

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

森 地 茂*
 兵 藤 哲 朗**
 小 川 圭 一***

本研究は経路誘導システムをはじめとする、近年着目されつつある交通情報提供システムの交通行動への影響を評価し得る分析フレームの構築を試みることを目的としている。まずロジットモデルを用いた不確実状況下の選択行動分析を基本に、情報提供システムの実用的評価手法を提案し、シミュレーションによる定量的把握を行っている。次に選択行動結果から情報提供システムの諸特性を推定する分析手法を考察するとともに、SP(意識)データを用いた、モデル推定事例を試みる。本論文で提案された各種分析手法により、提供される情報の内容や個人特性の違いに応じた、交通行動の差異を明らかにすることが可能となる。

1. はじめに

情報化の急速な進展に伴い、道路交通も近未来においては経路誘導をはじめとする各種システムの影響を受けることは、もはや明白な事実として認識されるようになった。このような情報提供機器の高度化とあいまって、近年交通行動に情報が与える影響を分析する必要性が高まりつつある。しかしながら、経路誘導システムに限らずとも、駐車場案内システム、バスロケーションシステム、そして手元の時刻表と、交通行動を左右する情報提供メディアは従来より身近に存在している。もし、これらの影響について定量的な分析をなし得る交通行動分析技法が確立されれば、シミュレーションを中心になされている経路誘導システム分析に詳細な行動モデルを組み込むことも可能となる。

本研究では、情報の提供が交通行動に与える影響を記述し、かつ情報提供システムが有する価値を計測する方法論について分析を試みる(2章)。さらに交通行動結果から情報提供システムの影響

度を推定する分析手法を提案し(3章)、具体的事例に基づく考察を試みる(4章)。

なお、経路誘導システムを念頭においた情報提供効果の分析方法論として、室内の繰り返し経路選択実験に基づく飯田らの研究(例えば飯田ら(1993a))²⁾、同じく飯田らによる所要時間表示板に着目した実行動分析(例えば飯田ら(1993b))³⁾、また動的な学習プロセスに焦点を当てた小林ら(1993)⁶⁾の先駆的な研究があるが、本研究では実際に情報提供の影響下にある交通行動を記述する分析フレームを考察する。また、情報の価値の定義に基づいた、より詳細な情報提供システムの特性分析を行う点も、本論の特徴として位置付けられる。なお、学習プロセスや長期的均衡解の特性把握については本論では言及しない。

2. ロジットモデルを用いた情報提供システムの価値計測方法

2.1 情報提供システム評価の一般式

不確実な状況下における人の意思決定行動に提供された情報がいかなる役割を果たし得るか。この情報提供の影響は、不確実状況下の決定問題として、従来より図-1のように定義されている(石川(1988))⁴⁾。

* 東京工業大学工学部土木工学科教授

** 東京商船大学流通情報工学課程助教授

*** 東京工業大学大学院博士課程土木工学専攻

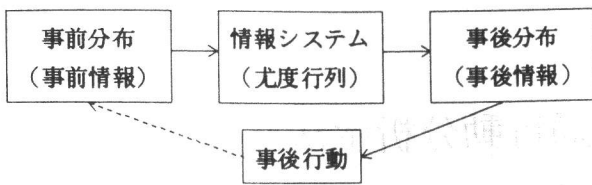


図-1 情報システムの位置付け (破線部分は本論の範囲外)

これは事前の予想 (事前情報) と, システムにより提供される情報により, 事後の行動, すなわち情報提供後の行動が決定されるという考えである。この行動は, 所要時間が確率分布をする, あるいは駐車場の満空がある確率値を持つなど, 不確実な状況を想定しているため, 当然のことながら, 提供される情報システムの精度や, 各個人の事前分布 (情報提供前の主観的な所要時間等の分布) の形状などにより, (確率的に与えられる) 事後の行動結果も左右される。しかしながら, 以下に述べるように, 事前分布や情報システムの尤度行列 (情報システムの精度を表す), そしてそれらにより形成される事後分布 (情報提供後の主観的所要時間等の分布) が分かれば, 情報提供の事前・事後の利得や総効用の差を通じて情報提供システムの評価値を計測することができる。

ここでは選択肢 k を選んだときに得られる期待利得値 $E[x_k]$ ($E[]$ は期待値を表す) を考え, 簡便に情報提供システム評価式を解説する。まず, 個人が選択肢集合の中より, 利得期待値が最大の選択肢を選ぶという仮定をおき, 情報提供前の最大期待利得値 (EU) を,

$$EU(\eta_0) = \max_k (E[x_k]) \dots \dots \dots (1)$$

とする。 η_0 は何も情報が得られていない, 無情報を表す。ここで事前に予想される各状態 (θ_i : あらかじめ個人が予想する天気など) と, 情報提供システムにより発せられるシグナル (η_j : 予報による天気予報など) との同時確率を表す情報提供システムの尤度行列関数を, $f(\theta_i, \eta_j)$ とし, 周辺分布として以下の $q(\cdot)$, $p(\cdot)$ を定義する (i, j は晴雨など, 離散的な状態を表すサフィックス)。

なお, 尤度行列関数は本来シグナルが与えられた条件下の確率 $f(\theta|\eta)$ を表す関数であるが,

$f(\theta, \eta) = f(\theta|\eta)f(\eta)$ なる定義式を前提に, ここでは同時確率関数式を用いる^{*註1)}。

$$\sum_i f(\theta_i, \eta_j) = q(\eta_j) \dots \dots \dots (2)$$

$$\sum_j f(\theta_i, \eta_j) = p(\theta_i) \dots \dots \dots (3)$$

ここで, あるシグナル η_1 が与えられた条件下における最大期待利得値は,

$$EU(\eta|\eta_1) = \max_k (E[x_k|\eta_1]) \dots \dots \dots (4)$$

ただし, $E[x_k|\eta_1] = \left(\sum_i f(\theta_i, \eta_1) x_{ik} \right) / q(\eta_1)$ で与えられるため, この期待値として以下のとおり情報提供後の最大期待利得値が導かれる。

$$EU(\eta) = q(\eta_1)EU(\eta|\eta_1) + q(\eta_2)EU(\eta|\eta_2) + \dots \dots \dots (5)$$

情報を提供したシステムの評価値は, 情報提供前後の最大期待利得値の差であるから, それを VI とすれば,

$$VI = EU(\eta) - EU(\eta_0) \dots \dots \dots (6)$$

となる。

2.2 ロジットモデルによる情報提供システムの評価方法

2.2.1 基本式の定義

前節で概説した情報提供システム評価方法は, 行動規範を効用最大化に, 期待利得を最大効用の期待値 (いわゆるログサム値) に置き換えることにより, 容易にロジットモデルとして応用可能である (小林ら (1993)⁶⁾, Asakura *et al.* (1993)¹⁾)。いま, 簡単な例として, 2つの経路を選択肢とする経路選択問題を考え, 平均所要時間が $\bar{\theta}$ である第1経路に所要時間など情報が与えられ, 第2経路の所要時間が X_2 に固定された状況を想定する。

前述したように, ここでは前節の期待利得の代わりに次の式で表される最大効用の期待値を考える。

*註1) なお, 状態 i における選択肢 k の利得を x_{ik} とおけば, (3) 式の定義より, $E[x_k] = \sum_i x_{ik} p(\theta_i)$ となるのが容易に理解されよう。

$$EU = \log\left(\sum_i \exp[V_i]\right) \dots\dots\dots (7)$$

$V_i = \beta x_i$ β : パラメータ
 x_i : 経路 i 所要時間

すると情報提供前の EU 値は,

$$EU(\eta_0) = \log(\exp[\beta\theta] + \exp[\beta X_2]) \dots\dots\dots (8)$$

と表される。また、シグナル η_j という情報が提供された後の、条件付きの EU 値は,

$$EU(\eta|\eta_j) = \log(\exp[\beta E[\theta|\eta_j]] + \exp[\beta X_2]) \dots\dots\dots (9)$$

となるため、事後の最大効用の期待値 $EU(\eta)$ は,

$$EU(\eta) = \int_{-\infty}^{\infty} \left(\int_{-\infty}^{\infty} f(\theta, \eta_j) d\theta \right) \times EU(\eta|\eta_j) d\eta_j \dots\dots\dots (10)$$

で与えられる。情報システムの評価値 (VI) は、効用ベースでは(6)式のとおりであるが、もし、当該行動の時間評価値 (VT) が与えられるならば、貨幣換算した情報システム評価値は,

$$VI \times VT / |\beta| \dots\dots\dots (11)$$

で算出可能である。

さて次に、本論では尤度行列 $f(\cdot)$ の関数式として、取り扱いの容易さから、確率密度関数を用いることとする。確率密度関数としては、2変量ガンベル分布 (森棟 (1987))¹⁰⁾ や、離散化を図った簡便式 (兵藤 (1994))⁸⁾ を用いることが可能であるが、本論では、以下に示す2変量正規分布を仮定し、次項において数値シミュレーションに基づいた考察を行う。

$$f(\theta, \eta) = \frac{1}{2\pi |\Sigma|^{1/2}} \cdot \exp \left[-\frac{\begin{pmatrix} \theta - \bar{\theta} \\ \eta - \bar{\eta} \end{pmatrix}' \Sigma^{-1} \begin{pmatrix} \theta - \bar{\theta} \\ \eta - \bar{\eta} \end{pmatrix}}{2} \right] \dots\dots\dots (12)$$

ここで $\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_\theta^2 & \sigma_{\theta\eta} \\ \sigma_{\theta\eta} & \sigma_\eta^2 \end{pmatrix}$

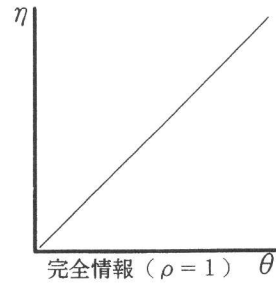
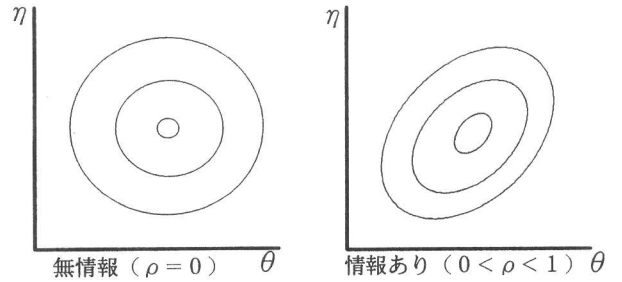


図-2 相関係数と尤度行列値の関係

2変量正規分布の場合、 θ と η の間の相関係数を ρ とすれば、 Σ は,

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_\theta^2 & \rho\sigma_\theta\sigma_\eta \\ \rho\sigma_\theta\sigma_\eta & \sigma_\eta^2 \end{pmatrix} \dots\dots\dots (13)$$

で表される。なお、2変量正規分布を仮定した場合、図-2のように、相関係数 ρ が情報システムの精度を表すパラメータとなる**2)。つまり、情報提供システムの信頼性を尤度行列関数の ρ により表現可能となる。

また、2変量正規分布の一つの性質として、以下の式が知られている。

$$E[\theta|\eta] = \bar{\theta} + \frac{\sigma_\theta}{\sigma_\eta} \rho (\eta - \bar{\eta}) \dots\dots\dots (14)$$

$$V[\theta|\eta] = \sigma_\theta^2 (1 - \rho^2) \dots\dots\dots (15)$$

($V[\]$ は分散を表す)

加えて、

**2) 所要時間分布には、1)事前の主観的分布、2)情報提供システム出力の分布、3)実測値に基づく分布の3とおりが考えられるが、ここでは1)と2)の、いわば主観的な相関係数を取り扱っていることになる。経験が蓄積され、1)と3)が一致すれば、当然ここで扱う相関係数は、客観的に測定可能な2)と3)の相関係数に一致する。

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(\theta, \eta) d\theta = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{\eta}} \exp\left[-\frac{(\eta - \bar{\eta})^2}{2\sigma_{\eta}^2}\right] \dots\dots\dots (16)$$

であるため、これらの式より、(10)式は次のように書き換えられる。

$$EU(\eta) = \int_{-\infty}^{\infty} \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{\eta}} \exp\left[-\frac{(\eta - \bar{\eta})^2}{2\sigma_{\eta}^2}\right] \right) \times \log(e^{\beta(\bar{\theta} + \frac{\sigma_{\theta}}{\sigma_{\eta}}\rho(\eta - \bar{\eta}))} + e^{\beta X^2}) d\eta \dots\dots\dots (17)$$

2.2.2 数値シミュレーション例

仮定する交通条件は、前節同様、2経路選択問題であり、第1経路に交通情報が提供されるものとする。基本条件は以下のとおりである。

- ・第1経路所要時間 平均：50分 標準偏差：20分の正規分布
- ・第2経路所要時間 50分で固定
- ・経路選択モデルパラメータ値 $\beta = -0.04$

β は、過去の交通機関選択モデル構築結果の最頻値(屋井ら(1991))¹¹⁾より設定している。また、VI値は、(17)式、(8)式の差から算出される値である。情報システムの設定は、前述のとおり2変量正規分布を仮定し、シミュレーションは以下の3種の条件変化に対応したVI値の変動を算出することにより行う。

- 1) 情報精度とVI値の関係(図-3)：2変量正規分布の場合、 θ, η 間の相関係数 ρ が情報システムの精度指標となる($\rho=0$ が無情報、 $\rho=1$ が完全情報に対応)。そこで、 ρ 値を0より1まで変化させたときの、VI値の変化を算出する。なお、 $\rho=1$ の場合は確率密度関数の値は無限大になってしまうので、実際には $\rho=0.99$ を最大設定値としている。
- 2) 事前情報の標準偏差とVI値の関係(図-4)：基本条件で設定した事前所要時間(事前情報)標準偏差($\sigma_0=20$ 分)を $0.001\sigma_0$ (≈ 0)から $2\sigma_0$ まで変化させ、各々の値に対するVI値を算出する。これはトリップメーカーが当該経路について、あらかじめどの程度の知識(情報)を有しているか、その大きさの

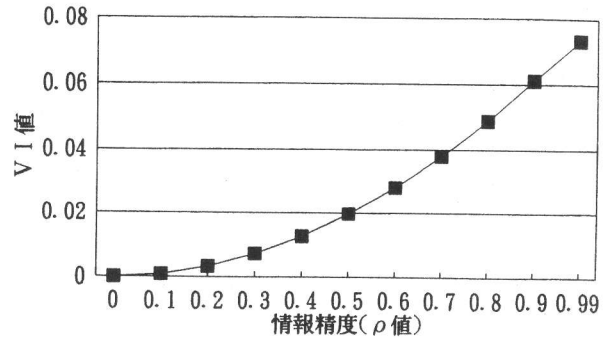


図-3 情報精度(ρ)の変化とVI値の関係

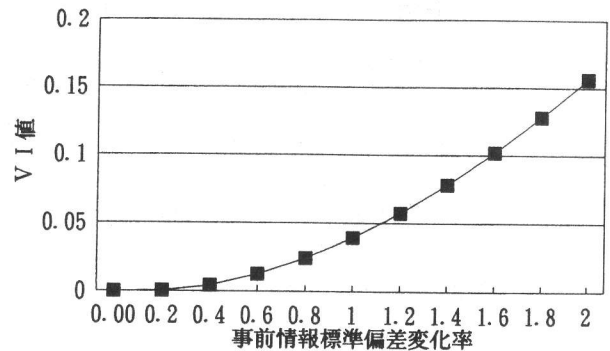


図-4 事前情報の標準偏差値とVI値の関係

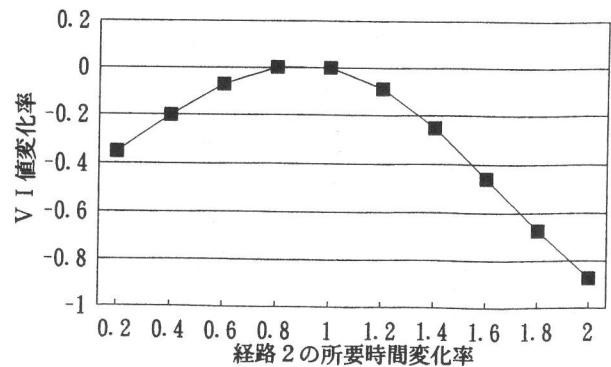


図-5 代替経路の所要時間とVI値変化率の関係

差が情報システムの価値に与える影響を調べることを目的としている。なお、情報精度 ρ は、0.8とする。

- 3) 代替経路所要時間とVI値変化率の関係(図-5)：代替経路(第2経路)との効用の差と、VI値の変化率の関係を、2経路間で所要

時間が等しい場合(共に50分の場合)を基準に算出する。2)と同様、情報精度 ρ は、0.8とする。

以上の条件に対する算出結果を図-3~5に示す。まず、図-3より、本シミュレーション条件の下では、完全情報システムの場合、情報が与えられなかった時の最大期待効用より、0.075の効用の増分が認められる。つまり情報システムが完全情報である場合、その価値は効用ベースで0.075である。もし、このトリップメーカーの時間評価値(VT)が1000[円/時]であるならば、

$$0.075 \times VT / |\beta| = 31.25 \text{ [円]} \dots\dots\dots (18)$$

で与えられる31円が、当情報システムの評価値となる。

図-4は事前分布の分散の大きさと、情報システム評価値の関係を表している。事前分布の分散が大きい、すなわち事前には経路1の所要時間に関する情報が十分でないトリップメーカーほど、情報システムの価値が高いことが示されている。これは具体的には、普段車を利用しない人の経路選択行動、初めて訪れる観光地における周遊経路選択行動など、事前知識がない行動者ほど情報提供の価値が高いことを意味している。また、図では相関係数 ρ を0.8として算出しているが、図より、事前の標準偏差が40[分](図中横軸2に相当)の場合、分散 $0.001\sigma_0^2 (\approx 0)$ と比べて効用ベースで0.16、時間評価値1000[円/時]とした貨幣換算値で約67円の情報システム価値が認められることが理解される。

代替経路の所要時間と情報システム評価値との関係を表したのが図-5である。図より、確率的変動をしない経路2の所要時間が、経路1の平均所要時間と等しい場合に、VI値は極大値を持つことが分かる。すなわち、対抗する選択肢の効用レベルが、情報を提供される選択肢の効用レベルに近いほど、情報提供システムの価値は高いことになる。換言すれば、選択肢間の効用に大きな差がある場合、一方へ情報が精度高く提供されたとしても、その価値は低い。

以上のシミュレーションは、経路2の所要時間を固定して行っているが、経路2も何らかの連続的確率分布を持つ場合、ここで算出した結果を1微小区間とする積分計算を施すことにより、各種条件変化に対する特性比較を行うことが可能である。

3. 情報提供システム評価手法の適用性

3.1 情報提供システムの精度の推定方法

本研究で扱った情報システム評価手法に関わる関数、主要な操作パラメータは以下のとおりである。

関数	主要なパラメータ
事前分布 $g(\theta)$	平均, 分散など
尤度行列関数 $f(\theta, \eta)$	信頼性 ρ
効用関数	効用パラメータ β

上記パラメータのうち、効用関数のパラメータは従来どおり、SP(意識)データやRP(実行動)データで推定可能であろうが、個人の事前分布を知ることは困難である。また、情報システムの信頼性を表すパラメータは、首都高文字板情報などシステムが存在する場合は、客観値としてその信頼度を測ることは可能であるが、個人が知覚する情報システムの信頼性の相違など、主観値に基づく信頼性パラメータを推定するためには、従来調査方法では不十分であろう。

しかし、事前分布に関わる何らかの知識があり、情報提供前後の選択行動結果があれば、効用パラメータ及び信頼性パラメータを未知パラメータとする、情報システム尤度行列関数式を内包したロジットモデル推定式、つまり行動結果に関する対数尤度関数を定式化することができる。同式のパラメータ推定を行えば、当該情報システムの個人属性別の信頼性を測ることが可能となり、セグメント別の情報提供効果の差異を予測することもできるようになる。

また、効用関数、情報システム尤度行列関数が設定されていれば、経験の度合いに応じた行動結果の違い、つまり、事前分布の違いに対する選択行動の相違も考察できる。

先に(14)式で示したとおり、情報提供システムの尤度行列関数に2変量正規分布を仮定し、所要時間のみを変数として考えた場合、情報提供前後の知覚所要時間には、以下の関係式が成り立つ。

- ・ 情報提供前 (事前) : $\bar{\theta}$
- ・ 情報提供後 (事後) : $\bar{\theta} + (\sigma_\theta / \sigma_\eta) \rho (\eta - \bar{\eta})$

ここで $\sigma_\theta = \sigma_\eta$, $\bar{\eta} = \bar{\theta}$ を仮定すれば、事後の所要時間期待値は、

$$(1 - \rho) \bar{\theta} + \rho \eta \dots\dots\dots (19)$$

となる。すなわち、事後の所要時間期待値は、事前・事後の所要時間をシステムの相関係数である ρ を重みとする内分値として与えられることになる。これより、事前、事後各々の行動結果が判明していれば、事前・事後双方に上記の所要時間を説明変数として取り込み、相関係数 ρ を効用関数パラメータと共に推定することにより、情報システムの精度を評価することが可能となる。

3.2 所要時間変動を考慮した効用関数に関する考察

既存の不確実性を考慮した行動分析として、所要時間の分散や、早着・遅着時間を取り込んだ検討がなされている(兵藤ら(1992)⁷⁾, 小川ら(1993)⁹⁾。さらに、それら各種の所要時間の合成関数として、一般化平均を考慮した分析も報告されている(目黒ら(1994))⁹⁾が、ここでは取り扱いが容易で、不確実状況下の行動分析に多用されている、分散を説明変数に取り込んだ関数型を基に考察を進める。

簡単のため、説明変数として確率変動をする所要時間を考え、効用が平均値、及び平均値からの乖離値(不確実性による要素)により構成されるとする。早着による効用と遅着による不効用とで、その時間当たりの評価値が異なることを考慮すれば、効用関数は以下のとおりに分解される。

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{平均所要時間効用} & : -a_0 \bar{x} \\ \text{早着効用} & : a_1 (\bar{x} - x) \\ \text{遅着効用} & : -a_2 (x - \bar{x}) \dots\dots\dots \end{array} \right. (20)$$

ただし上式において、 $a_k \geq 0$ である。ここで所要時間の確率密度関数 $g(\cdot)$ を定義すれば、効用の期

待値 $E[V]$ は、

$$E[V] = \int_{-\infty}^{\bar{x}} (a_1 (\bar{x} - x) - a_0 x) g(x) dx + \int_{\bar{x}}^{\infty} (-a_2 (x - \bar{x}) - a_0 x) g(x) dx \dots\dots\dots (21)$$

で算出される。 $g(\cdot)$ に、平均 \bar{x} , 分散 σ^2 の正規分布を仮定すれば、上式は、

$$E[V] = -2a_0 \bar{x} + \frac{a_1 - a_2}{\sqrt{2\pi}} \sigma = \beta_1 \bar{x} + \beta_2 \sigma \dots\dots\dots (22)$$

となるため、不確実状況下の効用関数としては、説明変数に平均、標準偏差を取り込めばよいことになる。なお、式より明らかなおとおり、リスク回避型、すなわち遅着の不効用を早着効用より大きく評価する場合は、 $a_1 < a_2$ であるため、標準偏差 σ のパラメータ β_2 は負になる。

さて、(22)式の効用関数を採用した場合、情報提供後の効用関数はどのように表されるであろうか。ここで、定義の一般化を図るため、事前分布の分散 σ_θ^2 と情報提供システムのシグナルの分散 σ_η^2 との関係式として、

$$\sigma_\eta^2 = \gamma^2 \sigma_\theta^2 \dots\dots\dots (23)$$

となる $\gamma (\geq 0)$ を考える。すると、(14), (15), (22), (23)式から、情報提供前後の効用関数は、所要時間以外の効用関数項を $h(\cdot)$ として以下のとおりと与えられる。なお、添字の-, + は各々情報提供前, 提供後を、 I は提供された情報を表す。

$$V^- = \beta_1 x^- + \beta_2 \sigma_\theta + h(\cdot) \dots\dots\dots (24)$$

$$V^+ = \beta_1 \left(x^- + \frac{\rho}{\gamma} (x^I - x^-) \right) + \beta_2 \sigma_\theta \sqrt{1 - \rho^2} + h(\cdot) \dots\dots\dots (25)$$

以上より、事前事後の選択行動結果や事前分布、そして提供された所要時間情報が判明していれば、事前事後の効用関数パラメータから、 ρ, γ を推定可能であることが推察されよう。

4. SP データを用いた情報提供システム精度の推定事例

4.1 調査の目的と概要

3章で考察した情報提供システムの評価式の推計を、実際の交通行動を例に試みることを目的に、本研究では交通行動に関する意識調査を行った。調査は1992年12月に横浜市緑区、港北区、及び川崎市宮前区で行い、サンプリングには、最寄り駅からの距離を基準とした多段無作為抽出を、調査方法には訪問回収方式を採用した。

配布サンプル数(558票)中、有効サンプル数は185票(有効回答率33%)であった。調査では業務目的について目的地を渋谷に想定し、そこまでの3とおりの経路について、「平均所要時間」及び、「最長の所要時間」「最短の所要時間」(事前所要時間分布の代替指標)を記入してもらい、どの経路を選択するかを質問している(事前の選択結果)(図-6)。

次に、仮想的な所要時間情報が与えら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。なお、情報が提供される経路、及び提供所要時間は偏りのないよう、ランダムに行っている。

4.2 経路選択モデルの推定と情報提供システムの評価

得られた3経路間の選択結果を用いて、まず情報提供前の各個人の事前情報からなされる経路選択モデルを推定する。モデル型は各個人の選択確率が次の式で表される非集計ロジットモデルである。

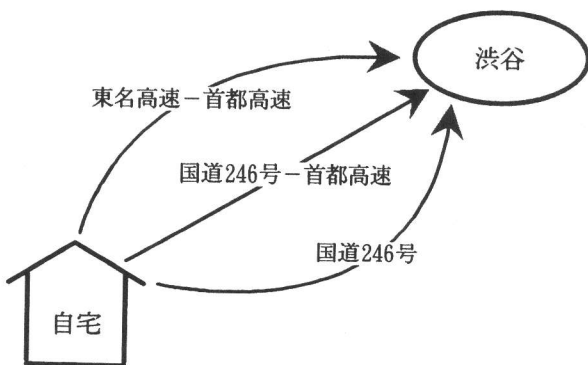


図-6 アンケート調査の質問概念図

表-1 経路選択モデル推定結果 [() 内 t 値]

説明変数	モデル1	モデル2
知覚所要時間 (分)	-0.0826 (5.68)	-0.0786 (5.37)
知覚所要時間幅 (分)		-0.0118 (1.36)
年齢ダミー ¹⁾	-0.468 (1.09)	-0.588 (1.33)
年収ダミー ²⁾	1.20 (2.91)	1.22 (2.96)
経験ダミー ³⁾	0.477 (1.15)	0.504 (1.21)
ICダミー ⁴⁾	-1.03 (2.22)	-1.08 (2.32)
地域ダミー ⁵⁾	0.698 (1.73)	0.675 (1.66)
経路1定数項	-2.13 (3.97)	-2.04 (3.77)
経路2定数項	-2.62 (7.13)	-2.63 (7.10)
尤度比 的中率 (%)	0.210 69.7	0.214 71.4
サンプル数	185	185

- 1) : 45歳以上1, 未満0
- 2) : 1000万以上1, 未満0
- 3) : 年間3回以上利用1, 3回未満0
- 4) : インターまで6km以上1, 未満0
- 5) : 自宅が横浜市緑区1, 緑区以外0

$$P_i = \frac{e^{V_i}}{\sum_{j=1}^3 e^{V_j}} \dots \dots \dots (26)$$

$$V_i = \sum_k \beta_k x_{ik}$$

結果を表-1に示す。所要時間として、知覚された平均所要時間のみを導入したモデル(表中のモデル1)と、最長所要時間と最短所要時間の差、すなわち所要時間の幅を追加したモデル(モデル2)の2とおりを掲げる。知覚された所要時間の幅 Δx が、所要時間の標準偏差に比例する、

$$\sigma = \nu \Delta x \dots \dots \dots (27)$$

となる仮定^{*注3)}をおけば、モデル2の効用関数は

^{*注3)} この仮定には、各個人で所要時間が Δx 内に位置する確率が一定という、強い前提をおくことになる。

以下のとおりに書き表すことができる。

$$V_i = \beta_1 \bar{x} + \beta_2 \nu \sigma + h(\cdot) \dots\dots\dots (28)$$

なお、ここでは ν を同定することはできないため、表に示された時間幅のパラメータは、 $\beta_2 = \beta_2 \nu$ の β_2 として推定されていることになる。モデル 2 の β_2 の推定結果より、本調査結果からは各個人はリスク回避型の行動をとることが分かる。

次にモデル 1 を用いて、3.1 節の仮定に基づいた(19)式を利用した情報提供システム精度の推計を試みる。(19)式より、情報提供前後の効用関数は以下のとおりとなる。

$$\begin{cases} \text{事前: } V^- = \beta_1 x^- + h(\cdot) \\ \text{事後: } V^+ = \beta_1((1-\rho)x^- + \rho x^+) + h(\cdot) \end{cases} \dots\dots\dots (29)$$

ここで、事前事後で効用関数の分散パラメータ ω は変化しないものとする。すると事前のパラメータは既に推定されているので、情報提供後の事後行動結果より、提供情報 x^+ を説明変数、 ρ を未知パラメータとして、通常の実集計モデルと同様にパラメータ推定が行える。厳密には事前事後の効用関数パラメータと精度パラメータ ρ を同時に推定する同時推定を行うことが望ましいが、ここでは簡便な段階推定を採用する。情報提供システム精度の評価値が、個人属性により異なることを考慮して、個人のセグメント別に精度 ρ を推定した結果も併せて表-2 に示す。

表より情報提供システムの精度 ρ として、0~1 の常識的な値が推定されていることが分かる。また、個人のセグメント別に見ると、「普段道路情報を利用しない」「45 歳以上」「経路利用経験が少ない」といった行動者が提供された情報の精度を高く評価する傾向にあることが推察される。

また、3.2 節の標準偏差を取り込んだモデル 2 についても、(24)式、(25)式より以下の事前事後の効用関数が考えられる(簡単のため $h(\cdot)$ を省略する)。

表-2 情報提供システム精度評価値の推定結果(1)

セグメント内容	ρ	(t 値)
全サンプル	0.712	(10.6)
日常的に情報を利用する	0.596	(9.5)
日常的に情報を利用しない	0.852	(6.7)
45 歳以上	0.673	(9.7)
45 歳未満	0.608	(6.4)
経路利用経験年 3 回以上	0.629	(9.6)
経路利用経験年 3 回未満	0.707	(6.3)

表-3 情報提供システム精度評価値の推定結果(2)

セグメント内容	ρ	γ
全サンプル	0.738	1.188
日常的に情報を利用する	0.659	1.056
日常的に情報を利用しない	0.944	1.599
45 歳以上	0.926	1.501
45 歳未満	0.349	0.566
経路利用経験年 3 回以上	0.812	1.424
経路利用経験年 3 回未満	0.109	0.141

$$\begin{cases} V^- = \beta_1 x^- + \beta_2 \Delta x \\ V^+ = \beta_1(x^- + \frac{\rho}{\gamma}(x^+ - x^-)) + \beta_2 \Delta x \sqrt{1-\rho^2} \end{cases} \dots\dots\dots (30)$$

この場合は、効用は未知パラメータ ρ, γ の非線形関数であるため、本分析ではいったん $\phi_1 (= \rho/\gamma)$ 及び $\phi_2 (= \sqrt{1-\rho^2})$ を推定し、その後、 $\rho = \sqrt{1-\phi_2^2}$ 、 $\gamma = \sqrt{1-\phi_2^2}/\phi_1$ なる変換式より各パラメータを算出している。パラメータの推定結果を表-3 に示す。表-2 と同様のセグメント別推定も行っている。いったん推定されたパラメータ ϕ_k からの算出値であるため、各パラメータの t 値を求めることはできないが、情報提供システム精度 ρ 値の大小関係は表-2 とおおむね同様な結果が得られている。また常識的には提供された情報の値の分散は事前予想時間の分散より小さいものと想像されるが、 γ 値には 1 以上の推計結果が見受けられる。これは事前所要時間を過大に精度高く予想している個人が多いことを表したものと解釈できるが、より正確な考察を行うためにはパラメータの同時推定を行う必要がある。

5. おわりに

本研究で示した情報システム価値計測手法は、シミュレーションをはじめとして、経路誘導システムを前提としたが、モデル構造は提供情報により影響を受ける行動について汎用的である。例えば、顧客需要情報に応じた荷主の輸送先選択、観光地内の文字板情報提供システムが観光地内周遊行動に及ぼす影響の分析など、より広範な適用対象が考えられよう。

今後の具体的検討課題としては、1) 事前分布を左右する（行政広告など）事前情報と、経路上の動的情報提供との組み合わせ効果の定量的分析、2) 情報提供システム精度を含めたより効率的なパラメータ推定方法の開発、3) 情報提供システムの効率的設置箇所、システム精度の決定方法、といったことが考えられる。

最後に、本研究を遂行するに当たり、文部省平成5年度科学研究費（奨励（A）：課題番号05750500「不確実性を考慮した行動分析手法による交通情報の価値計測」）の補助を得たことを付記しておく。

参考文献

- 1) Asakura, Y. and Morikawa, T.; "Evaluation of Parking Information Systems Using Behavioral Choice Models", Proc. of 26th ISATA, Conference on ATT/IVHS, pp. 221~228, 1993
- 2) 飯田, 宇野, 村田, 渡部; "旅行時間情報提供下の経路選択機構に関する実験分析", 土木計画学研究・講演集, No. 16 (1), pp. 95~100, 1993a
- 3) 飯田, 内田, 中原, 廣松; "交通情報提供下の経路選択行動のパネル調査", 土木計画学研究・講演集, No. 16 (1), pp. 7~12, 1993b
- 4) 石川; "情報評価の基礎理論", 中央経済社, 1988
- 5) 小川, 森地, 兵藤; "情報提供が交通行動に与える影響に関する基礎的研究", 土木学会年次学術講演会, 第4部門, No. 48, pp. 754~755, 1993
- 6) 小林, 井川; "交通情報によるドライバーの経路誘導効果に関する研究", 土木学会論文集, No. 470, pp. 185~194, 1993
- 7) 兵藤, 森地, 目黒; "情報の信頼性を考慮した交通行動分析", 日本行動計量学会第20回大会論文抄録集, pp. 152~155, 1993
- 8) 兵藤; "情報提供システムの評価と情報価値計測手法に関する考察", 東京商船大学テクニカルレポート, No. IEL-16, 1994
- 9) 目黒, 森地; "新たな効用概念を用いた情報提供下の交通行動分析技法の研究", 土木学会年次学術講演会, 第4部門, No. 49, pp. 772~773, 1994
- 10) 森棟; "確率的選択の考え方とモデル" (「社会科学の計量分析」/鈴木編, 東京大学出版, 第2章), 1987
- 11) 屋井, 森川; "交通需要モデル研究のダイナミズム-10年の軌跡", 土木計画学研究講演集, No. 14 (2), pp. 1~8, 1987

(1994年9月20日受付)
(1995年2月20日再受付)

著者略歴

森地 茂

1966(昭和41)年 東京大学工学部土木工学科卒業
日本国有鉄道入社
1967(昭和42)年 東京工業大学工学部土木工学科助手
1975(昭和50)年 東京工業大学工学部土木工学科助教授
1987(昭和62)年 東京工業大学工学部土木工学科教授
現 在 東京工業大学工学部土木工学科教授,
工学博士
現 住 所 横浜市青葉区すみよし台 36-7 〒227

兵藤 哲朗

1989(平成元年)年 東京工業大学大学院博士課程修了
東京理科大学工学部土木工学科助手
1991(平成3)年 東京工業大学工学部土木工学科助手
1993(平成5)年 東京商船大学流通管理工学講座助教授
現 在 東京商船大学流通管理工学講座助教授,
工学博士
現 住 所 横浜市緑区十日市場町 801-8-E313 〒226

小川 圭一

1993(平成5)年 東京工業大学工学部土木工学科卒業
1995(平成7)年 東京工業大学大学院修士課程修了
現 在 東京工業大学大学院博士課程
現 住 所 品川区荏原 6-12-21-7 〒152