

# 旅行時間変動に影響を与える要因の特定及び 旅行時間信頼性指標算定式の推計

諸田 恵士<sup>1</sup>・関谷 浩孝<sup>1</sup>・上坂 克巳<sup>1</sup>

<sup>1</sup>非会員 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: morota-k92ta@nilim.go.jp

<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>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: uesaka-k92d8@nilim.go.jp

本研究は、旅行時間データが十分ではなく標準偏差の算定が難しい区間において、旅行時間の標準偏差を推定する式を作成することを目的とした。まず、プローブデータを用いて重回帰分析を行い、標準偏差に影響を与える要因を特定した。重回帰分析にあたっては、目的変数である標準偏差を単位kmあたりで示したり、説明要因の組み合わせを変えるなど、複数のケースについて分析した。次に特定した要因をもとに、パラメータ推計を行い、標準偏差の推定式を作成した。さらに、これらの推定式について、現況再現性検証を行い、推定精度の確認を行った。

**Key Words :** *reliability, travel time, standard deviation, probe data, road traffic*

## 1. はじめに

道路管理者にとっては、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重要な責務となっている。首都高速道路株式会社<sup>1)</sup>や阪神高速道路株式会社<sup>2)</sup>では、HPにおいて任意の2地点間の所要時間の定時性の情報を提供している。一方、一般道路では任意の2地点間の時間信頼性指標を算定するための十分なデータがなく、同様の情報提供がなされてこなかった。しかし、情報通信技術の進展、カーナビゲーションの普及により、以前に比べ容易にプローブカーデータが入手できるようになり、道路ネットワークにおける旅行時間の変動を捉えることが可能となった。

筆者らは、プローブデータを用いて、一般道路における任意の2地点間の日々の時間信頼性指標を算定するための実用的な方法について検討を行っている。任意の2地点間の時間信頼性指標を算定するためには、対象とする路線において全ての区間、時間帯において、旅行時間データを取得できていることが望ましい。しかし、実際にはプローブカーデータは、走行車両がない場合や欠測

等により、データを取得できない区間、時間帯が存在する。本稿では旅行時間の変動を算定する上で、データが十分でない区間に対し、時間信頼性指標が推定する実用的な方法を検討した結果を報告する。

## 2. 任意区間での指標算出の考え方

本章では、プローブデータを用いた一般幹線道路上の任意の2地点間の時間信頼性指標について、主に豊富な旅行時間データを用いた算定方法及びデータ制約がある場合の算定方法の考え方を示し、本研究の位置づけを述べる。

### (1) 時間信頼性指標の考え方

本研究では、算定する時間信頼性指標について、わかりやすい指標であること、一般的な指標であること、算定しやすいことといった観点から検討した。標準偏差はデータのばらつきを示す基本的な統計量であり、%タイム値や変動係数に変換が容易である。したがって、本研究では、時間信頼性指標として旅行時間の標準偏差を採用する。

(2) 豊富な旅行時間データを用いた算定方法

豊富なデータが確保できている場合、任意の2地点間の旅行時間信頼指標は、次の方法により算定することが望ましい。

- ① デジタル道路地図 (DRM) 区間<sup>3)4)5)</sup>単位で整理されるプローブ旅行時間データから、交通調査基本区間<sup>6)7)</sup>単位の旅行時間データを算定 (補注参照)。
- ② ①の旅行時間データを交通調査基本区間単位、15分時間帯で整理し、図-1に示す旅行時間データ表を作成。
- ③ ②の旅行時間データ表から、対象時間帯 (例えば8:00-8:15等) における任意の2地点間 (例えば国道16号交差点-国道354号交差点間) の日々の旅行時間データをタイムスライスで作成 (図-1の青線)。
- ④ ③の旅行時間データを対象期間 (例えば1ヶ月間、3ヶ月間、1年間等) で集計し、90%タイム旅行時間やBTI等の旅行時間信頼性指標を算定。



○ プローブ旅行時間データあり

交通調査基本区間	16号 356号 294号 6号BP 408号 354号 交差点						
	1	2	3	4	5	6	7
4月2日	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
4月3日	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
4月4日	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
4月4日	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
5時台	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
6時台	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
7時台	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
8時台	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00

図-1 国道6号及び旅行時間データ表

ところが、現状では図-1の旅行時間データ表を作成できるほどデータは取得できていない。図-2に実際のデータ取得状況を示す (国道6号下り、平成23年10月3日)。

	16号 356号 294号 6号BP 408号 354号						
	1	2	3	4	5	6	7
5時台	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
6時台	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
7時台	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
8時台	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
9時台	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
10時台	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
11時台	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
12時台	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
13時台	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
14時台	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
15時台	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
16時台	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
17時台	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
18時台	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
19時台	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
20時台	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00

国道6号下り 平成23年10月3日 (月)


図-2 データ取得状況 (15分帯)

○ 旅行時間データあり  
× なし

区間	16号 356号 294号 6号BP 408号 354号 交差点						
	1	2	3	4	5	6	7
5時台	○	○	○	○	○	○	○
6時台	×	×	×	×	○	○	○
7時台	×	×	×	×	×	×	○
8時台	○	○	○	○	○	○	○
9時台	○	○	○	○	○	○	○
10時台	○	○	○	○	○	○	○
11時台	○	○	○	○	○	○	○
12時台	○	○	○	○	○	○	○
13時台	×	×	○	○	○	○	○
14時台	×	×	×	×	×	×	○
15時台	○	○	○	○	○	○	○
16時台	○	○	○	○	○	○	○
17時台	○	○	○	○	○	○	○
18時台	×	×	×	○	○	○	○
19時台	○	○	○	○	○	○	○
20時台	×	×	×	×	×	×	×

国道6号下り 平成23年10月3日 (月)

図-3 データ取得状況 (1時間帯)

図の“”は、各交通調査基本区間において「15分帯」に1台以上の旅行時間データが観測されたことを表す。これを「1時間帯」に集約すると図-3のとおりとなる。1時間帯で見ても、データ取得できていない区間・時間帯が多数あることがわかる。

**(3) 旅行時間データの制約がある場合の算定方法**

このため、十分な量の旅行時間データを確保することができない場合において、任意の2地点間の旅行時間信頼性指標を算定する方法が考えられる。さらにこの方法は、次のa)及びb)の2通りの方法が考えられる。

**a) 欠測データを推計して旅行時間データ表を作成する方法**

- ・ 図-2の空欄、つまりデータを取得できなかったセル（交通調査基本区間単位、15分帯）について、前後の時間帯や隣接する交通調査基本区間から旅行時間を推計し、図-1の旅行時間データ表を作成。
- ・ これを用いて、前節 (1) で示した「豊富な旅行時間データを用いた算定」により、任意の2地点間の旅行時間信頼性指標を算定。

**b) 交通調査基本区間単位の標準偏差を統合する方法**

- ・ 図-4に示すように、対象時間帯（例えば7時台等）について、日々の旅行時間データを作成。
- ・ 交通調査基本区間単位で、集計期間（例えば1年等）における旅行時間の平均及び標準偏差を算定。
- ・ 上記の平均及び標準偏差を統合し、任意の2地点間（例えば、16号交差点-294号交差点間）の平均及び標準偏差を算定。

b)においては、交通調査基本区間単位の旅行時間の標準偏差を算定する際、旅行時間データが十分でない場合に、標準偏差を推定する必要がある。そこで、本研究は、

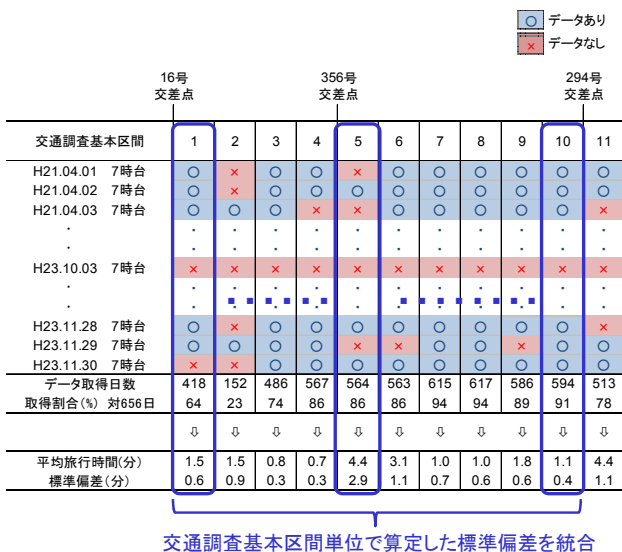


図-4 算定イメージ

標準偏差を推定する式を作成することを目的に検討を行った。3章では標準偏差に影響を与える要因について、重回帰分析により要因分析を行った。4章では、3章の分析結果を踏まえ、曜日のタイプ別に、特定の要因があるか更なる分析を行った。さらに、5章では、3章及び4章での結果を踏まえ、要因を抽出し、これらを説明変数とし、パラメータ推計を行い、推定式を作成した。6章では、5章で作成した算定式の現況再現性の確認を行った。

**3. 時間信頼性に影響を与える要因の分析**

**(1) 時間信頼性に影響を与える要因候補の抽出**

時間信頼性に影響を与える要因の候補を抽出するにあたり、類似事例として英国<sup>8)</sup>で用いられている変動係数の推定式及びオランダ<sup>9)</sup>で用いられている標準偏差の推定式の説明変数を表-1のとおり整理した。

表-1 海外事例に基づく説明変数の整理

海外事例	説明変数
英国 変動係数の推定式	・ 渋滞指数(時間帯別旅行時間/自由流旅行時間) ・ OD間距離
オランダ 標準偏差の推定式	・ 平均遅れ時間(平均旅行時間-自由流旅行時間) (混雑状況に応じて3区分で設定) ・ 平均旅行速度 ・ 区間長 ・ 車線数 ・ 自由流速度 ・ 臨界速度

表-1のに加え、我が国において、Q-V式の設定<sup>10)</sup>及びBPR関数のパラメータ設定<sup>11)</sup>に関する既往研究で用いられた説明変数を考慮し、分析対象とする要因候補を表-2のとおり整理した。

表-2 候補となる要因の整理

道路要因	DID地区 有無 車線数 バス路線延長比率 バス専用・優先レーン 有無 信号交差点 規制速度
交通要因	渋滞指数(平均旅行時間/自由流旅行時間) 平均遅れ時間(平均旅行時間-自由流旅行時間) 平均旅行速度 自由流速度 臨界速度 区間長

ここで自由流旅行時間は、日別・時間帯別に算定した平均旅行時間を照準に並べた10%タイル旅行時間とした。臨界速度は、算定が難しいことから自由流速度の1/2と仮定した。

**(2) 標準偏差及び要因候補相互間の相関係数**

次に、標準偏差と各要因候補及び各要因候補間の相関係数を分析した。ここで、用いた旅行時間データは、関

表-3 標準偏差及び候補要因間の相関係数

	標準偏差 〔秒〕	DID地区 有無	レーン数	バス路線 延長比率	バスレーン 有無	信号 交差点数	規制速度	渋滞指数	平均遅れ 時間 〔秒〕	平均 旅行速度 〔km/h〕	自由流 速度 〔km/h〕	臨界 速度 〔km/h〕	区間長 〔m〕
標準偏差〔秒〕	1.000												
DID地区有無	0.029	1.000											
レーン数	-0.079	0.379	1.000										
バス路線延長比率	0.080	0.211	0.142	1.000									
バスレーン有無	0.013	0.236	0.356	0.305	1.000								
信号交差点数	0.442	0.169	0.044	0.228	0.151	1.000							
規制速度	-0.074	0.021	0.425	-0.250	-0.080	-0.115	1.000						
渋滞指数	0.174	0.218	0.183	0.102	0.093	-0.191	0.017	1.000					
平均遅れ時間〔秒〕	0.745	0.115	-0.008	0.113	0.052	0.489	-0.050	0.363	1.000				
平均旅行速度〔km/h〕	-0.310	-0.394	-0.117	-0.326	-0.205	-0.177	0.212	-0.671	-0.476	1.000			
自由流速度〔km/h〕	-0.253	-0.365	-0.008	-0.383	-0.218	-0.446	0.352	-0.138	-0.343	0.750	1.000		
臨界速度〔km/h〕	-0.253	-0.365	-0.008	-0.383	-0.218	-0.446	0.352	-0.138	-0.343	0.750	1.000	1.000	
区間長〔m〕	0.491	-0.197	-0.181	-0.044	-0.085	0.649	0.001	-0.326	0.438	0.206	-0.039	-0.039	1.000

表-4 標準偏差（単位 kmあたり）及び要因候補間の相関係数

	標準偏差 〔秒/km〕	DID地区 有無	レーン数	バス路線 延長比率	バスレーン 有無	信号交差点 〔箇所/km〕	規制速度	渋滞指数	平均遅れ 時間 〔秒/km〕	平均 旅行速度 〔km/h〕	自由流 速度 〔km/h〕	臨界 速度 〔km/h〕
標準偏差〔秒/km〕	1.000											
DID地区有無	0.241	1.000										
レーン数	0.147	0.379	1.000									
バス路線延長比率	0.177	0.211	0.142	1.000								
バスレーン有無	0.132	0.236	0.356	0.305	1.000							
信号交差点〔箇所/km〕	0.346	0.419	0.275	0.371	0.297	1.000						
規制速度	-0.079	0.021	0.425	-0.250	-0.080	-0.187	1.000					
渋滞指数	0.795	0.218	0.183	0.102	0.093	0.259	0.017	1.000				
平均遅れ時間〔秒/km〕	0.801	0.271	0.182	0.180	0.146	0.368	-0.069	0.936	1.000			
平均旅行速度〔km/h〕	-0.648	-0.394	-0.117	-0.326	-0.205	-0.509	0.212	-0.671	-0.738	1.000		
自由流速度〔km/h〕	-0.257	-0.365	-0.008	-0.383	-0.218	-0.515	0.352	-0.138	-0.351	0.750	1.000	
臨界速度〔km/h〕	-0.257	-0.365	-0.008	-0.383	-0.218	-0.515	0.352	-0.138	-0.351	0.750	1.000	1.000

東地方における一般道路の指定区間の交通調査基本区間単位のプローブデータであり、平成21年4月~平成23年11月の全ての曜日を対象とした。一方、要因候補に関するデータは、平成22年度道路交通センサスを用いた。

表-3は、標準偏差と表-2の要因候補との相関係数及び要因候補同士の相関分析を行った結果である。標準偏差と平均遅れ時間の相関係数は0.745と高く、次に区間長とは0.491、信号交差点数とは0.442が高い。要因候補の相互間の相関係数では、平均旅行時間と自由流速度・臨界速度で0.750、渋滞指数と平均旅行速度で-0.671と相関が強い傾向にある。

また、表-4は単位距離当たりの標準偏差に正規化し、同様の相関分析を行った結果である。ここでは、標準偏差と平均遅れ時間の相関係数は0.801と高く、続いて渋滞指数とは0.795、平均旅行時間とは-0.648と高い。要因候補の相互間の相関係数では、渋滞指数と平均遅れ時間では0.936と相関係数は特に大きい。

(3) 重回帰分析による要因の選定

表-2に示す要因候補から推定式で用いる説明変数を抽出するため、(2)と同じデータセットを用いて、重回帰分析を行った。

まず、前述のとおり、渋滞指数と平均遅れ時間はともに標準偏差と強い相関を示しているものの、渋滞指数と平均遅れ時間の間でも特に強い相関を示している。これらは、これらは、それぞれ平均旅行時間と自由旅行時間との差分や比率で定義され類似しており、両方を同時に説明変数に組み込むことは望ましくないと考えられる。

したがって、説明変数に渋滞指数と平均遅れ時間のどちらか一方を必ず採用することとし、加えて、単位距離

当たりの正規化の有無の違いを考慮して、表-5に示す通り、合計4ケースを設定することとした。

表-5 重回帰分析の設定ケース

	目的変数	説明変数
ケース 1	標準偏差（秒）	渋滞指数を含める
ケース 2	標準偏差（秒）	平均遅れ時間を含める
ケース 3	標準偏差（秒/km）	渋滞指数を含める
ケース 4	標準偏差（秒/km）	平均遅れ時間を含める

次に、ケース毎にステップワイズ法（説明変数の候補から予測に有用な順に説明変数を採用する方法）を用いて重回帰分析を実施した。その際に、論理的な符号条件が一致すること（前述の標準偏差と要因候補との相関係数の符号と一致すること）、多重共線性が生じていないこと、t値が5%有意水準で優位であることを条件に、最も決定係数が高い重回帰分析結果を有効な結果として選定した（表-6）。

表-6 ステップワイズ法による選定基準

	選定基準
1	主たる説明変数に応じて4ケースを設定する (渋滞指数、平均遅れ時間のいずれか一方を必ず説明変数として採用し、加えて、単位距離当たりの正規化の有無の違いを考慮した合計4ケースを設定)
2	ステップワイズ法を適用して説明変数を採用 (ステップワイズ法：予測に有用な順に説明変数を採用する手法)
3	ステップワイズ法で得られた複数の重回帰分析結果から、以下の条件を満たし、かつ決定係数が高い分析結果を最終結果として選定 ・論理的な符号条件が一致 ・多重共線性が生じていない ・t値が5%有意水準で有意

表-7に例として、ケース1についてステップワイズ法により重回帰分析を行った結果を示す。他のケースにつ

いても同様に分析した結果、各ケースで、表-8に示す説明変数が時間信頼性指標に影響を与える要因として抽出された。

表-7 重回帰分析の例（ケース1 目的変数：標準偏差（秒），説明変数：渋滞指数含む）

モデル	R	R2	調整済みR2	推定値の標準誤差
1	0.491	0.241	0.241	36.78401
2	0.647	0.418	0.418	32.21830
3	0.655	0.429	0.429	31.91984
4	0.656	0.430	0.430	31.88461
5	0.657	0.431	0.431	31.85474
6	0.657	0.431	0.431	31.84803

モデル		非標準化係数		t	有意確率	共線性の統計量	
		B	標準誤差			許容度	VIF
1	(定数)	20.960	0.233	89.791	0.000		
	区間長[m]	0.022	0.000	136.073	0.000	1.000	1.000
2	(定数)	63.245	0.378	167.245	0.000		
	区間長[m]	0.026	0.000	179.387	0.000	0.958	1.044
	平均旅行速度[km/h]	-1.253	0.009	-132.921	0.000	0.958	1.044
3	(定数)	36.232	0.898	40.333	0.000		
	区間長[m]	0.027	0.000	183.457	0.000	0.893	1.119
	平均旅行速度[km/h]	-0.986	0.012	-79.968	0.000	0.549	1.822
	渋滞指数	9.396	0.284	33.085	0.000	0.512	1.952
4	(定数)	39.570	0.944	41.918	0.000		
	区間長[m]	0.027	0.000	180.606	0.000	0.878	1.139
	平均旅行速度[km/h]	-0.985	0.012	-79.990	0.000	0.549	1.822
	渋滞指数	9.737	0.285	34.135	0.000	0.507	1.973
	レーン数	-0.973	0.085	-11.388	0.000	0.950	1.053
5	(定数)	34.685	1.052	32.983	0.000		
	区間長[m]	0.025	0.000	119.865	0.000	0.436	2.295
	平均旅行速度[km/h]	-0.902	0.015	-61.646	0.000	0.388	2.576
	渋滞指数	10.991	0.309	35.569	0.000	0.431	2.320
	レーン数	-1.210	0.088	-13.707	0.000	0.888	1.126
	信号交差点数	0.969	0.092	10.499	0.000	0.390	2.564
6	(定数)	29.796	1.429	20.851	0.000		
	区間長[m]	0.025	0.000	117.864	0.000	0.426	2.345
	平均旅行速度[km/h]	-0.919	0.015	-61.221	0.000	0.369	2.713
	渋滞指数	10.786	0.312	34.615	0.000	0.424	2.360
	レーン数	-1.445	0.100	-14.482	0.000	0.694	1.441
	信号交差点数	1.028	0.093	11.052	0.000	0.384	2.605
	規制速度[km/h]	0.127	0.025	5.051	0.000	0.710	1.408

従属変数: 標準偏差[秒] ※選定基準: 以下の条件を満たし、かつR2が最も高い分析結果  
 選定基準を満たす重回帰分析結果 ・符号条件が一致 ・多重共線性が生じていない  
 灰色 : 符号条件が一致しない説明変数 ・t値が5%有意水準で有意

表-8 重回帰分析による要因分析結果

	ケース1 (渋滞指数)	ケース2 (平均遅れ時間)	ケース3 (渋滞指数)	ケース4 (平均遅れ時間)
従属変数	標準偏差 [秒]		標準偏差 [秒/km]	
説明変数	<ul style="list-style-type: none"> <li>・レーン数</li> <li>・信号交差点数 [箇所]</li> <li>・渋滞指数</li> <li>・平均旅行速度 [km/h]</li> <li>・区間長 [m]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・レーン数</li> <li>・平均遅れ時間 [秒]</li> <li>・平均旅行速度 [km/h]</li> <li>・区間長 [m]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・レーン数</li> <li>・バス路線延長比率</li> <li>・バスレーン有無</li> <li>・信号交差点密度 [箇所/km]</li> <li>・渋滞指数</li> <li>・規制速度 [km/h]</li> <li>・平均旅行速度 [km/h]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平均遅れ時間 [秒/km]</li> <li>・平均旅行速度 [km/h]</li> </ul>

#### 4. 曜日タイプ別の要因分析

##### (1) 曜日タイプの分類

3章で選定した要因に対し、曜日によって、特有の要因があるか分析するため、1年間の日毎の旅行速度の時間変動の特性から曜日タイプの分類を行った。分類にあたり、以下の手順でクラスター分析を行った。

- ① 前章で用いたデータのうち、平成21年4月～平成22年3月の1年間のデータを用い、毎日の時間帯別の旅行速度を365日分作成する。
- ② 次に、作成したデータに対してクラスター分析を実施し、分析結果をデンドログラム（樹形図）に整理し、適切なグループが形成されているか確認する。（図-5）

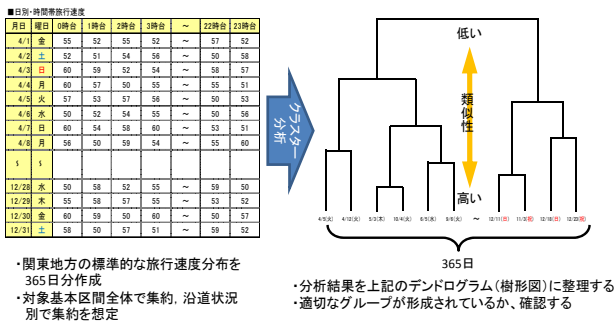


図-5 クラスター分析のイメージ

クラスター分析のインプットとなるデータセットは、沿道状況の違い、24時間帯もしくは12時間帯といった違いに応じて、表-9に示す5ケースを設定し分析を行った。

ここで、説明変数として、日別時間帯別の旅行速度のほか、変動パターンを表現できるよう時間帯別の平均旅行速度を日平均旅行速度で除した時間係数を用いた。

表-9 クラスター分析のケース

ケース	説明変数の形式	区間集約状況	分析対象の時間帯
1	旅行速度	関東全域	24時間帯
2	時間係数	関東全域	12時間帯
3	時間係数	関東全域	24時間帯
4	時間係数	関東DID地区	24時間帯
5	時間係数	関東DID地区以外	24時間帯

分析の結果、いずれのケースも平日、土曜、休日の3区分に分類された。長期休暇（GW、お盆、正月など）や3連休、また商習慣（五十日）についても着目したものの、明確な差異は見受けられなかった。また、DID地区の有無の観点においても分類の差異は生じなかった。

したがって、「平日」、「土曜」、「休日」の3分類が適切に旅行速度の時間変動パターンを区分できる曜日タイプと考えられる。

##### (2) 曜日タイプ別の重回帰分析

前節に従い、「平日」、「土曜」、「休日」の3つの曜日タイプにおいて、曜日タイプ特有の要因について、抽出を行った。

まず、前章において全ての曜日を対象として抽出した要因（以下、「共通要因」とする。）について、重回帰分析を行い、決定係数を把握しておく。次に共通要因にその他の要因候補を追加して重回帰分析を行い、決定係数が共通要因のみの場合より大きい値が得られるかを確認した。決定係数が大きい場合、共通要因以外の説明変数を曜日タイプ特有の要因として抽出を試みた。以上の分析は、表-8に示す4つのケース全てについて行った。

###### a) 平日

共通要因に説明変数を追加し重回帰分析を行ったものの、共通要因のみより決定係数を向上させるような平日特有の要因はケース1～3では、確認されなかった。

ケース4では、信号交差点を説明変数に組み込んだ場合のみ、決定係数が0.001大きくなり、その他の条件も満たす結果が得られた（表-10）。しかし、係数に着目すると平均遅れ時間の0.681や平均旅行速度の0.120と比較して、信号交差点は0.030と小さくなっており、標準偏差への影響は相対的に小さいことが理解できる。従って、決定係数の向上も大変小さいことから、平日特有の要因として、信号交差点を抽出することは有効ではないと考えられる。

表-10 平日の重回帰分析結果

（ケース4：単位kmあたり標準偏差 共通要因+信号交差点）

R	R2	調整済R2	推定値の標準誤差
0.787	0.619	0.619	30.7794

	非標準化係数		t	有意確率	共線性の統計量	
	B	標準誤差			許容度	VIF
(定数)	37.842	0.750	50.455	0.000		
信号交差点 [箇所/km]	0.806	0.079	10.233	0.000	0.746	1.341
平均遅れ時間 [秒/km]	0.626	0.003	179.036	0.000	0.457	2.189
平均旅行速度 [km/h]	-0.412	0.014	-29.251	0.000	0.393	2.542

従属変数: 標準偏差 [秒/km]

###### b) 土曜日及び休日

土曜日、休日とも、共通要因に説明変数を追加し重回帰分析を行ったものの、決定係数を向上させるような特有の要因は確認できなかった。

以上の結果から、今回の分析では「平日」、「土曜日」、「休日」といった各曜日タイプにおいて、曜日タイプ特有の時間信頼性指標に影響を与える道路・交通要因は抽出されないと結論づけた。

## 5. 標準偏差推定式のパラメータ推計

3章の結果を踏まえ、標準偏差の推定式を作成するため、説明変数を抽出しパラメータ推計を行った。なお、ここで行うパラメータ推計は、4章の結果を踏まえ曜日タイプは考慮せず、全日のデータに基づきパラメータ推計を行った。

### (1) モデル式の設定

本研究では、以下に示す線形式をモデル式(1a)を採用する。

$$SD = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \dots + \alpha_n X_n \quad (1a)$$

### (2) 説明変数の抽出

3章での分析結果(表-8)を踏まえ、パラメータ推計は表-11に示すとおり、3つのケースを設定し、それぞれ説明変数を抽出し行った。パラメータ推計のケース設定及び説明変数の抽出の考え方は、以下のとおりとした。

- ・実用化を考慮し、推定式は説明変数が少なく単純化されているほうが望ましい。
- ・推定式は当面は一般道路の時間信頼性に関するサービス水準の評価を目的に使用することを想定しているものの、将来的には道路事業採択時の評価を目的に使用することを想定する。

以上の考え方から、ケース3は説明変数が多く、「バス路線延長比率」、「バスレーン有無」は、新規道路事業採択時ではデータ入手が難しいことから、説明変数から外すこととした。さらに、事業評価での使用を考慮すると、道路拡幅事業の施策効果として時間信頼性の向上効果を算定することが想定される。したがって、「レーン数」が説明変数に含まれていることが望ましいことから、ケース4はこの段階で除外することとした。

表-11 パラメータ推計を行ったケース

	ケース1 (渋滞指数)	ケース2 (平均遅れ時間)	ケース3 (渋滞指数)
目的変数	標準偏差 (秒)		標準偏差 (秒/km)
説明変数	<ul style="list-style-type: none"> <li>・レーン数</li> <li>・信号交差点数</li> <li>・渋滞指数</li> <li>・平均旅行速度</li> <li>・区間長</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・レーン数</li> <li>・平均遅れ時間</li> <li>・平均旅行速度</li> <li>・区間長</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・レーン数</li> <li>・信号交差点密度</li> <li>・渋滞指数</li> <li>・平均遅れ時間</li> <li>・平均旅行速度</li> <li>・区間長</li> </ul>

### (3) パラメータ推計結果

前節のとおり設定した3つのケースについて、パラメータ推計を行った結果を表-12に示す。説明変数の中でも渋滞指数のパラメータが大きく、標準偏差に与える影響が強いことが推察される。

表-12 パラメータ推計結果

	ケース1	ケース2	ケース3
目的変数	標準偏差 [秒]		標準偏差 [秒/km]
R2	0.431	0.594	0.663
レーン数	-1.210	-1.072	-0.650
渋滞指数	10.991	—	50.037
平均遅れ時間	—	0.645	—
平均旅行速度	-0.902	-0.214	-0.485
信号交差点数	0.969	—	2.640
信号交差点密度	—	—	—
区間長	0.027	0.010	—
(定数)	34.684	-21.327	-13.272

これらの結果を踏まえ、式形で標記すると、下記(1b)~(1d)のとおりである。

ケース1 (式①) :

$$SD = 34.684 - 1.210Lane + 0.969Signal + 10.991CI - 0.902V + 0.025L \quad (1b)$$

ケース2 (式②) :

$$SD = -21.327 - 1.072Lane + 0.645T_l - 0.214V - 0.010L \quad (1c)$$

ケース3 (式③) :

$$SD' = -13.272 - 0.650Lane + 2.640Signal + 50.037CI - 0.485V \quad (1d)$$

ただし、 $SD$  : 標準偏差 [秒] ,  $SD'$  : 単位距離あたりの標準偏差 [秒/km] ,  $Lane$  : レーン数,  $Signal$  : 信号交差点密度 [箇所/km] ,  $CI$  : 渋滞指数 (平均旅行時間/自由流旅行時間) ,  $V$  : 平均旅行速度 [km/h] ,  $T_l$  : 平均遅れ時間 [秒] ,  $L$  : 延長 [km] .

## 6. 標準偏差推定式の現況再現性

前章で行ったパラメータ推計を行った結果を踏まえ、標準偏差推定式の現況再現性を確認した。前章で扱った3つのケースに基づく式に加え、英国で採用されている推定式について比較対象として、現況再現性を確認した。

### (1) 英国式のパラメータ推計

比較対象とするため、英国で採用されている旅行時間の変動係数の算定式を用いて、現況再現性を確認した。英国の算定式は、式(2a)に示すとおりであり、説明変数として渋滞指数と2地点間距離を用いている。

$$CV_t = \alpha CI_t^\beta d_t^\delta \quad (2a)$$

この式について、プローブデータを用いてパラメータ推計を行い、下記の式(2b)を得た。

$$CV_t = 0.223CI_t^{0.986} d_t^{-0.397} \quad (2b)$$

## (2) 現況再現性の比較

英国での算定式及び前章でパラメータ推計を行った3つの式について、目的変数と説明変数を整理すると、表-13のとおりである。これらの説明変数を用い、各式について推定値と観測値の相関関係を分析・比較を行った。

各式について、距離帯別に相関係数をまとめたものが表-14であり、MAPE（平均絶対誤差率）をまとめたものが表-15である。さらに、図-6～9は各式における区間延長0～250m未満の推定値と観測値の比較を示したものである。

表-14に示す通り、いずれの式とも距離が短いほど強い相関を示している。また、本研究の式②、③については、距離帯にかかわらず、英国の推定式よりも相関が強くなり、推定精度が高いと推察される。さらに、表-15に基づいてこの2式を比較すると、式③は500m未満の短距離区間での誤差率が30%以下と低く、推定精度が高い。しかし、距離が長くなるにつれ、誤差率が高くなり、2000m以上の長距離区間では、式②の誤差率を大きく上回っている。一方、式②は250m未満でやや誤差率が高いものの、距離の長さにかかわらず、誤差率は41～45%に収まっている。

この要因として、式②は平均遅れ時間（平均旅行時間－自由流旅行時間）が説明変数として含まれているため、区間長の大小が標準偏差の推定結果に反映されやすいため、短区間よりも長区間での推定精度が高くなっていると推察できる。一方、式③は渋滞指数（平均旅行時間/自由流旅行時間）といった比率が主たる説明変数で、単位距離当たりの標準偏差を推定する算定式となっているため、短距離区間の推定精度が長距離区間より高くなっていると想定される。

したがって、渋滞・混雑が生じやすい都心部では、交通調査基本区間長が短い傾向にあることを鑑みると、式③が時間信頼性指標の算定式として適していると考えられる。

表-13 各式の目的変数及び説明変数

分類	目的変数	説明変数
英国式	変動係数	・渋滞指数 ・OD間距離 [km]
本研究	式①	標準偏差 [秒] ・レーン数 ・信号交差点数 [箇所] ・渋滞指数 ・平均旅行速度 [km/h] ・区間長 [m]
	式②	標準偏差 [秒] ・レーン数 ・平均遅れ時間 [秒] ・平均旅行速度 [km/h] ・区間長 [m]
	式③	標準偏差 [秒/km] ・レーン数 ・信号交差点 [箇所/km] ・渋滞指数 ・平均旅行速度 [km/h]

## 7. まとめ

本研究では、プローブデータをもとに、交通調査基本区間単位の旅行時間の標準偏差を推定する式を作成した。得られた知見を整理すると、下記の通りである。

- ・旅行時間の標準偏差を時間信頼性指標として設定し、プローブカーデータ等を用いて、重回帰分析をもとに標準偏差に影響を与える要因を分析し、渋滞指数、平均旅行速度等が影響が強いことがわかった。
  - ・各曜日の平均旅行速度の特性から、「平日」、「土曜日」、「休日」の3つの曜日タイプに分類した。曜日タイプ別に旅行時間の標準偏差に影響を与える要因について更なる分析を行ったものの、全日を対象とした分析結果と大きくは変わらなかった。
  - ・要因分析の結果をもとに、各要因のパラメータ推計を行い、標準偏差の推定式を得た。
  - ・標準偏差の推定式の現況再現性の確認を行い、推定精度が高い結果が得られた。
- 一方、今後の課題を整理すると、下記のとおりである。
- ・推定式の作成にあたり、要因分析、パラメータ推計に用いたデータは、関東地方にて取得されたプローブデータを用いた。しかし、関東以外の地域で汎用性は確認できていない。

表-14 各算定式の相関係数

モデル	250m未満	250～500m	500～1000m	1000～2000m	2000m以上	全体	
英国式	0.7469	0.6890	0.6568	0.6534	0.6348	0.5941	
日本式	①	0.8005	0.7278	0.6716	0.6249	0.4400	0.6566
	②	0.8356	0.7496	0.7152	0.7035	0.6552	0.7704
	③	0.8280	0.7679	0.7135	0.7071	0.6503	0.7692

表-15 各算定式の MAPE（平均絶対誤差率）

モデル	250m未満	250～500m	500～1000m	1000～2000m	2000m以上	全体	
英国式	77%	49%	36%	31%	32%	41%	
日本式	①	122%	64%	41%	44%	64%	59%
	②	57%	44%	41%	41%	45%	44%
	③	29%	30%	40%	48%	63%	42%



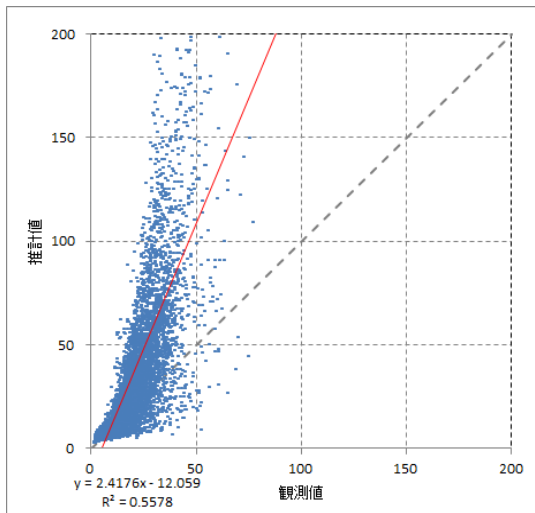


図-6 英国の算定式の現況再現性  
(区間延長：0～250m未満)

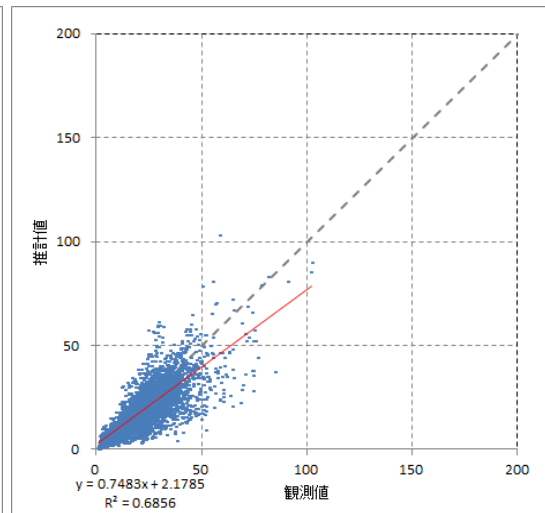


図-7 式①の現況再現性  
(区間延長：0～250m未満)

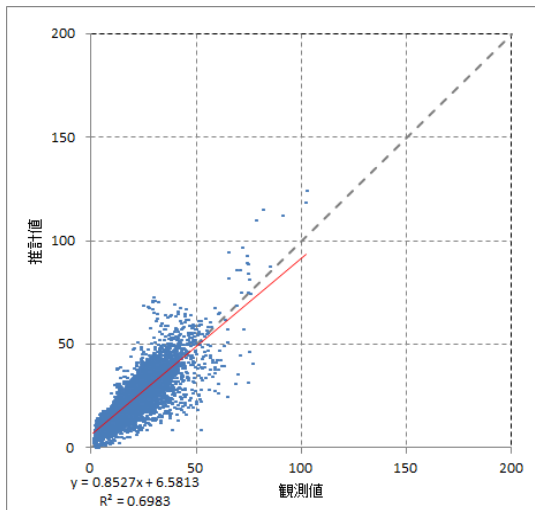


図-8 式②の現況再現性  
(区間延長：0～250m未満)

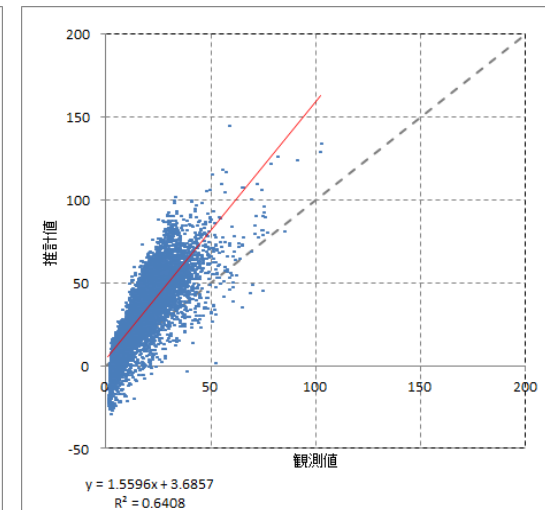


図-9 式③の現況再現性  
(区間延長：0～250m未満)

- ・推定式は、旅行時間の標準偏差を算定する際にデータが不十分な区間に適用するものである。データが十分な区間では、観測データから標準偏差を算定すべきである。推定式の実用化を考えると、データ取得状況による適用基準を検討する必要がある。

### 補注

(交通調査基本区間単位の旅行時間データの作成方法)  
プローブデータは、DRM区間単位の旅行時間として整理されている。本研究では、図-10に示す方法によりDRM区間単位の旅行時間データから交通調査基本区間単位の旅行時間データを作成した。  
交通調査基本区間内でデータ取得できている延長の割合をDRM区間長ベースで算定。  
この割合が90%以上の場合のみ採用。つまり、データ取得延長割合が90%未満の場合、欠測扱いとした。

採用する場合は、取得したDRM区間の旅行時間を取得延長割合により引き延ばすことより、交通調査基本区間の旅行時間を算定。

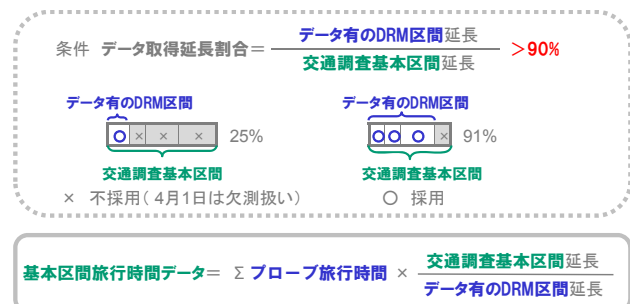


図-10 交通調査基本区間単位の旅行時間データ作成方法

### 参考文献

- 1) 首都高速道路株式会社 HP : <http://www.shutoko.jp/>

- 2) 阪神高速道路株式会社 HP : <http://www.hanshin-exp.co.jp/drivers/index.html>
- 3) 財団法人日本デジタル道路地図協会：全国デジタル道路地図データベース標準，第3.8版，2008.
- 4) 財団法人日本デジタル道路地図協会ホームページ，<http://www.drm.jp/database/structure.html>
- 5) 上坂克巳，門間俊幸，橋本浩良，松本俊輔，大脇鉄也：道路交通調査の新たな展開，土木計画学研究・論文集 Vol.43，2011.
- 6) 松本俊輔，上坂克巳，大脇鉄也，古川誠：各種交通データの効率的活用のための幹線道路網のリンク表現に関する検討，土木計画学研究・論文集 Vol.41，2010.
- 7) 松本俊輔，大脇鉄也，古川誠，上坂克巳：全国の幹線道路を対象とした交通調査の基本となる区間の導入，土木計画学研究・論文集 Vol.43，2011.
- 8) 英国交通省：Transport Analysis Guidance, WebTag
- 9) Stefanie Peer, Carl Koopmans and Erik T. Verhoef：Predicting Travel Time Variability for Cost-Benefit Analysis, 2010
- 10) 松井寛，山田周治：道路交通センサデータに基づく BPR 関数の設定，交通工学，No6/Vol.33，pp.9～16，1998.
- 11) 松井寛，藤田基弘：交通量配分における Q - V 式の設定方法に関する研究，土木計画学研究論文集，No.3，pp.153～160，1986.