

不確実性に対する態度の差異を考慮した交通需要予測のための経路選択モデル

An Empirical Analysis of the Heterogeneity in Attitudes toward Uncertainty and

Development of a Route-Choice Model for Demand Forecasting

藤井 聡*, 守田武史**, 北村隆一***, 杉山守久****

By Satoshi Fujii, Takeshi Morita**, Ryuichi Kitamura*** and Morihisa Sugiyama*****

1.はじめに

集計的な交通需要予測についての様々な問題点が指摘され、個々人の行動に着目した非集計アプローチの有効性が認識されて以来、個人に着目した様々な行動モデルが提案されている。いわゆる四段階推計法の述語を援用すれば、発生、分布、分担、配分のそれぞれの段階に対応した行動モデル、あるいは、それらを同時に扱う行動モデルが、種々の政策評価や需要予測に適用されている。ところが、発生、分布、分担の3つに対応するような行動モデルと比べた場合、配分に対応する経路選択モデルは、少なくとも現時点においてはその実際的な交通需要予測への適用可能性が十分に高いとは言い難いのではなかろうか。もちろん、情報提供の効果分析^{1), 2), 3)}や、所要時間以外の経路選択要因の抽出⁴⁾、行動モデル自体についての基礎的な検討^{5), 6)}等、様々な目的のもとで実証的な研究が重ねられ、経路選択行動や情報提供に関する有益な知見が蓄積されて来ている。しかし、様々な運転者を対象として、かつ、運転者間の種々の差異を許容した上で道路網上でのより現実的な配分計算を行うためには、道路網上での経路選択行動の種々の特徴を考慮にいたした行動モデルを実証データに基づいて構築することが不可欠であろう。

経路選択行動に固有なモデル開発上の課題として、まず、主要な選択要因である所要時間が個人にとっては確率的に変動するものであり、したがって、個人は所要時間をあいまいに認識したままで意思決定を行っているという点が挙げられる。これについては、運転

者の認知所要時間を確率変数と捉えた上で期待効用最大化仮説を適用するというアプローチ^{7), 8)}が考えられるが、このアプローチで的確な需要予測を行うためには、不確実性への態度が運転者やトリップの特性、あるいは、通行止めや事故渋滞などの不測の事態の発生に応じてどのように変化するのか、という点を的確に再現することが必要であろう。

また、選択肢集合に含まれる個々の経路が互いに重複しあう、という点も経路選択モデルにおける特徴的な課題点である。この点に簡便に対処する方法としては、客観的に把握可能な指標、例えば経路長とその重複率で誤差構造を特定化する、という方法が考えられるが⁹⁾、そのためには、誤差項の異分散性を許容した上で、誤差分散と経路長との関係を把握する必要がある。

さらに、目的地や交通機関に比べて選択結果や選択肢集合を観測することが容易ではないという点も特徴の一つとして挙げることができる。従来の経路選択モデルの多くがSP調査^{1), 3), 5)}やODや経路を少数に限定したRP調査^{1), 2), 4), 6)}でのデータに基づいているのはこの点が主要な原因であろう。そのために、非集計アプローチに基づいた道路網上の配分計算にとって不可欠な、母集団として広範な運転者を想定した経路選択モデルの構築が困難であったものと考えられる。

以上のように考えると、需要解析に適用するための経路選択モデルを構築するためには、いくつかの課題が存在していることが改めて分かる。本研究では、従来に用いられてきた手法を援用しつつこれらの課題点に対処した解析ツールの開発を目指して、

- 1) 不確実性に対する態度の個人間の差異を明示的に考慮する、
- 2) 誤差項の異分散性を許容した上で誤差分散と経路長との関係を明らかにする、

という2点を考慮した上で、推定サンプルの母集団との乖離を軽減させる推定方法を用いて経路選択モデルを構築する。1)によって個人間の異質性を考慮した

キーワード：交通行動分析、経路選択、認知所要時間分布

* 正員、工博、京都大学大学院工学研究科土木システム工学専攻¹⁾

** 正員、西日本旅客鉄道株式会社

*** 正会員、Ph.D、京都大学大学院工学研究科土木システム工学専攻¹⁾

**** 正会員、工修、阪神高速道路公団大阪建設局建設企画部³⁾

¹⁾ 〒606-8501 京都市左京区吉田本町, Tel: 075-753-5136, Fax: 075-753-5916

²⁾ 〒530 大阪市北区芝田2丁目4番24号, tel: 06-376-6078

³⁾ 〒559-0034 大阪市住之江区南港北, Tel: 06-615-7440, fax: 06-615-7449

よりの確な需要解析を、2) によってモンテカルロ法⁹⁾で経路重複に伴う誤差共分散を前提とした需要解析を、それぞれ可能とする選択モデルの開発を目指す。

2. 経路選択モデルの理論的定式化

本研究では、上述の認識のもとで経路選択モデルを実証的に構築するところに意義があるものと考え、1) それを実データに基づいて構築するための方法論を提示すること、2) その過程で実証的知見を得ること、そして、3) 実用化に向けて残された研究課題を指摘すること、の三点を研究の目的とするが、行動理論そのものについては、旧来より不確実性状況下での交通行動意思決定記述理論として繰り返し適用されてきた^{7), 8), 10)}期待効用最大化仮説を援用するにとどめる。なお、期待効用最大化仮説には、不確実性の意思決定の記述モデルとしての本質的疑問が投げかけられているのも事実であるが¹¹⁾、この点に関しては今後の検討課題としたい。

まず、経路 i の認知所要時間 T_i が個人 n にとって確定値である場合、個人 n は経路 i に対して、以下のような効用を持つものと仮定する。

$$U_i^n = V_i^n + \varepsilon_i^n \\ = u^n(T_i^n) + BX_i^n + \varepsilon_i^n \quad (1)$$

- U_i^n : 個人 n の経路 i の効用
- V_i^n : 個人 n の経路 i の確定効用
- T_i^n : 個人 n の経路 i の認知所要時間
- $u^n(\cdot)$: 個人 n の所要時間に関する部分効用関数
- B : パラメータベクトル
- X_i^n : 個人 n の経路 i の認知所要時間以外の要因
- ε_i^n : 誤差項

ここで、認知所要時間 T_i が個人 n にとって確率変数である場合、個人は以下の期待効用が最大となる経路 i を選択するものと仮定する。

$$EU_i^n = \int_0^{+\infty} \alpha u^n(x) f_i^n(x) dx + BX_i^n + \varepsilon_i^n \\ = EV_i^n + \varepsilon_i^n \quad (2)$$

- EU_i^n : 個人 n , 経路 i の期待効用
- EV_i^n : 個人 n , 経路 i の確定期待効用
- $f_i^n(x)$: 個人 n , 経路 i の認知所要時間の確率密度関数 (所要時間が x である確率密度)

このように定式化すると、所要時間の不確実性に伴うリスクについての回避型、中立型、愛好型といった態度は、関数 $u(x)$ の凹凸に依存する。本研究では、関数 $U^n(x)$ を、

$$u^n(x) = \alpha x^{\gamma_n} \quad (3)$$

- γ_n : トリップ n のリスクへの態度を表す非負のパラメータ (= 1.0 の場合は危険中立型, < 1.0 の場合は危険愛好型, > 1.0 の場合は危険回避型)
- α : 負のパラメータ (< 0)

と定式化して、関数 $U^n(x)$ の凹凸、すなわち、個人 n のリスクへの態度が一つの定数 γ_n に依存するようにした。そして、リスクへの態度の個人間の差異を考慮するために、 γ_n を、

$$\gamma_n = \frac{\eta \exp(AZ_n)}{1 + \exp(AZ_n)} \quad (4)$$

- A : パラメータベクトル
- Z_n : リスクへの態度に影響を及ぼす要因ベクトル
- η : γ_n の最大値を意味するパラメータ

と外生変数の関数として定式化した。なお、ロジット型の関数を用いているのは、非負条件を満たした上で、かつ、 γ_n が発散することを避けるためである。

一方、式(1)の誤差項 ε_i^n については構造化プロビットモデル⁸⁾の考え方に習い、効用の不確定要因の単位長さ当りの生起確率分布が全ての道路空間で同一であると考え、

$$\varepsilon_i^n \sim N(0, \sigma_i'^2) \quad (5)$$

$$\sigma_i' = L_i^n \sigma \quad (6)$$

- L_i^n : 個人 n の経路 i の長さ
- σ_i' : 個人 n の経路 i の標準偏差
- σ : 非負の定数

と定式化した。ここで、誤差項の独立性を仮定し、かつ、スケール固定のために $\sigma = 1$ とすると、例えば経路 1, 2 の二項選択の場合の経路 1 の選択確率 $P(1)$ は以下となる。

$$P(1) = \phi \left(\frac{EV_1^n - EV_2^n}{\sqrt{L_1'^2 + L_2'^2}} \right) \quad (7)$$

$\phi(\cdot)$: 標準正規確率分布関数

3. モデル構築のためのデータの概要

本研究では、前章に示した経路選択モデルにおける未知パラメータを推定するために、以下の 2 つの調査から得られたデータを用いる。

(1) 交通網異常時の行動に関する調査

この調査は、1997 年 2 月 4 日 (火) 午前 7 時～午後 7 時、阪神高速池田線空港集約料金所、同堺線堺集約料金所の 2 カ所を通過するそれぞれ合計 2,500 台の車両に、時間帯別に無作為に調査票を配付、後日郵送回

収するという方法で行われたものであり、回収は 403 票（回収率 8.6%）であった。

この調査では、年齢、性別等の個人属性と、調査票受け取り時のトリップの OD、出発時刻、到着時刻、目的、経路、認知所要時間、入り口／出口ランプ、ならびに、代替経路とその認知所要時間をデータとして得た。さらに、SP データとして、調査当日に「当該路線に事故渋滞が存在している場合」あるいは「当該路線が通行止めである場合」に、表 1 に示した合計 5 種類の情報を入手している場合を想定してもらい、その際の機関選択、自動車利用の場合の経路と代替経路、ならびにそれらの認知所要時間データを得た。

この調査では、経路上に含まれる全ての路線名を出発地から順番に記入するとともに、利用ランプを別途記入するという方法で、回答者による利用経路の特定を求めた。解析時には、解析のために用意した道路ネットワークデータ上での経路を同定するために、回答された全ての路線と出口／入り口ランプを使うという条件の下での最短時間経路を求め、それが回答時に被験者に想定されていた経路であると見なすこととした。そして、その経路の距離や平均速度などの属性も同時にデータ化した。また、代替経路は「その経路以外に使うかも知れない経路は？」という質問で回答者自身に 1 つ指定してもらった^[1]。

認知所要時間については、曖昧な事象は区間を用いて表現されることが一般的であることから^[2]、「おおよそ何分から何分程度だと思いましたか？」という形で尋ねた。データ解析時には、1) 認知所要時間分布は正規分布であり、2) 図 1 に示したように、回答された 2 つの値を超過しない（超過する）確率が一定値 α （本稿に示す後の数値解析では、これを 5% とした）である、という仮定のもと、その平均と標準偏差を算定した^[3]。もちろん、この 2 つの仮定の妥当性については今後十分に検討する必要があるが、期待効用理論に基づいた不確実性への態度に関する実証的分析のためには、主観的な認知所要時間分布の観測が必要であり、そのために何らかの仮定を施すのは不可避である^[4]。

(2) 認知所要時間の確率構造分析のための面接調査

上記の調査では、母集団が高速道路利用者に限定されているため、より一般的な母集団を想定した経路選択モデルの構築を目指して、上記調査データに加えて、認知所要時間の分析^[3]を主たる目的とした面接調査で得られた RP データを合わせて用いることとした。

この調査は、大阪市とその周辺部での自動車走行経

表 1 SP 調査において想定した情報の種類

情報種類	情報内容
存在情報	事故渋滞あるいは通行止めの存在のみ
時間情報1	特定区間の所要時間
時間情報2	特定区間の所要時間 (時間情報1より混雑した状況を想定)
渋滞長情報1	特定区間の渋滞長
渋滞長情報2	特定区間の渋滞長 (渋滞長情報1より混雑した状況を想定)

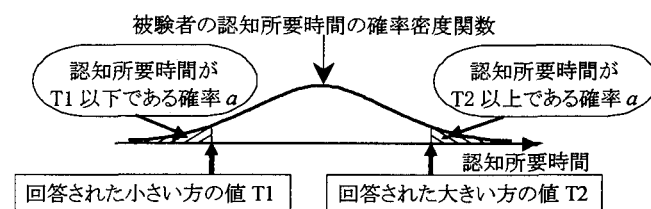


図 1 認知所要時間の観測方法

験を持つ個人を対象として、無作為抽出した事業所に電話依頼、承諾が得られた事業所に直接出向き面接調査を実施することで抽出した 70 名、ならびに、居住地ベースで抽出した 51 名、合わせて 121 名を被験者とするものであり、1997 年 11 月～12 月に実施された。この調査では；1) 被験者に大阪市周辺での自動車トリップを一つ選定してもらい^[3]、2) そのトリップの経路、代替経路、それらの認知所要時間を尋ね、3) 面接官がそれらの回答に基づいて無作為に複数の道路区間を抽出し、4) 種々の条件を提示しながらそれら道路区間の認知所要時間を調査する、というものである。上記 2) については、1997 年度の調査と経路を地図への記入形式で回答を求めるという点では異なるが、それ以外の点に関しては、1997 年度データと合わせて分析ができるよう、経路のコード化に利用したネットワークデータ、代替経路の教示方法、認知所要時間の観測方法とその分布の特定方法は全て共通のものをを用いた。

4. パラメータの推定計算

本研究では、前章に述べた調査データを用いて式(1)、(4)に定義したパラメータベクトル $\mathbf{A}$, $\mathbf{B}$, ならびにパラメータ α を推定する。前章(2)で述べた道路網異常時を想定した SP データと、(1)(2)の双方の調査で得られている平常時での RP データのそれぞれを、個別にモデル推定した。なお、説明変数を加工する関係上、別途用意した対象地域内の道路ネットワークデータ上の経路を利用したトリップデータをのみを用いた。

推定に際して、データとして観測されている利用経路と代替経路の 2 つを推定計算のための選択肢集合と

表 2 経路選択モデルの推定結果

(a) 道路網平常時の場合 (RP データによる推定結果)

変数名	パラメー	t値
パラメータベクトルB		
平均車線数 ^{*1}	9.96	(2.78)
費用 (円) ^{*1, *5}	-0.022	(-1.72)
走行距離 (km) ^{*1}	-5.93	(-6.30)
平均速度(km/h) ^{*1, *2}	2.35	(3.84)
パラメータベクトルA		
定数項	-2.08	(-4.63)
通勤目的ダミー ^{*3}	1.55	(2.67)
業務目的ダミー ^{*3}	1.35	(2.23)
運転頻度毎日ダミー	-0.44	(-0.87)
男性ダミー	-1.25	(-2.63)
パラメータα	-48.04	(-2.82)

Sample Size = 359,

L(0)=-249.91, L(B)=-151.14, χ^2 [df=10] = 197.55

(b) 道路網異常時の場合 (SP データによる推定結果)

変数名	パラメー	t値
パラメータベクトルB		
平均車線数 ^{*1}	6.84	(38.67)
費用 ^{*1, *5}	0.027	(3.89)
走行距離 ^{*1}	-4.55	(-15.06)
平均速度 ^{*1, *2}	3.54	(9.49)
パラメータベクトルA		
定数項	-0.29	(-0.27)
通勤ダミー ^{*3}	0.97	(1.04)
業務ダミー ^{*3}	0.05	(0.06)
運転頻度毎日ダミー ^{*4}	1.00	(2.23)
男性ダミー ^{*4}	0.83	(1.55)
通行止め・時間情報ダミー ^{*4}	0.28	(0.67)
通行止め・渋滞長情報ダミー ^{*4}	1.16	(4.60)
事故・存在情報ダミー ^{*4}	1.09	(1.55)
事故・時間情報ダミー ^{*4}	1.16	(3.59)
事故・渋滞長情報ダミー ^{*4}	1.29	(4.52)
パラメータα	-2.49	(-4.65)

Sample Size = 771,

L(0)=-534.42, L(B) = -418.57.14, χ^2 [df=15] = 231.69

^{*1}:H2 道路交通センサスに基づいてデータ作成

^{*2}:認知所要時間分布の期待値で距離を除いた値

^{*3}:自由目的を基準としたダミー変数

^{*4}:通行止め・存在情報を基準としたダミー変数

^{*5}:高速料金のみを考慮する。したがって、一般道路の場合は0円となる。

した。この方法を用いたのは、個々の選択肢が運転者に認知される確率が定数 (1 を含む) の場合、選択肢の全集合から無作為に抽出した集合に利用経路を加えた集合を選択肢集合とみなした上で誘導される尤度関数を最大化して得られる推定値は、一貫性をもつことが知られている¹³⁾ためである。また、今回データを用いる双方の調査において、被験者にできるだけ重複を避けるように教示していることから、それぞれの選択肢の誤差項は独立と仮定した¹⁴⁾。また、推定サンプルには高速料金所での配布データが含まれるため、それによるバイアスを除去するために、現実のトリップ

長別の高速利用率¹⁴⁾によるウェイトを用いた重み付き最尤推定法¹⁵⁾を行った。なお、推定計算ではηを10に固定した¹⁵⁾。以上の仮定のもと、式 (2), (3), (4), (7)に基づいて尤度関数を積分¹⁶⁾を含む形で以下のように誘導し、これを最大化することで推定計算を行った：

$$L = \prod_n \left[\phi \left\{ \int_0^{+\infty} \alpha \cdot \left(x^{\frac{\eta \exp(AZ_n)}{1 + \exp(AZ_n)}} \right) \cdot f_C^n(x) dx - \int_0^{+\infty} \alpha \cdot \left(-x^{\frac{\eta \exp(AZ_n)}{1 + \exp(AZ_n)}} \right) \cdot f_S^n(x) dx \right. \right. \\ \left. \left. + B(X_C^n - X_S^n) \sqrt{L^n C^2 + L^n S^2} \right\}^{w_n} \right] \quad (8)$$

C, S:それぞれ選択経路、代替経路を意味するラベル
wⁿ:個人 n の重み

f_Cⁿ, f_Sⁿ:各個人ごとに求めた正規分布確率密度関数

この式に示したように、誤差項の独立性を仮定した 2 項選択という単純な仮定の下でも、期待効用と不確実性への態度の異質性を考慮していることから、尤度関数は高度に非線形なものとなっており、計算費用は微小なものではない。換言すれば、調査において重複を避けるような経路を二本だけ採取するという簡略化を用いたことによって、不確実性に対する態度の異質性を反映する実証モデルの推定が可能となったと言える。

以上の前提で推定した結果を表 2 に示す。また、得られた推定値に基づいて、トリップや個人の属性別のセグメントごとの所要時間の部分効用関数を係数αで除したもの(uⁿ(x)/α, あるいは x^{ηn})を、図 2, 図 3 に示す。

表 2(a)(b)のパラメータαの推定値より、道路網平常時、異常時を問わず、認知所要時間の増加が効用の低下を招くことが分かる。また、パラメータベクトル B から、車線数が多く、距離が短く、かつ、平均速度が高い経路が、平常時、異常時を問わず好まれることが分かる。これらの結果はいずれも直感的に妥当と言えるとともに、配分計算時に所要時間以外の経路選択要因を無視することは決して得策ではないことを実証的に示している。なお、費用の係数については平常時は負である一方で、異常時には正となっているが、異常時には高速道路が強く選好される傾向を反映したものと考えられる。

次に、リスク態度を意味するパラメータベクトル A に着目すると、平常時では、通勤、業務それぞれの目的ダミーが有意に正の係数を持っており、そのため図 2 に示した様に自由目的の場合は若干の危険愛好型である一方、通勤、業務の場合は危険回避型となることが分かる。また、表 2(a)(b)より、平常時では運転頻度が低い個人や、女性は危険回避傾向が強いが、異常時には全く逆の傾向が存在することが分かる。これは、男性や、運転頻度が高い個人は、道路網の異常状態を強く警戒している一方で、女性や運転頻度が低い個人は、平常時から危険回避傾向が強いものの、異常状態に対するそのような警戒感がないためであると推測される。さらに、表 2(a)(b)、ならびに、図 3 より、異常時には平常時よりも危険回避傾向が強いことが分かる。また、通行止め時よりも事故渋滞時の方が危険回避傾向が強いこと、ならびに、情報内容としては、事故渋滞時においても通行止め時においても存在情報、時間情報、渋滞長情報の順番で、それらの情報提供下での危険回避傾向が強くなるが、その傾向は通行止め時の方が顕著である、等も示されている。

また、表 2 と同様の説明変数を用いた上で、誤差の発生源が道路空間上に分布しておらず誤差分散とリンク長が独立でないと仮定した（すなわち、誤差項の異分散性を考慮しない）場合のモデル推定時の尤度 $L(B)$ が、道路網平常時、異常時それぞれで、-176.44、-425.03 となった。これらの値と比べると、表 2 に示した異分散性を考慮した上での $L(B)$ の方が異常時において 6.46、平常時には 25.30 も良好なものである。モデルの自由度がそれぞれの場合で等しい（異常時の場合の自由度は双方とも 15、平常時の場合の自由度は双方とも 10）ことを考えると、この差異は十分に大きなものであるといえる。今回の推定結果は、期待効用理論から誤差項の独立性の仮定に至るまで、いくつかの仮定の上で得られたものではあるが、上述の適合度の差異は、誤差分散とリンク長が独立でないという仮定を支持する結果であると解釈できる。この仮定が正しいものであるならば、的確な需要解析のためには、経路長と誤差分散との関係を考慮した上で、誤差項の異分散性を許容した行動モデルを用いることが必要とされる。この点については、今後も実証データに基づいた検討を重ねていくことが必要であるものと考えられる。

5. おわりに

本研究では、行動モデルに基づく配分計算のために

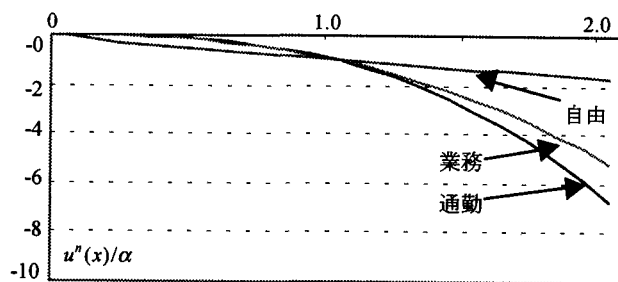
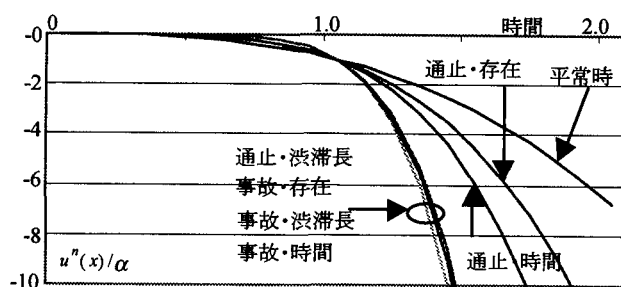


図 2 平常時でのトリップ目的別の部分効用関数 $u^n(x)/a$



注：図中の語句は、それぞれ、通行=通行止め、事故=事故渋滞、渋滞長=渋滞長情報、存在=存在情報、時間=時間情報を意味する。また、通行・渋滞長、事故・存在、事故・渋滞長、事故・時間の 4 つは大きな差異がないため、図では一括して記述している。

図 3 道路網の状態と提供情報別の部分効用関数 $u^n(x)/a$

対処すべき課題のいくつかに焦点をあて、実データに基づいて経路選択モデルを構築した。本モデルの特徴点としては、1) 所要時間の不確実性を考慮した行動モデルである点、2) 不確実性への態度の個人間の差異を考慮している点、3) 誤差項の異分散性を考慮した推定計算がなされている点、4) 母集団と推定サンプルの乖離を軽減するために重み付き最尤推定法を用いてパラメータ推定がなされている点、等が挙げられる。

一方、モデル推計による実証分析の結果からは、従来の研究と同様に⁴⁾、所要時間や料金以外の要因が経路選択に影響を及ぼしていることが改めて示された。また、リンク長と誤差分散との間に関係が存在することも示された。そして、いくつかの仮定を施した上で、個々人の経路選択行動におけるリスクへの態度を意味する指標を抽出した結果、危険回避傾向は通勤や業務では強い、平常時よりも異常時の方が強い、等直感的に妥当な結果が得られた。このことは、例えば時間価値の推計と同様に、適切な推定手法を用いれば、様々なノイズに埋もれているにもかかわらず、理論的に意味を持つ指標を、仮想的な実験空間で得られたデータからではなく、実際の行動データから抽出しえることを意味するものである。

ただし、本モデルを需要解析に適用するためには、

個人の認知所要時間の確率構造に関する実証モデルが不可欠であるが、この点については、文献 11) を参照されたい。また、個々の経路選択肢集合を、運転者の認知過程を考慮した上で、計算機上で効率的に生成するための方法論の提案も不可欠であるが、この点は今後の研究課題の一つであると考えられる。また、統計的な問題点としては、本稿では、個々の選択肢が選択肢集合に含まれる確率が一定であること、経路重複が低いこと、を理由として誤差項の独立性を仮定した二項選択問題という形で経路選択効用関数を推定したが、今後はこの 2 点の仮定の吟味も必要であろう。以上に加えて、本文でも既に述べたように、本研究で不確実状況下の行動記述のための概念装置として援用した期待効用理論にかわる代替的な行動理論の可能性を模索することも、重要な研究課題である¹¹⁾。本研究の選択モデルは状況に依存して不確実性に対する態度が異なる、すなわち、状況に依存して選好が異なることを前提するモデルであるが、この態度の変化が生じる心理的背景を探ることが一つの可能性であると考えられる¹⁶⁾。

最後に、阪神高速道路公団、大窪剛文氏には、調査の遂行、並びに、資料提供に全面的なご協力を頂戴した。ここに記して、深謝の意を表します。

注

- [1] 一般道路、高速道路の区別無く、回答を求めた。
- [2] ただし、期待効用理論に立脚しない行動モデルを構築する場合、必ずしも確率理論に基づいた分布が必要である訳ではない。
- [3] 大阪市近辺地域に起終点が含まれる自動車通勤トリップを実行している個人には通勤トリップを、そうでない個人は、大阪市近辺地域に起終点が含まれる自動車自由トリップを任意に一つ選定してもらった。
- [4] 重複率が問題となる場合には、誤差項の共分散が生じることから、それを考慮した推定を行うことが必要となる。その方法としては、経路の重複構造が単純な場合はネステッドロジットモデルやプロビットモデルを適用する方法が考えられるが、重複構造が複雑な場合は、距離に比例する誤差分散を考えた上で、単位距離あたりの誤差分散を推定する、という構造化プロビットモデル⁹⁾の方法を援用する方法が挙げられる。
- [5] η は、 γ_n の上限を制限することで、パラメータベクトル $\mathbf{A}$ の推定値を安定化させることをねらいとして導入されている定数であり、推定計算の対象となるものではない。この値を 10 に固定して推定計算を行った結果、

いずれのトリップも γ_n が 10 よりも十分に小さな値となった。本研究では、この結果を受けて、10 よりも大きな値を設定する必要がないもの判断し、10 に固定して推定計算を行った。

- [6] 尤度関数内の積分計算には、高橋・森の二重指数関数型積分公式に基づく自動積分法を用いた。

【参考文献】

- 1) 飯田、内田、宇野：交通情報の効果を考慮した経路選択行動の動的分析、土木学会論文集, No. 470 /IV-20, pp. 77-86, 1993.
- 2) ジョイバタチャリア, 吉井, 桑原：R P 調査に基づいた動的交通情報提供がドライバーの経路選択行動に与える影響分析, 土木計画学研究・講演集, No. 18(2), pp. 497-500, 1995.
- 3) 羽藤, 香月, 杉恵：Intranet Survey による SP データを用いた交通情報獲得・経路選択行動分析, 土木計画学研究・講演集, No. 20 (1), pp. 403-406, 1997.
- 4) 藤井, 北村, 矢部：個人の経路選択決定要因を把握するための非集計モデルの構築, 土木学会第 49 回年次学術講演会講演概要集第 4 部, pp.868-869, 1994.
- 5) 山下, 萩山：所要時間分布の学習過程を内包した経路選択モデル, 土木計画学研究・講演集, No. 19(2), pp. 757-758, 1996.
- 6) 坪井, 秋山：フジィニューラルネットワークを用いた経路選択行動のモデル化, 土木計画学研究・講演集, No. 20 (2), pp. 193-196, 1997.
- 7) 小林, 藤高：合理的期待形成を考慮した経路選択モデルに関する研究, 土木学会論文集, No. 458 /IV-18, pp. 17-26, 1993.
- 8) 屋井, 中川：構造化プロビットモデルの発展性, 土木計画学研究・論文集, No. 13, pp. 563-570, 1996.
- 9) 土木学会：交通ネットワークの均衡分析-最新の理論と解法-, pp. 178-181, 1998.
- 10) 多々納, 小林, 喜多：危険回避選好を考慮した 2 段階離散選択モデルに関する研究, 土木計画学研究・論文集 No.13, pp.553-562, 1996.
- 11) Kahneman, D. and A. Tversky: Prospect theory: an analysis of decision under risk, *Econometrica*, pp. 263-291, 1979.
- 12) Beyth-Marom, R. (1982) How probable is probable?: Numerical translation of verbal probability expressions. *Journal of Forecasting*, 1, 267-269.
- 13) 林, 藤井, 北村, 大窪：ドライバーの認知所要時間の確率構造に関する実証的研究, 土木学会第 53 回年次学術講演会講演概要集第 4 部, pp.652-653 1998.
- 14) 阪神高速道路の交通特性に関する検討業務報告書, 阪神高速道路公団, 1996.
- 15) Ben-Akiva, M. and Lerman, S.R.; *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*, MIT Press, 1985.
- 16) 竹村和久：フレーミング効果の理論的説明, 心理学評論, Vol.37, pp.270-291, 1994.

藤井 聡, 守田武史, 北村隆一, 杉山守久

本研究では、行動モデルに基づく配分計算を究極的な目的として、1) 様々な種類の運転者を対象とする、2) 所要時間の不確実性の意思決定への影響とその異質性を考慮する、3) 経路重複による誤差項の共分散の発生を考慮した需要予測を可能とする、という特徴をもった経路選択モデルの構築を図った。行動モデルを推定する際、平常時における経路選択行動を観測したRPデータと、その通行止め等の交通網異常時における対応行動についてのSPデータを用いた。推定計算より、所要時間以外の経路選択要因が抽出されるとともに、危険回避傾向と個人属性やトリップ目的、提供情報との関係についての知見が得られた。

An Empirical Analysis of the Heterogeneity in Attitudes toward Uncertainty and Development of a Route-Choice Model for Demand Forecasting

By Satoshi Fujii, Takeshi Morita, Ryuichi Kitamura and Morihisa Sugiyama

Developed in this study is a drivers' route choice model which 1) applies to a general class of drivers, 2) is a model of behavior under uncertainty and accounts for heterogeneity of attitudes toward risk, and 3) can be used to predict route choice probabilities while considering the covariances between error terms of alternative routes. One model is estimated using RP data of drivers' route choices under ordinary traffic condition and another model is estimated using SP data of route choices under extraordinary traffic condition, e.g., traffic condition caused by a road closure. The results indicate that a route choice behavior is influenced by several factors other than travel time, including the number of lanes and traffic speed. Empirical evidence is offered on relations between attitudes toward risk and personal attributes, trip purpose, or the type of information acquired.
