

# 選好意識調査と統合モデルに基づく旅行時間変動価値の推計の試み\*

## Measuring Value of Travel Time Variability Based on Stated Preference Survey and an Integrated Behavioral Model\*

高橋 茜\*\*・福田 大輔\*\*\*

By Akane TAKAHASHI\*\*・Daisuke FUKUDA\*\*\*

### 1. 背景と目的

近年の経済活動の高度化や生活水準の向上に伴い、通勤や業務目的のトリップにおける旅行時間の定刻性の価値に関する社会的関心が高まっている。移動の途中における予期しなかった時間遅延や行動中止は、利用者に対して機会損失や信用失墜などをもたらす。しかし、現行の日本の道路事業評価では、道路利用者の直接便益として貨幣換算可能と見なされているのは、走行時間短縮、走行費用減少、交通事故減少の3効果であり、旅行時間の定刻性向上の経済便益については、考慮されていない。

旅行時間信頼性向上の経済便益は時間短縮便益と比べても無視し得ない大きさであり、欧州では費用便益分析への導入のための理論的・実用的な分析手法の検討が近年多く試みられている。そのような中で、Fosgerau and Karlström<sup>1)</sup>及びFosgerau and Fukuda<sup>2)</sup>は、旅行時間変動の経済的価値を比較的容易に推計可能な旅行者の行動モデルを提案している。このモデルは、1. ミクロ経済理論と整合、2. 個人の選好調査から推計可能、3. 標準的/やや発展的な需要予測モデルへ適用可能、等の要件<sup>3)</sup>を兼ね備えており、プロジェクト評価への適用が期待される。本研究は、このうち2.を検討対象とするものであり、選好意識調査データをこの統合モデルに適用して旅行時間変動価値を推計し、結果の妥当性を検証することを目的とする。

### 2. 統合モデルによる旅行時間変動価値の推計

#### (1) 統合アプローチの概要

旅行時間変動価値推計の実務において多用される平均-分散アプローチは、標準偏差等の旅行時間変動尺度を効用関数に直接引数として入れている。実適用は容易であるが厳密な理論的背景を持たない。一方、別の代表的アプローチであるスケジューリングアプローチは、旅行者が希望到着時刻から早着するか/遅着するか

で効用を規定しており、ミクロ的基礎を持つモデル化がなされていると言える。しかし、データ収集の困難さや旅行時間分布の仮定の妥当性に対する疑問等が依然として残されている。すなわち、旅行時間変動の経済評価に向けては、両アプローチの相互補完が必要となる。

Fosgerau and Karlström<sup>1)</sup>並びにFosgerau and Fukuda<sup>2)</sup>による統合アプローチは、Noland and Small<sup>4)</sup>のアプローチを発展させたもので、スケジューリング・アプローチ型の効用関数から定式化を開始し、任意の旅行時間分布のもとでの旅行者の最大期待効用が平均-分散モデルの形式に帰着することを示したものである。旅行者の希望到着時刻は明示的には現れず、さらに、シンプルな平均-分散型の表現形式であることから、実適用も比較的容易となっている。

#### (2) 出発時刻選択モデル

旅行者の希望到着時刻をあらかじめ0に基準化する。その効用は、実旅行時間 $T$ と先行出発時刻 $-D$ によって規定されるものとし、早着並びに遅着の程度と実際の旅行時間に基づいて式(1)のように特定化する。

$$U(D, T) = \eta D + \omega T + \lambda(T - D)^+ \quad (1)$$

式(1)の各項は、第一項：旅行時間が変動することを見越して早く出発する早発不効用、第二項：旅行時間の長さによる不効用、第三項：希望到着時刻よりも遅く到着する遅着不効用と解釈することができる。ここで $(T - D)^+$ は遅着時間に相当し、正ならその値を返し、負であれば0の値を返す。また $\eta, \lambda, \omega$ は、各要因の限界効用を表わすパラメータである。

旅行時間不確実性については、 $T$ を確率変数と見なし、式(2)のように位置-尺度型の形式で表す。

$$T = \mu + \sigma X \quad (2)$$

ここで $X$ は平均0、分散1の密度関数 $\phi(\cdot)$ 並びに分布関数 $\Phi(\cdot)$ に従う確率変数で、基準化旅行時間と称される<sup>1)</sup>。平均旅行時間 $\mu$ 並びに標準偏差 $\sigma$ については、出発時刻 $-D$ に依存して変化することも許容される<sup>1)</sup>。しかし、その場合でも $X$ の密度関数 $\phi$ は $D, \mu, \sigma$ には依存しないという仮定が必要である。以下の単純ケースでは、 $\mu$ と $\sigma$ は一定で、それぞれ $\mu_0, \sigma_0$ の値をとるものとする。以上の設定のもとで、期待効用最大化

\* キーワーズ：時間変動価値，旅行時間分布，行動モデル

\*\* 正会員 修(工)清水建設株式会社[元東京工業大学学生]

\*\*\* 正会員 博(工)東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻

(〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1-M1-11)

TEL 03-5734-2577, FAX 03-5734-3578)

問題を解いて得られる最大期待効用は、式 (3) のように表される<sup>1),2)</sup>。

$$EU(D^*) = (\eta + \omega)\mu_0 + \lambda H(\Phi, \eta/\lambda)\sigma_0 \quad (3)$$

$$\text{where } H\left(\Phi, \frac{\eta}{\lambda}\right) = \int_{1-\eta/\lambda}^1 \Phi(x)dx \quad (4)$$

ここで式 (4) で定義される  $H(\cdot)$  は、与えられた基準化旅行時間分布  $\Phi$  並びに旅行者のスケジューリング嗜好  $\eta, \lambda$  に対して定数となる。

式 (3) より、最大期待効用が平均旅行時間  $\mu_0$  と標準偏差  $\sigma_0$  の線形和で表されることが分かる。これより、旅行時間変動の尺度として標準偏差を適用することの理論的根拠が示されたと考えられる。式 (3) は、旅行時間標準偏差の限界効用は  $\lambda H$  で与えられ、それが基準化旅行時間分布の形状と旅行者の嗜好に依存して決まることを示している。

### (3) 統合アプローチに基づく VTTV 推計の手順

式 (3) より、旅行時間変動を考慮した場合の旅行者の期待効用  $EU$  は式 (5) のように表現することができる。

$$EU = \theta \times \mu_0 + \kappa \times \sigma_0 \quad (5)$$

ここで、 $\theta = \eta + \omega$ 、 $\kappa = \lambda H(\Phi, \eta/\lambda)$  である。これより信頼性比は、旅行時間価値 (VTT) と旅行時間変動価値 (VTTV) の比として、

$$RR = \frac{VTTV}{VTT} = \frac{\lambda H(\Phi, \eta/\lambda)}{\eta + \omega} = \frac{\kappa}{\theta} \quad (6)$$

と表わされる。

統合モデルにおいては、まず式 (5) に対応した平均-分散アプローチの効用関数パラメータを選好意識調査に基づいて推定する ( $\hat{\theta}, \hat{\kappa}$ )、信頼性比の推計値  $\hat{RR}$  を求める。その後、式 (6) の関係に基づいて、スケジューリングモデルにおけるパラメータを復元する ( $\hat{\eta}, \hat{\omega}, \hat{\lambda}$ )。その際、基準化旅行時間の分布関数  $\Phi$  の情報があらかじめ必要になる。旅行時間分布については、左右非対称であることや右裾が長いなど、経験的に見られる特性を再現し、かつ、集計化のために好ましい経験的特性を有していることが望ましい。これまでの筆者らの研究<sup>2),3),5)</sup> より一般道路、高速道路、鉄道等の相違に関わらず、安定分布という統計分布族<sup>6)</sup> にいずれも近い形状であることが明らかとなっている。本研究では、福田ら<sup>7)</sup> により得られた高速道路の実旅行時間データを用いて安定分布を推計し ( $\hat{\Phi}$ )、さらに、選好意識調査から得られる最適遅着確率<sup>8)</sup> の推計値  $\hat{\lambda}$  を用いることで、元のスケジューリング関数 (式 (1)) の各嗜好パラメータを推計することができる ( $\hat{\theta}, \hat{\kappa}, \hat{\Phi}$  から  $\hat{\eta}, \hat{\omega}, \hat{\lambda}$  への変換)。

得られた信頼性比を、現行の費用便益分析ガイドライン等で用いられている旅行時間価値に乗じることで、旅行時間変動価値を最終的に求めることができる。

## 3. 選好意識調査

### (1) 経路選択実験の概要

本研究では、旅行時間分布に対する利用者反応を見るための選好意識調査 (経路選択実験) を実施する。調査においては、旅行時間分布並びに最適遅着確率の情報を実験的に操作する必要がある。しかし、経路選択を繰り返すために、被験者に飽きが生じたり、不確実性下での意思決定のため旅行時間分布が正確に認識されるかどうかといったリスク認知の観点からの課題が残されている。例えば Tseng et al.<sup>9)</sup> では、9 つの異なる旅行時間分布の被験者への表示方法について検証し、表示の明快さ、選択のしやすさ、全ての情報の考慮のしやすさ、表示の魅力、選択への答えやすさ等の観点から、回答者の教育水準等に関わらず、棒グラフ等よりも数字による直接的表示の方が、情報の考慮のし易さ・回答の答え易さ等の観点で一番優れると結論付けている。

以上の基本的考えに立脚し、本研究で行ったインターネット調査では、図 - 1 のような表示形式により、被験者に二つの経路 A, B のうちいずれか一方を選択することを要請した。選択実験においては、各経路の旅行時間変動と到着時刻の制約 (≡ 最適遅着確率) をコントロールすることにより、被験者に対して多様な旅行時間分布の状況を提示している。

選択に先立ち想定してもらった実験の前提条件は下記のとおりである。

1. 毎朝、自動車を利用して会社に通勤している。
2. 二つの道路 A, B の長さや構造は全く同じだが、唯一、旅行時間変動のみが異なる。
3. 旅行時間変動は、過去約 100 日間の調査から予め分かっており、「平均旅行時間」と「早着・遅着が起こった回数」によって、図 - 1 のように表される。
4. 自宅を出発する時刻は毎日同じである。

以上の条件のもとで、各被験者には、ずっと同じ道路を利用し続けるつもりで経路選択を行うよう指示した。

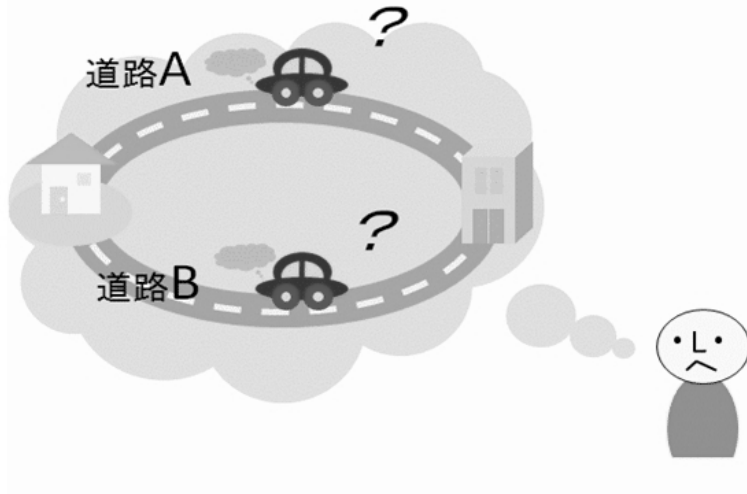
### (2) 実験計画

次に、選択肢プロファイルの作成方法は次のとおりである。まず式 (2) に従い、前述の安定分布より 100 個の乱数を発生させた。これらの乱数に対し、あらかじめ表 - 1 のように設定された平均旅行時間、標準偏差を用いて 100 個の旅行時間乱数へと変換させた。その上で、別途予め与えられた最適遅着確率 (表 - 1) を用い、希望到着時刻に対する早着/遅着の差の時間を算出した。予め設定した各階級 (図 - 1) に対し、これらの結果を用いて度数分布表を作成した。

なお、表 - 1 に示す通り、経路選択実験における平均旅行時間、標準偏差、最適遅着確率の組み合わせ

実際に、通勤でこのような状況に直面したことを想定してお答えください

設問の説明 ※リンク先の画像が小さい場合は  
画像上でクリックをすると大きくなります



道路	過去約“100”日間の 平均所要時間	早着・遅着が起こった回数(過去約“100”日間の実績)							
		20分 以上 早着	10分以上～ 20分未満 早着	0分以上～ 10分未満 早着	0分以上～ 10分未満 遅着	10分以上～ 20分未満 遅着	20分以上～ 30分未満 遅着	30分以上～ 40分未満 遅着	40分以上 遅着
A	54分	26回	50回	14回	5回	2回	1回	1回	1回
B	54分	1回	8回	61回	19回	6回	2回	1回	1回

AA

できましたら、約一分間ほどかけて、二つの道路の違いを、比べて下さい。

しっかりご検討いただけましたでしょうか？それでは、お答え下さい。

- 道路Aをずっと利用する
- 道路Bをずっと利用する

図 - 1 選好意識調査における経路選択実験の表示例

は各 5 通りである。因子数が 3 で各 5 水準なので、 $5 \times 5 \times 5 = 125$  通りの選択肢プロフィールプロフィールが作成され、その組み合わせは  $125 \times 1244 = 15,500$  通りとなる。本研究では合崎・西村<sup>10)</sup>の方法に基づき、この中から 100 個の選択肢の組み合わせを部分抽出し、さらにこの 100 個の中からランダムに抽出された 18 個の選択実験を各被験者に提示している。

調査対象者は全国の 20 代から 50 代の男女で、普段通勤に自動車を利用している人のみが被験者となるようスクリーニングした。調査は 2010 年 1 月 16 日から 1 月 20 日にかけてマーケティングリサーチ会社の WEB モニターを対象に実施した。調査の信頼性を高めるために、曖昧・いい加減な回答を除去するためのいくつかのスクリーニングをさらに行った。分析に用いるサンプル数は 232 である。それぞれが 18 の異なる経路選択を行っており、合計 4176 の選択データとなった。

表 - 1 選好意識調査における各因子とその水準

因子	水準				
平均旅行時間	48 分	54 分	60 分	66 分	72 分
標準偏差	8 分	10 分	12 分	14 分	16 分
最適遅着確率	0.3	0.2	0.4	0.1	0.5

#### 4. 統合モデルのパラメータ推計結果と考察

##### (1) モデルの特定化

本研究ではランダム効用理論に基づき、個人  $i$  の  $t$  番目の選択実験における二つの経路 A, B の期待効用差関数  $\Delta EU_{it} \equiv EU_{it}^A - EU_{it}^B$  を次のように幾通りかの形で特定化し、推定結果の比較を行うこととした。なお、各説明変数の定義は以下のとおりである。

- $\mu_{it}^A, \mu_{it}^B$ : 選択肢 A および B の平均旅行時間(分)

Model 1 (二項ロジットモデル)

$$\begin{aligned} \Delta EU_{it} = & \theta(\mu_{it}^A - \mu_{it}^B) + [\kappa + \kappa_F \times \text{Female}_i + \kappa_{AGE} \times \text{Age(above30)}_i \\ & + \kappa_{INCOME} \times \log(\text{Income})_i + \kappa_{COM} \times \text{ComTime}_i](\sigma_{it}^A - \sigma_{it}^B) + \varepsilon_{it}, \\ \varepsilon_{it} \sim & \text{Logistic}(0, 1) \end{aligned} \quad (7)$$

Model 2 (パネル二項ロジットモデル)

$$\begin{aligned} \Delta EU_{it} = & \theta(\mu_{it}^A - \mu_{it}^B) + [\kappa + \kappa_F \times \text{Female}_i + \kappa_{AGE} \times \text{Age(above30)}_i \\ & + \kappa_{INCOME} \times \log(\text{Income})_i + \kappa_{COM} \times \text{ComTime}_i](\sigma_{it}^A - \sigma_{it}^B) + \xi_i \\ & + \varepsilon_{it}, \xi_i \sim N(0, \omega_\xi^2), \varepsilon_{it} \sim \text{Logistic}(0, 1) \end{aligned} \quad (8)$$

Model 3 (二項ロジットモデル (正規ランダム係数))

$$\begin{aligned} \Delta EU_{it} = & \theta(\mu_{it}^A - \mu_{it}^B) + [\kappa^i + \kappa_F \times \text{Female}_i + \kappa_{AGE} \times \text{Age(above30)}_i \\ & + \kappa_{INCOME} \times \log(\text{Income})_i + \kappa_{COM} \times \text{ComTime}_i](\sigma_{it}^A - \sigma_{it}^B) + \\ \varepsilon_{it}, \kappa^i \sim & N(\kappa, \omega_\kappa^2), \varepsilon_{it} \sim \text{Logistic}(0, 1) \end{aligned} \quad (9)$$

Model 4 (パネル二項ロジットモデル (正規ランダム係数))

$$\begin{aligned} \Delta EU_{it} = & \theta(\mu_{it}^A - \mu_{it}^B) + [\kappa^i + \kappa_F \times \text{Female}_i + \kappa_{AGE} \times \text{Age(above30)}_i \\ & + \kappa_{INCOME} \times \log(\text{Income})_i + \kappa_{COM} \times \text{ComTime}_i](\sigma_{it}^A - \sigma_{it}^B) + \xi_i \\ & + \varepsilon_{it}, \xi_i \sim N(0, \omega_\xi^2), \\ \kappa^i \sim & N(\kappa, \omega_\kappa^2), \varepsilon_{it} \sim \text{Logistic}(0, 1) \end{aligned} \quad (10)$$

Model 5 (二項ロジットモデル)

$$\begin{aligned} \Delta EU_{it} = & \theta(\mu_{it}^A - \mu_{it}^B) + [\kappa + \kappa_F \times \text{Female}_i + \kappa_{AGE} \times \text{Age(above30)}_i \\ & + \kappa_{COM} \times \text{ComTime}_i](\sigma_{it}^A - \sigma_{it}^B) + \varepsilon_{it}, \varepsilon_{it} \sim \text{Logistic}(0, 1) \end{aligned} \quad (11)$$

- Female<sub>i</sub> : 女性ダミー変数
- Age(above30)<sub>i</sub> : 30歳以上ダミー変数
- ComTime: 通勤時間 (分)
- log(Income): 世帯年収 (万円) の対数値
- $\sigma_{it}^A, \sigma_{it}^B$  : 選択肢 A および B の旅行時間の標準偏差 (分)
- $\theta$  : 平均旅行時間の限界効用で、常に一定値と仮定する (ランダム係数ではない)。
- $\kappa$  : 旅行時間標準偏差の限界効用主効果分で、モデルによっては、ランダムに変動する。
- $\varepsilon_{it}$  : 位置尺度 0, スケールパラメータ 1 のロジスティック分布 Logistic(0, 1) に従うホワイトノイズ項 (ランダム項)。
- $\xi_i$  : パネル効果を考慮したランダム効果モデルにおける非観測異質性項で平均 0, 分散  $\omega_\xi^2$  の正規分布  $N(0, \omega_\xi^2)$  に従うと仮定している。標準偏差  $\omega_\xi$  は未知パラメータとして推定される。
- $\kappa_i$  : モデル 2, 4 では旅行時間標準偏差の限界効用  $\kappa_i$  が個人間で異なるというランダム係数モデル (Mixed Logit Model) が用いられている。また、モデル 3, 4 では  $\kappa_i$  が平均  $\kappa$ , 分散  $\omega_\kappa^2$  の正規分布  $N(\kappa, \omega_\kappa^2)$  に従うとそれぞれ想定する ( $\kappa$  及び  $\omega_\kappa$  は未知パラメータとして推定される)。

(2) 行動モデルの推定結果

モデル推定に当たっては、Model 1 及び 5 以外は Mixed Logit Model による定式化となっており、シミュレーション対数尤度の最大化によってパラメータを推定した (乱数生成回数 500 回)。推定結果を表 - 2 に示す。

平均旅行時間と標準偏差はいずれも有意となっている。パラメータの値については、負のものについてみると、 $\kappa$  が最も大きく、次いで通勤時間の交互作用項  $\kappa_{ComTime}$ ,  $\theta$  の順となっている。また、 $\kappa_{income}$ ,  $\kappa_{above30}$ ,  $\kappa_F$  の各推計値より、収入が高いこと、また年齢が 30 歳以上であること、女性であること等が、旅行時間変動に対する感度を下げる要因となっていることがわかる。また、通勤時間が長いほど、旅行時間変動に対する感度が大きくなっている。

次に、各モデルにおける被験者特性毎の信頼性比を推計する。表 - 3 および表 - 4 に、各被験者属性のタイプと、それぞれのタイプの各モデルを用いた場合の信頼性比の推計結果を示す (通勤時間を 60 分、年収を 500 万円に設定)。これより、いずれのモデルにおいても、タイプ 3 (女性, 30 歳以上) のセグメントの信頼性比が最も低く、タイプ 2 (男性, 30 歳以下) の信頼性比が最も高くなっている。Lam and Small<sup>11)</sup> では、女

表 - 2 統合モデルの推定結果

推定結果	モデル 1		モデル 2		モデル 3		モデル 4		モデル 5	
	推定値	t 値	推定値	t 値	推定値	t 値	推定値	t 値	推定値	t 値
$\theta$	-0.0526	-17.73	-0.0574	-7.32	-0.0544	-13.07	-0.0536	-11.59	-0.0525	-17.72
$\kappa$	-0.263	-2.66	-0.281	-2.52	-0.28	-2.49	-0.271	-2.53	-0.12	-4.21
$\omega_{\kappa}$					0.121	1.12	0.121	1.12		
$\kappa_F$	0.032	1.76	0.0354	1.74	0.0361	1.74	0.0339	1.74	0.0359	1.74
$\kappa_{AGE}$	0.0415	1.65	0.0439	1.58	0.0452	1.61	0.0427	1.6	0.0447	1.79
$\kappa_{INCOME}$	0.024	1.51	0.0254	1.45	0.0253	1.44	0.0247	1.47		
$\kappa_{COM}$	-0.001	-2.02	-0.001	-1.94	-0.001	-1.92	-0.001	-1.94	-0.0009	-1.86
$\omega_{\xi}$			0.651	1.26			0.158	0.18		
初期尤度	2894.6									
最終対数尤度	-2689.4		-2688.5		-2689.0		-2689.3		-2690.6	
自由度修正済み尤度比	0.069		0.069		0.069		0.069		0.069	
サンプル数	232									
回答数	4176									
信頼性比の平均値	2.28		2.16		2.36		2.29		2.53	
VTT (JPY/min./veh.)	62.86 (費用便益分析ガイドラインより)									
VTTV (JPY/min./veh.)	143.62		142.11		148.44		144.08		159.37	

性の信頼性比が男性よりも約 2.3 倍高い結果となっており、本研究の結果はそれと反対の傾向を示すものとなった。また、全体の平均値は、2.40 前後の値となっている。これは、2.4 分の旅行時間標準偏差の短縮の価値が、1 分の平均旅行時間短縮の価値に等しいことを意味している。これは、Noland et al.<sup>12)</sup> における 1.27 より大きく、Batley<sup>13)</sup> による推計値 3.28 より小さい結果である。

なお、選好意識調査では、経路選択で最も重視した点、軽視した点を尋ねた結果等についても選択実験終了後に設問として被験者に尋ねている。タイプ毎に重視した点や軽視した点の相違は見られず、平均的に最も重視されたのは遅着時間(回答シェア 60%)、逆に最も軽視されたのは早着時間(回答シェア 54%)であった。平均旅行時間については、重視する人 26%、軽視する人 18%であった。また、被験者属性のタイプ 1 及びタイプ 2、すなわち男性については、平均旅行時間を軽視する傾向が女性に比べやや高いことが分かった。

表 - 3 被験者特性

タイプ	被験者特性	人数
タイプ 1	男性, 30 歳以上	122
タイプ 2	男性, 30 歳以下	20
タイプ 3	女性, 30 歳以上	75
タイプ 4	女性, 30 歳以下	15

表 - 4 信頼性比

タイプ	モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 4	モデル 5
タイプ 1	2.26	2.25	2.35	2.28	2.45
タイプ 2	3.05	3.02	3.18	3.08	3.30
タイプ 3	1.65	1.64	1.68	1.65	1.77
タイプ 4	2.44	2.40	2.52	2.44	2.62
平均値	2.35	2.33	2.43	2.36	2.54

旅行時間信頼性価値(VTTV)は表 - 2 の最下列にまとめて記されている。我が国の現行の道路投資マニュアルにおける旅行時間節約価値を信頼性比に乗じた結果、平均で 147 円/分という値が得られた。

最後に、2. で説明した手順に基づいて、統合モデルのスケジューリングパラメータ  $\hat{\eta}$ ,  $\hat{\omega}$ ,  $\hat{\lambda}$  を復元する。復元に先立ち、最適遅着確率を推計する必要があるが、これは、各選択実験で実際に選択されたプロファイルの最適遅着確率の平均値をとることによって推計した。結果、その推計値  $\hat{\lambda}$  の値は 0.239 となった。すなわち、旅行者は(最適状態においては)100 回のトリップのうち 24 回程度の希望到着時刻からの遅刻が生じることを許容していることを意味している。

スケジューリングパラメータの復元結果を表 - 5 に示す。これらの結果は、誤差項のスケールが異なるため値の絶対比較はできないが、それぞれの相対比率は、既往研究(例えば、Small<sup>14)</sup> における推計値( $\hat{\eta}$ ,  $\hat{\omega}$ ,  $\hat{\lambda}$ ) = (-0.319, -0.065, -0.041) と比較的類似した傾向を示していることが分かった。

## 5. おわりに

本研究は、選好意識調査から得られた行動データを旅行者のスケジューリング行動を記述する統合モデルに適用して、旅行時間信頼性価値の推計を行った。パネル効果や観測/非観測異質性を考慮した離散選択モデ

表 - 5 統合モデルパラメータの復元結果

パラメータ	モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 4	モデル 5
$\lambda$	-0.49	-0.53	-0.53	-0.50	-0.55
$\eta$	-0.125	-0.13	-0.13	-0.12	-0.13
$\omega$	0.072	0.077	0.079	0.074	0.08

ルを用いた推定結果は、信頼性比の平均値が 2.40 というものであった。すなわち、少なくとも今回の実証分析の限りにおいては、旅行時間信頼性の向上便益が旅行時間短縮便益と比較しても無視できない大きさである可能性が示唆された。また、性別・年収・普段の通勤時間などの被験者特性によっても、旅行時間変動価値が有意に異なる可能性が示された。さらに、平均-分散アプローチによって得られたパラメータと基準化旅行時間分布の情報を用いてスケジューリングモデルの選好パラメータを復元し、それを既往研究と比較した結果、推計結果は類似しており、分析の枠組みそのものについてもある一定量の妥当性を有していることが示されたと考えられる。

なお、今回の推計結果は、あくまでも比較的小規模のサンプルを対象とした試算値である。今後の課題として、選好意識調査における回答結果の信頼性の検証、旅行時間分布のばらつきの提示方法の検証、期待効用理論からの乖離の可能性の検証等が必要になると考えられる。また、今回の選好意識調査では、被験者への回答不可軽減の配慮から選択肢属性に費用を含めておらず、信頼性比の算出に留まっている。今回のように、旅行時間価値と旅行時間変動価値を分離的に推定することにより、価値の二重計算の可能性が生じる可能性が考えられるため、調査の負荷と結果の妥当性とのトレードオフを考慮した推計方法を今後検討する必要がある。

#### 謝辞

選好意識調査の設計に当たっては、菊池輝先生（東北工業大学）より有益なご助言を多数頂戴した。また、調査の実施に当たっては、岡本直久先生（筑波大学）より多大なご支援を頂戴した。この場をお借りして両先生に感謝の意を表したい。

#### 参考文献

- 1) Fosgerau, M. and Karlström, A.: The value of reliability, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 44, No. 1, pp. 38–49, 2010.
- 2) Fosgerau, M. and Fukuda, D.: Valuing travel time variability: Characteristics of the travel time distribution on an urban road, *Working Paper* 2010.
- 3) Fosgerau, Hjorth, M., K.Brems, and C.Fukuda, D.: Travel time variability definition and valuation, 2008.
- 4) Noland, R. B. and Small, K. A.: Travel-time uncertainty, departure time choice, and the cost of morning commutes, *Transportation Research Record*, Vol. 1493, pp. 150–158, 1995.
- 5) 福田大輔・フォスグロウモーンズ: 道路交通における所要時間分布特性の統計解析：時間信頼性の

評価に向けて、土木計画学研究・講演集, Vol. 37, 2008 .

- 6) Nolan, J. P.: *Stable Distributions - Models for Heavy Tailed Data*, Birkhäuser, Boston, in press.
- 7) 福田大輔・松本治之・市村強: トリップスケジューリングモデルに基づく所要時間信頼性の経済評価, 土木計画学研究・講演集, Vol. 39, 2009 .
- 8) Bates, J., Polak, J., Jones, P., and Cook, A.: The valuation of reliability for personal travel, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 37, No. 2-3, pp. 191–229, 2001.
- 9) Tseng, Y., Verhoef, E., de Jong, G., Kouwenhoven, M., and van der Hoorn, T.: A pilot study into the perception of unreliability of travel times using in-depth interviews, *Journal of Choice Modelling*, Vol. 2, No. 1, p. 8, 2009.
- 10) 合崎英男・西村和志: データ解析環境 R による選択型コンジョイント分析入門, 農業工学研究所技報, Vol. 206, pp.151–173, 2007 .
- 11) Lam, T. C. and Small, K.: The value of time and reliability: measurement from a value pricing experiment, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 37, No. 2-3, pp. 231–251, 2001.
- 12) Noland, R. B., Small, K. A., Koskenoja, P. M., and Chu, X.: Simulating travel reliability, *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 28, No. 5, pp. 535–564, 1998.
- 13) Batley, R.: Marginal valuations of travel time and scheduling, and the reliability premium, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 43, No. 4, pp. 387–408, 2007.
- 14) Small, K. A.: The scheduling of consumer activities: work trips, *American Economic Review*, Vol. 72, No. 3, pp. 467–479, 1982.