

旅行時間信頼性指標の推定手法に関する研究*

A Study of the Estimate-method for Travel Time Reliability *

伊藤秀昭**・倉内文孝***・宇野伸宏****・永田順宏*****・田中哲也*****

By Hideaki ITO**・Fumitaka KURAUCHI***・Nobuhiro UNO****・Nobuhiro NAGATA*****・Tetsuya TANAKA*****

1. はじめに

成熟社会を迎え、個人の移動に対する時間価値が大きくなっており、さらに物流業界ではジャストインタイム輸送が強く求められていることから、時間遅れに対する損失が莫大となっている。高速道路に対しても、ただ単に所要時間が短縮されるだけでなく、常に一定時間内に到達できるという安定的なサービスが求められている。

従来、我が国の高速道路整備効果においては、走行時間や渋滞損失時間といった指標を用いて道路のサービス水準の評価及び費用便益分析を行ってきたが、近年、安定したサービスが提供されることによる便益評価の重要性が叫ばれており、今後は「何時までには確実に到着できるか」という所要時間信頼性による評価が必要とされている。

我々は、新名神高速道路の開通前後における、現名神高速道路を対象に旅行時間信頼性指標の推定、及び旅行時間信頼性向上による便益の算定方法について検討してきたが、時間帯やICペア間によっては、上手く推定できないケースがある。また、本手法により推定した信頼性指標を一般ドライバー等にどのように伝えるのかという課題も残されている。¹⁾

本研究では、旅行時間信頼性指標推定手法の改良と推定した信頼性指標をわかりやすく表現する方法についての検討を行う。

2. 本手法の旅行時間信頼性指標推定の考え方

本手法は、現在供用されている道路が、新規路線の整備などによる影響を受け、旅行時間信頼性が変化することによる便益を推定することを想定しており、現在の交通観測データから将来における旅行時間分布を推定する

*キーワード：サービス水準、交通情報、ITS

**正員，修(工)，(社)システム科学研究所

(京都市中京区新町通四条上ル 小結棚町428，
TEL075-221-3022，FAX075-231-4404)

***正員，博(工)，岐阜大学工学部

****正員，博(工)，京都大学大学院経営管理研究部

*****西日本高速道路株式会社 関西支社

構造となっている。また、道路のサービス水準を評価することを目的としているため、集計単位は個々の車両ではなく、15分単位に集計した旅行時間等のデータを用いて推定を行っている。

(1) 推定手法の基本構造

本手法は、実測の交通観測データ(ETC及びトラフィックカウンター)を用いて、日交通需要に対する時間帯(朝昼夕夜)毎の空間密度分布を推定し、空間密度と旅行速度から求めたドレイク式を組み合わせることで旅行時間の分布を導く。また、時間帯毎のサービスレベルの違いを考慮するため、6:00~9:59, 10:00~16:59, 17:00~20:59, 21:00~5:59の4時間帯に分けて推定を行っている。本章では、大山崎IC~名神吹田ICの下り方面を対象に、2006年1月~2008年12月のETCデータ及びトラフィックカウンターデータを用いてパラメータ推定を行った結果を紹介する。

(2) 日交通需要と空間密度の関係

図1は、トラフィックカウンターデータから得られた、夕方時間帯における大山崎IC~名神吹田IC間の下り方向における日交通需要と15分ごとの空間密度の関係をプロットしたものである。これを見ると、同一の日交通需要レベルにおいても様々な空間密度が発生している様子が伺える。図2は、10000pcu毎の日交通需要に対する空間密度の構成比を示したものである。これを見ると、60000pcuでは正規分布に近い形状が得られるものの、交通需要

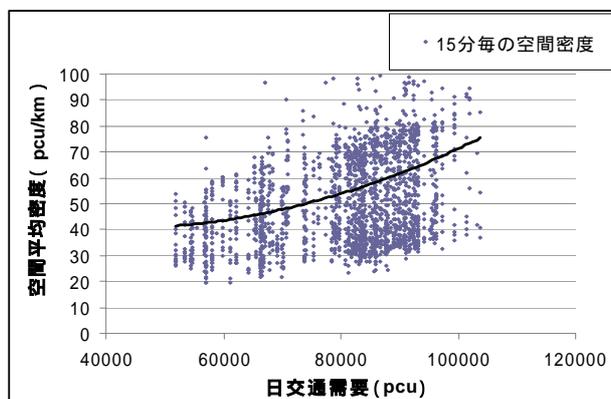


図1 日交通需要に対する空間密度の分布
(大山崎IC 名神吹田: 17:00 ~ 20:59)

レベルが高くなるにつれ、裾野が長い形状の分布となっている。ここでは簡単のため、日交通需要と空間密度の関係を正規分布として仮定し、空間密度の平均値、標準偏差の推定式を作成し、空間密度分布の推定を行った。

a) 空間密度分布の平均値

空間密度の平均値は、インプットデータである日交通需要との関数と定義し、トラフィックカウンターから集計した15分毎の空間密度を日交通需要レベル毎に平均し、指数型の近似式に当てはめた(図3)。

b) 空間密度分布の標準偏差

空間密度の標準偏差は、前項で算出した空間密度の平均値との関数と定義し、空間密度の平均値と標準偏差から直線型の近似式にあてはめた(図4)。

(3) 空間密度と旅行速度の関係

空間密度と旅行速度の関係は、トラフィックカウンターデータから集計した15分毎の空間密度、ETCデータから集計した15分毎の平均旅行速度を、空間平均密度レベル(2.5pcu/kmピッチ)毎に集計した結果にDrake式をあてはめた(図5)。

$$v = v_f \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{k}{k_0}\right)^2\right) \quad v_f = 77.76[km/h]$$

$$k_0 = 133.91[pcu/km]$$

4. 推定手法の改良方針

(1) 手法の課題

前述までの推定手法で、信頼性指標の変化を推定することができるものの、

- ・空間密度の分布が必ずしも正規分布でない
- ・時間帯やICペアによっては、日交通需要レベルと空間密度の関係式(図3, 図4)が上手く近似できない点が課題として残る。これは、同じ交通量、同じ時間帯においても様々な空間密度の分布パターンが存在していることによるもので、改善の必要がある。

(2) 改良方針

日交通需要レベルに対して多様な空間密度の分布パターンが発生する原因として、気象条件や曜日変動等の多数の要因が考えられるが、最も大きな要因は、1つの時間帯の中において、交通量の集中する時間帯とそうでない時間帯が混在することである。つまり、交通集中時間帯の偏りが大きいほど、空間密度のばらつきが大きくなり、また、この傾向は、日交通需要が多いほど顕著になる。このため、同一の日交通需要であっても、必ずしも同じような空間密度分布とはならず、交通需要レベルが高くなるほど、空間密度の分布形状は裾野が長い形状の分布となる現象が発生する。

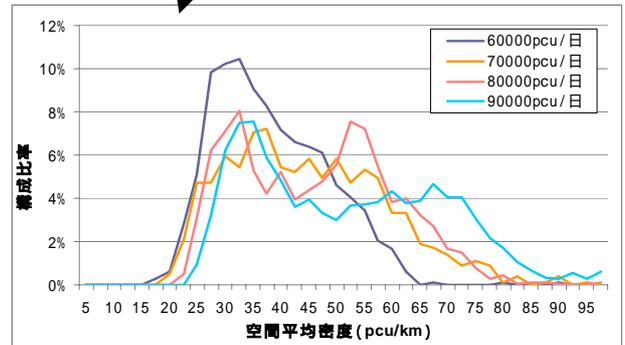
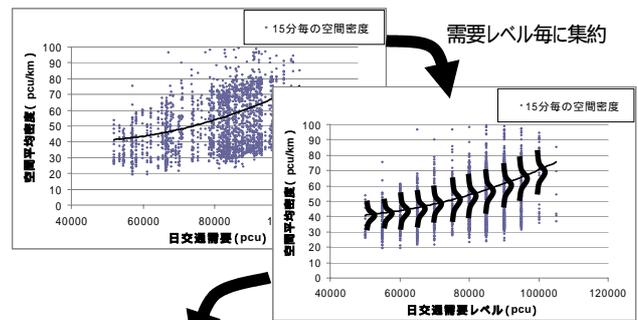


図2 日交通需要レベル毎の空間密度構成比(夕方)

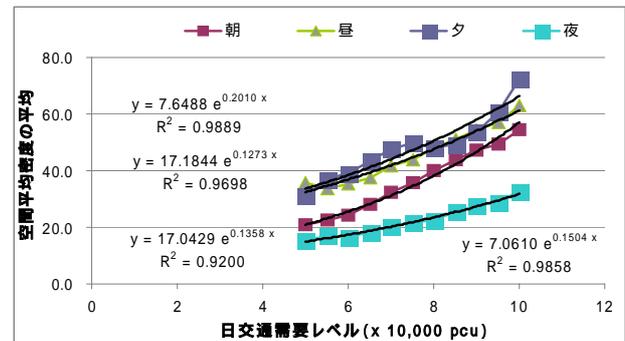


図3 日交通需要レベルと平均空間密度の平均値の関係

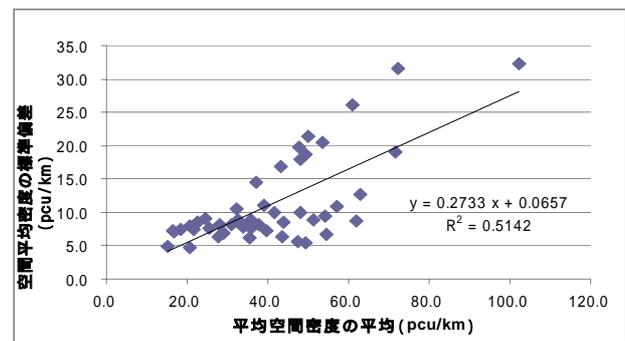


図4 平均空間密度の平均値と標準偏差の関係

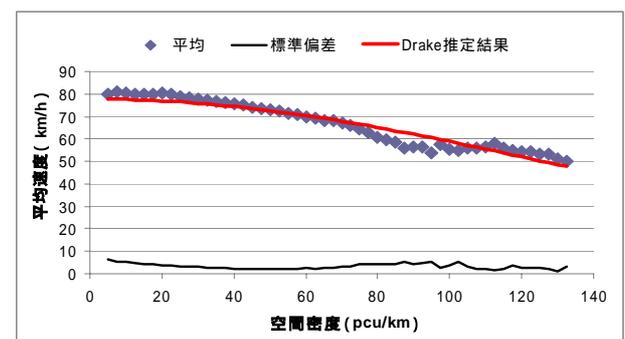


図5 空間密度と平均旅行速度の関係

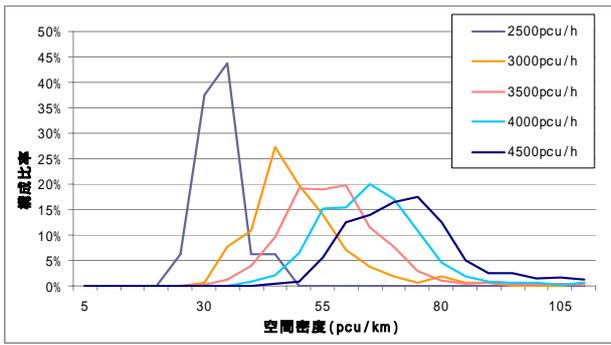


図6 交通需要レベル毎の空間密度構成比（17時台）

この問題を回避するため、今回の改良では、インプットデータである日交通量を過去の時間変動率によって時間帯別交通量に分解し、時間交通需要と空間密度分布のパラメータ推定を試みる。これにより、交通の集中する時間帯とそうでない時間帯を分離することができ、手法の精度向上が期待できる。

4. 推定手法の改良結果及び考察

(1) 空間密度構成比

時間交通需要レベル毎の空間密度構成比（図6）を見ると、日交通需要レベル毎に算出した方法（図2）と比べ、正規分布に近い形状となり、交通需要レベルによる形状の違いが減少している。本手法では、空間密度の分布形状を正規分布と仮定しており、時間帯を分割したことによって、手法の説明力が向上していることがわかる。

(2) 交通需要と空間密度の関係

時間交通需要レベルと空間密度の平均値の関係（図7）を見ると、各時間帯とも、ほぼ一直線に並んだ状態となっている。これは、時間帯を細分化したことにより、各時間帯の需要変化を含めた交通流特性を反映できるため、交通需要レベルと空間密度の平均値の関係がシンプルに表現できていることを示している。ただし、通常の交通量と密度の関係（臨界密度時に交通量が最大となる2価関数）を考慮すると、この直線が示しているのは、自由流（非渋滞流）での交通量と密度の関係と考えられる。また、時間交通需要レベル4000～5000pcu周辺において、18～19時台の時間帯の空間密度平均がやや高い傾向が現れているのは、混雑流（渋滞流）の影響を受けているものと思われる。

次に空間密度の平均と標準偏差の関係（図8）、交通需要と空間密度の標準偏差の関係（図9）を見たところ、明確な因果関係が得られなかったため、交通需要レベル別、時間帯別に空間密度の標準偏差を集計した表（表1）を作成し、この表より、空間密度の標準偏差値を読み取る方法で推定を行うものとした。

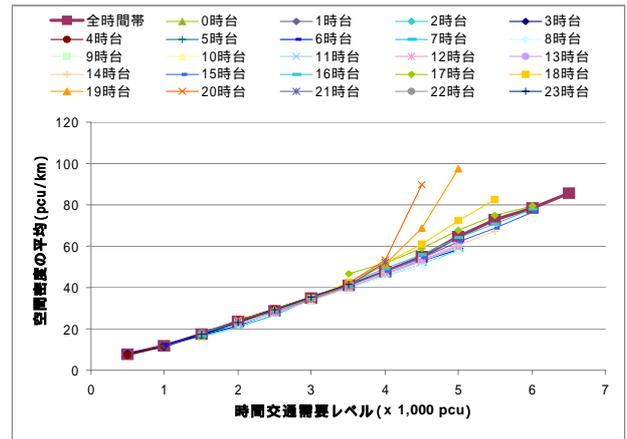


図7 交通需要と空間密度の平均値の関係

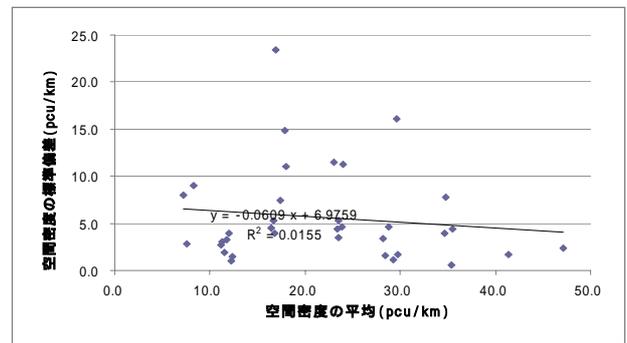


図8 空間密度の平均と標準偏差の関係

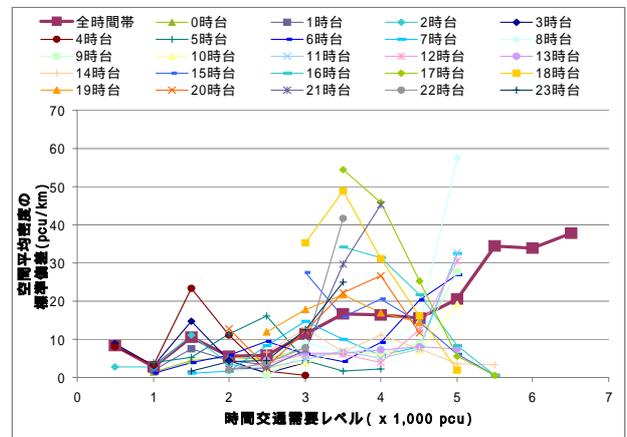
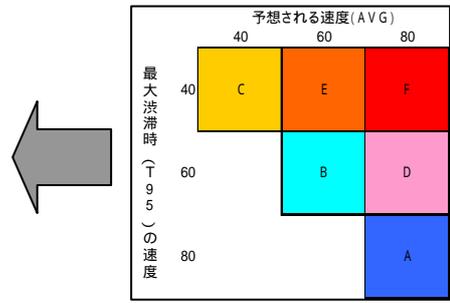
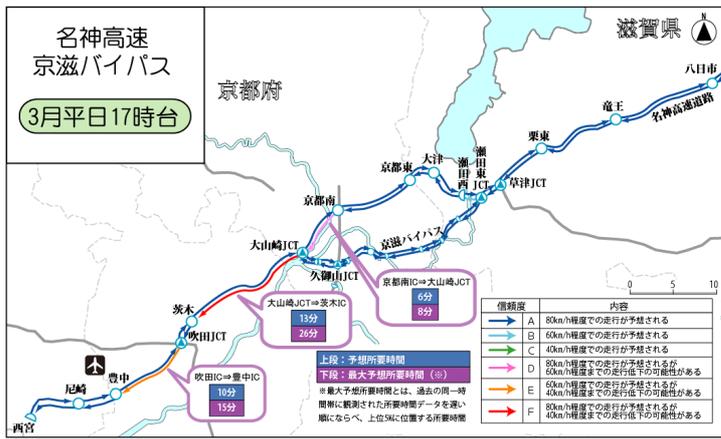


図9 交通需要と空間密度の標準偏差の関係

表1 交通需要レベル別時間帯別の空間密度の標準偏差

交通需要レベル	0時台	1時台	2時台	3時台	4時台	5時台	6時台	7時台	8時台	9時台	10時台
500	1.36	1.75	2.81	9.01	7.96	3.53	0.90	0.84	0.90	0.44	1.52
1000	1.49	1.92	2.66	3.05	3.30	3.89	0.99	0.93	0.98	0.48	1.68
1500	4.47	7.46	11.03	14.81	23.42	5.31	3.92	1.02	1.08	0.53	1.84
2000	5.31	4.35	3.49	4.58	11.24	11.48	5.96	1.80	1.19	0.58	2.03
2500	4.67	3.41	1.52	1.15	1.70	16.11	9.32	8.45	3.23	0.64	2.23
3000	7.81	3.76	1.68	3.91	0.61	4.42	6.01	14.66	9.04	5.98	3.77
3500	8.59	4.13	1.84	4.30	0.67	1.73	4.24	10.05	6.54	6.29	6.50
4000	9.45	4.54	2.03	4.73	0.74	2.31	9.30	5.92	7.86	6.52	6.10
4500	10.39	5.00	2.23	5.20	0.82	2.54	20.34	7.93	14.44	8.89	6.88
5000	11.43	5.50	2.45	5.72	0.90	2.80	26.93	32.55	57.62	27.77	19.13



平均速度とT95をマトリクスで整理し、ランク分け

図9 信頼性指標の情報提供イメージ

5. 信頼性指標の表現方法

信頼性指標に関する、我々の先行研究²⁾では、複数の道路区間における旅行時間信頼性の比較を行うため、区間距離で正規化した指標を提案している。また、川北³⁾はBTIやPTが従来のサービス水準指標（渋滞量、平均所要時間）と比較し、指標によって道路区間のサービス水準の順位が異なることを示している。

本手法を利用すれば、日交通量から旅行時間分布を推定することができ、プランニングタイム、バッファタイムといった信頼性指標を算出することができるが、これらの指標は一般の利用者にとっては非常に難解な指標であることから、わかりやすい表現方法を検討する必要がある。

情報提供の方法やターゲットは、様々なものが考えられるが、ここでは、交通情報板等によるリアルタイムな情報提供ではなく、リーフレットやWebによる情報提供を対象として検討を行う。

- まず、利用者が必要とする情報は、
- 非混雑時はどれくらいの所要時間なのか？
- どれくらいの時間がかかるのか？

最悪の場合、どれくらいの時間を見込めば良いのか？の3つと考えられる。は、自由流の所要時間及び走行を予定する時間帯の予想所要時間、は、過去の同一条件時に観測された所要時間のうちの最悪の場合の時間と考えることができる。また、

- ・直感的に各区間のサービス水準（遅れ確率の有無、規模）がおおよそ読み取れる
 - ・具体的な所要時間が読み取れる
- ことが望ましいことから、上記のをマトリクス形式にまとめ、ランク分けすることで、所要時間の信頼度を表現する案を作成した（図9）。

6. まとめと今後の課題

本研究では、時間帯を細かく区切ってパラメータを推定することにより、従来よりも精度の高い信頼性指標の推定手順を提案した。しかし、

- ・時間帯を区切ったことにより計算処理量が増加
- ・混雑時間帯における交通需要と空間密度の関係についての検証が不十分

といった課題が残されている。実務で用いるためには、できるだけ簡便な計算方法が望ましいことから、混雑時間帯は時間帯を細かく分割し、夜間のように交通量の変動が少ない時間帯は一つの時間帯として扱う等、計算処理を減らしつつ、精度向上を目指す必要がある。

また、算出した信頼性指標を一般の利用者にわかりやすく表現する方法については、利用者ならびに管理者から広く意見を求め、さらなる検討を行う必要がある。

謝辞 本研究を遂行するにあたり、NEXCO西日本・高速道路整備効果評価研究会（会長：飯田恭敬京都大学名誉教授）にご参加の皆様より貴重なご意見・ご示唆を多数頂戴した。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 山崎浩気, 宇野伸宏, 倉内文孝, 伊藤秀昭: 旅行時間信頼性向上便益の算定方法に関する研究, 第38回土木計画学研究発表会・講演集, ポスター番号_27, 和歌山, 2008
- 2) 山崎浩気・嶋本 寛・宇野伸宏・倉内文孝・小笹浩司・成田 博: ETC データを用いた都市間高速道路の旅行時間信頼性指標についての一考察, 第36回土木計画学研究発表会・講演集, Vol.36, CD-ROM, 2007.
- 3) 川北司郎・北澤俊彦・飛ヶ谷明人・田名部淳・朝倉康夫: 阪神高速道路における所要時間の信頼性に関する分析, 第35回土木計画学研究発表会・講演集, Vol.35, CD-ROM, 2007.