

道路整備による空港アクセスの 時間信頼性向上効果の分析

土屋 貴佳¹・福田 大輔²・坂下 文規³・武藤 智義⁴

¹正会員 社会システム株式会社 社会経済部 (〒150-0013 東京都渋谷区恵比寿一丁目20-22)
E-mail:tsuchiya@crp.co.jp

²正会員 東京工業大学大学院 (〒152-8552 東京都目黒区大岡山二丁目12-1-M1-11)
E-mail:fukuda@plan.cv.titech.ac.jp

³正会員 社会システム株式会社 社会経済部 (〒150-0013 東京都渋谷区恵比寿一丁目20-22)
E-mail:sakashita@crp.co.jp

⁴正会員 社会システム株式会社 社会経済部 (〒150-0013 東京都渋谷区恵比寿一丁目20-22)
E-mail:t-muto@crp.co.jp

今後の道路行政においては、道路の交通サービス向上の多面的な評価が求められるようになると考えられる。特に旅行時間の不確実性が引き起こす社会的不経済は大きく、適切なデータに基づいて分析・評価することが重要であり、時刻による制約が大きい空港アクセス道路等における時間信頼性の規定要因を明らかにすることの意義は大きいと考えられる。本研究では、長期間に亘って蓄積されたプローブデータを用い、首都圏を対象として羽田・成田空港への道路の時間信頼性の地域別や時間帯別の特徴を分析した。旅行時間信頼性の規定要因を統計的に明らかにし、構築したモデルを用いて三環状道路整備による効果を試算したところ、各時間帯を通じ高規格な道路ほど時間信頼性は高く、三環状道路整備により標準偏差は平均日見合いで12%向上するなどの知見を得られた。

Key Words : *airport access, travel time reliability, probe data, road construction*

1. はじめに

近年の道路行政では、交通ネットワークが概成してきたことや経済・社会活動の高度化などを背景に、交通サービス向上の多面的な評価が求められるようになりつつある。このような背景のもと、新たな評価の視点として、道路の旅行時間信頼性の現状評価、さらにはその将来予測方法の開発に対する社会的なニーズが高まりつつある。

旅行時間信頼性の将来予測に関しては、標準偏差や変動係数などの旅行時間信頼性指標を被説明変数とし、道路の性能要因、環境要因、平均旅行時間等を説明変数とした統計モデルを構築する試みが主に欧州を中心に行われており、いくつかの経験式¹⁾³⁾が提案されている。また国内においても、都市間高速道路においてETCデータを用いて算定式を検討した事例⁴⁾や、都市内一般道路において商用車プローブデータを用いて算定式を構築した事例⁵⁾なども見られる。このような中、近年のETC2.0や民間プローブデータをはじめとする詳細な旅行時間データの蓄積を背景に、国においてもより踏み込んだ取り組

みがなされるようになってきた。例えば、国土交通省国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」）でも、実務において用いられている交通量配分手法との整合性を念頭においた旅行時間信頼性の規定要因の統計モデルを構築し、道路整備による旅行時間信頼性向上便益の計測方法の基礎的検討を近年行っている⁶⁾⁷⁾。

さて、これらの既存の事例の共通の特徴として、当該道路の旅行時間信頼性指標に関して、その“日代表値”を説明するような統計モデルの構築を志向していることが挙げられる（但し前述の国総研のモデルでは、後述する平均日見合い時間の概念を用いて、時間帯別の旅行時間信頼性指標を日単位の値に変換している）。しかしながら、旅行時間の変動の水準は時間帯（特に混雑時と非混雑時）によって大きく異なり⁸⁾、変動の大きさを規定する要因も、時間帯や混雑の程度に応じて異なる可能性は十分に考えられる。

以上のような問題意識のもと、本研究では、近年大量に蓄積が進んでいる民間プローブデータを用いて、都市内道路を対象として、旅行時間信頼性の規定要因につい

て詳細な実証的検討を行う。その際、モデルの特定化に関しては、過去の分析事例に基本的には準拠しつつも、パラメータ推定を時間帯別に行うことにより、時間信頼性の規定要因の差異を明らかにすることを目標とする。

また、本研究では、首都圏における道路による空港アクセスの旅行時間信頼性に特に着目し、羽田空港・成田空港へ向かう経路を対象として、時間信頼性指標の規定要因モデルを構築する。空港アクセス交通はフライト搭乗時刻による到着時刻制約が非常に大きいことから、道路利用者の観点からも旅行時間信頼性の評価が特に重視されるトリップである^{9,10}。

最後に本研究では、構築した時間信頼性指標推計モデルを用いて首都圏の三環状道路整備による旅行時間の信頼性向上効果について試算を行う。

2. 分析データの作成

(1) 分析データ概要

民間プローブデータ、道路交通センサス一般交通量調査、道路交通センサスOD調査を用いて旅行時間の時間信頼性指標の推計モデルの構築や分析を実施する。以下に、本研究で用いるデータの概要と本研究での活用方法を示す。

民間プローブデータ

モニターに登録されたカーナビが取得した当該車両の走行軌跡の位置データをDRM¹¹区間単位に集計した旅行時間データで、日別15分単位別に収録されている。モデル構築に用いる平成22年（以下H22）道路交通センサスの対象年次との整合性を考慮して、DRM2203データ¹¹と紐づいている以下の期間を対象とする。表-1にデータ概要を示す。

表-1 民間プローブデータ概要

名称	ホンダ・インターナビ ・フローティングカーデータ
対象期間	2010年8月1日～2012年9月30日のうち、平日537日分のデータ
対象地域	首都圏1都4県（東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、茨城県）
本研究での活用	経路の所要時間や所要時間の標準偏差・変動係数等を算出するために用いる。 <時間帯> 時間帯別の比較を行うため、以下の時間帯ごとに集計して用いる ・朝時間帯：7～9時 ・昼時間帯：13～15時 ・夕時間帯：17～19時 ・平均日見合：(7時台×4+13時台×20)/24

H22年度道路交通センサス一般交通量調査

平成22年秋頃を対象における全国のセンサス対象道路（一般都道府県道・指定市の一般市道以上）を対象に区間別に道路状況調査、交通量調査、旅行速度調査結果が収録されたデータ。本研究では、経路の道路種別や車線数などの道路のサービス変数の算出や民間プローブの旅行時間データの欠損区間の補完値として用いる。

H22年度道路交通センサスOD集計用データ

平成22年の秋日1週間に移動した全国の自動車交通の発着地、車両属性、台数等の調査結果を車両の登録台数をベースに秋日1日のOD表として拡大・集計したデータ。本研究では、空港アクセスの道路利用者の利用台数、地域分布分析のためのデータ、旅行時間信頼性指標推計モデル推定の重み係数算出のためのデータとして用いる。

(2) 分析データの作成方法

空港アクセス利用車両の時間信頼性指標の分析・モデル推計を行うために、以下の手順で分析データを作成する。

a) リンク別旅行時間データ

対象期間の民間プローブデータをDRM2203の基本道路網区間単位で日別時間帯別に集計し、区間別の標準偏差 σ により外れ値を除外する。具体的には、検定統計量 τ のもとに $\mu \pm 3\sigma$ よりも外側のデータを外れ値として除外する。

b) 各経路の旅行時間・標準偏差等の推計

H22道路交通センサスの各Bゾーンから羽田空港・成田空港までのそれぞれの経路を道路ネットワークデータから旅行時間による最短経路探索を行い算出する。経路上の各リンクの旅行時間を足し上げ、日別時間帯別の旅行時間データを集計する。この際、探索に用いる旅行時間データは三環状道路整備による効果試算との整合性を考慮してH22道路交通センサスの実績断面交通量との現況再現を行った交通量配分結果における平均旅行速度データを用いる。

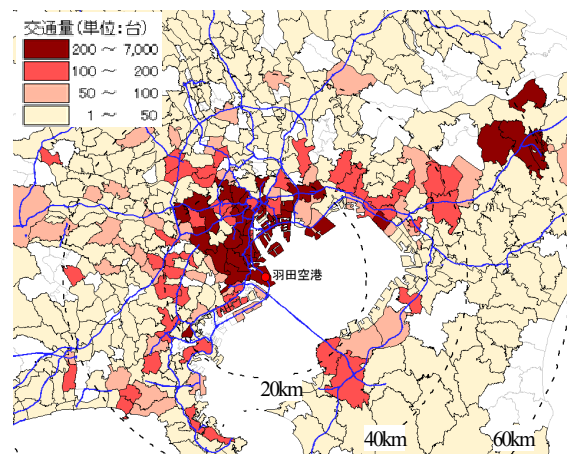


図-1 羽田空港発着の利用者分布

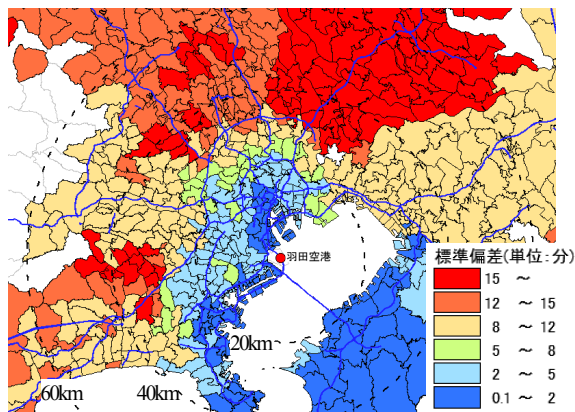


図-2 羽田空港発着の旅行時間標準偏差分布【朝】

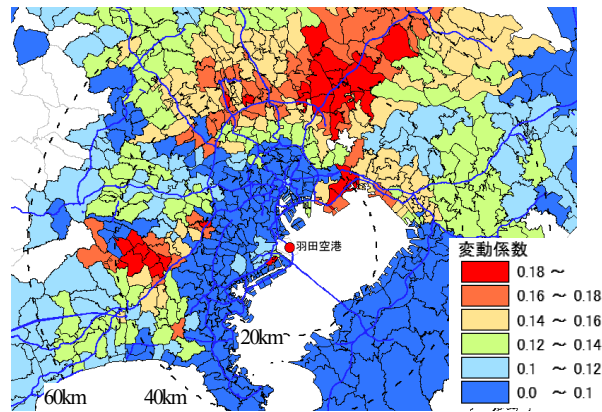


図-3 羽田空港発着の旅行時間変動係数分布【朝】

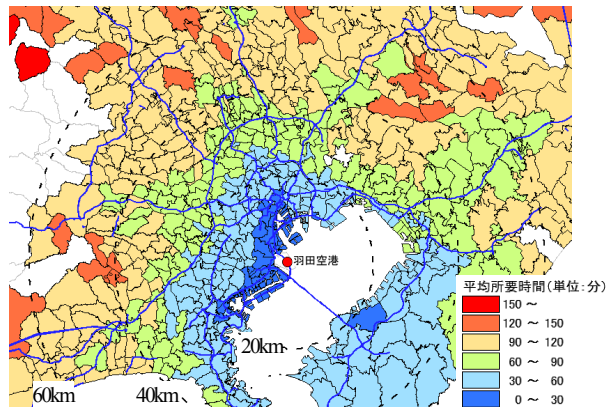


図-4 羽田空港発着の平均旅行時間分布【朝】

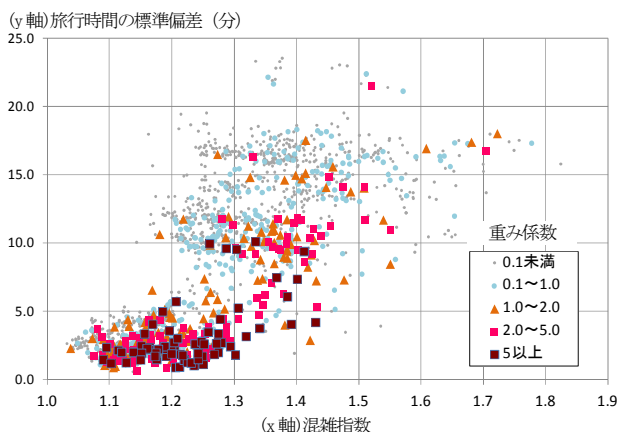


図-5 標準偏差と混雑指数の関係【朝】

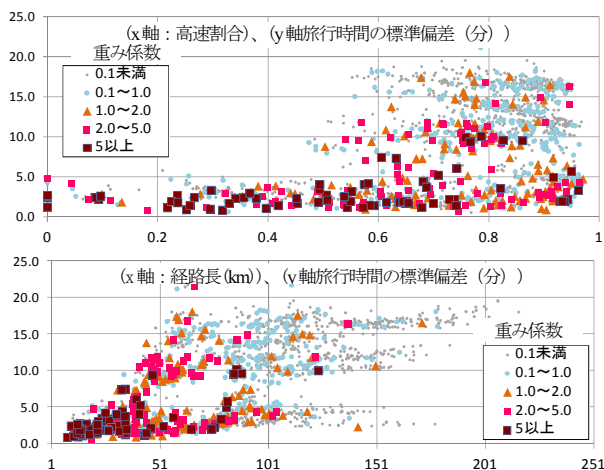


図-6 標準偏差と高速割合(上)・経路長(下)【朝】

対象範囲内のBゾーン数は全859ゾーン(東京都:137, 神奈川県:182, 埼玉県:185, 千葉県:170, 茨城県:175)である。

さらに、「時間信頼性指標算定マニュアル」¹²⁾におけるデータスクリーニング方法を参考に、経路ごとに旅行時間データのスクリーニングを行った上で、経路毎の時間帯別平均旅行時間、旅行時間標準偏差・変動係数等を算出する。データスクリーニングの具体的な方法は以下の通りである。

- ・全経路長に占めるプローブデータの欠損区間が2割以上の日のデータは除外
- ・欠損区間は、全日平均の経路旅行時間に占める欠損区間の旅行時間割合を当該日の旅行時間に適用することで補正
- ・1日もデータが取得できていない区間は、H22道路交通センサスの非混雑時旅行速度で補完

また、H22道路交通センサス一般交通量調査データを用いて、経路毎の道路種別別の利用距離・平均車線数等のサービス変数を算出する。さらに、H22道路交通センサスOD集計用データのゾーン間交通量データから、下式に示す時間信頼性指標推計モデルを推定するための重み係数をサンプル数 N をトータル値として算出する。

$$wh_{ij} = N \cdot \frac{q_{ij}}{\sum_{\forall i,j} q_{ij}}$$

wh_{ij} : ゾーン ij 間の重み係数, q_{ij} : ゾーン ij 間の交通量(台/日), N : サンプル数(=ODペア数)

(3) 分析データの集計分析

a) 空港アクセス利用者分布

図-1は、羽田空港を発着地とする各Bゾーンの交通量の地域分布である。1都4県で4万台/日であるのに対し、東京都が67%(うち95%が東京都区部)、次いで千葉県が15%、神奈川県が14%である。多くのトリップが20~30km程度以内と首都高速のみを利用するようなトリッ

ブが多いことが分かる。また、高速道路沿線における利用者数が多く、空港アクセスにおける自動車利用者は、交通サービスの高いほど利用者が多いことが考えられる。

b) 旅行時間関連指標の分布

図-2-4は、それぞれ各Bゾーンから羽田空港までの朝時間帯における旅行時間の標準偏差、変動係数、平均時間の地域分布である。距離に応じて大きくなる傾向があるものの、東名・首都高神奈川線等がある神奈川方面では、いずれの指標とも低く他方面と比較して羽田への交通サービスが良いと言える一方で、中央道方面や埼玉方面の標準偏差は比較的高くなっているなど、地域・方面によって傾向が異なる。

c) 標準偏差と関連指標のクロス分析

時間信頼性指標と主な関連指標との関係を示す。図-5は朝時間帯の各Bゾーンから羽田空港・成田空港間の旅行時間の標準偏差と混雑指数CI(平均旅行時間/自由流旅行時間)を、図-6は高速割合、経路長を重み係数別に示したものである。重み係数の低い地域ではばらつきが大きいものの重み係数2.0以上のサンプルにおける標準偏差と混雑指数の相関係数は0.80であり、正の相関があると言える。また高速割合・経路長とも正の相関がみられる。

3. 旅行時間信頼性指標推計モデル

(1) 時間信頼性指標推計モデルの構築

既往研究における時間信頼性指標推計モデルを参考に以下の3つのモデルを構築する。その際、例えば既往の線形モデル⁹⁾では、便益評価に着眼することから全国・平均日見合いによる推計であるが、本研究では都市内道路を対象として時間帯別により詳細な検討を行い、それらの差異を明らかにすることを主眼とする。終日の信頼

性をモデルパラメータ推定にあたっては、空港アクセスに関する道路利用者の実態を反映させるために、前述した交通量による重み係数 (w_{ij}) による重み付き最小二乗法での推定を行う。この際、非線形モデルについては、非線形重み付最小二乗法を用いる。

a) 線形モデル

旅行時間の標準偏差を目的変数とする線形の回帰モデルであり、前述した国総研の推計モデル⁹⁾を参考に設定する。説明変数は、国総研の推計モデルで設定している混雑指数、高速道路、一般道路の多車線距離、一般道路の2車線距離に加え、時間信頼性に影響を及ぼすと考えられる道路のサービス変数を設定する。

$$SD_{ij} = \sum \theta_k \cdot X_{ijk}$$

SD_{ij} : ゾーン ij 間の旅行時間標準偏差 (分) , θ_k : k 番目のサービス変数に対するパラメータ, X_{ijk} : ゾーン ij 間の k 番目のサービス変数

b) べき乗モデル

旅行時間の変動係数を目的変数とするべき乗型の非線形モデルであり、英国国交省における算定式²⁾を参考に説明変数を設定する。説明変数は、混雑指数、経路長に加え時間信頼性に影響を及ぼすと考えられる道路のサービス変数を設定する。

$$CV_{ij} = \prod (X_{ijk})^{\theta_k}$$

CV_{ij} : ゾーン ij 間の旅行時間変動係数(旅行時間の標準偏差/平均旅行時間), θ_k : k 番目のサービス変数に対するパラメータ, X_{ijk} : ゾーン ij 間の k 番目のサービス変数

c) 指数モデル

旅行時間の変動係数を目的変数とする指数型の非線形回帰モデルであり、Eliasson(スウェーデン)¹⁾を参考に説

表-2 パラメータ推定結果 (線形モデル)

上段: パラメータ, 下段括弧内: t値

< a. 線形モデル (国総研式) >										
時間帯	定数項	混雑指数	高速道路 距離 (km) $D1$	一般道路 多車線距離 (km) $D2$	一般道路 2車線距離 (km) $D3$	平均 車線数 (車線) LN	平均 車道幅員 (m) WD	混雑区間 通過数 (箇所) CO	高速距離 割合 RH	サンプル 調整済み 決定係数
朝	-33.818 (-60.535)	28.203 (60.989)	0.077 (51.820)	0.042 (3.913)	0.127 (20.719)					1.625 0.894
昼	-34.416 (-31.798)	28.805 (32.569)	0.092 (45.500)	0.130 (9.657)	0.145 (15.251)					1.559 0.733
夕	-30.002 (-31.140)	25.392 (32.090)	0.080 (48.750)	0.121 (11.180)	0.117 (14.690)					1.556 0.746
日	-36.755 (-51.420)	31.538 (51.180)	0.055 (30.430)	0.188 (12.450)	0.203 (11.390)					1.137 0.874
日	-32.028 (-41.108)	31.415 (55.304)	0.066 (34.263)	0.134 (9.149)	0.171 (10.244)	-0.964 (-11.363)				1.137 0.894
日	-34.905 (-48.711)	31.510 (53.570)	0.062 (32.140)	0.154 (10.302)	0.188 (10.988)		-0.083 (-8.454)			1.137 0.886
日	-32.734 (-42.690)	27.884 (41.620)	0.044 (22.520)	0.202 (14.330)	0.226 (13.490)			0.260 (10.570)		1.137 0.891
日	-36.021 (-38.914)	31.677 (50.601)	0.059 (16.274)	0.170 (8.311)	0.191 (9.419)				-1.253 (-1.246)	1.137 0.875

表-3 パラメータ推定結果 (べき乗、指数モデル)

< b. べき乗モデル (英国式) >

	定数項	混雑 指数 <i>Cl</i>	経路長 (km) <i>D</i>	平均 車線数 (車線) <i>LN</i>	混雑区間 通過数 (箇所) <i>CO</i>	高速道路 距離割合 <i>RH</i>	サンプル 調整済み 決定係数
朝	0.037 (31.346)	3.867 (55.529)	-0.012 (-2.122)				1.625 0.753
昼	0.009 (18.130)	6.711 (54.440)	0.269 (25.400)				1.559 0.756
夕	0.014 (19.450)	6.071 (46.830)	0.183 (18.300)				1.556 0.689
日	0.044 (11.824)	5.928 (50.248)	-0.110 (-5.364)				1.137 0.779
日	0.080 (8.822)	5.832 (50.644)	-0.031 (-1.390)	-0.564 (-7.397)			1.137 0.794
日	0.070 (8.806)	5.142 (31.529)	-0.231 (-8.241)		0.178 (7.866)		1.137 0.689
日	0.034 (6.389)	5.864 (48.107)	-0.054 (-1.603)			-0.223 (-2.027)	1.137 0.780

上段：パラメータ，下段括弧内：t値

< c. 指数式 (スウェーデン) >

定数項	混雑指数 <i>Cl</i>	混雑指数 3乗 <i>Cl</i>	サンプル 調整済み 決定係数
-3.641 (-134.110)	4.864 (42.680)	-4.542 (-18.710)	1.625 0.808
-4.119 (-60.230)	9.513 (22.790)	-27.327 (-13.370)	1.559 0.653
-4.134 (-68.050)	9.969 (24.190)	-36.729 (-14.950)	1.556 0.661
-4.119 (-86.540)	9.093 (35.390)	-18.574 (-13.340)	1.137 0.840

表-4 時間帯別の各指標の平均値

	平均 標準偏差 (分)	平均 変動係数	平均 混雑指数	平均 平均旅行 時間 (分)
朝	4.09	0.08	1.24	45.82
昼	4.03	0.09	1.20	45.14
夕	3.50	0.08	1.19	44.11
日	5.02	0.09	1.20	54.79

表-5 試算の設定条件

	追加区間
中央環状	品川線
外環道	三郷南～高谷 大泉～東名
圏央道	桶川北本～つくば中央、茅ヶ崎～八王子、 東金～木更津東、稲敷～東金、釜利谷～藤 沢、栄～戸塚

明変数を設定する。

$$CV_{ij} = \exp(\alpha + \beta(Cl_{ij} - 1) + \gamma(Cl_{ij} - 1)^2)$$

CV_{ij} ：ゾーン ij 間の旅行時間変動係数(旅行時間の標準偏差/平均旅行時間)， α ， β ， γ ：パラメータ

各推定式のパラメータ推定に用いるサービス変数を以下に示す。

Cl ：混雑指数 (平均旅行時間/自由流旅行時間)

D ：経路長(km)

$D1$ ：経路のうち高速道路距離(km)

$D2$ ：経路のうち一般道路多車線距離(km)

$D3$ ：経路のうち一般道路2車線距離(km)

LN ：平均車線数(車線) (区間長で加重平均した車線数)

WD ：平均車道幅員(m) (区間長で加重平均した車道幅員)

CO ：混雑区間通過数(箇所)¹³⁾

RH ：高速距離割合(全経路に占める高速道路距離の割合)

(2) パラメータ推定結果

表-2.3にパラメータ推定結果を示す。モデルにより若干の違いはあるものの、パラメータの符号条件や決定係数からみると概ね良好なモデルが構築できていると考えられる。構築した3つの式形のモデルのうち、総じて、

旅行時間の標準偏差を目的変数とする線形モデルの適合度が最も高く、決定係数が0.73～0.89となっている。

線形モデル式を見ると、時間帯によって違いはあるものの、道路種別延長のパラメータの大小関係は概ね高速<一般多車線<一般2車線、の傾向を示している。また、平均車線数、平均車道幅員、高速距離割合のパラメータが負であることから、多車線・高速道路など規格の高い道路の利用に応じて時間信頼性が高くなると言える。

時間帯別に見ると、線形モデルでは混雑指数のパラメータの大小関係は夕<朝<昼、となっている。朝の時間帯は、平均の混雑指数、平均旅行時間が高いことから(表-4)、他の時間帯より交通流が飽和状態に近く昼の時間帯と比べて混雑の増加による標準偏差への影響が少ないものと考えられる。昼の時間帯は夕時間帯と平均混雑指数や平均旅行時間が同程度にも関わらず、混雑指数のパラメータが大きい。これは、昼の時間帯は道路を利用者の目的や属性が比較的多様であるため、車両の旅行速度にもばらつきが生じることによると考えられる。一方で、変動係数は時間帯別に大きな差異がなく標準偏差と平均旅行時間が比例関係にあることが伺える。

全国・1日を対象とした線形の既往モデル⁹⁾の混雑指数のパラメータ6.545に対して、首都圏を対象とした本研究の線形モデルの平均日見合のパラメータは4.5倍程度であり、全国と比較して交通量の多い首都圏においては、時間信頼性に対する感度が高いと言える。

表-6 旅行時間の標準偏差の向上効果

	平均		最大	
	増減数	増減率	増減数	増減率
朝	0.1分減	2.5%減	10.4分減	46%減
昼	0.2分減	4.0%減	8.8分減	87%減
夕	0.2分減	4.8%減	7.4分減	86%減
日	0.6分減	11.6%減	6.5分減	69%減
<参考>既存の線形モデル ⁹⁾ による試算				
日	0.1分減	5.6%減	1.1分減	49%減

4. 首都圏三環状道路整備による旅行時間信頼性指標向上効果の試算

(1) 試算方法

H22.10現在の道路ネットワークに表-5に示す三環状道路を追加し、H22道路交通センサスOD表をもとに交通量配分を実施し平均旅行速度を算出する。推計平均旅行速度で経路探索を実施し、モデルに入力するサービス変数を算出する。これらを構築した各時間帯別の線形モデル(表-2の上位4つ)に適用し、三環状整備前後の旅行時間の標準偏差の向上効果を比較する。

(2) 試算結果

平均日見合いでみると、標準偏差が平均で0.6分(11.6%)、最大で6.5分(69%)減少し、時間信頼性が向上する結果となった(表-6)。時間帯別では、平均では夕時間帯が最も減少率が高く4.8%減となった。全国を対象とした既存の線形モデルと比較すると減少率が約2倍であり、首都圏における時間信頼性の感度が高いことが分かる。三環状道路が整備されることにより、時間信頼性の高い高速道路が多く利用され、時間信頼性が向上したものと考えられる。

5. まとめ

本研究では、長期間に亘って蓄積された民間プローブデータを用い、首都圏を対象として羽田空港・成田空港への道路の時間信頼性の地域別・時間帯別の特徴を分析した。構築した3つの式形のモデルのうち、旅行時間の標準偏差を目的変数とする線形モデルの決定係数は0.73~0.89であり、総じて最も適合度が高い結果となった。旅行時間の標準偏差を時間信頼性指標とした線形モデルの推定結果より、旅行時間の標準偏差は道路種別別の延長、車線数、車道幅員と有意な負の相関関係があり、高速道路等より規格の高い道路の時間信頼性は高いことが明らかになった。時間帯別にみると朝時間帯の平均の旅行時間、混雑指数、標準偏差は最も高い。一方で、推定結果の各パラメータの感度は、昼時間帯より朝時間帯が

低い結果となった。これは、交通流の飽和状態に近い朝時間では混雑の増加による影響は相対的に低いと考察される。構築した推計モデルによる試算結果では、首都圏三環状道路整備により旅行時間の標準偏差(平均日見合)が平均で12%減少する結果となり、首都圏三環状道路整備が旅行時間の信頼性向上に資することが示唆された。

謝辞: 本研究は、道路政策の質の向上に資する技術研究開発「道路の旅行時間信頼性の評価と運用に係る研究開発」(代表者: 福田大輔), および、文部科学省科学研究費補助金基盤研究B(代表者: 福田大輔, 番号: 25289160)の支援を受けて行われた。

参考文献

- 1) Eliasson, J.: Forecasting travel time variability, *European Transport Conference*, 2006.
- 2) UK DfT (Department for Transport of United Kingdom) Forecasting travel time variability in urban areas, *Technical Report*, 2007.
- 3) Peer, S., C.C. Koopmans, and E. Verhoef: Prediction of travel time variability for cost-benefit analysis,” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 46, No. 1, pp. 79-90, 2012.
- 4) 福田大輔, 伊藤愛実: ETC データを用いた旅行時間信頼性の予測方法に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.45, 2012.
- 5) 谷下雅義, 横山将大, 福田大輔: プローブデータを用いた旅行時間信頼性の規定要因, 土木計画学研究・講演集, Vol.45, 2012.
- 6) 地域未来研究所・交通工学研究会設計共同体: 道路交通の時間信頼性の分析方法に関する業務報告書, 国土交通省国土技術政策総合研究所発注業務, pp.179-220, 2014.
- 7) 一般財団法人国土技術センター: 平成 25 年度道路事業における多様な整備効果の評価手法に関する検討業務報告書, 国土交通省国土技術総合研究所発注業務, pp.60-99, 2014.
- 8) Fosgerau, M., Fukuda, D.: Valuing travel time variability: characteristics of the travel time distribution on an urban road, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol.24, pp.83-101, 2012.
- 9) Koster, P., Kroes, E. and Verhoef, E. Travel time variability and airport accessibility, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol.45, pp.1545-1559, 2011.
- 10) 荻原貴之, 岩倉成志, 野中康弘, 伊東祐一郎: 羽田空港リムジンバスを対象とした旅行時間信頼性の評価, 土木学会論文集 D3, Vol.70, No.5, pp.I_589-I_596, 2014.
- 11) デジタル道路地図 DRM2203.
- 12) 国土交通省国土技術総合研究所: 時間信頼性指標値算定マニュアル, 国土技術総合研究所資料 No.790, 2014.
- 13) 「首都圏中心部高速道路の主要渋滞箇所」30 区間および「関東管内高速道路の主要渋滞箇所」61 区間, 国土交通省関東地方整備局公表資料

(2015.4.24 受付)