

所要時間情報の不確実性による経路選択行動への影響に関する研究*

A study on the influence to the route choice behaviors
by the uncertainty of travel time information

田中俊祐**・小川圭一***・宮城俊彦****

By Shunsuke TANAKA, Keiichi OGAWA and Toshihiko MIYAGI

1.はじめに

近年、都市部の発展に伴い都市内での自動車交通需要は増加の一途をたどっている。これにより大量の交通需要を受け持つべき都市高速道路や幹線道路では慢性的な交通渋滞が発生している。こうした交通渋滞を解消するなど、現存する交通問題を解決する目的で ITS などの情報・通信技術の高度利用を目指した道路交通システム構築が提唱されている。

しかし現実的には、情報提供機器の高度化により大量で複雑な交通情報をドライバーに提供することによって、かえって交通の混乱を引き起こす恐れが内在している。よって、道路のインテリジェント化を図る際にはその中心となる交通情報の妥当な内容、情報提供施設の配置、提供する時間帯等に対応した内容の変更など運用面での課題が残されている。

このような交通管理方策の具体的な検討のためには、交通情報に対応するドライバーの行動変化を把握する必要がある。ドライバーの行動原理をあらかじめ明確にしておくことで、情報提供による道路網全体の交通流動への影響を知ることができるからである。情報提供システムとドライバーの行動原理との関連性を分析するために、交通情報システムから提供される交通情報がドライバーに及ぼす影響を明示的にモデル化する必要がある¹⁾。

このような情報提供システムを扱った研究はこれまで数多く行われており、その 1 つに、山下ら(1996)²⁾のドライバーの経路に関する経験と需要予測精度との関係を示した研究が挙げられる。また、交通情報の精度に注目した研究に、山田ら(1994)³⁾が、継続的に交通情報を提供する際、途中で情報の精度を向上させても利用者の情報に対する依存度は急激に増加しないことを示したものなどがある。

こうした背景の下に本研究では、ドライバーの経路選択行動に影響を及ぼす要因の 1 つとして「交通情報の不確実性」に注目する。まず、ドライバーの知覚所要時間や知覚所要時間幅(最長所要時間と最短所要時間の差)が、交通情報の示す所要時間と同様に経路選択行動に影響を及ぼすことを確認する。次にドライバーの知覚所要時間を確率分布として表現し、ベイズの定理を用いることにより情報入手後における知覚所要時間を表現する。そこで、個人の行動を表現するために非集計ロジットモデルを用いて、ドライバーの主観値である知覚所要時間と知覚所要時間幅を定量的に扱い、交通情報の不確実性がドライバーの経路選択行動に与える影響を表現するモデルを構築する。さらにこのモデルについて感度分析を行い、提供される情報の不確実性による経路選択行動の変化を分析することを目的とする。

2.ベイズの定理による知覚所要時間変化のモデル化

(1)不確実性下の意思決定問題

石川(1988)⁴⁾は不確実状況下の意思決定問題における情報システムを図 1 のように位置付けている。

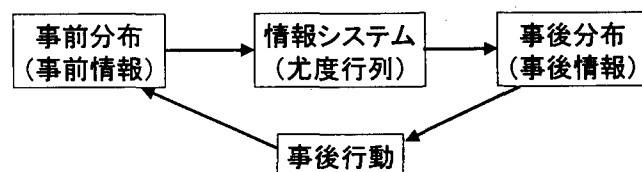


図1 情報システムの位置付け

これを経路選択行動にあてはめると、ドライバーは情報入手前の予想(事前情報)と、情報システムにより提供される交通情報により情報入手後の予想(事後情報)を形成し、事後行動(経路選択行動)を行っていることになる。なお、本来は事後行動に基づいて次の行動における事前分布が更新されるわけであるが、本研究ではこの部分は扱わない。なお、既存研究としては、森地ら(1995)⁵⁾がこれをもとに所要時間を確率分布で表現し、事後分布(情報提供後の主観的所要時間等の分布)が求まれば、情報提供の前後の利得や総効用の差を通じてドライバーにとっての情報提供システムの評価値を計測することができる」と提案したものがある。

* キーワード：交通行動分析、経路選択、所要時間情報

** 学生員 岐阜大学大学院
工学研究科土木工学専攻

*** 正会員 工博 岐阜大学工学部土木工学科

**** 正会員 工博 岐阜大学地域科学部

(〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1,
TEL058-293-2446, FAX058-230-1528)

(2) ベイズの定理

本研究では、ドライバーは知覚所要時間を確率分布として認識しているものとする。そして、事前情報から知覚所要時間に関する事前分布を形成しており、情報入手後の行動における知覚所要時間分布は、事前分布と交通情報による所要時間を表す分布から形成されている。そこで、交通情報を提供する前後における、ドライバーの知覚所要時間を表す分布の変化を表現するために、ベイズの定理を利用する。

ベイズの定理とは、新たなシグナル x に基づいて、事前確率 $P(\theta)$ を事後確率 $p(\theta|x)$ に修正し、変換する方式を提示するものである⁶⁾。

対象とする事象が離散変量である場合、ある事象 E が起こったという条件の下で、事象 F が起こる条件付確率は、

$$P(F|E) = \frac{P(E \cap F)}{P(E)} \quad (1)$$

で定義される。これを変換すると、次式を得る。

$$P(E|F) = P(E)P(F|E) = P(F)P(E|F) \quad (2)$$

今、事象 $F_1, F_2 \dots F_n$ のいずれかが起こるが、これらの事象の2つ以上が同時には成立しないとする。すなわち

$$F_1 \cup F_2 \dots \cup F_n = \Omega \quad (\Omega \text{は全事象を表す}) \quad (3)$$

$$F_i \cap F_j = \emptyset (i \neq j) \quad (4)$$

であるとする。このとき、(2)、(3)、(4)より

$$\begin{aligned} P(E) &= P(E \cap F_1) + P(E \cap F_2) + \dots + P(E \cap F_n) \\ &= P(F_1)P(E|F_1) + P(F_2)P(E|F_2) + \dots \\ &\quad + P(F_n)P(E|F_n) \end{aligned} \quad (5)$$

とできる。(1)、(5)より、次式を得る。

$$P(F_i|E) = \frac{P(F_i)P(E|F_i)}{\sum_{j=1}^n P(F_j)P(E|F_j)}, \quad i = 1, \dots, n \quad (6)$$

ここで、 $P(F_i)$ は事象 E が観測される前の事象 F_i の発生確率、 $P(F_i|E)$ は事象 E が観測された後の事象 F_i の条件付確率である。よって、事後確率は事前確率と事象 E の観測確率との積に比例する。

対象とする事象が連続変量 θ である場合、事前確率の分布 $f_N(\theta)$ とシグナルの分布 $f(x|\theta)$ をともに正規分布と仮定すると、事後確率の分布は、

$$\begin{aligned} f_N(\theta|x) &\propto f_N(\theta) * f(x|\theta) \\ &\propto \exp\left[-\frac{\tau_\theta}{2}(\theta - m_\theta)^2\right] \cdot \exp\left[-\frac{\tau}{2}(x - \theta)^2\right] \\ &\propto \exp\left[-\frac{\tau_\theta + \tau}{2}\left(\theta - \frac{\tau_\theta m_\theta + \tau x}{\tau_\theta + \tau}\right)^2\right] \end{aligned} \quad (7)$$

で与えられる。ここで、事前分布の平均値、精度は m_θ, τ_θ であり、シグナルとその精度は x, τ である。なお、精度は分散の逆数で定義している。即ち、事後分布は正規分布となり、その平均値、精度は、

$$m_\theta(x) = \frac{\tau_\theta m_\theta + \tau x}{\tau_\theta + \tau} \quad (8)$$

$$\tau_\theta(x) = \tau_\theta + \tau \quad (9)$$

で与えられる。

これを知覚所要時間分布に適用すると、ドライバーが各経路に対して知りたいと考える所要時間は、その経路を選択した場合に実現する所要時間の「真値」である。これが(7)式における θ に相当し、各経路に対して1つの値が存在する。ドライバーのもつ知覚所要時間分布はこの値の生起確率に対する知覚と考えられる。これが $p(\theta)$ に相当することになる。一方、提供される所要時間情報について考えると、現実的には真値 θ を完全に予測することは困難であるため、所要時間情報 x の値は真値 θ に対してある確率分布に従うものと考えられる。これは真値 θ が実現することを条件とした条件付生起確率の分布として捉えることができる。すなわちこれが $p(x|\theta)$ に相当する。すると所要時間情報入手後の知覚所要時間は、ドライバーにとっての情報 x の下での所要時間 θ の生起確率と捉えることができるので、ベイズの定理を用いて、その主観的な生起確率の変化を表現することができると考えられる。

すなわち、ドライバーは所要時間の真値 θ に関する情報を積み重ねていくことにより、より精度の高い知覚所要時間を形成していくことになる。

このような仮定を知覚所要時間の変化に適用した既存研究としては、宮城(1990)⁷⁾がドライバーの知覚所要時間における学習過程の表現に用いたものがある。

ベイズの定理によるドライバーの知覚所要時間分布の変化の例を図2に表す。この場合の事前分布は平均値 $m_\theta=4$ 、分散 $1/\tau_\theta=4$ (精度 $\tau_\theta=0.25$)であり、交通情報は分散 $1/\tau=0.5$ (精度 $\tau=2$)に従い、 $x=8$ と提供している。(8)(9)式から、事後分布における平均値は事前分布と交通情報の加重平均で与えられ、精度は事前分布と交通情報における精度の和で表現されている。これは事後分布の情報量には、事前分布のもつ情報量に追加情報として交通情報のもつ情報量が加わっているからである。

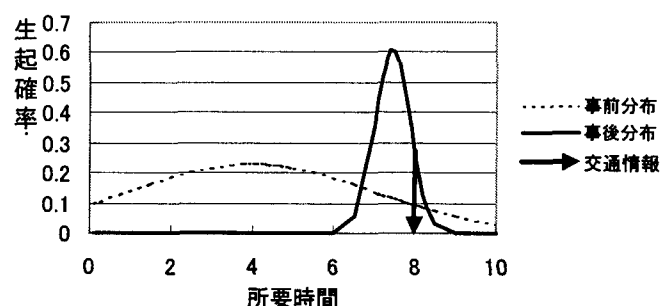


図2 ベイズの定理による知覚所要時間分布の変化

3. 経路選択行動モデルの検討

(1) 使用データの概要

本研究では構築するモデルのパラメータ推定を行うために、現実の経路選択行動を想定した SP 調査データを利用した。なお、この調査は横浜市緑区内の住宅地域で 1992 年に実施されたものである。

SP 調査ではトリップ目的が買い物、出発地が横浜市緑区内の自宅、目的地が横浜駅に設定されている。そこで目的地までの 2 経路を想定した。対象地域の略図を図 3 に示す。経路 1 は有料道路(第 3 京浜道路)を利用する経路であり、経路 2 は一般道路のみを利用する経路である。

まず想定した 2 経路について「通常」、「最短」、「最長」知覚所要時間を記入してもらった。また特に何も情報が得られない場合、どの経路を選択するかを質問している(事前選択結果)。

次に仮想的な所要時間情報を提供された場合の経路選択の変化(事後行動結果)を、複数の提供情報について質問している。交通情報は、所要時間およびその幅として

「A 分±B 分」という形式で想定した。さらに年齢、自動車利用の特性などの個人属性についても質問している。

また、配布票(558 票)中、有効回答数は 195 票(有効回答率 35%)であった。

回答者の個人属性の一部を表 1 に示す。年齢は 20 代から 70 代と幅広いが、多くの回答者が 40 代、50 代に集中しているため、サンプルの属性は均質化している。また、回答者の自宅から第 3 京浜道路の最寄り IC までの距離はすべて 10 キロ未満であり、有料道路(第 3 京浜道路)と一般道路の両者を目的地までの経路として利用し得る人々であると考えられる。

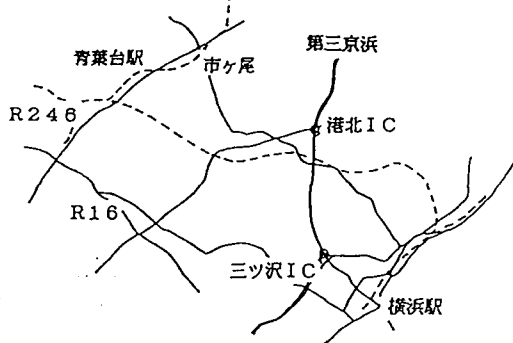


図 3 調査対象地域

(2) SP 調査集計結果の分析

(a) 情報入手前の選択行動

ここでは SP 調査結果を集計し、経路選択行動に提供する情報の不確実性が与える影響を検討する。

調査ではドライバーの知覚所要時間分布に関するデータとして「通常」「最長」「最短」の 3 種の値を用いている。そこで「最長」知覚所要時間と「最短」知覚所要時間の差を「知覚所要時間幅」と定義し、これを知覚所要時間分布の広がりを表す指標として用いることとした。

まず情報入手前(事前選択)についてドライバーが選択

した経路の相対的な知覚所要時間、知覚所要時間幅の組み合わせに対してクロス集計を行い、その集計結果により経路選択行動に与える影響を調べた。集計結果を表 2 に示す。表 2 はドライバーが、想定する 2 経路に対して相対的に知覚所要時間の長いもの、短いものと知覚所要時間幅が狭いもの、広いもののいずれを選択したかを示したものである。例えば、知覚所要時間が短く、知覚所要時間幅が狭い経路を選択すれば、「短」「狭」の項目にカウントされる。

表 1 回答者の個人属性

		人数	割合
年齢	20代	8	0.04
	30代	26	0.13
	40代	62	0.32
	50代	68	0.35
	60代	26	0.13
	70代	5	0.03
の 1 距離まで	6Km~10Km	143	0.73
	3Km~6Km	21	0.11
	0~3Km	23	0.12

表 2 知覚所要時間と知覚所要時間幅のクロス集計

		知覚所要時間		合計	選択割合
		短	長		
知覚所要時間幅	狭	70	12	82	0.626
	広	22	27	49	0.374
合計		92	39	131	
選択割合		0.702	0.298		

この結果から、回答者には知覚所要時間が短い経路、知覚所要時間幅の狭い経路を選択する傾向があることがわかった。また、両者がトレードオフの関係になっている場合、回答者は知覚所要時間が長く知覚所要時間幅の狭い経路と比べ、知覚所要時間が短く知覚所要時間幅が広い経路のほうをより多く選択している。よって、事前選択における知覚所要時間、及び知覚所要時間幅は経路選択行動に影響を与えるといえる。また、知覚所要時間幅よりも知覚所要時間の方が経路選択行動に影響を与えていると考えられる。

(b) 情報入手後の選択行動

次に、情報入手後の行動(事後選択)について、交通情報の不確実性と所要時間による傾向を分析する。ここでは「A 分±B 分」という形式で提供された所要時間情報に対し、中央値 A(分)を所要時間 x 、所要時間の幅に対応する 2B(分)を所要時間幅 h_x として、次式により情報の不確実性 q を定義した。

$$q = \frac{h_x}{x} \tag{10}$$

そこで、 $q=0.15$ を基準として不確実性がこれより大きなもの、小さなものに分類した。そこで、各々に該当する選択肢を全回答者について足し合わせると表 3 のよ

うになる。この表における所要時間の「長」「短」は表2と同様に2経路を相対的に比較したものである。

次に、ドライバーが選択した経路がどのような所要時間、不確実性であるのかを分類した。この集計結果を表4に示す。表4によると情報の不確実性が小さく所要時間の長い経路よりも、情報の不確実性が大きく所要時間の短い経路のほうが選択されているように見える。しかし、これはそもそも存在している経路の所要時間に表3で示すような偏りがあるためである。そこで、表3の値に対する表4の値の割合をとり、それぞれの場合における経路選択率を求めた。これによる交通情報の所要時間と不確実性による経路選択率への影響を表5に示す。

表3 選択肢の分類と総数

	交通情報		選択肢数
	所要時間	不確実性	
1	長	小	213
2	長	大	177
3	短	小	249
4	短	大	141

表4 情報の不確実性と所要時間による
選択結果数の比較

		所要時間情報		合計
		短	長	
不 確 実 性	小	155	48	203
	大	100	38	138
	合計	255	86	341

表5から、提供される交通情報の不確実性が小さければ、交通情報の所要時間の長短が経路選択に大きな影響を及ぼすといえる。しかし、提供される交通情報の不確実性が大きければ、ドライバーの経路選択行動に交通情報の所要時間の長短が与える影響が小さくなる。また、所要時間が長ければ、情報の不確実性が大きな経路が選択されやすい。これは不確実性が大きい経路は、提供される所要時間の値が大きくても、早く目的地に行くことのできる可能性が、不確実性の小さい経路よりも大きいと考えているためと思われる。これらにより経路選択行動に交通情報の不確実性は大きく関係していると考えられ、交通情報の不確実性を考慮した経路選択行動モデルを構築することは意義があると考えられる。

表5 情報の不確実性と所要時間による
経路選択率への影響

		所要時間情報		選択割合
		短	長	
不 確 実 性	小	0.727	0.193	0.476
	大	0.565	0.270	0.525
	選択割合	0.767	0.263	

(3) 知覚所要時間分布に関する仮定

本研究では、ドライバーの知覚所要時間分布を、アンケート調査により得られた3種の値を用い、平均を「通常」知覚所要時間、標準偏差を知覚所要時間幅に比例する正規分布に従うものと仮定する。このとき、標準偏差

と知覚所要時間幅の関係を以下のように設定した。

$$\sigma = \frac{1}{\alpha} \times h \tag{11}$$

α : パラメータ

h : 知覚所要時間幅

一方、所要時間情報については「A 分±B 分」という形式で提供している。このとき、真値に対する情報の不確実性を「±B 分」の範囲で表しているものとする、所要時間の真値は(A 分-B 分、A 分+B 分)の範囲に存在することになる。この幅 2B を所要時間幅 h_x とおき、これをドライバーが自らのもつ知覚所要時間幅と同様に認識するものと仮定すれば、 h_x は所要時間情報の従う確率分布の標準偏差 σ_x に比例することになる。

$$\sigma_x = \frac{1}{\alpha} \times h_x \tag{12}$$

このとき「知覚所要時間幅」を生起確率に対してどの程度に見積もるか、すなわち知覚所要時間と標準偏差の比 α の値は個人によって異なると考えられる。しかし、(9)式、(10)式の標準偏差の逆数をそれぞれ精度 τ_0 、精度 τ として(8)式へ代入すると、事後分布の精度は

$$\begin{aligned} \tau_0(x) &= \frac{\alpha}{h} + \frac{\alpha}{h_x} \\ &= \alpha \left(\frac{1}{h} + \frac{1}{h_x} \right) \\ &= \alpha(\tau_0 + \tau) \end{aligned} \tag{13}$$

となる。従って個人のもつ標準偏差と知覚所要時間幅の比 α が情報入手前後で変化しないものと仮定すれば、知覚所要時間幅を標準偏差におきかえても(8)(9)式と同様の議論ができることになる。

そこで、本研究では(11)(12)式のように知覚所要時間幅を標準偏差におきかえてモデル化を行うことにした。

(4) モデルの推定結果による分析、検討

これをもとに、ドライバーの情報入手前における経路選択行動と情報入手後における経路選択行動を表すモデルをそれぞれ構築した。なお、後者のモデルのパラメータ推定には、交通情報が両経路に提供された場合を用いた。また、不確実性を表す説明変数として知覚所要時間に対する知覚所要時間幅の割合を用いた。このモデルにおけるダミー変数は経路1の選択肢固有変数、ICまでの距離(5キロ未満 1、以上 0)、年齢(45歳以上 1、未満 0)、日常的な交通情報利用ダミー(調査において「日常的に交通情報を参考にしている」と答えれば1)の4種を用いた。なお、想定経路を年間3回以下しか利用しない回答者、自動車を週1回以下しか利用しない回答者を、想定経路に対する知覚が不十分なままアンケートに回答していると判断し、実際の自動車交通を反映し

ていないと考えサンプルから除いた。

パラメータの推定結果を表6、7に示す。表6は事前選択モデル、表7は事後選択モデルである。事後選択については、ベイズの定理を利用するモデル、利用しないモデルについてそれぞれパラメータ推定を行った。このうち、ベイズの定理を利用しないモデルでは交通情報が示す所要時間とその幅を、事後におけるドライバーの知覚所要時間として代用した。すなわち、情報を入手したドライバーは事前の知覚所要時間にかかわらず、入手した情報のみに基づいて行動していることになる。一方、ベイズの定理を利用するモデルでは2章で述べたように事前分布と交通情報から事後分布を求め、この平均と幅を用いてパラメータ推定を行った。

表7における適中率を比較すると、ベイズの定理を用いて事後分布を表現するモデルの適中率は、ベイズの定理を用いないモデルに比べ高くなっており、知覚所要時間の変化をベイズの定理を用いて表現することが、より高い現象記述力をもっていることがわかる。また、表6、7を見ると、所要時間のパラメータに対するt値が有意となったことより、所要時間がドライバーの行動に影響を与えていることいえる。さらに、ICまでの距離が短いドライバーは、高速道路を利用する経路である経路1を選択する傾向がある。しかしながら、表6と表7におけるベイズの定理を用いたモデルを比較すると、それぞれ異なったパラメータの値が得られており、交通情報提供前後での経路選択行動における意思決定構造が異なっていると考えられ、ベイズの定理による知覚所要時間の変化のみでは情報入手前後の行動を統一的に表現することはできないものと考えられる。

表6 事前選択モデルのパラメータ推定結果

所要時間	-0.063 (-2.530)
所要時間の不確実性	-0.010 (-0.008)
IC距離ダミー	-1.040 (-2.214)
年齢ダミー	-0.394 (-0.880)
日常的な交通情報利用ダミー	0.656 (1.191)
定数項(経路1)	-0.278 (-0.423)
適中率	0.707
尤度比	0.187
サンプル数	126

(括弧内はt値)

(5) 事前選択結果が事後選択行動に与える影響

次に、事前選択において「経路1を選択した場合」「経路2を選択した場合」の2種類に回答者を分類し、それぞれの事後選択行動を表す経路選択行動モデルを構築した。事前選択において有料道路を利用する経路1を選択するドライバーは短い所要時間の経路を選択することが

予想され、所要時間情報の不確実性が経路選択行動に影響を与えているものと予想される。

この場合も表7と同様に交通情報を両経路に提供する場合のデータを用い、想定経路を年間3回以下しか利用しない回答者、自動車を通1回以下しか利用しない回答者を、日常から想定経路についての知識をもたない回答者とみなしサンプルから除いた。このモデルでは、事後分布はすべてベイズの定理を利用して表現している。このパラメータ推定結果を表8に示す。

表7 事後選択モデルのパラメータ推定結果

	ベイズの定理	
	利用しない	利用する
所要時間	-0.128 (-4.049)	-0.199 (-4.448)
所要時間の不確実性	-3.408 (-1.150)	-9.004 (-1.486)
IC距離ダミー	-1.744 (-3.453)	-1.548 (-3.045)
年齢ダミー	-0.082 (-0.174)	-0.251 (-0.509)
日常的な交通情報利用ダミー	0.435 (-0.72)	0.402 (0.644)
定数項(経路1)	0.615 (-0.985)	-0.046 (-0.071)
適中率	0.703	0.774
尤度比	0.284	0.240
サンプル数	126	126

(括弧内はt値)

表8 事前選択経路別の事後選択モデル推定結果

事前選択	経路1	経路2
所要時間	-0.216 (-3.364)	-0.248 (-2.219)
所要時間の不確実性	-5.170 (-0.618)	-6.800 (-0.528)
IC距離ダミー	-1.486 (-3.653)	-0.715 (-1.526)
年齢ダミー	0.279 (0.804)	-12.31 (-0.012)
日常的な交通情報利用ダミー	0.869 (2.372)	-11.51 (-0.012)
定数項(経路1)	-0.052 (-0.111)	9.478 (8.698)
適中率	0.805	0.778
尤度比	0.489	0.407
サンプル数	89	37

(括弧内はt値)

表8をみると、事前選択で経路2を選択するドライバーは所要時間の変動に対する効用の変化よりも年齢や日常的な交通情報利用といった個人属性による影響が大きく、情報によって知覚所要時間が変化しても選択確率にそれほど影響しないことがわかる。すなわち、事前に有料道路を選択するドライバーは情報に対して敏感に反応するものの、一般道路のみを選択するドライバーはあまり事前に選択した経路を変更しないことがいえる。

しかし、事前選択で経路2を選択しているドライバーの数は少なく、十分に信頼性のあるモデルを推計することができなかった。この点は今後の課題としたい。

4. 交通情報の不確実性による経路選択率への影響

本章では、前章で構築したモデルに対して仮想的な交通情報を提供し、交通情報の示す所要時間、不確実性がドライバーの選択結果にどのような影響を与えるのかを分析する。まず経路2には所要時間 60 分、不確実性 $q=0.2$ の交通情報が提供されていると想定した。そこで、経路1に提供する交通情報は所要時間を 40 分から 80 分まで変化させ、情報の不確実性 q を 0.1 から 2.0 まで変化させた。これにより、ある知覚所要時間をもつ個人が提供される情報に対して、どのような経路選択率の変化を示すのかを分析している。

(1) 事後選択モデルを用いた分析

ここでは、表7に示した事後選択モデルについて感度分析を行う。抽出したサンプルは、3 種の事前知覚所要時間が両経路とも「通常」=60 分、「最短」=50 分、「最長」=70 分である。また、IC までの距離は 9 キロ、年齢は 59 歳、さらに交通情報を参考にしてしている。このサンプルにおける感度分析結果を図4に示す。なお、この図における情報の不確実性は「所要時間幅/所要時間」である。

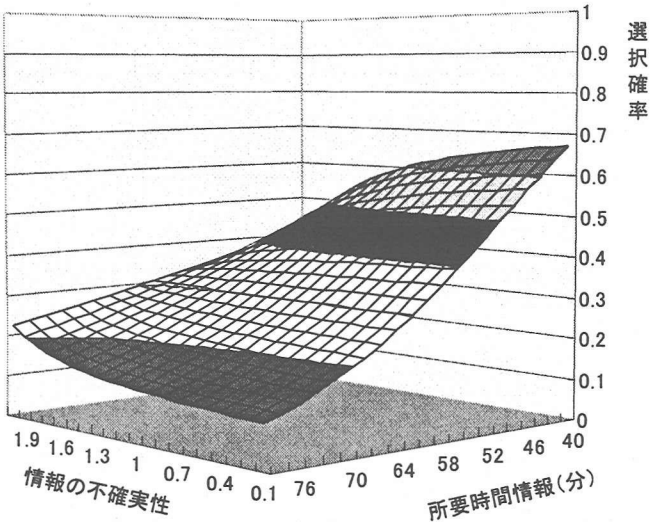


図4 モデル①感度分析結果

図4のグラフ形状は、次のことを示していると考えられる。まず不確実性の小さい情報を提供するとき、所要時間情報によって選択確率が大きく左右される。これは不確実性の小さい情報を提供されるとき交通情報を信用していることを表す。しかし、不確実性が大きい情報を提供するときの勾配が緩やかになっており、不確実性が大きな情報を提供しても所要時間情報が経路選択行動に与える影響は少ない。また、短い所要時間情報を提供するとき、情報の不確実性が小さければ選択確率が高く、不確実性の大きな情報を提供すると選択確率が低くなる。このことから、短い所要時間情報でも不確実性が大きければ、ドライバーに交通情報を提供することによって経路誘導を行うことは困難であると考えられる。ここで、この回答者の「通常」知覚所要時間である「60 分」の所要時間情報が提供される場合に注目すると、情報の不確

実性が選択確率にほとんど影響していない。このことから、知覚所要時間に近い所要時間情報を入手するとき、その情報の不確実性にかかわらず選択行動にあまり自らの知覚所要時間分布に影響を及ぼさないと考えられる。

以上のことから、交通情報の不確実性が経路選択行動に影響を及ぼしているといえる。また、ドライバーを効率よく経路誘導させるためにはより不確実性の小さい情報を提供する必要があると考えられる。

(2) 事前選択経路別のモデルを用いた分析

次に、表8に示した事前選択経路別の事後選択モデルについて同様の感度分析を行った。図5は事前選択結果が経路1であるドライバーを対象としたモデルの感度分析結果である。また、図6は事前選択結果が経路2であるドライバーを対象としたモデルの感度分析結果である。

まず、事前選択が経路1であったドライバーについて考える。図5-1では図4で用いたサンプルと同様のサンプルを利用した。一方、図5-2は経路1 60 分、経路2 80 分と認識し、IC までの距離 9 キロ、51 歳、交通情報を参考にするサンプルを用いた。

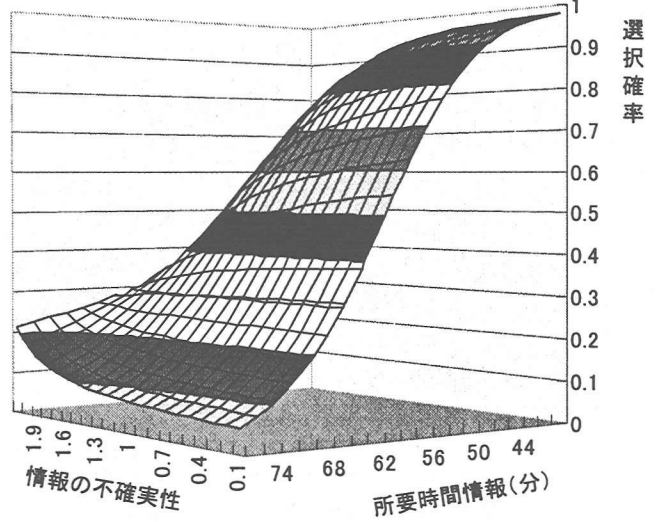


図5-1 モデル②感度分析結果

サンプル 経路1 60 分、経路2 60 分

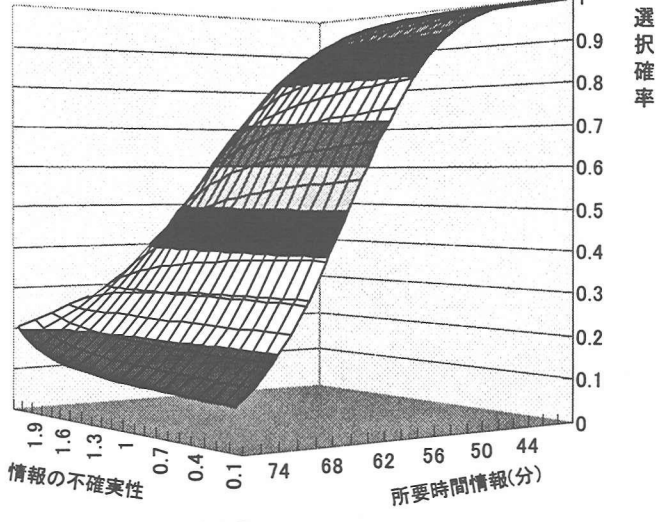


図5-2 モデル②感度分析結果

サンプル 経路1 60 分、経路2 80 分

両図とも、図4と比較すると所要時間情報の値が経路選択率に及ぼす影響が大きいことが読み取れる。これは、事前選択の際に経路1を選択するドライバーは経路選択行動において所要時間を大きな要因として捉えているためと判断できる。しかし、情報の不確実性が大きくなると所要時間情報の影響が少なくなる。これは情報の不確実性が大きくなるとあまり情報を参考とせずに経路選択行動を行っていると思われる。図5-1と図5-2を比較すると、不確実性が少なく所要時間が短い情報を提供する部分に関しては図5-2の傾きが緩い。さらに交通情報が経路2における知覚所要時間が同じとき(図5-1では60分、図5-2では80分の所要時間情報)の選択確率には大きな差がある。このことは経路1と経路2における所要時間の差が異なるためと考えられる。

ここで、図5の両図形から、交通情報の不確実性が非常に小さくなくとも高い選択確率を得られることが読み取れる。よって状況に応じてある程度の不確実性の水準を維持すれば、効率のよい経路選択行動を行うことができると考えられる。

次に、事前選択が経路2であったドライバーについて考える。図6-1は図4、図5-1と同様のデータを用いた。一方、図6-2は経路1 60分、経路2 50分と認識し、ICまでの距離4.2キロ、36歳、交通情報を利用しないサンプルを用いた。図6では経路1に短い、または小さな不確実性をもつ交通情報を提供しても経路1の選択確率は低い。これは、経路2を選択することに肯定的であると考えられる。よって、経路1の所要時間が短いという交通情報を提供しても、参考にされにくい傾向がある。また、図6-1、図6-2ともにグラフ形状が酷似している。このことは事前選択が経路2であるドライバーに対して交通情報が経路選択行動に与える影響は少なく、自らの事前選択結果を変更しにくいことを表している。

ここで図5と図6において、不確実性の小さな交通情報を提供するときの選択確率に注目する。図5では所要時間情報が比較的短い(40分~50分)ときの選択確率の傾きは緩やかであり、逆に図6における勾配は急である。このことから事前選択結果が経路1であるドライバーは知覚所要時間よりも短く、不確実性の小さい交通情報を信用しているが事前選択が経路2であるドライバーはあまり信用していないと考えられる。よって、ドライバーの行動原理は事前選択結果によって異なると思われる。

(3)まとめ

すべての図に共通する傾向としては以下のようなことが挙げられる。不確実性の小さい交通情報を提供することにより、所要時間情報によって選択確率は大きく変化する。また、不確実性の大きい交通情報を提供しても、ドライバーの知覚所要時間分布にはあまり影響を及ぼさず、所要時間情報が選択確率に与える影響は少ない。さらに、ドライバーの事前知覚所要時間と等しいまたはそ

れに近い所要時間情報を提供しても、情報の不確実性の影響をほとんど受けない。よって、交通情報を提供することにより、ドライバーを効率の良く誘導するためには、不確実性の小さい交通情報を提供することが必要である。しかしながら、本分析における最も不確実性の小さい交通情報は $q=0.05$ であり、例えば所要時間40分に対して ± 2 分である。これほど不確実性が小さくなくとも、十分にドライバーを誘導できることを表すことができた。

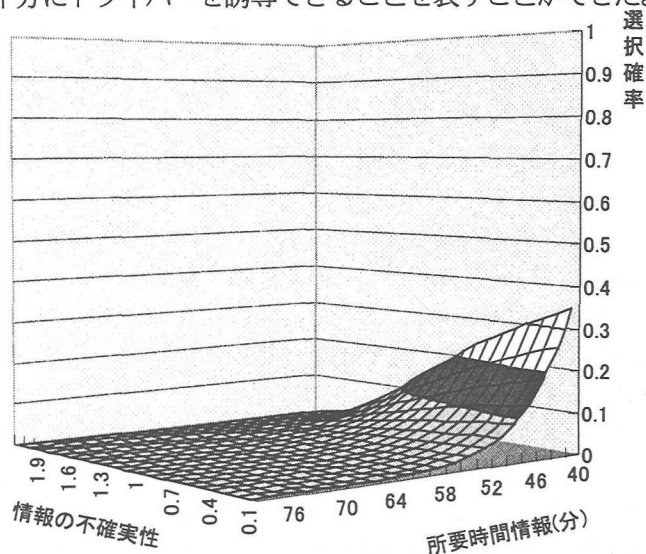


図6-1 モデル②感度分析結果

サンプル 経路1 60分 経路2 60分

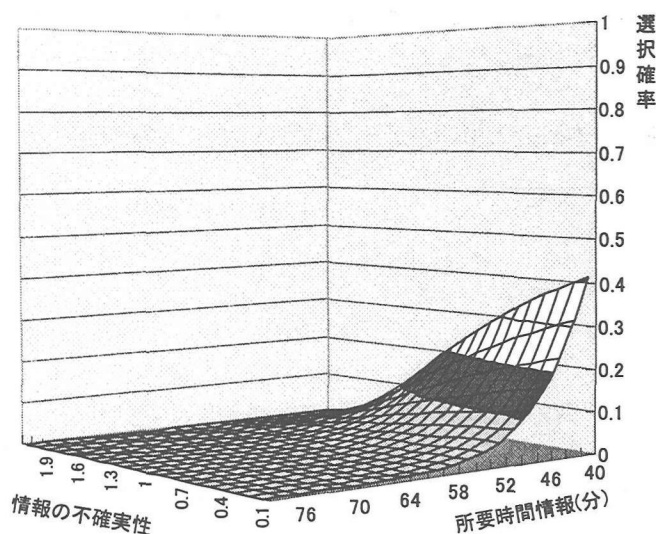


図6-2 モデル②感度分析結果

サンプル 経路1 60分 経路2 50分

5. おわりに

本研究では、経路選択行動に影響を及ぼしている要因の1つとして交通情報の不確実性に着目した。

ドライバーの知覚所要時間を確率分布として表現し、ベイズの定理を利用することで知覚所要時間の変化を表現した。さらに、ドライバーの知覚所要時間と交通情報の不確実性を定量的に扱い、その2つを主な説明変数とした経路選択行動モデルを構築し、パラメータを推定す

ることにより交通情報の不確実性がドライバーの経路選択行動に与える影響を分析できるモデルを構築することができた。

さらに、構築したモデルに仮想的なデータを代入することで、知覚所要時間、所要時間情報とその不確実性がドライバーの選択確率に与える影響を考察した。このことにより、所要時間の短い経路に対して不確実性の小さい交通情報を提供することが必要であることを表すことができた。また、非常に小さな不確実性をもつ交通情報でなくとも、十分にドライバーを誘導することができることを表すことができた。

今後の課題として、以下の諸点が挙げられる。

① 個人の持つ知覚所要時間の表現方法の検討

今回の知覚所要時間分布の定義では、想定経路の利用経験のない回答者に対しても、経験の豊富な回答者と同様の分布を仮定した。個人ごとの知覚所要時間の違いを表現する方法を検討する必要がある。

② SP 調査内容の充実

①のような分析を行うためには調査方法を再検討する必要がある。例としては「最短」「最長」知覚所要時間だけではなく、通常に対して短い所要時間または、長い所要時間になる確率を質問することや、想定経路の再検討が挙げられる。

③ 経路選択における交通行動の分析

本研究では2経路の選択に対して分析を行ったが、多経路選択に対しても同様の分析をすることが必要である。

謝辞：本研究で用いたデータは筆者(小川)が東京工業大

学在学中に実施したアンケート調査に基づくものである。調査の実施にご指導、ご協力を頂いた方々、回答にご協力頂いた多くの方々に感謝する。

【参考文献】

- 1) 多々納裕一：交通情報のための情報経済学，交通情報システムをとりまく諸問題，土木計画学ワンデイセミナー：pp. 48-57, 1995
- 2) 山下智志：旅行者に依存する知覚所要時間分布を用いた交通需要予測，土木学会第51回年次学術講演会 講演概要集，IV-191，pp. 382-383, 1996
- 3) 山田忠史，飯田恭敬，宇野伸宏，下部裕司：交通精度を考慮した経路選択機構の経時的分析，土木学会第49回年次学術講演会 講演概要集，IV-387，pp. 774-775, 1994
- 4) 石川純治：“情報評価の基礎理論”，中央出版社，1998
- 5) 森地茂，兵藤哲朗，小川圭一：情報提供システム評価のための交通行動分析手法に関する研究，交通工学，Vol. 30, No. 3，pp. 21-29, 1995
- 6) 鈴木雪夫，国友直人 編：ベイズ統計学とその応用，東京大学出版会，1989
- 7) 宮城俊彦：ベイズ学習過程と確率的利用者均衡モデル，土木計画学研究・論文集，No. 8，pp. 73-80, 1990
- 8) 田中俊祐，宮城俊彦，小川圭一：所要時間情報の精度による経路選択行動への影響の分析，土木計画学研究・講演集，No. 22，pp. 327-330, 1999

所要時間情報の不確実性による経路選択行動への影響に関する研究

田中俊祐・小川圭一・宮城俊彦

効率的な交通情報システム構築のために、ドライバーの経路選択行動を的確に把握することが必要とされている。本研究では、経路選択行動に影響を及ぼす要因の1つとして交通情報の不確実性に着目し、経路選択行動のモデル化を行う。ここで、交通情報とドライバーの知覚所要時間は確率変数として扱い、ベイズの定理に基づき、交通情報入手前の知覚所要時間と交通情報から、交通情報入手後の知覚所要時間を導出する。これを非集計行動モデルの説明変数としてSP調査データよりパラメータの推定を行い、モデルの妥当性を検討する。さらに、構築したモデルの感度分析を行い、交通情報の不確実性がドライバーの経路選択行動に与える影響を考察する。

A study on the influence to the route choice behaviors by the uncertainty of travel time information

By Shunsuke TANAKA, Keiichi OGAWA and Toshihiko MIYAGI

It is required to understand the driver's behavior accurately for construction of efficient traffic information systems. The route choice behavior models are constructed in this research focused on uncertainty of travel time information. The perceptive travel time of drivers and the traffic information can be regarded as the stochastic variables. On the basis of the Bayesian theorem, the perceptive travel time is changed by the offered travel time information. The model parameters are estimated by using SP survey data. The influences of uncertainty of travel time information to the driver's route choice behavior are studied.