、BTの時間変動を、上り下り別に平常時、工事規制時、積雪時の独立したデータセットを用いて示したものが、図3.4-7である。

以上より、上り/下りの順に、工事による影響で、平均旅行時間で2.6分/2.9分、標準偏差で1.9分/1.9分、BT値で3.4分/3.5分、悪化している。積雪路面凍結による影響で、平均旅行時間で1分/1.4分、標準偏差で1.7分/3分、BT値で1.7分/2.8分、悪化しており、各区間での検討同様、積雪時より工事規制時の方が影響が大きくなっていることが分かる。

特に、積雪時に着目すると、下り（福島から米沢方面行）の方が、上り（米沢から福島方向）より、時間信頼性の悪化の程度が大きい。これは、下りでは、積雪の少ない福島側から多い米沢側に移動するので、タイヤが凍結対応しておらずスタック車両（積雪路面凍結時に路上で停止する大型車）が発生する、ドライバーの運転が不慣れである等の理由により、旅行速度の不確実性に与える影響が大きくなること、等が考えられる。

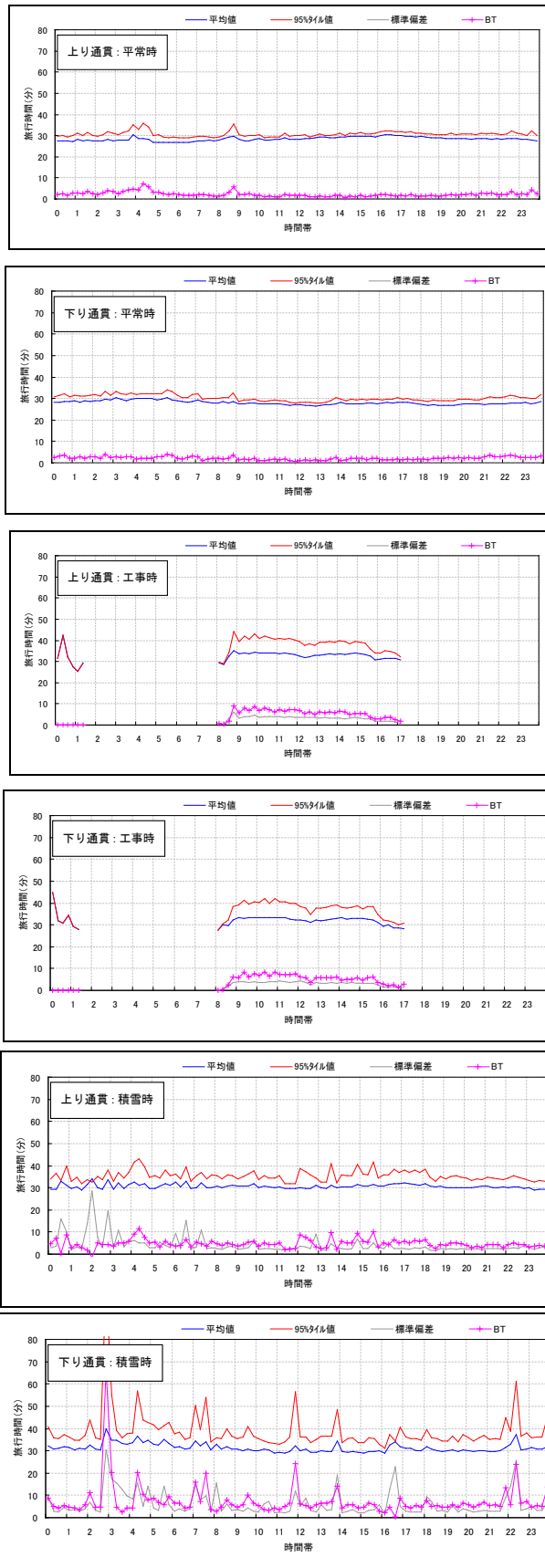


図3.4-7 各事象別所要時間分布と統計指標 (分) (上り通貫・下り通貫)

### 3.4.4. 時間信頼性向上策の検討とその効果の試算

時間信頼性向上策の効果を検討した。ここでは工事日数の縮減を例として効果を試算する。工事日数の縮減により、容量低下要因が一週間のうち6日間程度（6/7=0.85より発生率85%）発生している現状から半減する場合（3/7=0.43）を想定して向上効果を試算した。次式のように、施策実施後の容量低下要因の減少割合に基づいて旅行時間の平均値と分散を重みづけして算出し、統計指標の施策実施前後での比較により効果を定量化する。容量変動が生じた日の割合を  $\alpha_0 (=0.85)$ 、そのときの旅行時間の平均値を  $\mu_0$ 、標準偏差を  $\sigma_0$  とする。また、平常時の割合を  $(1 - \alpha_0)$ 、旅行時間の平均値を  $\mu_1$ 、標準偏差を  $\sigma_1$  とする。このとき、対象期間における旅行時間の平均値を  $\mu$  と標準偏差  $\sigma$  の期待値は（数式3.4-3、3.4-4）で示される。

$$\mu = \alpha_0 \mu_0 + (1 - \alpha_0) \mu_1 \cdots \cdots \text{(数式 3.4-3)}$$

$$\sigma = \sqrt{\alpha_0^2 \sigma_0^2 + (1 - \alpha_0)^2 \sigma_1^2} \cdots \cdots \text{(数式 3.4-4)}$$

また、施策を実施して外的要因による容量変動が生じた日の割合が  $\alpha (=0.43)$  ( $\alpha < \alpha_0$ ) になるとする。このとき対象期間における旅行時間の平均値  $\mu$  と標準偏差  $\sigma$  の期待値は（数式 3.4-5、3.4-6）で示される。

$$(1 - \alpha) \mu_1 + \alpha \mu_0 \cdots \cdots \text{(数式 3.4-5)} \quad \sqrt{(1 - \alpha)^2 \sigma_1^2 + \alpha^2 \sigma_0^2} \cdots \cdots \text{(数式 3.4-6)}$$

さらに、施策実施前後の95%タイル値  $\mu_0^{95}$ 、 $\mu_1^{95}$ 、 $\mu^{95}$  も（数式 3.4-7、3.4-8、3.4-9、3.4-10）から求めることができる。

また、95%タイル値と平均値の差分によって

$$\mu_0^{95} - \mu_0 = 1.645 \sigma_0 \cdots \cdots \text{施策前 95\%タイル値} \quad \text{(数式 3.4-7)}$$

$$\mu_1^{95} - \mu_1 = 1.645 \sigma_1 \cdots \cdots \text{施策後 95\%タイル値} \quad \text{(数式 3.4-8)}$$

$$\mu_0^{95} - \mu_0 = 1.645 \sigma_0 \cdots \cdots \text{(数式 3.4-9) 施策前 BT}$$

$$\mu_1^{95} - \mu_1 = 1.645 \sigma_1 \cdots \cdots \text{(数式 3.4-10) 施策後 BT}$$

以下の通り施策を実施した前後の平均値、標準偏差、95%タイル値、BTの差分をとることで、時間信頼性向上効果を算定することができる（数式 3.4-10）。

$$\mu_0^{95} - \mu_0 - (\mu_1^{95} - \mu_1) = 1.645 (\sigma_0 - \sigma_1) \cdots \cdots \text{(数式 3.4-10)}$$

通貫データを方向区別なしで1データセットとして計算した分析結果を示す。施策実施に伴い、工事規制日数が現在より半減すると仮定すると、平均旅行時間が約2分、標準偏差が約1分、BT値が1.5分短縮することが予測される。工事規制時には平常時よりも、平均旅行時間が約2.5～3分、標準偏差が約2分、BT値が約3.5分悪化しているため、平均値の減少が若干少ないものの、その他の指標はおよそ半減するということがわかる。

### 3.4.5. 交通行動に関するアンケート調査

栗子道路の利用者の意識・行動を分析するためにアンケート調査を実施した。

被験者は福島市・米沢市のトラック協会・商工会議所に登録している事業者を対象とした。従って業務交通を想定している。個人属性（年齢、性別、職業、運転頻度）、利用頻度・利用目的・到着時間制約の有無・車種等の利用状況、栗子道路に見込む平均的な移動時間と余裕時間、時間信頼性への評価と時間信頼性の変動要因として想定する事象について、通常時と積雪路面凍結時に分けて尋ねた。以降、通常時と積雪路面凍結時に分けてアンケート結果を示す。

混雑発生状況と時間信頼性の関係について調査したところ、積雪路面凍結時に混雑し時間信頼性が低い道路として認識されているという傾向がわかった。時間信頼性がないと回答した被験者にその低下要因について尋ねたところ、通常時は工事作業、事故、前方低速車の順に多く、積雪路面凍結時は積雪路面凍結、吹雪、除雪の順に多かった。（図3.4-8、図3.4-9）。

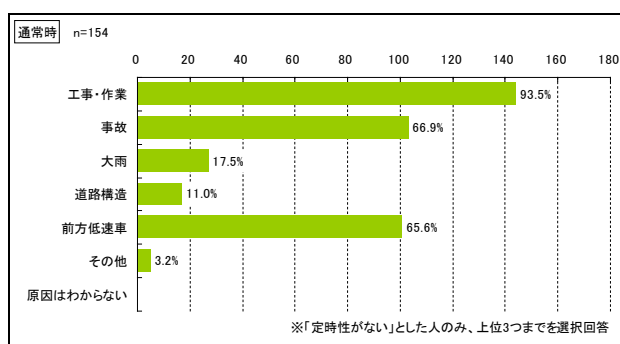


図3.4-8 栗子道路の時間信頼性の低下要因（通常時）

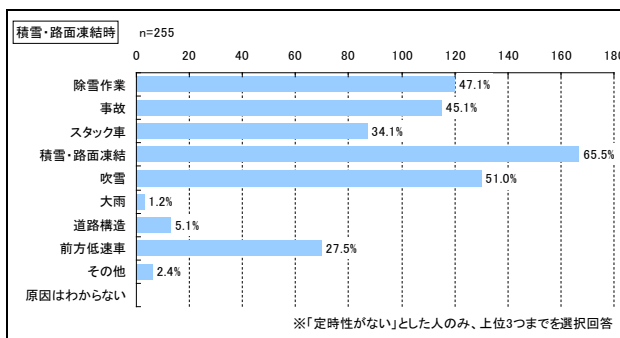


図3.4-9 栗子道路の時間信頼性の低下要因（積雪路面凍結時）

栗子道路の認知平均旅行時間と、遅刻を避けるために見込む余裕時間の分布を示す（図3.4-10、図3-4.11）。

通常時の平均旅行時間は最頻値が40分で次に30分であり、平均値は約40分である。積雪路面凍結時は最頻値60分を中心にそれより小さい時間帯に偏る形で分布しており、平均値は約56分である。認知旅行時間分布は、通常時よりも積雪路面凍結時の方が20分程度多くずれている。

見込み余裕時間は、通常時は平均値が約14分であり最頻値10分から多い時間帯に偏る形で分布しており、積雪路面凍結時は平均値が20分であり最頻値20分を中心に緩やかな分布となっている。

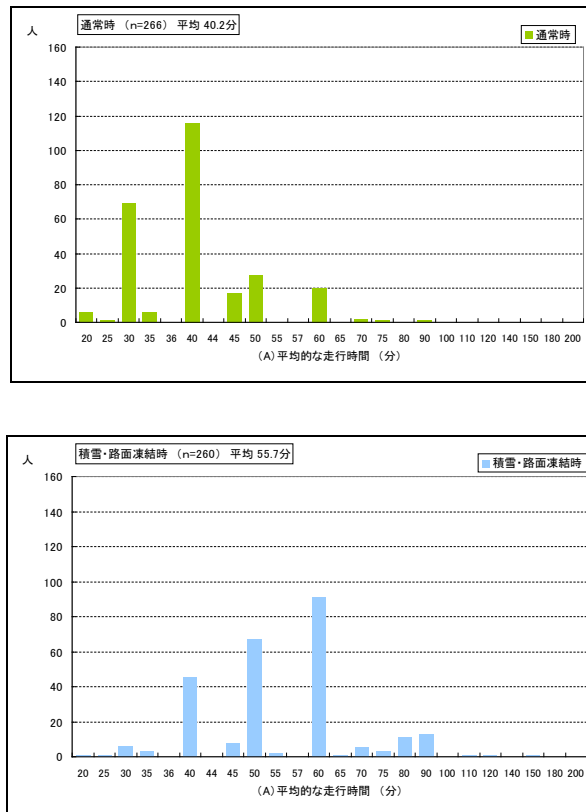


図 3.4-10 認知平均所要時間 (通常時・積雪路面凍結時)

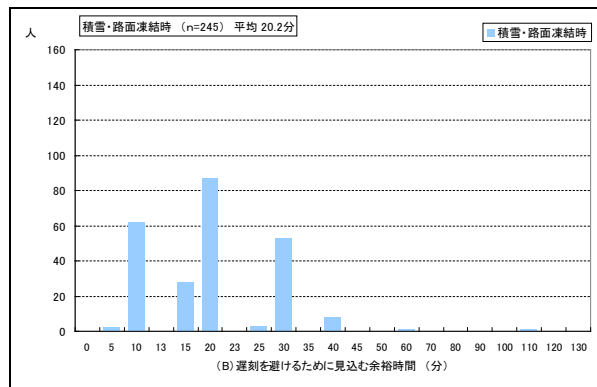
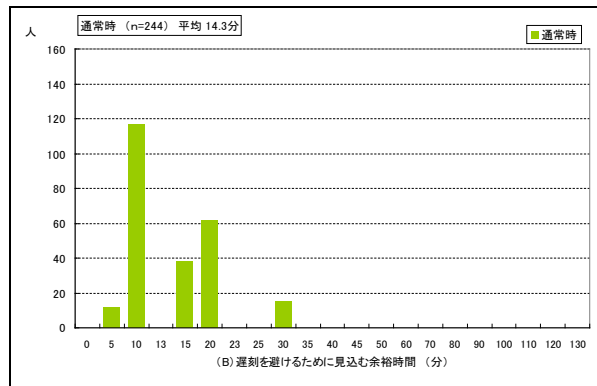


図 3.4-11 見込み余裕時間 (通常時・積雪路面凍結時)

以上の結果にはばらつきがあるため、最も正確に旅行時間を認知できると考えられる「出勤目的利用者」に限定して、出勤目的利用者の認知旅行時間と実測データに基づく旅行時間分布の比較を(表3.4-3、表3.4-4)で行う。AVI実測データより、平均旅行時間と見込み時間95%タイル値を算出し、余裕時間(BT)は95%タイル値-平均値より算出した。

表 3.4-3 出勤目的利用者の認知所要時間 (分/10km)

	認知平均所要時間	余裕時間	見込み時間
通常時	36.8	12	48.8
積雪路面凍結時	51	18.9	69.8

表 3.4-4 実測した旅行時間 (分/10km)

	平均値	余裕時間	見込み時間
通常時	28.3	3	31.3
積雪路面凍結時	30.1	5.2	35.3

出勤目的利用者の認知旅行時間分布でさえも、通常時・積雪路面凍結時ともに平均旅

行時間が実測した旅行時間分布と大きな差があった。このような結果が出た原因として、被験者へのアンケート調査において、区間の起終点に交差点名を指定したものの、それらを明確に認識ができず、自身のトリップの起終点をイメージして回答している可能性がある。

そこで、通常と積雪路面凍結時との差分だけに着目し、出勤利用目的者の認知旅行時間と実測した旅行時間との関係を比較する。

積雪路面凍結時と通常時における平均旅行時間の差分は、実測値では1.8分（6.4%増）であるのに対し、認知旅行時間は14.2分（38.6%増）である。また、遅刻を避けるための余裕時間を加えた見込み時間は、実測値では4分（12.8%増）であるのに対し、認知旅行時間は21分（43.0%増）である。

このように、道路利用者は積雪路面凍結時の平均速度や時間信頼性の低下を過大に見積もっていることが分かる。多くの場合、実際には迅速な除雪作業により、平均速度や時間信頼性の低下が抑えられているものの、道路利用者の意識には大雪時の影響が意識されている可能性があると考ええる。

#### 3.4.6. まとめ

山岳部の2車線（片側1車線）道路である国道13号栗子道路（延長約30km）を対象に、10月末から1月末までの3か月のAVI（ナンバープレート自動読取装置）調査及び道路利用者へのアンケート調査により、工事規制及び積雪路面凍結が時間信頼性低下へ与える影響について分析した。その結果、得られた知見は以下のとおりである。

- ① AVI 調査の結果により、工事規制及び積雪という交通容量低下による時間信頼性への影響について定量化した。その結果、2車線道路の場合、積雪（除雪後）より工事規制の方が、旅行速度や時間信頼性の低下に与える影響は大きかった。ただし、これは積雪後迅速に除雪が実施されている場合であり、除雪が行われない場合の影響の大きさについては、今回の調査では明らかにできていない。
- ② 積雪時は、下り（福島から米沢方面行）の方が、上り（米沢から福島方向）より、時間信頼性の低下の程度が大きかった。このように積雪の少ない地域（福島）から多い地域（米沢）に向かう道路では、タイヤが凍結対応していない等の理由により、逆方向より時間信頼性の低下が大きくなる可能性がある。
- ③ 工事規制を減らした場合に、時間信頼性がどのように向上するかを定量的に算出する方法を示し、試算を行った。
- ④ 道路利用者は実際よりも過大な旅行時間及び余裕時間を見込んでおり、特に積雪路面凍結時でその傾向が強いことが分かった。