

複数データを用いた時間価値分布推計： 首都圏高速道路利用者を対象とした実証分析

城間 洋也¹・福田大輔²・岡 英紀³

¹学生会員 東京工業大学修士課程 環境・社会理工学院 土木・環境工学系 (〒 152-8552 目黒区大岡山 2-12-1-M1-11)

E-mail: h.shiroma@plan.cv.titech.ac.jp

²正会員 東京工業大学准教授 環境・社会理工学院 土木・環境工学系 (〒 152-8552 目黒区大岡山 2-12-1-M1-11)

E-mail: fukuda@plan.cv.titech.ac.jp

³正会員 一般財団法人 計量計画研究所 交通・社会経済部門 (〒 162-0845 新宿区市谷本村町 2-9)

E-mail: hidekioka@ibs.or.jp

本研究では、首都圏の高速道路利用者の経路選択行動を対象として、アンケート調査を用いた旅行時間節約時間価値分布の推定を行った。バイアスが小さく信頼性の高い時間価値分布を得るために、複数のアンケート (RP, SP) データと、詳細な個人間異質性を明示的に組み込んだ離散選択モデルを構築して分析を行った。その結果、時間価値分布の平均値に関しては、既往研究における時間価値 (30~40[円/分]) と整合するような結果が得られた。また、時間価値分布の形状に関しては、既往研究よりも柔軟な確率分布を適用することで適合度が控除位することが確認された。

Key Words: value of travel time saving, discrete choice model, tolling, combined RP and SP data, heterogeneity

1. 序論

(1) 背景・目的

首都圏の高速道路網では、放射方向に比べて建設が遅れていた環状方向の道路整備が近年大きく進展し、三環状九放射の有料道路ネットワークが概成しつつある。それに伴い、混雑する都心部の通過交通の抑制を目的とした交通需要マネジメント施策も検討され始めている。これらの交通政策の実施において、旅行時間の短縮による便益はプロジェクトの総便益の大きな部分を占めており、適切な便益評価が行われる必要がある。旅行時間短縮の便益評価、あるいはそのプロジェクトの施行に伴う新たな需要の予測において、旅行時間短縮の金銭的価値 (交通時間節約価値) は中心的な役割を果たすものであり、適切に設定する必要がある。ここで時間価値は、個人の予算制約、到着時刻制、トリップ目的等の様々な要因から影響を受けると考えられ、個人毎に異なると考えるのがより一般的である。すなわち、時間価値の推計においては、トリップをする個人の嗜好性を考慮した推計が行われることが望ましい。

本研究では、東名高速・中央道と東北道の各インターチェンジ間の経路選択行動 (圏央道経由 or 首都高速経由) を把握する目的で収集されたアンケートデータを用い、個人の嗜好性を考慮した時間価値分布の推計を行うことを目的とする。推計を行うにあたり、複数のアンケート結果を補完的に活用することで、より

信頼性の高い推計を試みるのが本研究の特徴である。

(2) 関連研究

交通時間価値に関する研究は幅広く行われてきたが、特に Mixed Logit Model (MXL) 等の柔軟な離散選択モデルを用いた非集計分析手法の発展により、個人間・個人内の異質性を考慮した交通時間価値推定が行われるようになり、より詳細な実証分析が可能となった。例えば、Hess et al.²⁾ では MXL を用いることで観測不能な個人の異質性を考慮した時間価値分布の推計を行っている。Axhausen et al.³⁾ では同じく MXL を用いてトリップ長や所得水準などの観測可能なトリップ特性・個人属性を考慮した時間価値推計を行っている。また、Fosgerau⁴⁾ ではノンパラメトリック離散選択モデルに基づいて、より柔軟な時間価値分布の推計を試みている。

一方、離散選択モデルはデータの質が推定結果に大きな影響を与えるため、推定に用いるデータの特性によるバイアスには十分注意する必要があるとされてきた。離散選択モデルを用いた多くの既往研究では、RP (Reveled Preference) 調査や SP (Stated Preference) 調査等のデータが用いられているが、これらのデータにはそれぞれ表-1 に示すような特徴があることが森川¹⁾ によって指摘されており、標準的な離散選択モデルをナイーブに適用するのでは、推定結果にバイアスをもたらす可能性があることが指摘されている。このため、離散選択モデルを用いた時間価値推定においても、デー

表-1 RP・SP データの特徴¹⁾

項目	RP データ	SP データ
選好情報	実際の行動結果に基づく 市場における行動と一致 得られる情報は「選択結果」	仮想の状況における意思表示 不一致の可能性 「順位付け」「評点付け」「選択」など
代替案	現存しない代替案は取り扱えない	現存しない代替案も取り扱える
属性	定量的属性 測定誤差があることが多い 属性値の範囲が限られている 属性間の重共線性が大きい	定量的及び定性的属性 測定誤差はないが知覚誤差の可能性 属性値の範囲を拡張できる 属性値の相関を制御できる
選択肢	不明瞭	明瞭

表-2 Web アンケートの概要

項目	Web アンケート
調査対象	東名高速・中央道 IC と東北道 IC 間の高速道路利用者
サンプリング	圏央道経由と都心経由の分担が見込める OD を対象とし、指定 IC を利用可能な市町村 (IC から 5km 以内) を対象に設定
サンプル数	728 サンプル
調査日	2017 年 1 月 27 日 ~2 月 6 日

タの特性によるバイアスの影響を十分に考慮した上で分析をすることが望ましいと考えられる。これらの推定バイアスの問題に対して、例えば Morikawa⁵⁾ は RP データ・SP データを相互補完的に用いたパラメータの推定法を提案しており、データの精度（誤差項のスケールパラメータの違い）によってもたらされる推定バイアスの補正を行っている。ただし、用いられている離散選択モデルは標準的な多項ロジットモデルであり、個人間の非観測異質性等は十分に考慮されていない。

本研究では、Morikawa⁵⁾ が開発した複数データを考慮した効用関数パラメータの推定アプローチを、MXL のような個人間の非観測異質性を考慮可能な離散選択モデルに適用することにより、より詳細かつ適切に、交通時間価値分布を推計することを目指す。

2. Web アンケートデータの概要

本研究では、首都圏在住の高速道路利用者を対象に行った Web アンケート結果を用いて分析を行う。Web アンケートの概要を表-2 に示す。本研究で扱う Web アンケートの設問構成は以下に示す RP 調査、SP 調査 1、SP 調査 2、個人属性に関する調査の四つから構成される。

(1) RP

アンケート対象者に対し、直近の高速道路利用で走行したルート及び代替ルート（圏央道経由 or 首都高経由）について調査を行った。各回答者の走行ルート・代替ルートの旅行時間・高速料金はドラぶら⁶⁾ を用いて

表-3 SP1 設問構成

設問	設問の想定する状況
SP1-1	[高速 A] 料金 (1.2 倍), 所要時間 (+0 分) [高速 B] 料金 (0.5 倍), 所要時間 (+15 分)
SP1-2	[高速 A] 料金 (1.2 倍), 所要時間 (+10 分) [高速 B] 料金 (0.8 倍), 所要時間 (+30 分)
SP1-3	[高速 A] 料金 (1.2 倍), 所要時間 (+15 分) [高速 B] 料金 (1.0 倍), 所要時間 (+40 分)
SP1-4	[高速 A] 料金 (1.5 倍), 所要時間 (+0 分) [高速 B] 料金 (0.8 倍), 所要時間 (+40 分)
SP1-5	[高速 A] 料金 (1.5 倍), 所要時間 (+10 分) [高速 B] 料金 (1.0 倍), 所要時間 (+15 分)
SP1-6	[高速 A] 料金 (1.5 倍), 所要時間 (+15 分) [高速 B] 料金 (0.5 倍), 所要時間 (+30 分)
SP1-7	[高速 A] 料金 (2.0 倍), 所要時間 (+0 分) [高速 B] 料金 (1.0 倍), 所要時間 (+30 分)
SP1-8	[高速 A] 料金 (2.0 倍), 所要時間 (+10 分) [高速 B] 料金 (0.5 倍), 所要時間 (+40 分)
SP1-9	[高速 A] 料金 (2.0 倍), 所要時間 (+15 分) [高速 B] 料金 (0.8 倍), 所要時間 (+15 分)
注:	高速 A は各回答者が RP 調査で回答したルート, 高速 B は代替ルートを指す。

注: 高速 A は各回答者が RP 調査で回答したルート, 高速 B は代替ルートを指す。

取得した。

(2) SP1

(1) で得られた各回答者のアンケート結果を基に設計された SP アンケートにより回答者の選好意識を調査した。設問は全 9 問から成り、設問構成は表-3 に示す通りである。

(3) SP2

料金と旅行時間が提示されている 2 つの仮想的な高速道路ルートに対する回答者の選好意識を調査した。設問は全 9 問で、構成は全回答者に共通で表-4 に示す通りである。

表-4 SP2 設問構成

設問	設問の想定する状況
SP2-1	[高速 A] 料金 (2,800 円), 所要時間 (60 分) [高速 B] 料金 (1,800 円), 所要時間 (75 分)
SP2-2	[高速 A] 料金 (2,800 円), 所要時間 (70 分) [高速 B] 料金 (2,000 円), 所要時間 (85 分)
SP2-3	[高速 A] 料金 (2,800 円), 所要時間 (75 分) [高速 B] 料金 (2,500 円), 所要時間 (100 分)
SP2-4	[高速 A] 料金 (3,000 円), 所要時間 (60 分) [高速 B] 料金 (2,000 円), 所要時間 (100 分)
SP2-5	[高速 A] 料金 (3,000 円), 所要時間 (70 分) [高速 B] 料金 (2,500 円), 所要時間 (75 分)
SP2-6	[高速 A] 料金 (3,000 円), 所要時間 (75 分) [高速 B] 料金 (1,800 円), 所要時間 (85 分)
SP2-7	[高速 A] 料金 (4,000 円), 所要時間 (60 分) [高速 B] 料金 (2,500 円), 所要時間 (85 分)
SP2-8	[高速 A] 料金 (4,000 円), 所要時間 (70 分) [高速 B] 料金 (1,800 円), 所要時間 (100 分)
SP2-9	[高速 A] 料金 (4,000 円), 所要時間 (75 分) [高速 B] 料金 (2,000 円), 所要時間 (75 分)

(4) 個人属性

(1), (2), (3) までに概説した RP・SP1・SP2 の高速道路利用に関するアンケートに加え, 回答者個人に関する調査も行った. 調査項目には, 回答者の性別, 年齢, 世帯年収, 高速道路の利用頻度が含まれている.

3. 時間価値分布の推定

(1) 行動モデルの定式化

本研究では既往研究²⁾³⁾⁵⁾⁷⁾に倣い, 離散選択モデルを用いて時間価値分布の推定を行う. モデルの概要を以下に示す.

a) 効用関数

本研究で扱う離散選択モデルでは, 個人は式 (1) に示す効用最大化原理に従い行動すると仮定する.

$$\phi_{ijk}^d = \begin{cases} 1 \text{ (高速 A)} & \text{if } U_{ijk}^d \geq \max_{\forall k' \neq k} U_{ijk'}^d \\ 0 \text{ (高速 B)} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

効用関数 U は式 (2) のように定義する.

$$U_{ijk}^d = ASC_k^d + \beta^{TC} TC_{ijk}^d + \beta_i^{TT} TT_{ijk}^d + \varepsilon_{ijk}^d \quad (2)$$

($\equiv V_{ijk}^d + \varepsilon_{ijk}^d$)

ここで, i, j, k, d はそれぞれ個人, 設問番号, 選択肢, アンケートデータの種類を表す添字, TC, TT は料金と旅行時間, β は係数パラメータ, ε は効用関数の誤差項である.

b) 確率的係数パラメータ (非観測異質性の考慮)

個人の時間価値の観測不能な異質性を, ランダム係数モデル²⁾を用いて記述する. 本研究では簡単のため, 旅行時間パラメータのみを確率的係数パラメータとし

て扱うこととし, その確率分布を以下の 3 パターンの確率分布と仮定し, それぞれ推定を行う.

- 正規分布: $b_i^{TT} \sim N(b, \sigma)$

$$b_i^{TT} = b + \sigma \omega_i \quad (3)$$

- 対数正規分布: $b_i^{TT} \sim LN(b, \sigma)$

$$b_i^{TT} = \exp(b + \sigma \omega_i) \quad (4)$$

- Johnson's S_B 分布⁸⁾: $b_i^{TT} \sim S_B(b, \sigma, \delta_0, \delta_1)$

$$b_i^{TT} = \delta_0 + (\delta_1 - \delta_0) \frac{\exp(b + \sigma \omega_i)}{1 + \exp(b + \sigma \omega_i)} \quad (5)$$

ただし, ω_i は旅行時間に対する個人の抵抗の異質性を表す標準正規分布 $N(0, 1)$ に従う互いに独立な確率変数であり, b は確率分布のロケーションパラメータ, σ は分散パラメータ, δ_0 はパラメータの下限值, δ_1 はパラメータの上限値を表す. 本稿では簡単のため, $\delta_1 = 0$ として推定を行う.

c) パネル効果

経路の旅行時間・料金の条件が同一であっても, 習慣や認知等の要因によって, 選択肢に対する選好は個人によって異なると考えられる⁹⁾. これらを考慮しない場合, 離散選択モデルの誤差項が独立であるという仮定が成立せず, 推計時間価値にバイアスが生じる危険性がある. 本研究では, 効用関数の誤差項を式 (6) のように構造化し, 個人の選択肢選好 (パネル効果) を考慮したモデル推定を行う.

$$\varepsilon_{ijk}^d = \theta^d \lambda_{ik} + v_{ijk}^d \quad (6)$$

ここで, 第一項の $\theta^d \lambda_{ik}$ はアンケート d の設問が仮定する選択状況におけるパネル効果, 第二項の v_{ijk}^d はガンベル分布に従う攪乱項を表している. 本研究では, パネル効果の確率分布として正規分布を仮定し, λ_{ik} は標準正規分布 $N(0, 1)$ に従う互いに独立な確率変数であると仮定する. また, θ^d はパネル効果の大きさを表す推定パラメータである. なお本研究では, RP 調査のスケールを基準, なわち $\theta^{RP} = 1$ として統合的な推定を行う.

d) 個人属性を考慮した係数パラメータ (観測異質性の考慮)

b) では個人の観測不能な異質性を考慮した係数パラメータの定式化について概説したが, データの取得が可能であるならば, 観測可能な個人の異質性についても考慮することが望ましい. 本研究では, Axhausen et al.³⁾ に倣い, 式 (7) のようにパラメータを定義する.

$$\beta_i^{TT} = b_i^{TT} \prod_n \left(\frac{z_{ni}}{\bar{z}_n} \right)^{\gamma_n} \quad (7)$$

ここで, z_{ni} は個人 i の n 番目の個人属性, \bar{z}_n は n 番目の個人属性のサンプル平均を表す. また, γ_n は個人属性が旅行時間への抵抗に与える影響を表す推定パラメータである.

e) スケールパラメータの非観測異質性

本研究では、選択状況における観測不能な要因の大きさがアンケート毎に異なるものと仮定し、効用関数の攪乱項が式 (8) に従うとする。

$$v_{ijk}^d \sim Gb(0, \mu^d) \quad (8)$$

さらに本研究では、回答者の高速道路利用頻度が選択肢効用の認知に影響を与えると仮定し、式 (9) のようにスケールパラメータを置く。

$$\mu_i^d = \mu^d \left(\frac{f_{r_i}}{\bar{f}_r} \right)^{\gamma_{fr}} \quad (9)$$

ここで、 f_{r_i} は個人の高速道路の利用頻度、 \bar{f}_r は利用頻度のサンプル平均、 γ_{fr} は推定パラメータである。また本研究では、推定の安定性のため、 $\mu^{RP} = 1$ として推定を行う。

f) 条件付き選択確率

効用関数が式 (2) のように与えられたとき、各選択肢の条件付き選択確率は式 (10) で表される。

$$P_{ijk}^d(V_{ijk}^d | \mathbf{c}) = \frac{\exp(\mu_i^d V_{ijk}^d)}{\sum_{k'} \exp(\mu_i^d V_{ijk'}^d)} \quad (10)$$

ここで、 \mathbf{c} は 2 つの確率変数 ω_i, λ_{ik} からなるベクトルである。

(2) 推定方法

(1) で定式化したモデルについて、シミュレーション最尤推定法を用いてパラメータ推定を行う。

a) 対数尤度関数

式 (10) より対数尤度関数は式 (11) のように表される。

$$LL = \sum_i \ln \int \prod_d \prod_j \prod_k P_{ijk}^d(V_{ijk}^d | \mathbf{c})^{\phi_{ijk}^d} f(\mathbf{c}) d\mathbf{c} \quad (11)$$

ただし、 $f(\mathbf{c})$ は \mathbf{c} の同時正規確率を表す確率密度関数である。

b) シミュレーション対数尤度

本研究では、モンテカルロ法を用いたシミュレーションアプローチにより、式 (11) で表される積分系を含んだ対数尤度関数を近似的に算出する。すなわち、積分を陽に解くことができない式 (11) を目的関数とする非線形最適化問題に対し、モンテカルロ法を適用した式 (12) を目的関数とする問題に置換した上でその最大化問題を解き、パラメータ推定を行う。

$$SLL = \sum_i \ln \left(\frac{1}{R} \sum_r \prod_d \prod_j \prod_k P_{ijk}^d(V_{ijk}^d | \mathbf{c}_r)^{\phi_{ijk}^d} \right) \quad (12)$$

ここに、 \mathbf{c}_r は確率分布 $f(\mathbf{c})$ に従う r 番目の乱数群、 R は乱数発生回数を表す。計算負荷の大きさを鑑み、以降の実証分析では $R = 300$ と設定した。

4. 推定結果のまとめ・考察

(1) 推定結果

3. で概説したモデルの推定結果を表-5 に示す。旅行時間・料金パラメータは負に有意であり、経路費用が低く、旅行時間が短い経路が選択されやすいことが確認できる。さらに、より詳細な推定結果の特徴を整理すると以下ようになる。

- γ^{income} が正、 γ^{length} が負に有意であることから、所得が高いほど時間価値が高く、トリップ長が長いほど時間価値が逓減することがわかる。
- 観測不能な要因に関しては、旅行時間の分散パラメータやパネル効果パラメータが有意であることから、アンケートにおける選択肢の選好において個人間の異質性が大きいことも確認できる。
- SP モデルにおけるスケールパラメータが 1 より大きい値として推定されていることから、SP アンケートでの選択行動と比較して、RP アンケートから得られる選択行動の観測不能な要因による不確実性が大きいことが確認できる。
- γ^{fr} が正であることから、利用頻度が高く、経路の効用に対する認知度が高いほど確定的な選択に近い行動をとる可能性が示唆される。
- 各モデルにおける推定平均時間価値は、約 30~40(円/分) という推定結果になっており、既往研究¹⁰⁾とも整合した結果が得られたといえる。
- 表-5 に示した三つのモデル間の比較では、旅行時間パラメータの確率分布が正規分布・Johnson S_b 分布の場合と比較して、対数正規分布の場合の方が適合度が高く、確率分布が時間価値の分布形状に適した確率分布であることが示唆される。

(2) 時間価値分布の推定結果

4. の推定結果から、個人・トリップの属性に依存した時間価値分布を得ることができる。世帯年収・トリップ長（選択肢中の経路の平均旅行時間）が表-6 のような A・B・C 三つのグループを仮定すると、それぞれのグループにおける時間価値分布は、図-1、図-2、図-3 のように推定することができ、4. で述べたように個人やトリップの属性によって時間価値が変動することが確認される。

5. 結論と今後の課題

本研究では、首都圏の高速道路利用者の経路選択行動に関する Web アンケート調査を用いて、複数のデータソース (SP・RP) 並びに個人間の異質性を詳細に考慮した行動モデルの構築を行う、その上で時間価値分

表-5 モデル推定結果

		Normal	Log-normal	Johnson S_b
Constant	ASC^{RP}	1.133** (11.03)	1.175** (11.12)	1.128** (11.03)
	ASC^{SP1}	0.001097 (1.312)	0.02968* (2.404)	0.01444 (1.428)
	ASC^{SP2}	-0.006846** (-8.296)	-0.01223** (-8.312)	-0.008837 (-8.813)
Travel cost (/100 JPY)	β^{TC}	-0.001663** (-19.58)	-0.003088** (-20.10)	-0.00213** (-26.87)
	b	-0.05823** (-12.48)	-2.371** (-30.76)	-1.444 (N.A.)
	σ	0.001784* (1.732)	0.02902* (1.685)	0.03685* (1.774)
Travel time (/100 min)	δ_0			-0.3892 (N.A.)
	γ^{income}	0.1101** (2.639)	0.1129** (2.695)	0.1102** (2.649)
	γ^{length}	-0.2652** (-2.766)	-0.4401** (-4.700)	-0.2741** (-3.112)
Scale parameter	μ^{SP1}	20.31** (7.406)	10.31** (9.993)	15.93** (17.388)
	μ^{SP2}	116.7** (101.7)	62.37** (44.17)	91.06** (103.1)
	γ^{fr}	0.08101** (3.655)	0.02757 (1.282)	0.08067** (3.644)
Panel effect	θ^{SP1}	0.1781** (7.644)	0.2546** (10.78)	0.227** (15.53)
Observation		11318	11318	11318
Average VTTS		35.02	30.25	34.90
Rho-squared		0.2729	0.3237	0.2729
Adjusted Rho-squared		0.2714	0.3221	0.2712

表-6 比較グループ

	世帯年収	平均旅行時間
A	500 (万円)	100 (min)
B	1000 (万円)	100 (min)
C	500 (万円)	200 (min)

布の推定を行った。推定の結果、時間価値の母集団平均値は約 30~40(円/分)と推計され、既往研究と整合するような結果が得られた。また、時間価値分布に関しては、既往研究よりも柔軟な確率分布を用いた推計が可能であることを確認した。

ただし、RP モデルの観測不能要因の影響は大きく、

RP アンケートと SP アンケートにおける選択行動間には大きな差異があることも示唆された。そのため、非選択層の存在など、これらのデータにおける選択原理の差異を明示的に組み込んだモデルの構築や、それらを実証するためのアンケートの設計等が今後必要であると考えられる。さらに、Johnson S_b 分布の適用に関し

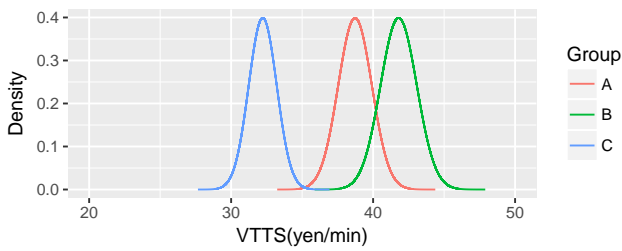


図-1 推定時間価値分布 (正規分布)

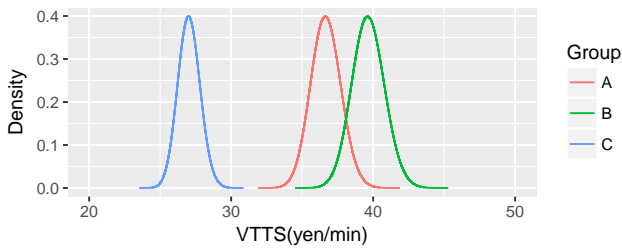


図-2 推定時間価値分布 (対数正規分布)

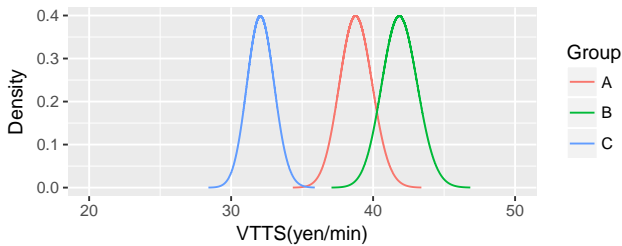


図-3 推定時間価値分布 (Johnson S_b 分布)

ては、推定の安定性、確率分布の柔軟性の拡張が課題としてあげられる。また、時間価値分布に関しては、さらに詳細な個人毎の条件の違いを考慮した事後分布¹¹⁾の推計を行う必要があると考えられる。

謝辞

分析に用いたデータは、独立行政法人日本高速道路保有・債務返済機構との共同研究の一環として収集されたものであり、ここに記して感謝の意を表します。なお、本稿の見解と含まれ得る誤りについては、著者のみが責任を負います。

参考文献

- 1) 森川高行：ステイティッド・プリファレンス・データの交通需要予測モデルへの適用に関する整理と展望，土木学会論文集，No. 413，pp. 9-18，1990.
- 2) Hess, S., Bierlaire, M. and Polak, J. W.: Estimation of value of travel-time savings using mixed logit models, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 39, No. 2-3, pp. 221-236, 2005.
- 3) Axhausen, K. W., Hess, S., König, A., Abay, G., Bates,

J. J. and Bierlaire, M.: Income and distance elasticities of values of travel time savings: New swiss results, *Transport Policy*, Vol. 15, No. 3, pp. 173-185, 2008.

- 4) Fosgerau, M.: Investigating the distribution of the value of travel time savings, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 40, No. 8, pp. 688-707, 2006.
- 5) Morikawa, T.: Correcting state dependence and serial correlation in the RP/SP combined estimation method, *Transportation*, Vol. 21, No. 2, pp. 153-165, 1994.
- 6) NEXCO 東日本：ドラぶら E-NEXCO Drive Plaza, <https://www.driveplaza.com/>, 2017.
- 7) Hess, S., Daly, A., Dekker, T., Cabral, M. O. and Batley, R.: A framework for capturing heterogeneity, heteroskedasticity, non-linearity, reference dependence and design artefacts in value of time research, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 96, pp. 126-149, 2017.
- 8) Johnson, N. L.: Systems of frequency curves generated by methods of translation, *Biometrika*, Vol. 36, No. 1/2, pp. 149-176, 1949.
- 9) 森川高行：個人選択モデルの新展開と再構築，土木計画学研究・論文集，Vol. 12，pp. 15-27，1995.
- 10) 加藤浩徳：交通の時間価値の理論と実際，技報堂出版，2013.
- 11) Train, K. E.: *Discrete Choice Methods with Simulation*, Cambridge University Press 2009.

(2019. 3. 10 受付)