

# プローブカーデータを用いた 複数経路からなるOD間の旅行時間変動指標

関谷 浩孝<sup>1</sup>・上坂 克巳<sup>1</sup>・門間 俊幸<sup>2</sup>・橋本 浩良<sup>1</sup>・中西 雅一<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 道路研究室（〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地）  
E-mail: sekiya-h92tb@nilim.go.jp

<sup>2</sup>正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 建設経済研究室

<sup>3</sup>正会員 株式会社 地域未来研究所（〒530-0003 大阪市北区堂島1-5-17）  
E-mail: nakanishi@refrec.jp

プローブカーデータを基に算定した日々の経路旅行時間データから、それらの経路で構成されるOD間の旅行時間変動を表す指標の算定方法を検討した。これにより、経路間の旅行時間の相関が小さい場合、これらの経路で構成されるOD間の旅行時間変動は個々の経路の旅行時間変動より小さくなる傾向があることを示した。また、ドライバーが事前提供された当日の旅行時間情報に従って経路を選択する状況を複数想定し、旅行時間変動を表す指標の変化について分析を行った。この結果次の知見が得られた。道路ネットワーク上の各経路を一定割合で走行することを想定した状況に比べ、当日の旅行時間情報に従いドライバーが旅行時間の小さい経路を走行することを想定した状況では、旅行時間の平均は小さくなるものの、変動は必ずしも小さくならない。

**Key Words :** *travel time reliability, travel time variability, road traffic, probe data, route selection*

## 1. はじめに

従来の交通量や平均的な旅行時間だけでなく、旅行時間の変動といった交通の質も含めた道路交通のサービスレベルを評価し、適切に道路利用者に提供することが道路管理者の重要な責務となっている。

これまで、経路の旅行時間を計測してその変動を算定・評価する手法の研究や実証事例の蓄積は進んでいる。野間ら<sup>1)</sup>や吉岡ら<sup>2)</sup>は AVI 調査から得た旅行時間データや VICS データを用いて、並行する一般国道と高速道路の時間信頼性の比較分析を行っている。足立ら<sup>3)</sup>は、草津 JCT～豊田 JCT 間の名神ルートと新名神ルートを対象として新名神の供用に伴う時間信頼性の向上効果を分析している。首都高速や阪神高速では旅行時間変動を考慮した所要時間の提供を行っている<sup>4) 5)</sup>。岩里ら<sup>6)</sup>は損失時間と時間信頼性指標を組み合わせたサービス水準の評価手法を提案している。

これらは、各経路の旅行時間を独立して扱い、それぞれの経路における旅行時間変動を評価するものである。これは、各経路のサービスレベルを表す指標としては問題ない。しかし、ドライバーが実際に経験する旅行時間の変動を表す指標とは必ずしもなっていない。なぜなら、

ある程度距離のあるトリップ（例えば 30km）を行う際、ドライバーはカーナビの VICS 等で入手する混雑情報を基に日々異なる経路を選択しているからである。このため、経路毎の旅行時間変動に加え「各経路の旅行時間を総合的に捉えた“OD 間の旅行時間変動”（ネットワーク全体としてのサービス水準）」を評価する指標の算定方法を提案することには意義がある。

もし仮に、OD を構成する経路上全ての車両についての旅行時間を観測できるのであれば、OD 間の旅行時間の分布や変動を把握することが可能である。しかし、現状ではこういったデータを収集することは困難である。

そこで筆者らは、実測のプローブカーデータを用いて区間毎の日々の旅行時間データしか把握できていない場合においても、区間から OD 間の適切な経路集合を生成し、それら経路で構成される OD 間の旅行時間変動を表す指標の算定方法について検討を行った。さらに、ドライバーが事前提供された当日の旅行時間情報に従って経路を選択する状況を複数想定し、OD 間の旅行時間変動を表す指標の変化を分析した。本稿は、OD 間の旅行時間変動指標の算定方法を紹介し、上記の分析から得られた知見を報告するものである。

## 2. 分析対象経路

### (1) 分析対象OD及び道路

分析対象のODは、一般に高い時間信頼性が要求される空港アクセスを想定し、市街地から空港へ向かう30km程度のODとする。本研究では、地域特性を分析できるよう、都市部と地方部から1つずつ選定し、次の2つのODを分析対象とする。

- ・O:枚方市天の川交差点 → D:伊丹空港 (都市部)
- ・O:新潟市南区役所 → D:新潟空港 (地方部)

分析対象道路は、空港アクセスのための主要幹線道路を想定していることから一般県道以下の道路を除き、主要地方道及び一般国道とする。OD間のネットワーク構造を考慮して現実的な範囲にある道路を抽出すると図-1に示すとおりとなる。

### (2) EBAによる分析対象経路の抽出

図-1に示す道路で構成されるOD間の経路全てを分析対象にするのは現実的でない。このため、Screening法にEBAを組み合わせた方法により分析対象経路を抽出する。Screening法 ( $k$ 番目最短経路探索) は経路コストが小さい順に経路を探索するアルゴリズムである。EBA

(Elimination by Aspect) は、経路の属性に閾値を設定し、条件を満足しない経路を除外する手法である。分析対象経路は、Screening法で経路コストが小さい順に列挙した経路に対して、逐次EBAを行い、最終的に除外されなかった経路となる。設定したEBAの属性と閾値は既往の研究事例<sup>7)~10)</sup>を参考に次のとおりとする。

- ・最短経路に対する距離比：1.2倍以上の経路を除外
- ・経路間重複率：50%以上となる経路を除外

この結果、都市部では6経路、地方部では5経路が抽出された。これらを図-2に示す。なお、図中の番号は経路距離の順位 (最短が1番) を表している。

### (3) データ取得状況を考慮した分析対象経路の選定

図-2の色付けは区間毎のデータ取得日数を表す。ここでいうデータ取得日数は、1年間 (平成21年度) の平日7時~9時の間に最低1台のデータが取得された日数である (第3章1節参照)。これを見るとデータの取得日数が80日以下の区間が多く、データの取得状況は芳しくない。

このため、本来は前節で抽出した経路 (都市部：6経路、地方部：5経路) 全てを分析対象にすべきところであるが、今回は図-1の道路ネットワークからデータ取得日数の多い経路を選定する。都市部と地方部それぞれにおいて2経路ずつ選定すると図-3に示すとおりとなる。各経路の概要を表-1に示す。説明を簡単にするため、都市部と地方部それぞれで距離の短い経路を「主経路」他を「代替路」と称する。

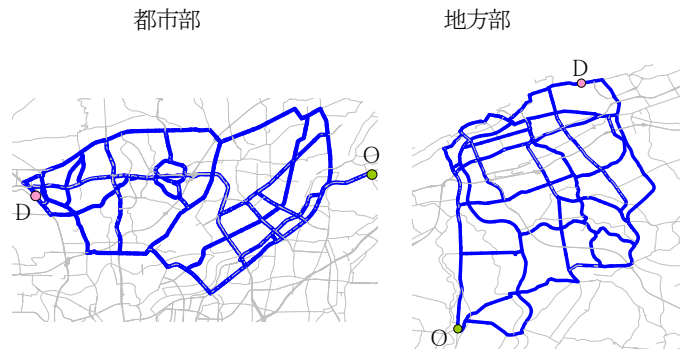


図-1 分析対象OD及び道路

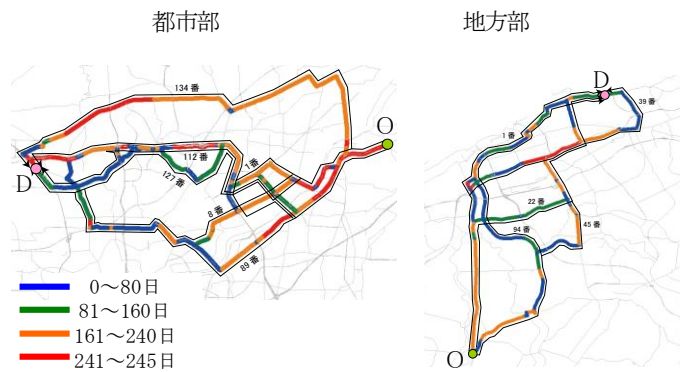


図-2 EBAで抽出された経路

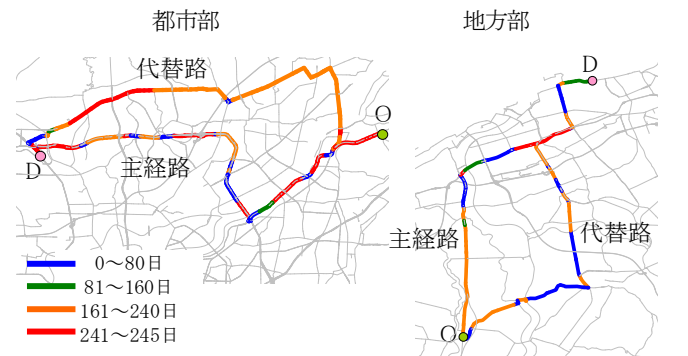


図-3 分析対象経路

表-1 経路の概要

	都市部		地方部	
	主経路	代替路	主経路	代替路
経路延長 km	28.9	30.1	27.1	30.3
6車区間延長割合	51%	4%	30%	8%
4車区間延長割合	49%	89%	23%	27%
2車区間延長割合	0%	7%	47%	65%
構成する道路	国道1 府道2	国道1 国道170 国道171	国道8 国道7	国道460 国道406 国道49 国道7

### 3. 経路旅行時間データ

前章で示した4つの経路について、日々の旅行時間データ（経路旅行時間データ）を算定する。

#### (1) 算定方法

##### a. 旅行時間の基礎データ

民間企業が平成 21 年度に会員から取得したプローブカーデータを旅行時間の基礎データに用いる。これは、実際の走行車両についての 15 分単位の区間旅行時間（速度）を表すデータである。このうち混雑が予想される平日（245 日）の 7 時～9 時の 2 時間の旅行時間データを分析に用いる。

##### b. 対象日

前章で示したとおり、上記の基礎データは区間毎に取得状況が異なる。各経路のデータ取得日数を整理したものを表-2 に示す。表中の“◎”は、同一日の 7～9 時に

表-2 各経路のデータ取得日数

都市部			地方部		
主経路	代替路		主経路	代替路	
135日	83日		106日	35日	
◎	◎	54日	◎	◎	22日
◎	×	81日	◎	×	84日
×	◎	29日	×	◎	13日
×	×	81日	×	×	126日
計	245日		計	245日	

◎：経路を構成する全区間でデータが取得できている  
 ×：データが取得できていない区間が存在する

経路の全区間でデータが取得された日数を示す。例えば、都市部では主経路で 135 日、代替路で 83 日、それぞれの経路の全区間で旅行時間データが取得されている。このうち、同一日に主経路と代替路共に全区間でデータが取得された日は、都市部で 54 日、地方部で 22 日となる。以下、これらの日を対象に経路旅行時間データを算定する。

##### c. 集計方法

データが豊富にあれば、15分単位の区間旅行時間データをタイムスライス法で集計することが可能である。しかし、区間毎の15分単位の取得データ数は1, 2台程度で、タイムスライス集計を行うのに十分なデータ数が確保されていない。このため、7時～9時に取得された旅行時間データを区間毎に平均し、これらの総和を経路旅行時間データとする。

#### (2) 算定結果

前節で示した方法により経路旅行時間データを算定した。同一日における主経路の旅行時間を横軸に、代替路の旅行時間を縦軸にとってプロットしたものを図-4に示す。これから読み取れる各経路の特徴を整理する。

##### a. 主経路、代替路の旅行時間の大小

図-4を見ると、45度線より上と下の両方にプロットが現れており、常に一方の経路旅行時間が小さいわけではないことがわかる。都市部では、分析対象54日のうち13日（24%）は代替路の旅行時間が小さい。地方部では、分析対象22日のうち7日（32%）は代替路の旅行時間が小さい。

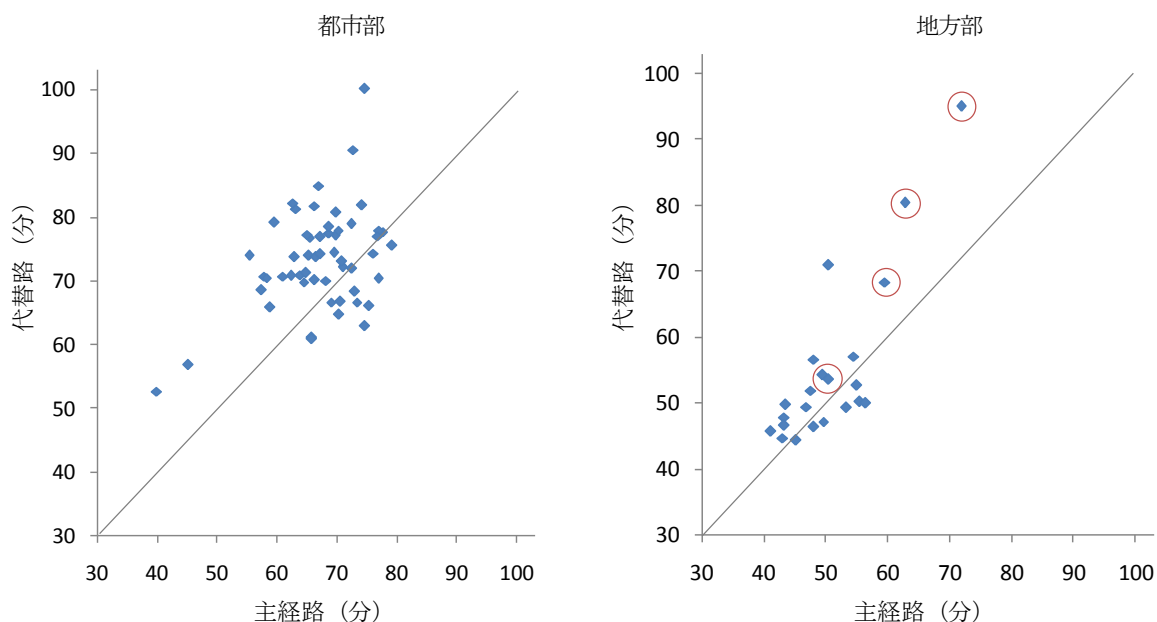


図-4 主経路と代替路の旅行時間の比較

**b. 混雑時データor非混雑時データ**

都市部では、主経路の旅行時間70分辺りにプロットの集まりが見られる。この場合の旅行速度は25km/h（経路距離が29km）であることから、都市部のデータは慢性的に混雑している状況のデータが主であると推測する（補注[1]参照）。

一方地方部では、都市部と経路距離が同程度であるにもかかわらず、主経路の旅行時間50分辺りにプロットの集まりが見られる。これは、都市部の70分より20分程度小さい。このことから、地方部のデータは比較的混雑していない状況のデータが主であると推測する。

**c. 旅行時間の相関**

主経路の旅行時間と代替路の旅行時間の相関をみると、地方部における相関（0.83）は都市部における相関

（0.42）より大きい。図中の“○”は、積雪が観測された日における旅行時間データである。こういった日には主経路と代替路の旅行時間が共に大きくなっていることから、地方部で相関が大きくなっているのは積雪の影響と考える（補注[2]参照）。

**d. 旅行時間の変動**

旅行時間を小さいものから順に並べ累積確率の形で整理したものを図-5に示す。経路旅行時間の変動指標を表-3に示す。表では都市部・地方部それぞれにおいて主経路と代替路の値を比較し、値の小さい方をハイライトしている。都市部・地方部ともに、主経路の値は代替路の値より小さい。つまり、主経路は代替路より旅行時間及びその変動が小さい。これは、図-5からも視覚的に推測することができる。

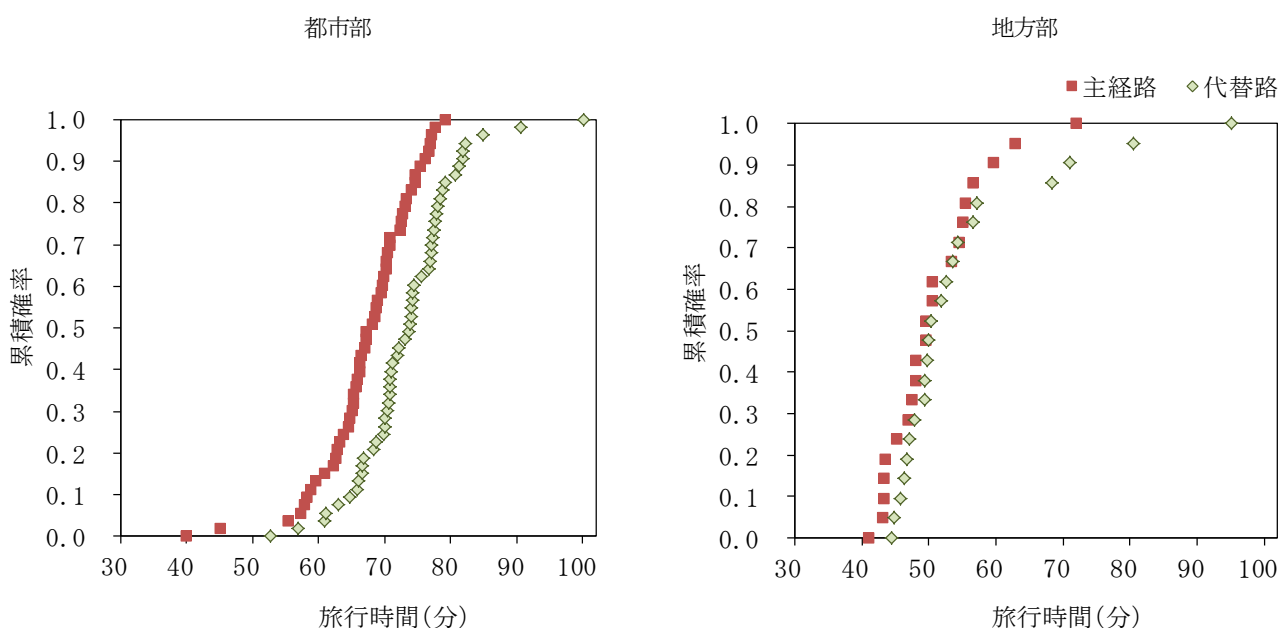


図-5 旅行時間分布

表-3 経路旅行時間の変動指標

	都市部		地方部	
	主経路 n=54	代替路 n=54	主経路 n=22	代替路 n=22
①平均値	67.1	73.3	50.9	55.1
②最大値	79.1	100.2	71.9	95.1
③ワースト10%平均値	77.5	88.0	67.4	87.8
④95%タイル値	76.9	83.2	62.6	79.9
⑤50%タイル値	67.7	73.7	49.5	50.1
⑥10%タイル値	58.4	65.0	43.2	45.8
⑦最小値	39.9	52.7	41.1	44.4
⑧標準偏差	7.46	7.81	7.25	12.5

#### 4. OD旅行時間データ

複数の経路で構成されるOD間の旅行時間変動を表す指標については定まった考え方がない。そこで本研究では、まず前章で作成した日々の経路旅行時間データから日々の「OD間の旅行時間を代表する旅行時間データ(以下「OD旅行時間データ」という。)」を算定する。そして、この変動をOD間の旅行時間変動と見なすこととする。本章では、OD旅行時間データの算定方法を示す。

##### (1) 算定方法

###### a. 経路選択率による重み付け

表-4に示す算定イメージのとおり、主経路と代替路それぞれにおける日々の経路旅行時間データから日々のOD旅行時間データを算定する。もし、経路旅行時間データの取得日(都市部54日, 地方部22日)において主経路と代替路を利用したそれぞれの車両台数がわかれば、車両台数を重みとして経路旅行時間データを加重平均することによりOD旅行時間データを算定することができる。しかし、現状では各経路を利用した車両台数を把握することはできない。このため、本研究では交通量の代わりに式1に示す「経路選択率 $p_k$ 」を重みとして用いる<sup>11)</sup>。

$$p_k = \frac{(t_k)^{-\nu}}{\sum_{k=1}^n (t_k)^{-\nu}} \quad (1)$$

$$t^{OD} = \sum_{k=1}^n (t_k p_k) \quad (2)$$

$t_k$  : 経路 $k$ の旅行時間  
 $p_k$  : 経路 $k$ の経路選択率  
 $t^{OD}$  : OD旅行時間  
 $n$  : 経路数 (=2)  
 $\nu$  : パラメータ

(主経路:  $k=1$ , 代替路:  $k=2$ )

経路選択率 $p_k$ は経路の旅行時間 $t_k$ に基づく指標で、経路 $k$ の旅行時間 $t_k$ が小さいほど経路 $k$ が選択される割合 $p_k$ は大きくなる。2つの経路の旅行時間の比( $t_1/t_2$ )を変化させると、パラメータ $\nu$ の値に応じて経路選択率 $p_1$ は図-6のとおり変化する。 $\nu$ は一般的に $\nu=6$ が用いられる。 $\nu=\infty$ の場合は、旅行時間が小さい経路の選択率が100%(重みが1.00)となる。

###### b. 重み付けを行う想定ケース

本研究では表-5に示す3つのケース(ケース経験, ケース通常感度, ケース高感度)により重み付けを行い、3種類のOD旅行時間データを算定する。算定例を表-6に示す。ケース通常感度及びケース高感度では、 $p_1$ 及び $p_2$ の値は日々の経路旅行時間( $t_1, t_2$ )に応じて変化させる。これは次の状況を想定するものである:「ドライバーは当日の経路旅行時間についての情報を事前に提供され、この情報に基づき日々異なる経路を選択する。なお、

表-4 OD旅行時間データ(分)の算定イメージ

		経路旅行時間		→	OD旅行時間 $t^{OD}$
		主経路	代替路		
		$t_1$	$t_2$		
第01日	2009/06/12	65.7	61.1	→	?
第02日	2009/06/17	58.9	65.8	→	?
⋮	⋮	⋮	⋮	→	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	→	⋮
第54日	2010/03/30	55.3	74.0	→	?

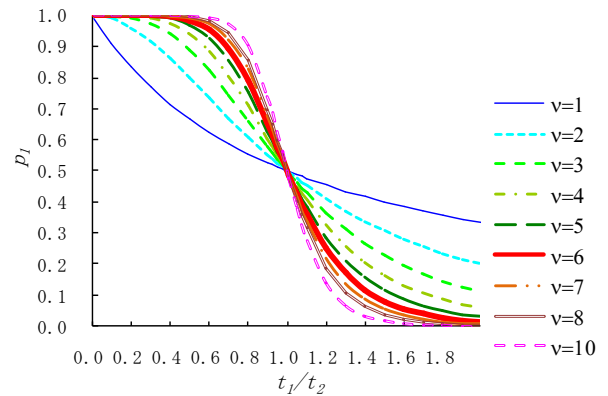


図-6 2経路の旅行時間比( $t_1/t_2$ )と経路選択率( $p_k$ )の関係

表-5 OD旅行時間算定時の重み付けの方法

ケース	$\nu$	$p_1, p_2$
経験	6	固定(年平均の $t_1, t_2$ から算定)
通常感度	6	日々変化(日々の $t_1, t_2$ から算定)
高感度	$\infty$	〃

表-6 3種類のOD旅行時間データ(分)の算定例(都市部)

	経路旅行時間		ケース	経路選択率		OD旅行時間 $t^{OD}$
	主経路	代替路		$p_1$	$p_2$	
	$t_1$	$t_2$				
6月12日	65.7	61.1	→ 経験	0.63	0.37	64.0
			通常感度	0.39	0.61	62.9
			高感度	0.00	1.00	61.1
6月17日	58.9	65.8	→ 経験	0.63	0.37	61.4
			通常感度	0.66	0.34	61.2
			高感度	1.00	0.00	58.9
⋮	⋮	⋮	→	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	→	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	→	⋮	⋮	⋮

ケース通常感度では経路旅行時間( $t_1, t_2$ )に対して通常の感度(式1の $\nu=6$ )で経路を選択する。ケース高感度では旅行時間に対する感度が高く(式1の $\nu=\infty$ )、全てのドライバーは旅行時間の小さい経路を選択する。これに対しケース経験では、日々変化する経路旅行時間( $t_1, t_2$ )にかかわらず、一定の $p_1$ 及び $p_2$ を用い



てOD旅行時間データを算定する。これは次の状況を想定するものである：「ドライバーは当日の経路旅行時間を事前に提供されたとしても、これまでの経験に基づき日々同一の経路を選択する」。なおケース経験の $p_1$ 及び $p_2$ の値は、式1の経路の旅行時間( $t_1, t_2$ )に各経路の年平均旅行時間(都市部： $t_1^{average}=67.1, t_2^{average}=73.3$ , 地方部： $t_1^{average}=50.9, t_2^{average}=55.1$ )を用いて算定する。結果は次のとおりで、都市部、地方部ともに主経路と代替路の重み付けは概ね6:4となる。

都市部： $p_1=0.63, p_2=0.37$

地方部： $p_1=0.62, p_2=0.38$

## (2) 算定結果

以上の方法により算定したOD旅行時間データの分布を累積確率の形で図-7に示す。図では、比較のため主経路及び代替路の旅行時間データも示す。

## 5. OD間の旅行時間変動を表す指標

OD間の旅行時間変動を表す指標として、第4章で算定したOD旅行時間データ(ケース経験, ケース通常感度, ケース高感度)の旅行時間の平均値を図-8に、標準偏差を図-9に示す。比較のため、第3章で算定した経路旅行時間データ(主経路及び代替路)も同図に示す。

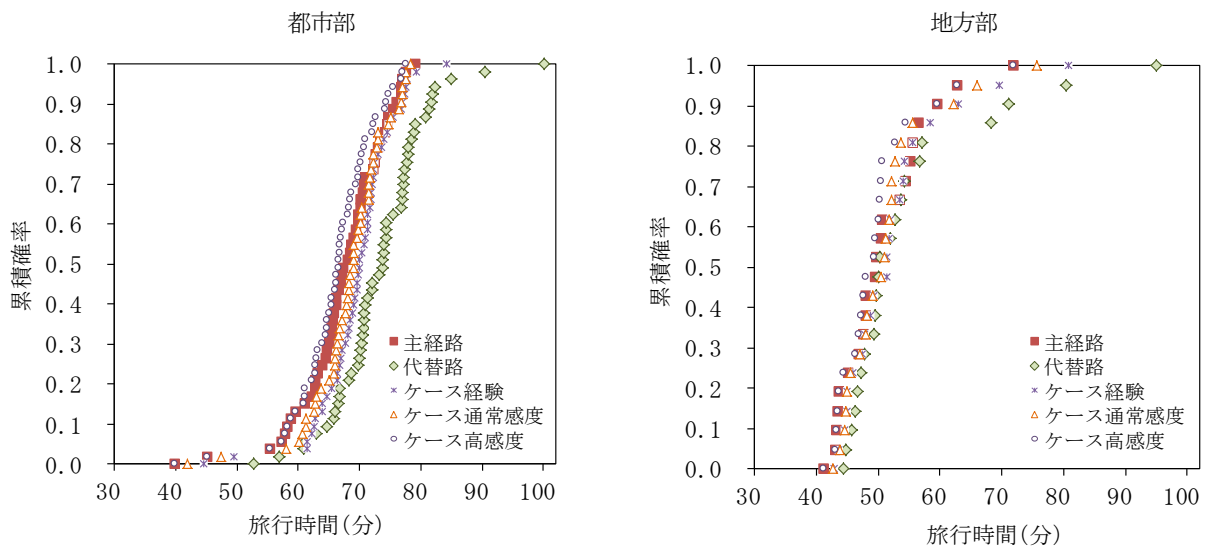


図-7 旅行時間分布

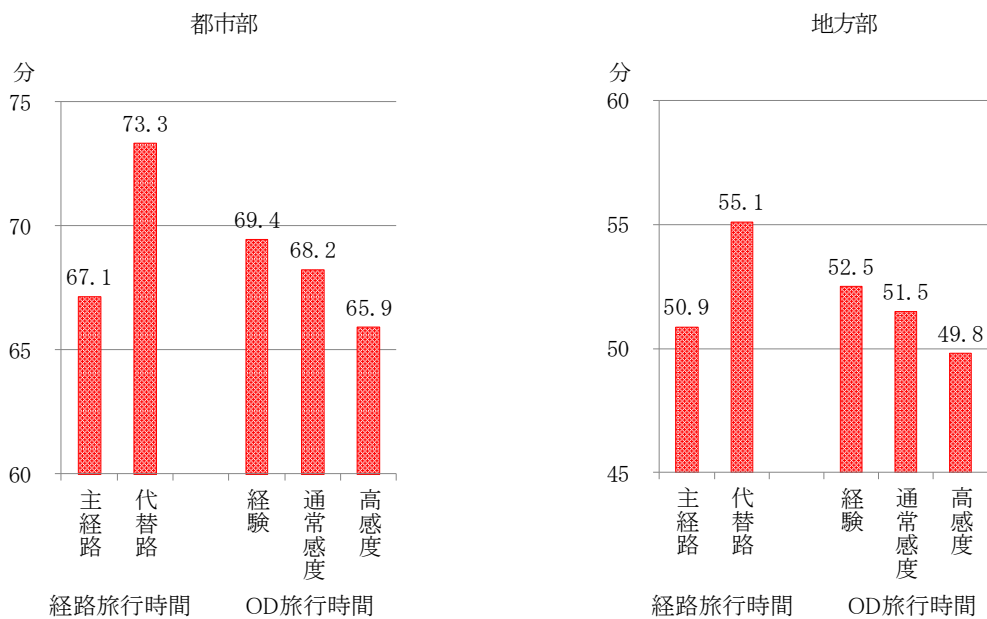


図-8 旅行時間の平均値

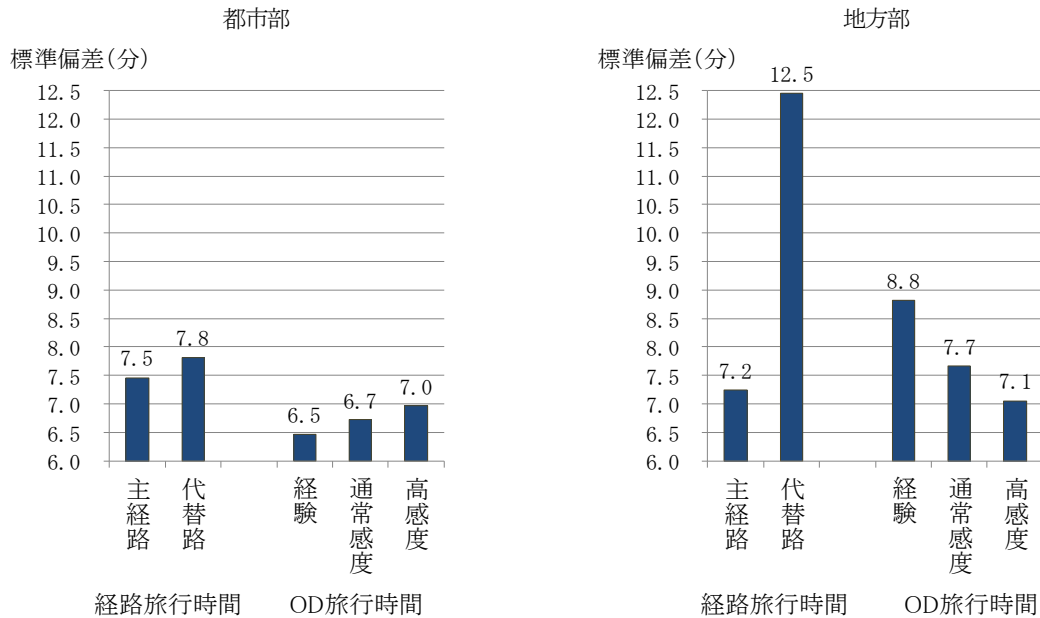


図-9 旅行時間の標準偏差

ここでもう一度各ケースの指標が意味するものを整理する。都市部における「OD 旅行時間（ケース経験）」の標準偏差は、毎日 63 人のドライバーが主経路を、37 人のドライバーが代替路を走行する際の「100 人の旅行時間の平均値」の日変動を意味する（第 4 章参照）。

「OD 旅行時間（ケース通常感度）」の標準偏差は、主経路か代替路のうち当日の旅行時間の小さい経路を多くのドライバー（例えば 100 人中 70 人、2 経路の旅行時間の差が大きい場合は 75 人、80 人等変化）が走行し、残りのドライバーは旅行時間の大きい経路を走行する際の「100 人の旅行時間の平均値」の日変動を意味する。

「OD 旅行時間（ケース高感度）」の標準偏差は、主経路か代替路のうち当日の旅行時間の小さい経路のみを走行する際の旅行時間の日変動を意味する。なお、ここでは次の状況を想定している：「当日の旅行時間の大小とは無関係に道路ネットワーク上（主経路及び代替路）には多数のドライバーが存在している。このため、ケース通常感度及びケース高感度においてより多くのドライバーが旅行時間の小さい経路を走行するようになっても、各経路における当日の旅行時間は変化しない。」

#### (1) 経路旅行時間と OD 旅行時間（ケース経験）の比較

今回算定した OD 旅行時間（ケース経験）の平均値及び標準偏差が、経路旅行時間（主経路及び代替路）に対してどのような値になるか分析を行う。まず、図-8 左に示す都市部における旅行時間の平均値を比較する。OD 旅行時間（ケース経験）の値（69.4 分）は、主経路（67.1 分）と代替路（73.3 分）の値を 63 : 37 で加重平均した値となる。これは、個々の OD 旅行時間（ケース経験）データが個々の主経路と代替路の旅行時間データを

63 : 37 で加重平均して算定しているためである（第 4 章参照）。地方部も同様に、OD 旅行時間（ケース経験）の値（52.5 分）は、主経路の値（50.9 分）と代替路の値（55.1 分）を 62 : 38 で加重平均した値となる（図-8 右）。

次に図-9 に示す標準偏差を比較する。都市部では、OD 旅行時間（ケース経験）の値（6.5 分）は経路旅行時間の値（主経路 7.5 分、代替路 7.8 分）より小さい（図-9 左）。これは、主経路のみ、または代替路のみを走行する際の旅行時間変動より、主経路と代替路を日々一定割合（63 : 37）で分散して走行する際の旅行時間変動の方が小さくなるを示している。一方、地方部では都市部と異なり、OD 旅行時間（ケース経験）の標準偏差（8.8 分）は、代替路の値（12.5 分）より小さいものの、主経路の値（7.2 分）より大きい（図-9 右）。

これは、主経路と代替路の旅行時間の相関が都市部と地方部で異なっていることが一因であると考えられる。旅行時間データの分布を示してこれを説明する。図-10 は、まず図-5 と同様に主経路の旅行時間データ（■）を小さいものから順に並べ、それぞれのデータの隣（同じ y 座標上）に、同じ日に取得された代替路の旅行時間データ（◇）をプロットしたものである（図-5 は、データ取得日に関係なく主経路、代替路それぞれの旅行時間を小さい順に並べたもの）。さらに、同一日の主経路と代替路の旅行時間から算定される OD 旅行時間（ケース経験）（×）も同じ y 座標上にプロットしている。

まず、都市部において OD 旅行時間（ケース経験）の標準偏差（6.5 分）が主経路の標準偏差（7.5 分）より小さくなる要因を示す。第 3 章で示したとおり、都市部では主経路と代替路の旅行時間の相関が小さい（0.42）。

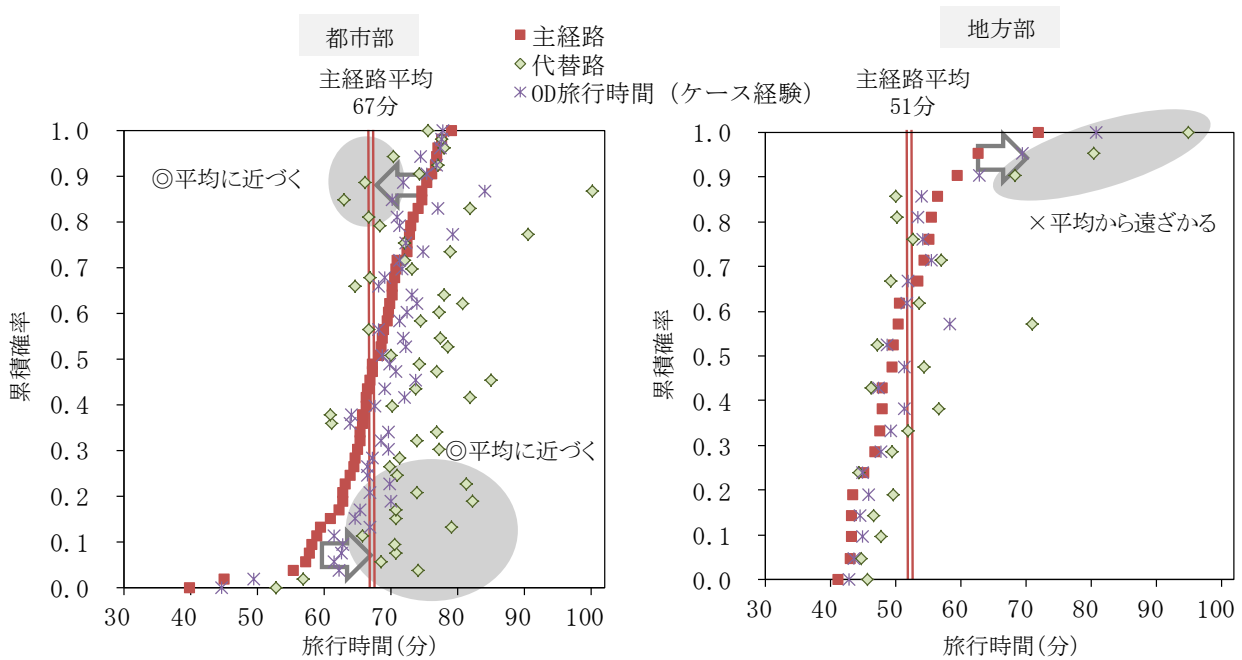


図-10 旅行時間データ分布 (同一日の取得データ, 主経路の値でソート)

このため、図-10 左に示すとおり、主経路の旅行時間の大きい日 (累積確率 0.8~1.0 等) においては、代替路の旅行時間は主経路の値を概ね下回る。また、主経路の旅行時間の小さい日 (累積確率 0.0~0.3 等) においては、代替路の旅行時間は主経路の値を大きく上回る。つまり、主経路と代替路において大きい旅行時間と小さい旅行時間が出現する日にばらつきがある。OD 旅行時間 (ケース経験) の旅行時間 (×) は、主経路 (■) と代替路 (◇) の間で、63 対 37 で主経路に近い値として算定される。このため、OD 旅行時間 (ケース経験) の旅行時間は主経路の値と比べ主経路の旅行時間の平均値 (67 分) に近い値となり、OD 旅行時間 (ケース経験) のプロット (×) は x 軸に垂直に近い形となる (図-10 左)。この結果、OD 旅行時間 (ケース経験) の標準偏差は主経路の旅行時間の標準偏差より小さくなったと推測する (図-9 左)。

次に、地方部において OD 旅行時間 (ケース経験) の標準偏差 (8.8 分) が主経路の標準偏差 (7.2 分) より大きくなる要因を示す。地方部では主経路と代替路の旅行時間の相関が大きく (0.83)、積雪の影響で主経路の旅行時間が特に大きい日 (累積確率 0.9~1.0 等) には、代替路の旅行時間も同様に大きくなる (図-10 右)。ここでは代替路の値は主経路の値を上回り、OD 旅行時間 (ケース経験) のプロット (×) は、主経路のプロット (■) に比べて主経路の旅行時間の平均値 (51 分) から遠ざかる。また、上記以外の日 (累積確率 0.0~0.9 等) においては、主経路と代替路の旅行時間の差は小さい。

この結果、OD 旅行時間 (ケース経験) の標準偏差 (8.8 分) は主経路の旅行時間の標準偏差 (7.2 分) より大きくなったと推測する (図-9 右)。

これらから次の知見が得られた。経路間の旅行時間の相関が小さい場合、つまり各経路において大きい旅行時間と小さい旅行時間が出現する日にばらつきがある場合、OD 旅行時間の変動は個々の経路旅行時間の変動より小さくなる傾向がある。

## (2) ケース経験とケース通常感度、ケース高感度の比較

経路選択する際の当日の旅行時間に対する感度 (式-1 の経路選択率  $p_i$  の算定式における  $\nu$ ) によって、OD 旅行時間の平均値及び標準偏差がどのように変化するかについて分析する。なお、ここでは経路旅行時間 (主経路及び代替路) との比較でなく、3 種類の OD 旅行時間 (ケース経験、ケース通常感度及びケース高感度) 相互の比較を行う。

図-8 に示す平均値は都市部・地方部ともに、ケース経験、ケース通常感度、ケース高感度の順に小さくなる。これは、旅行時間に対する感度が高い状況、つまり旅行時間の小さい経路を選択するドライバーの割合が大きい状況を想定して OD 旅行時間を算定すると旅行時間が小さくなることを示す。特に、ケース高感度 (日々旅行時間の小さい経路のみを走行) の値は、主経路の値を下回る。これは想定していた結果に合致する。

図-9 に示す旅行時間の標準偏差を比較する。地方部では、上記の平均値と同様にケース経験、ケース通常感



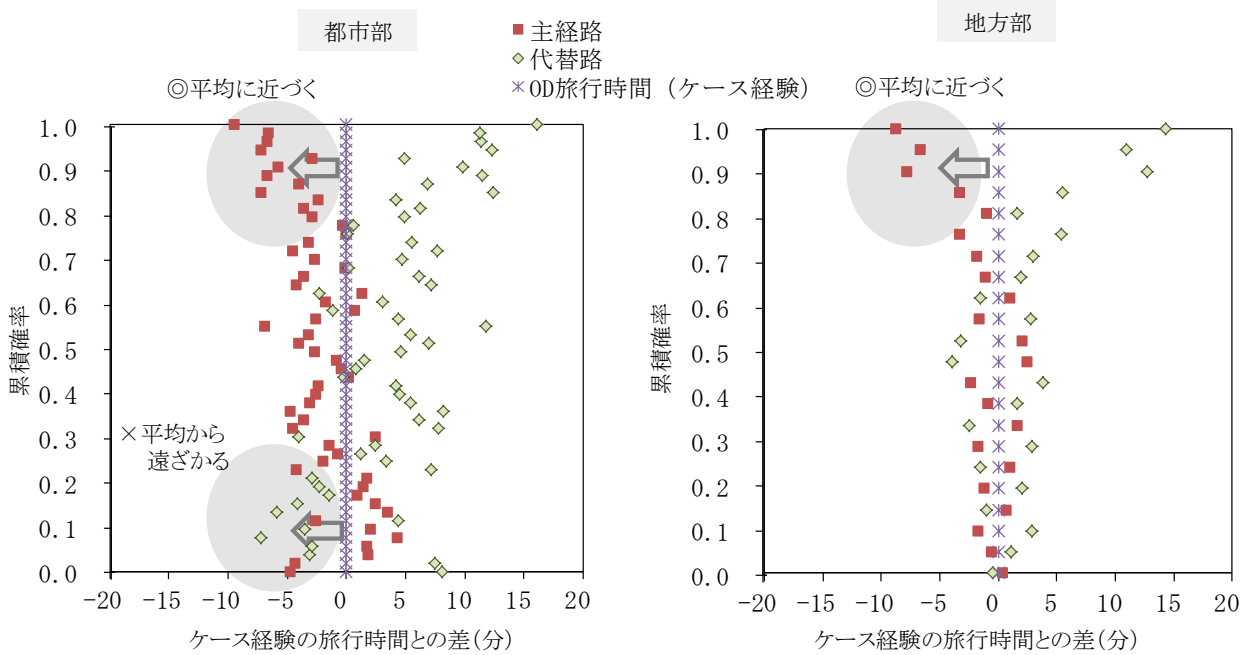


図-11 ケース経験の旅行時間との差 (同一日の取得データ, ケース経験の値でソート)

度, ケース高感度の順に値は小さくなる (図-9 右). ところが都市部ではこれと逆で, ケース経験, ケース通常感度, ケース高感度の順に標準偏差は大きくなる (図-9 左). これは, 旅行時間の小さい経路を選択するドライバーの割合が大きくなると旅行時間の変動が大きくなることを示しており, 想定していた結果と異なる.

これは, 主経路と代替路の旅行時間の分布が都市部と地方部で異なるためであると考えられる. 図-11 を用いてこれを説明する. 図-11 は図-10 のプロットをケース経験の旅行時間の小さい順に並べた変え, さらに「ケース経験の旅行時間との差」の形で表示したものである. 例えば, 都市部で累積確率 1.0 にあるプロットは, ケース経験の旅行時間が最大となった日のデータで, この日, 代替路の旅行時間はケース経験の値より 16 分大きく, 主経路の値はケース経験の値より 9 分小さいことを表す.

ケース高感度 (日々旅行時間の小さい経路のみを走行) の日々の旅行時間は, 主経路と代替路の旅行時間の小さい方の値となる (第 4 章参照). つまり図-11 に示すとおり, ケース高感度の値はケース経験のプロット (×) を主経路のプロット (■) または代替路のプロット (◇) の位置まで左にシフトさせたものとなる. 図中「◎」で示すシフトは, ケース高感度における旅行時間の標準偏差を小さくする方向に働く. なぜなら, 大きな旅行時間 (累積確率が大きい範囲の値) が小さくなり平均に近づくからである. これに対し図中「×」で示すシフトはケース高感度における旅行時間の標準偏差を大きくする方向に働く. なぜなら, 旅行時間の小さな値 (累積確率が小

さい範囲の値) がより小さくなり平均から遠ざかるからである.

以上を踏まえて, 旅行時間の分布を地方部と都市部と比較する. 地方部においては, 累積確率の大きい範囲 (0.9~1.0 等) では主経路と代替路の旅行時間の差が大きく, これ以外の範囲では差が小さい (図-11 右). このため, 「◎」の標準偏差を小さくするシフトが支配的になる. この結果, 旅行時間の標準偏差は, ケース経験, ケース通常感度, ケース高感度の順に小さくなる (図-9 右). 一方, 都市部では累積確率 0.0~1.0 全体に渡り主経路と代替路の旅行時間に差が見られる. ここでは, 「×」の標準偏差を大きくするシフトが「◎」の標準偏差を小さくするシフトを上回り, 地方部とは逆の結果, つまりケース経験, ケース通常感度, ケース高感度の順に標準偏差が大きくなったと推測する (図-9 左).

以上から次の知見が得られた. 一定割合で各経路を走行することを想定した状況 (ケース経験) に比べ, 当日の旅行時間情報に従いドライバーが旅行時間の小さい経路を走行することを想定した状況 (ケース高感度) では, 旅行時間の平均値は小さくなるものの, 標準偏差は必ずしも小さくならない. これは, 都市部のように慢性的に混雑していて旅行時間の大きいところで安定していた状態から, 旅行時間の小さい経路を選択できるようになることによって旅行時間の変動が大きくなったと推測する. ただし, 地方部のように旅行時間の大きい範囲 (累積確率の大きい範囲) においてのみ経路間の旅行時間の差が大きい場合は, 平均値とともに標準偏差も小さくなる傾

向がある。これは次を示唆している：「情報提供によって旅行時間の小さい経路へドライバーを誘導することにより、平均的な旅行時間を小さくすることはできるものの、旅行時間の変動まで小さくできるとは限らない。ただし、地方部のように大きな旅行時間の観測日においてのみ経路間の旅行時間の差が大きくなるような場合は、情報提供により旅行時間の変動についても小さくすることができる。」

## 6. おわりに

プローブカーデータを基に算定した日々の区間旅行時間データから OD 間の適切な経路集合を生成し、それらの経路で構成される OD 間の旅行時間変動を表す指標の算定方法を示した。もちろん「OD 間の旅行時間」の概念や、何を持って OD 間の旅行時間の「変動」を表すかについて共通した考え方がなく、今後の検討が待たれるところである。このため、本研究で示した指標の算定方法はある一定の考え方に基づく一案であり、これを持って今後 OD 間の旅行時間変動を評価しようとするものではない。今回、OD 間の旅行時間変動指標を算定する過程で次の知見が得られた：「経路間の旅行時間の相関が小さい場合、つまり各経路において大きい旅行時間と小さい旅行時間が出現する日にばらつきがある場合、これらの経路で構成される OD 間の旅行時間変動は個々の経路の旅行時間変動より小さくなる傾向がある。」

また、ドライバーが事前提供された当日の旅行時間情報に従って経路を選択する状況を複数想定し、OD 間の旅行時間変動を表す指標の変化について分析を行った。この結果次の知見が得られた：「道路ネットワーク上の各経路を一定割合で走行することを想定した状況（ケース経験）に比べ、当日の旅行時間情報に従いドライバーが旅行時間の小さい経路を走行することを想定した状況（ケース高感度）では、旅行時間の平均は小さくなるものの、変動は必ずしも小さくならない。ただし、旅行時間の大きい範囲（累積確率の大きい範囲）においてのみ経路間の旅行時間の差が大きい場合は、旅行時間の変動についても小さくなる傾向がある。」

### [補注 1]

プロットの集まりから大きく左に外れて見られる旅行時間 40 分のプロットは、12 月 29 日の観測データである。これは、年末の非混雑時の自由走行状態に近い状況下のデータである。そのすぐ右にある旅行時間 45 分のプロットは 10 月 8 日の観測データで、この日の朝 8 時に台風が本州に上陸していた。このため、7時から9時までの交通状態が通常と異なり旅行時間が小さくなっていったと考える。

### [補注 2]

積雪日の積雪深は 24~37cm。また、積雪日における旅行時間データを除いて相関を算定すると 0.40 となり、都市部における相関(0.42)を下回る。なお、英国等における旅行時間変動の算定では、積雪日等の大幅な遅延が予測される日を対象外とする考え方もあるが、本研究では積雪日も含めて指標の算定を行っている。

## 参考文献

- 1) 野間真俊, 奥谷正, 橋本浩良: 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, 土木計画学研究発表会・講演集 Vol.37, No.122, 2008.
- 2) 吉岡信也, 上坂克巳, 橋本浩良, 中村俊之: 都市高速道路と一般道路における所要時間指標の比較分析, 交通工学, 第 45 号 2 巻, pp.16-pp.21, 2010.
- 3) 足立智之, 松下剛, 藤川謙: 新名神高速道路供用に伴う所要時間信頼性向上の実証分析, 交通工学, 第 45 号 2 巻, pp.36-pp.42, 2010.
- 4) 宗像恵子, 割田博: 首都高速道路における時間信頼性を考慮した情報提供, 交通工学, 第 45 号 2 巻, pp.22-pp.27, 2010.
- 5) 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, No.124, 2010.
- 6) 岩里泰幸, 石橋照久, 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会・講演集 Vol.39, No.322, 2009.
- 7) 兵藤哲朗: Technical Report 大型貨物車走行経路のモデル分析, [http://www2.kaiyodai.ac.jp/~hyodo/truck\\_route\\_models.pdf](http://www2.kaiyodai.ac.jp/~hyodo/truck_route_models.pdf).
- 8) Nobuhiro Uno et al. : A STUDY OF EVALUATING LEVEL OF SERVICE OF ROAD NETWORK BASED ON CONCEPT OF TRAVEL TIME RELIABILITY USING BUS PROBE DATA, *International Symposium on Transportation Network Reliability*,
- 9) 眞浦靖久, 朝倉康夫, 羽藤英二, 宗貞孝太郎: 選択肢集合生成アルゴリズムの提案と松山市道路網での検証, 土木計画学研究・講演集 No22(2), 1999.
- 10) 中西雅一, 森貴洋, 羽藤英二: プローブパーソンデータを用いた行動空間を限定した経路選択モデル, 土木計画学研究発表会・講演集 Vol.31, No201, 2005.
- 11) 佐々木綱, 飯田恭敬: 交通工学, pp.80, 国民科学社, 1992.

## ESTIMATION OF TRAVEL TIME VARIABILITY INDEX FROM PROBE CAR DATA FOR OD COMPOSED OF MULTIPLE ROUTES

Hiroataka SEKIYA, Katsumi UESAKA, Toshiyuki MONMA,  
Hiroyoshi HASHIMOTO, Masakazu NAKANISHI