

羽田空港アクセスバスの所要時間信頼性分析

荻原 貴之¹・岩倉 成志²・野中 康弘³・石田 貴志⁴

¹学生会員 芝浦工業大学大学院 (〒135-8548 東京都江東区豊洲3-7-5-09c32)
E-mail:me12018@shibaura-it.ac.jp

²正会員 芝浦工業大学教授 (〒135-8548 東京都江東区豊洲3-7-5-09c32)
E-mail:iwakura@sic.shibaura-it.ac.jp

³正会員 株式会社道路計画 (〒170-0013 東京都豊島区東池袋2丁目13-14 マルヤス機械ビル)
E-mail:y_nonaka@doro.co.jp

⁴正会員 株式会社道路計画 (〒170-0013 東京都豊島区東池袋2丁目13-14 マルヤス機械ビル)
E-mail:t_ishida@doro.co.jp

本稿では、近年路線拡大傾向にある羽田空港のアクセスバスについて、多くの路線で復路（空港着便）に対して往路（空港発便）の利用者数が少ないという傾向に着目し、所要時間信頼性と往復の利用者数の差の関係性を分析した。具体的には、バスプローブデータを用いて運行時間帯別に所要時間の算出を行い、所要時間信頼性指標の比較・評価を行った上で、所要時間信頼性と往復利用率に一定の関係性があることを示した。

Key Words : Haneda airport bus, travel time reliability, bus probe data, rate of round trip utilization

1. はじめに

羽田空港は、国際線新ターミナル供用開始による利用者数の増加に伴い、空港アクセス交通機関についても更なる利便性向上が求められている。そうした中、乗り換えなしで着席できるといった特徴を有した空港アクセスバスの需要が近年高まっており、羽田空港と首都圏各地を結ぶ新規路線がここ十数年で増加してきている。一方で、これらのほぼ全ての路線で復路（空港発）に対して往路（空港着）の利用率が低い状態にあり、道路交通状況による所要時間の変動が利用者へ不安を与えていることが一因であると言われている¹⁾。

空港アクセスバスの往復利用者数の格差や所要時間信頼性に言及した報告は多いが、空港アクセスバスの所要時間信頼性を路線別・便別に分析した事例はない。また、これまで提案されている所要時間信頼性指標は、分析者あるいは利用者の評価と異なることが報告されており、実態に則した評価を行うための指標が求められているところである。

本研究は、空港アクセスバスの路線別・便別所要時間変動に着目するとともに、往復利用者数の差と所要時間信頼性の関係を明らかにし、空港アクセスバスの所要時間信頼性評価方法を考察することを目的とする。

2. 既存研究レビュー

羽田空港アクセスバスの所要時間信頼性に関する既存研究及び、所要時間信頼性を評価するための所要時間信頼性指標に関する既往研究について整理する。綾城ら¹⁾は、羽田空港アクセス交通需要予測モデルを構築し、空港アクセスバスに関する利用実態や運行実態があまり把握されておらず、既往の調査研究が少ないことを指摘している。また、空港アクセスバスの分担率は往路より復路の方が多く、往路は航空機の出発時刻に制約があるため定時性の高い鉄道を選択しているが、比較的時間の制約が少ない復路では、バスを選択している可能性を考察している。さらに、既存の航空動態調査等では得られない羽田空港アクセスの実態や利用意向、空港アクセス利用者数の把握を行うため、アンケート調査・聞き取り調査などを実施している。ここでは、バスの非選択理由として「時間通り正確につかない (19%)」や「所要時間が分からない (16%)」の割合が高く、所要時間の不確かさがバスを選択しない理由として挙げられている。一方、バスの選択理由として「必ず座って行ける (21%)」や「荷物を運ぶのが楽 (14%)」、「乗換の必要が無い (12%)」といった空港アクセスバス特有の項目が挙げられている。定時性に不安を抱く利用者が多

表-1 既存時間信頼性評価指標

	評価指標	定義式
他路線との比較可能	PTI	$TT95/Tmin.$
	BTI	$(TT95 - Tave.) / Tave.$
	Index(normal)	$(Tave. - Tmin.) / Tmin. \text{ or } (TT50 - T規制) / T規制$
	Index(ubnormal)	$(Tmax - Tmin.) / Tmin. \text{ or } (TT95 - T規制) / T規制$
	$\lambda skew$	$(TT90 - TT50) / (TT50 - TT10)$
	λver	$(TT90 - TT10) / TT50$
	WRT _A -I	$\sqrt{TT5^2 + TT50^2 + TT95^2} / (TT5)\sqrt{3}$
	WRT _B -I	$\sqrt[3]{TT5 * TT50 * TT95} / TT5$
他路線との比較不可能	PT	TT95
	BT	TT95 - Tave.
	TTV	TT90 - TT10
	TT80 - TT20	TT80 - TT20
	TT70 - TT30	TT70 - TT30
	P(Tave+ATTV)	$x TTx(Tave.+ATTV)$, ATTV: 許容旅行時間変動
P(Tave+DTTR)	$x TTx(Tave.+DTTR)$, DTTR: 希望旅行時間変動	
備考	TTx : x%タイル旅行時間, Tave.: 平均旅行時間, Tmax: 最大旅行時間, Tmin.: 最小旅行時間, T規制: 規制速度走行時の所要時間	

いことから空港アクセスバスの所要時間も分析されているが、分析対象日が1日のみであり、所要時間信頼性の分析までは行われていない。

以上のように、羽田空港アクセスバスの定時性に対して問題が挙げられているにも関わらず、所要時間信頼性に関する既存研究は数少ない。一方、道路交通の所要時間信頼性に関する研究は多数の報告があり、所要時間信頼性指標の問題提起と新たな指標が提案されている。そこで、表-1に、既往研究の所要時間信頼性指標を他路線間比較可否の視点から整理した。

若林ら²³⁾は、東名高速名古屋IC～名神高速吹田JCT間を対象に既存の各種時間信頼性指標値及び、新しい指標値を推定し比較分析を行っている。既存の指標としてアメリカ等で使用されている「PT, PII, BT, BII」を挙げ、特にBTIIについては、複数の道路で比較した際、指標の構造上「平均旅行時間からの変動」が同じであれば、「平均旅行時間」が小さい道路の方が、BTII値が大きく算出されて所要時間信頼性が低くなるという問題点を指摘している。この点については梶原ら⁴⁾も指摘している。一方、分散の代替指標「 $\lambda skew$ 指標」や歪度の代替指標「 λver 指標」、「TTV指標」は安定した傾向を示しており、旅行時間変動曲線から直観的に期待される旅行時間を素直に表現していると記述している。また、BTII等は道路管理者側の指標であり、新たな指標として利用者側の「平均旅行時間±10分」という指標を提案している。これによりドライバーは旅行時間の平均値周りの「ブレ」を知ることができ、行動判断の意思決定に利用できるとしている。「TT80 - TT20」、「TT70 - TT30」(TTx : x%パーセントイル旅行時間)の指標も併せて提案している。しかしながら、利用者ニーズは多様性があり、単独ではなく複数の指標による所要時間信頼性の評価が必要であることも記述している。これ以外にも、標準的な時間を見込む場合と、異常時を想定して余裕時間



図-1 GISに展開した大宮線のGPSデータ

を見込む場合に分けて評価指標を提案した宗像ら⁹⁾の「Index(normal)」、「Index(ubnormal)」や、割田ら⁹⁾の既存指標に対して広域(多種)な旅行時間を対象とした指標「WRT」などが提案されている。

本研究では、同一路線における時間帯別の所要時間変動の比較、他路線間の所要時間変動の比較を行い、空港アクセスバスの所要時間信頼性の実態を評価するにあたって上記複数の指標を使用し、空港アクセスバスの所要時間信頼性評価方法を考察する。

3. 使用データ概要と対象路線の所要時間算出

(1) 分析データ

東京空港交通株式会社が運行する全ての空港アクセスバスにはGPS端末が搭載されており、運行管理者はリアルタイムで走行状況を把握することが可能となっている。これと既存の道路交通情報を活用することで、インシデント発生時には迂回路へ経路変更を指示する等の定時性確保に向けた運行管理を行っている(図-1)。

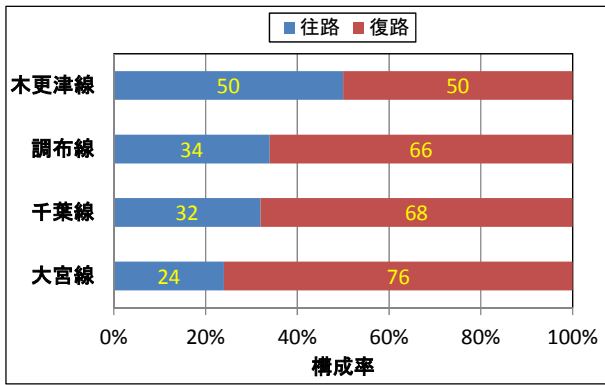


図-2 対象路線の往復利用率割合

表-2 対象路線及び対象便の概要

木更津線		空港着					空港発				
大人片道運賃(円)		1200									
運行本数(本)		37					37				
所要時間算出区間		木更津駅東口バス停～空港第1旅客ターミナルバス停									
		早朝	朝ピーク	日中	夕ピーク	夜間	早朝	朝ピーク	日中	夕ピーク	夜間
羽田空港発・着時刻 [※]		7:05	9:10	12:20	17:40	22:20	5:40	7:50	16:10	17:25	20:55
時刻表上所要時間(分)		40	35	35	40	35	35	35	35	55	40
有効サンプル数		60	60	60	61	59	60	59	61	58	60
調布線		空港着					空港発				
大人片道運賃(円)		1400									
運行本数(本)		17					25				
所要時間算出区間		調布駅北口バス停～空港第2旅客ターミナルバス停(空港発便は第1旅客)									
		早朝	朝ピーク	日中	夕ピーク	夜間	早朝	朝ピーク	日中	夕ピーク	夜間
羽田空港発・着時刻 [※]		6:35	8:20	13:35	18:45	20:40	7:15		12:50	17:30	22:25
時刻表上所要時間(分)		55	95	65	75	70	60	該当便なし	70	70	55
有効サンプル数		61	61	61	55	54	57		56	58	52
千葉線		空港着					空港発				
大人片道運賃(円)		1120									
運行本数(本)		36					47				
所要時間算出区間		千葉中央駅西口バス停～空港第2旅客ターミナルバス停(空港発便は第1旅客)									
		早朝	朝ピーク	日中	夕ピーク	夜間	早朝	朝ピーク	日中	夕ピーク	夜間
羽田空港発・着時刻 [※]		7:37	8:37	14:32	17:22	21:37	5:40	8:25	13:45	17:25	22:55
時刻表上所要時間(分)		87	87	92	92	67	72	75	75	55	65
有効サンプル数		61	60	60	60	42	53	31	44	37	34
大宮線		空港着					空港発				
大人片道運賃(円)		1500									
運行本数(本)		17					23				
所要時間算出区間		西武バス大宮営業所バス停～空港第2旅客ターミナルバス停(空港発便は第1旅客)									
		早朝	朝ピーク	日中	夕ピーク	夜間	早朝	朝ピーク	日中	夕ピーク	夜間
羽田空港発・着時刻 [※]		7:45		13:15	19:35	20:20		9:05	15:05	19:15	21:45
時刻表上所要時間(分)		105	該当便なし	105	110	110	該当便なし	95	105	80	75
有効サンプル数		61		36	44	27		36	61	37	61

※羽田空港発時刻は、時刻表上の空港内で最後に停車するバス停の出発時刻。着時刻は、空港内で最初に停車するバス停の到着時刻を示している

本研究では、この運行GPSデータをバスプローブデータとして、所要時間の算出と利用経路の特定に使用する。データは、ダイヤ番号、車両番号、約3分間隔の時系列位置座標情報(時刻、緯度・経度)、出発・到着時刻、走行速度等である。対象期間は平成23年10月1日～同年11月30日の2ヶ月間である。

(2) 対象路線と対象便

羽田空港アクセスバスは多くの路線で往路に対して復路の利用者数が多く、全利用者に対する往路と復路の構成率(以下、「往復利用率」という)も路線間で異なる。本研究では、往復利用率が異なる木更津線、調布線、千葉線、大宮線の4路線を対象とする。各路線の往復利用率は図-2に示すとおりであり、木更津線の往路利用率が50%で最も高く、調布線が34%、千葉線が32%、大宮線が24%である。各路線の距離は32～57kmである。

また、東京空港交通株式会社では空港アクセスバスの時刻表を公表しており、時刻表の所要時間は同一路線においても時間帯によって異なるため、5時間帯(早朝帯、朝ピーク帯、日中帯、夕ピーク帯、夜間帯)を設定し、各時間帯を運行する1日あたり1便を対象とする。対象便の概要を表-2に示す。

(3) 所要時間算出方法

空港アクセスバスに搭載されているGPS端末より取得される位置・時刻情報(GPSログ)のうち、各路線の発着バス停間で取得された時刻の差分から所要時間の算出を行う。所要時間の算出にあたっては、空港内での混雑の影響を排除するため、空港着便(往路)は各路線の始発バス停から空港内の最初のバス停まで、空港発便(復路)が空港内で最後に停車するバス停から各路線の終着バス停までの区間を対象とする。

4. 所要時間分析

(1) 所要時間に関する基礎的分析

全対象便の所要時間ヒストグラムを作成し、所要時間の分布形状から各路線、各時間帯における所要時間の傾向や特徴についての分析を行う。対象4路線の早朝帯の空港着便及び、夜間帯の空港発便のヒストグラムを図-3に示す。図は上から木更津線、調布線、千葉線、大宮線の順となっており、往路の利用率が高い順番となっている。往路利用率が低くなるにつれ、所要時間のばらつきが大きくなっていることがわかる。また、夜間空港発便に比べ、早朝帯空港着便の分布が全体的に右寄りであり、所要時間が大きくなっており、同じ路線においても道路交通状況によって所要時間分布が異なっていることがわかる。

各ヒストグラムには、各地を出発する鉄道の最小所要時間を点線で示しており、木更津線、調布線、千葉線空港発便(夜間帯)においては、所要時間が鉄道より小さく、速達性で鉄道に勝っている。一方、千葉線空港着便(早朝帯)、大宮線では、所要時間のばらつきが大きく、所要時間信頼性が低いことに加え、速達性においても鉄道に劣っていることがわかる。

(2) 所要時間信頼性分析

GPSデータより集計した路線別・便別所要時間より既存の所要時間信頼性指標を集計し、路線間、時間帯、往復での比較分析を行う。表-3に、各路線全時間帯の空港着便と空港発便について統計指標、路線間比較が可能な所要時間信頼性指標であるBTI、PTI、 λ skew、 λ verを示す。統計指標は平均値、最頻値、標準偏差、変動係数、分布の形状を表現する指標として尖度、歪度を集計する。

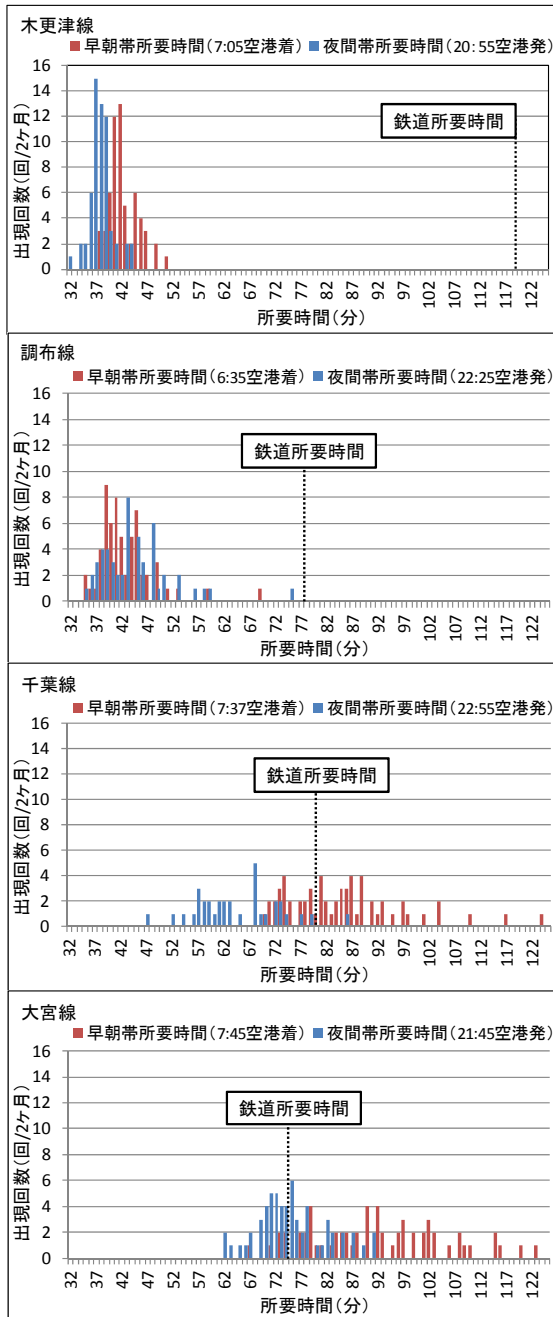


図-3 所要時間分布算出例

理想とされる空港アクセスバスの所要時間分布は、大幅な所要時間の遅れが少なく、所要時間のばらつきが小さい分布形状である。今回用いた統計指標に適合させると、標準偏差が小さく、尖度が大きく、歪度が小さく、変動係数が小さい指標値が最も時間信頼性が高いと考えられる。各時間分布図と比較すると、BTI値、 λ_{ver} 値、標準偏差及び変動係数は概ね整合がとれている。

5. 往復利用率と所要時間の関係性分析

各所要時間信頼性指標と往路利用率の関係分析を行う。図-4は、横軸に往路（空港着）の利用率、縦軸に早朝の空港着便（往路）の所要時間信頼性指標値をプロットしたものである。これより、 λ_{skew} 値以外の指標は往路利用率と所要時間信頼性に負の相関がみられる。利用者は所要時間信頼性が高いほど往路も空港アクセスバスを利用することが実データより明らかとなった。今後、分析路線数や対象便数を増やしていくことで往復利用率と所要時間の関係性の分析を行っていく。

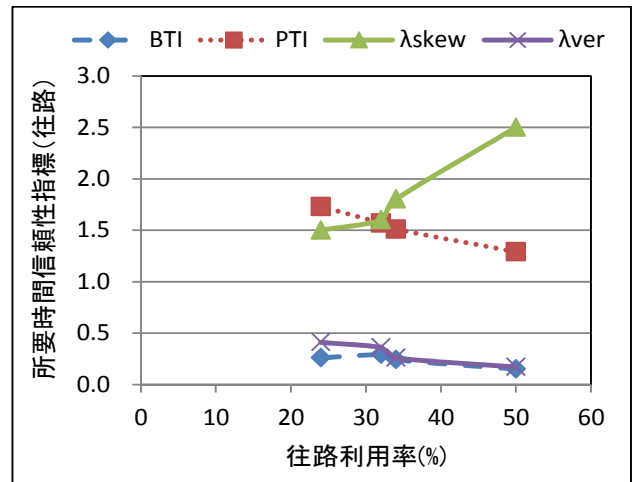


図-4 往路利用率と所要時間信頼性の関係（早朝・空港着便）

表-3 所要時間信頼性指標算出結果

木更津線													調布線												
	平均値(分)	95%タイル値(分)	最頻値(分)	標準偏差	尖度	歪度	変動係数	BTI	PTI	λ_{ver}	λ_{skew}	平均値(分)	95%タイル値(分)	最頻値(分)	標準偏差	尖度	歪度	変動係数	BTI	PTI	λ_{ver}	λ_{skew}			
早朝	空港着	43	49	42	2.8	0.4	0.8	6.7	0.15	1.29	0.17	2.5	43	53	39	5.5	8.2	2.3	12.9	0.24	1.51	0.26	1.8		
	空港発	34	38	32	2.5	-0.9	0.5	7.4	0.12	1.31	0.21	2.5	62	86	54	11.6	1.9	1.1	18.6	0.38	1.91	0.47	1.6		
朝ピーク	空港着	37	40	36	1.6	-0.2	0.4	4.3	0.09	1.18	0.11	1.0	49	64	50	6.2	0.9	0.7	12.5	0.30	1.64	0.39	1.7		
	空港発	33	36	33	2.8	16.7	3.0	8.6	0.09	1.29	0.12	1.0	該当便なし												
日中	空港着	37	39	37	1.2	-0.6	0.1	3.4	0.06	1.11	0.08	0.5	52	88	49	11.0	3.3	1.8	21.0	0.69	2.20	0.68	3.9		
	空港発	35	39	34	2.3	1.5	0.8	6.5	0.11	1.26	0.17	1.0	50	73	46	9.5	1.5	1.3	19.0	0.46	1.97	0.49	2.0		
夕ピーク	空港着	45	62	42	6.5	2.8	1.9	14.4	0.38	1.59	0.44	5.3	63	90	59	11.2	1.3	1.1	17.9	0.44	1.96	0.47	1.5		
	空港発	36	39	36	1.7	-0.1	0.1	4.8	0.09	1.22	0.11	1.0	91	119	92	14.9	-0.2	0.4	16.3	0.30	1.80	0.41	1.1		
夜間	空港着	36	41	36	2.9	10.2	2.7	8.1	0.13	1.24	0.17	2.0	47	63	43	5.1	4.1	1.5	10.9	0.34	1.62	0.23	0.8		
	空港発	38	43	37	2.2	1.7	0.5	5.8	0.13	1.34	0.13	1.5	44	59	43	7.1	5.7	1.8	16.0	0.33	1.69	0.42	2.6		
千葉線													大宮線												
	平均値(分)	95%タイル値(分)	最頻値(分)	標準偏差	尖度	歪度	変動係数	BTI	PTI	λ_{ver}	λ_{skew}	平均値(分)	95%タイル値(分)	最頻値(分)	標準偏差	尖度	歪度	変動係数	BTI	PTI	λ_{ver}	λ_{skew}			
早朝	空港着	85	110	74	11.2	2.0	1.2	13.2	0.29	1.57	0.36	1.6	92	116	79	13.1	-0.5	0.3	14.2	0.26	1.73	0.41	1.5		
	空港発	71	103	93	21.0	-1.6	0.4	29.7	0.45	2.29	0.63	0.6	該当便なし												
朝ピーク	空港着	86	124	84	14.2	4.1	1.8	16.6	0.45	1.77	0.41	2.4	該当便なし												
	空港発	69	86	72	8.8	-0.5	0.4	12.7	0.24	1.59	0.37	1.4	84	104	70	13.1	-1.2	0.0	15.6	0.24	1.73	0.36	1.1		
日中	空港着	86	98	85	5.2	3.2	1.6	6.0	0.14	1.27	0.14	3.0	84	103	85	11.1	-0.4	0.0	13.1	0.22	1.61	0.33	0.7		
	空港発	72	87	64	7.6	-0.7	0.1	10.6	0.22	1.50	0.28	1.2	89	126	76	15.7	1.4	1.4	17.5	0.41	1.91	0.53	4.0		
夕ピーク	空港着	90	106	88	7.3	0.9	1.2	8.1	0.18	1.31	0.23	3.0	91	116	83	9.9	1.7	1.3	10.8	0.27	1.55	0.28	3.2		
	空港発	82	99	85	8.9	-0.3	0.5	10.8	0.20	1.48	0.31	1.4	87	108	83	10.6	0.0	0.7	12.2	0.24	1.54	0.31	2.3		
夜間	空港着	72	80	70	4.8	3.0	1.4	6.6	0.12	1.23	0.16	2.7	84	91	78	4.9	-1.4	0.1	5.9	0.09	1.20	0.15	1.2		
	空港発	65	79	68	8.4	0.1	0.3	12.9	0.22	1.68	0.31	1.5	75	89	75	6.7	0.1	0.5	9.0	0.19	1.44	0.24	1.3		

本研究では、空港アクセスバスについて4路線を対象にバスプローブデータより所要時間信頼性分析を行った。空港アクセスバスの所要時間信頼性を路線別・便別に評価した結果、それぞれに差異があることがわかった。また、空港アクセスバスの往復利用率と所要時間信頼性指標値には負の相関があり、所要時間信頼性が高いほど往路の利用者が多くなることを明らかにした。

今後は対象を全路線に拡大し、往復利用率と所要時間信頼性の関係を明確にするとともに、航空旅客動態調査等を用いて利用者の実態を把握し、より利用者の選択行動と整合的である空港アクセスバスの所要時間信頼性指標の構築を行っていきたいと考える。

謝辞：本研究を遂行するに際し、データ提供等で東京空港交通株式会社の伊東様にご支援を頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

1) 綾城本祐，久保田勤，小島建太，齋藤潤：羽田空港

アクセス交通需要予測モデルの構築と改善施策の検討に関する調査研究，運輸政策研究，Vol.9, No.3, pp.2-13, 2006.

- 2) 若林拓史：各種旅行時間信頼性指標の比較と課題，土木計画学研究・講演集，No.39, CD-ROM(No.118), 2008.
- 3) 若林拓史，松本幸正，鈴木温，鈴木忠英：都市間高速道路の旅行時間の変動と管理者・利用者からみた旅行時間信頼性指標との関係，土木計画学研究・講演集，Vol.39, No.310, 2009.
- 4) 梶原一夫，中本浩志，石田貴志，野中康弘：所要時間信頼性に関する指標の提案と適用事例，土木計画学研究・講演集，Vol.39, No.321, 2009.
- 5) 宗像恵子，割田博，岡田知朗：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.37, No.123, 2008.
- 6) 割田博，坪井隆宏，船岡直樹，宗像恵子：首都高速道路を対象とした旅行時間信頼性による新たな評価手法の研究，土木計画学研究・講演集，Vol.39, No.331, 2009.

(?)