

駐車場情報提供システムを考慮した交通行動モデルの検討

A Study on Discrete Choice Modeling with Parking Guidance Information System

東京商船大学

兵藤 哲朗*

東京商船大学

高橋 洋二*

東京商船大学大学院

中里 亮**

1. はじめに

郊外部における、自動車を中心とした休日買物交通においては、駐車場特性がその目的地選択構造に果たす役割が大きい。それ故、駐車場の混雑緩和を目的とする、駐車場案内システムの導入も多くの地区で試みられており、その効果計測を目的とした研究例も少なくない。また、その行動分析手法は、近年世界的に多く研究されている経路誘導システムと同様のフレームを持つため、情報提供下の交通行動分析の身近な例としての、駐車場選択行動分析の位置づけも無視し得ないといえよう。

本研究では、駐車場案内システムの導入効果を計測することを目的に、交通行動分析に基づく、その評価方法を検討する。従来研究の多くは、一商業地域内における駐車場選択行動を対象とした駐車場案内システムの効果計測に主眼がおかれている。しかし、近年供用開始された VICS で実現されているように、情報化の進展により同情報が自宅出発前にも得られるようになれば、商業地選択（目的地選択）の段階で情報提供の影響を受けることになる。出発前の行動変化としては、出発時刻の変化など、スケジュールの変化も考えられるが、本研究では、それらの影響のうち、商業地選択における駐車場（待ち時間）情報を分析対象としてとりあげることとする。

2. 交通情報提供システムの分析フレーム

高度交通情報提供システムが実用化段階にさしかかるにつれ、同システムを取り込んだ交通行動分析研究が多く試みられるようになりつつある（内外の研究例のレビューは内田(1995)に詳しい）。提供さ

キーワード：交通行動分析、交通情報提供システム、駐車需要

*:正員・工博、**:学生員、東京都江東区越中島 2-1-6

(Tel.& Fax.:03-5245-7386)

れた情報が、個人の交通行動に与える影響を表すためには、小林ら(1993)、森地ら(1995)で述べられているように、各個人の事前の情報、そして提供される情報に関する知識が必要不可欠である。また、情報が提供され、個人が交通行動を起こした後の情報システムに対する評価も、個人の経験値として重要な変数となり得る。これはいわば、動的過程として交通行動分析フレームに組み込まれることになる。これらの関係を、所要時間提供システムを例にとれば、図-1の通りとなる。

図-1に示されるように、交通情報提供システムを含んだ交通行動分析には、既存の実行動分析に加え、情報提供システムを評価する「提供情報評価分析」そして、前述した、行動結果と提供情報との誤差を比較する等の、「更新（学習）分析」が新たにつけ加わる。このフレームで留意すべき点は、提供された情報を各個人が評価する場合、個人が主観的に想定する「事前情報」と、提供された情報により、「事後情報」が形成されるのであり、これは一般に観測される所要時間とは直接の関係がないことである。すなわち、情報提供システムの分析に関しては、「所要時間」は少なくとも3つの側面を有することになる（図-2）。また、図-2の「情報提供された

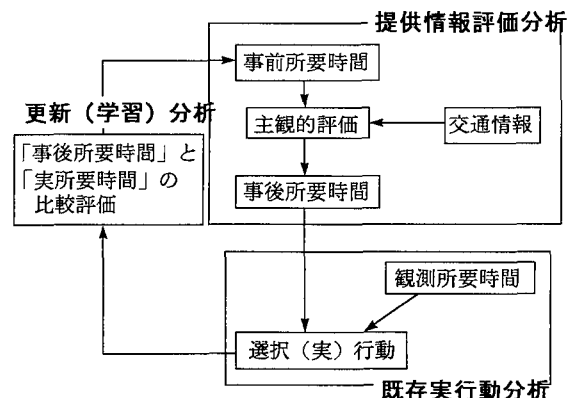


図-1 情報提供システムに関する行動分析概念

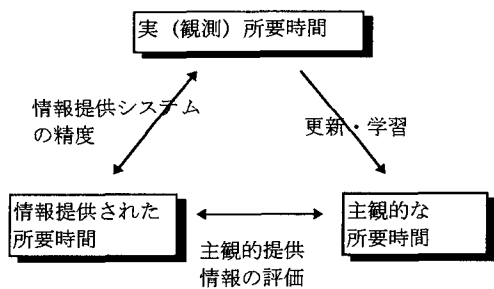


図-2 所要時間の3つの側面

表-1 情報提供分析に関わる主要な関数・変数・パラメータ

関数・モデル	変数・パラメータ
選択肢の効用関数	効用パラメータ、状態依存変数等
情報システムの評価関数	情報システム精度等
主観的な所要時間の評価関数	走行経験、主観的な所要時間の平均・分散等

所要時間」と「主観的な所要時間」の関係より類推されることであるが、交通行動に影響を与える情報提供システムの精度（例えば、天気予報の当否の精度に相当）とは、観測所要時間と、提供所要時間との相関関係ではなく、先に述べた主観的な所要時間と、提供所要時間の「主観的な」精度に他ならない。それ故、情報提供システムの精度の評価値は個々人で異なることになる。

また、以上の分析フレームを前提とすれば、具体的に、情報提供システムの効果を計測する場合、表-1に示される諸関数、変数、パラメータが必要になる。これらの計測、または推定方法に関する考察は、森地ら(1995)に詳しい。しかし、森地ら(1995)では、主に正規分布をする所要時間を前提とした考察に留まっており、一般に対数正規分布をとる都市内の交通所要時間や、駐車場の満空情報といった、正規分布に従わない変数を用いた分析方法については、十分な検討がなされていない。本研究では、これらの点より、より汎用性を有する情報提供システムの評価方法を提案し、1.に述べたように、商業地選択行動を例にとり、駐車場情報提供システムの効果分析方法を検討する。なお、本来であれば、前

回行動結果が事前分布に及ぼす影響、即ち図-1の動的な「更新分析」も効果計測には重要なテーマであるが、データの制約上、本分析では対象外とする。

3. 分析データの概要

本研究では、商業地選択を左右する変数として、店舗の駐車場混雑状況に着目し、駐車場情報提供システムの存在による、目的地（買い物先）選択結果の相違を分析する。分析に用いたデータは平成6年3月に、神奈川県相模原市で、市役所職員を対象に行われた買い物交通アンケートである。

同アンケートの中では、商業地選択に係わる、以下の手順に基づく商業地選択に関わる調査が実施されている。

- 1)相模大野、相模原、古淵、町田の4地域から各々1店舗、よく行く大規模店舗を被験者が抽出
 - 2)4店舗について、よく行く順番、各店舗の平均駐車場待ち時間（被験者の予想値）を被験者が記入
 - 3)各店舗の仮想駐車場待ち時間を提示し(0,5,10,15,20分をランダムに提示)、同情報が出発前に得られたと仮定したときの選択結果を被験者が記入
- これから分かるように、本分析データは、買い物先として4つ（あるいは4地域）の選択肢を持ち、なおかつ、各地域の店舗は個人でばらつくという性質を持つことになる。なお、上記の3)は、いわゆるSPデータである。また、1)、2)では合計17店舗のデータが得られた。後述する分析には、各店舗の駐車場待ち時間分布が必要となるため、このデータ（各個人の申告値）を用いて、「0分」「1～5分」「6～10分」「11～15分」「16分～」の5段階の離散値として待ち時間分布を設定することとする。

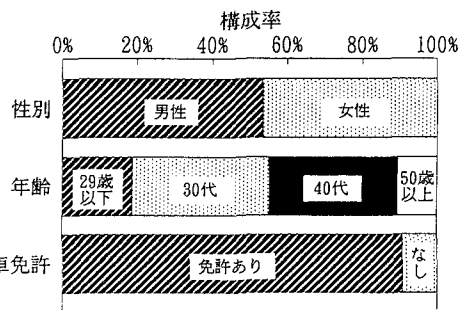


図-3 アンケート回答者属性

表- 2 4地域別の選択シェア

相模大野	相模原・橋本	古淵	町田
20.2%	39.3%	14.6%	26.0%

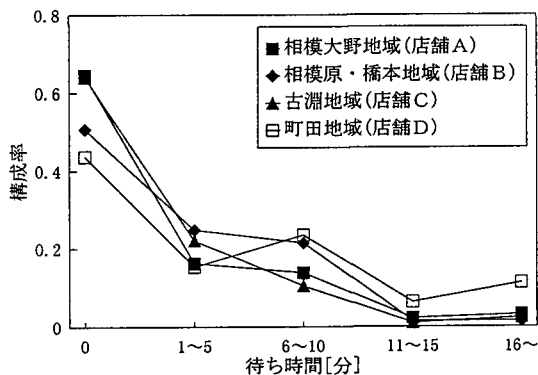


図- 4 代表的な店舗の駐車場待ち時間分布

4. 情報提供システムの精度を考慮した効用関数

提供された情報は、各個人が持つ事前情報に影響を与え、個人は両情報を加味した事後情報を形成することになる。この関係を所要時間(X)を例にとり、直感的に記述すれば、下記の通りとなろう(小川ら(1993)、古屋ら(1995)、Fujiwara et al.(1995))。

$$X^+ = (1 - \lambda) X^- + \lambda X^I \quad (1)$$

ここで、 $-$ は「事前」を、 $+$ は「事後」を、 I は提供された情報を表すサフィックスであり、 λ ($0 \leq \lambda \leq 1$) は事前情報と提供情報との間の相対的重みを表すパラメータである（以下「重みパラメータ」と呼ぶ）。これは情報提供システムの精度指標を表す最も簡便な方法の1つであり、変数(X)が正規分布に従う場合の一般式として導かれることも明らかとなっている（森地ら(1995)）。なお、上記重みパラメータは、 X^- 、 X^I を含む、通常のロジットモデル推定結果より、以下の通り算出可能である。

$$\hat{\alpha}^- X^- + \hat{\alpha}^I X^I = \Theta((1 - \lambda) X^- + \lambda X^I) \quad \text{より、} \\ \lambda = \hat{\alpha}^I / (\hat{\alpha}^- + \hat{\alpha}^I) \quad \text{を得る} \quad (2)$$

しかし、情報提供に関わる交通には、必ずしも正規分布を伴わない変数も多く見受けられる。例えば、渋滞などを伴う都市内の交通所要時間や、本研究で扱う駐車場の待ち時間などは、一般に非対称の分布

を持ち、正規分布には従わない。非対称の分布を持つ場合、(1)式では、事前情報の偏り（0に近い値の発生率が高いなど）を明示的に取り込むことができず、正確な精度推定を行うことができない。そこで、本研究では、新たな提案式として、情報提供システムにより得られた駐車場待ち時間が、各個人の効用に与える影響を、以下に示す手順で記述する（Asakura et al.(1993)、森地ら(1995)）。まず、目的店舗 s の効用を、同店舗駐車場の待ち時間 (WT_s) 及び待ち時間以外の効用項 $h(\cdot)$ を用いて、下記の通り表す。

$$V_s = h(\cdot) + \beta \cdot WT_s \quad (3)$$

ここで、実際の駐車場の待ち時間（状態： θ ）と情報システムにより提供される待ち時間（シグナル： η ）との間の関係を行列表示した、尤度行列を表-3のように定義する。

表- 3 尤度行列表

		θ_i			
		1	...	5	
η_j	1	$f(\theta_i, \eta_j)$			$q(\eta_j)$
	$\vdots$				
	5				
		$p(\theta_i)$			

$f(\theta_i, \eta_j)$ は状態とシグナルの同時確率を表す尤度関数で、 $p(\theta_i)$ と $q(\eta_j)$ はその周辺分布である。前述の通り本分析では待ち時間を5段階に離散的に分けるため、1～5のサフィックスが付されることになる。

さて、次に個人が主観的に認知する、情報提供システムの精度 (ρ) を考え（以下「精度パラメータ」と呼ぶ）、次のような、情報の確からしさを示す関数を定義する。

$$f(\eta_j | \theta_i) = \frac{\exp[-\rho \times |\eta_j - \theta_i|]}{\sum_{k=1}^5 \exp[-\rho \times |\eta_k - \theta_i|]} \quad (4)$$

定義式から明らかとなおり、(4)式はある状態 θ_i の下でシグナル η_j が提供される確率を表す。これは、その状態を情報提供システムが予測する確率、すなわち情報提供システムの（主観的）精度を表現する式と見なせる。当然精度パラメータ ρ (≥ 0) の値が

大きいほどシステムの精度が高いことになる。

また Bayes の定理より、下記の式が導かれる。

$$f(\theta_i|\eta_j)=\frac{f(\theta_i,\eta_j)}{q(\eta_j)}=\frac{f(\eta_j|\theta_i)p(\theta_i)}{q(\eta_j)} \tag{5}$$

シグナル η_j が提供された条件下の待ち時間の期待値は、

$$E[WT^*]=\sum_{i=1}^5 \theta_i \cdot f(\theta_i|\eta_j) \tag{6}$$

与えられるため、情報精度パラメータ ρ が与えられれば、(4)、(5)式より、情報提供後の待ち時間期待値が算出可能であることがわかる。故に、情報提供後の効用関数は、

$$V_s^* = h(\cdot) + \beta \cdot E[WT^*] \tag{7}$$

となる。

なお、図- 4 中の店舗 A を例にとった、精度パラメータ値 (ρ) と、シグナル η_j が出された時の (条件付き) 待ち時間期待値との関係を図- 5 に示す。精度パラメータ値が小さいほど、情報提供の効果が減じることが見て取れよう。当然、 ρ が大きいほど、完全情報に近づく。

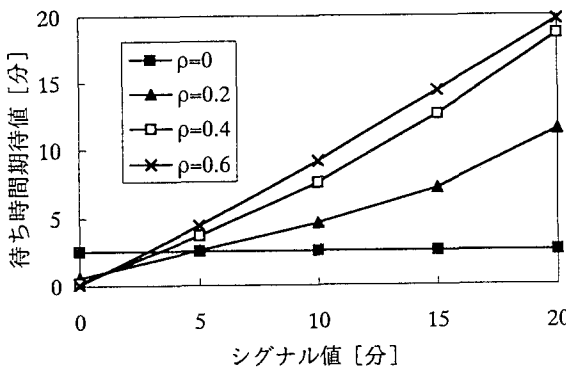


図- 5 精度パラメータと待ち時間期待値の関係

5. 情報提供システムの精度に関する検討

先に示した(7)式を用いれば、提供された情報の内容、及び情報提供後の選択結果を用いて、効用項のパラメータ ($h(\cdot)$ 内のパラメータと β) と、情報提供システムの精度パラメータ ρ を推定することができる。本来両パラメータは同時に推定されるべきであるが、本分析では簡単のため、事前分布が個人で同一との仮定をおき次の段階的推定を行う。

- 1) (7) 式の $E[WT^*]$ の代わりに、提供情報値 (WT') を用いて $h(\cdot)$ 、 β を推定。
- 2) 推定パラメータを固定し、 WT' を $E[WT^*]$ に置き換え、(4)~(6)式を代入して、 ρ を 0 から無限大に変化させ、選択結果に関する対数尤度が最大となる ρ 値を求める。

まず第 1 段階のパラメータ推定結果を表- 4 に示す。本来、商業地魅力に係わる変数が取り込まれるべきであるが、4 地域の各々から同程度の大規模店舗が 1 店舗、選択肢として選ばれているため、魅力変数のパラメータは有意とならなかった。

また、駐車場情報には、待ち時間情報の他、満空情報を示すシステムも考えられる。本分析では、満空状況が示された時の行動結果も調査しているが、その場合、事前の予想満空確率として、「予想する待ち時間が 0 分」の場合を「空車」、「1 分以上」の場合を「満車」と見なして、各店舗の事前の満空確率を算出した。「満空」の変数を用いた、第 1 段階のモデル推定結果を表- 5 に示す。

表- 4 商業地選択モデル推定結果 (待ち時間)

変数名	パラメータ (t 値)	
所要時間[分]	-0.06126	(16.6)
駐車場待ち時間[分]	-0.1239	(19.8)
定数項[相模大野]	-0.9803	(10.4)
定数項[相模原]	-1.149	(10.1)
定数項[古淵]	-1.444	(13.9)
尤度比	0.2094	
サンプル数	1386	

表- 5 商業地選択モデル推定結果 (満空)

変数名	パラメータ (t 値)	
所要時間[分]	-0.05689	(16.5)
満空ダミー	-2.100	(25.7)
定数項[相模大野]	-0.7520	(8.1)
定数項[相模原]	-0.5838	(5.6)
定数項[古淵]	-1.237	(12.4)
尤度比	0.2817	
サンプル数	1511	

* 満=1、空=0 とするダミー変数

図- 6 は第 2 段階における、 ρ の変化に対する対数尤度の値を図示したものである。図中、「基本ケース」は表- 2 の推定結果の対数尤度を表しており、情報提供システムを考慮したモデルでは、 $\rho=1.16$ (待ち時間モデル)、 $\rho=4.11$ (満空モデル) となる。

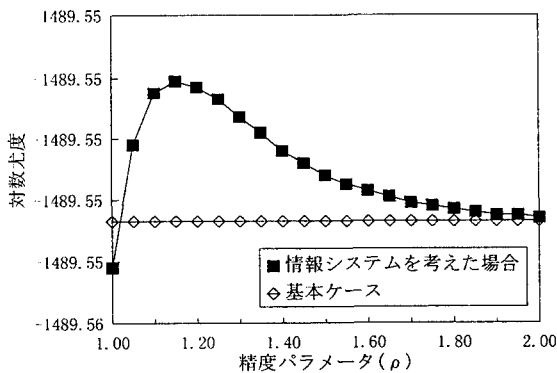


図- 6 情報提供システム精度と対数尤度の関係
(待ち時間モデルの場合)

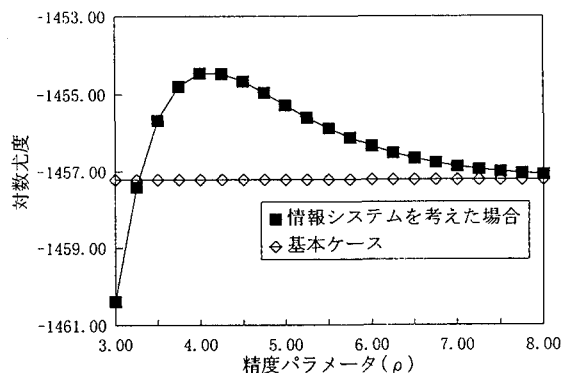


図- 7 情報提供システム精度と対数尤度の関係
(満空モデルの場合)

ル)で最大の対数尤度を有し、それが基本ケースを上回っていることが見てとれよう。本推定方法では、推定された ρ 値の大きさについて、統計的意味合いを吟味することは困難であるが、サンプル内のセグメント別の精度評価の差異や、精度向上に対する選択確率の変化を表現するには、本方法でも十分な検討が行えると考える。

なお、表- 6、7は、同じデータを用いて、(1)式で示した、簡便な重みパラメータ(λ)を含むモデルを推定した結果である。表中、「予想待ち時間」、「予想満空ダミー」は、被験者の予想値である。推定された重みパラメータの値は、1に近く、提供された情報をより信頼する結果となっており、既存研究(小川ら(1993)、古屋ら(1995)、Fujiwara et al.(1995))と同様の傾向を示している。この傾向は、表- 6、7の情報システム値のパラメータが、表- 4、5

の待ち時間または満空ダミー変数のパラメータ値と似た値、 t 値を有することからも読みとれよう。また、表- 4～7の尤度比の比較より、待ち時間情報よりは、満空情報の方が、より利用者に影響を強く与えることが類推される。

個人属性のセグメント別に、同様にモデル構築を行い、各々の重みパラメータ(λ)と精度パラメータ(ρ)の推定した結果を表- 8に示す。両者の推定結果は大小関係について、ほぼ同様の傾向を示すことが分かる。また、本研究で提案した、(4)式を用いた推定結果では、一部パラメータ値が無限大になった。これは個人が情報提供システムの精度を極めて高く(完全情報に近く)評価していることを表す。しかし一般には各個人がシステムを完全情報と見なしていることは考えがたい。この原因としては、1)パラメータ推定が段階的推定である、2)本来個人ごとに異なる事前情報(待ち時間の分布)を、全て同一の分布と仮定している、といったモデル構築上の問題点があげられよう。

表- 6 重みパラメータを用いた場合(待ち時間)

変数名	パラメータ (t 値)	
所要時間[分]	-0.06061	(17.3)
予想待ち時間[分] (事前情報)	-0.01749	(2.2)
提供待ち時間[分] (情報システム値)	-1.070	(11.2)
定数項[相模大野]	-0.7520	(11.2)
定数項[相模原]	-1.179	(10.5)
定数項[古淵]	-1.501	(14.5)
重みパラメータ (λ)	0.8745	
尤度比	0.2073	
サンプル数	1386	

表- 7 重みパラメータを用いた場合(満空)

変数名	パラメータ (t 値)	
所要時間[分]	-0.05637	(16.3)
予想満空ダミー* (事前情報)	-0.01655	(1.6)
満空ダミー* (情報システム値)	-2.103	(25.7)
定数項[相模大野]	-0.7902	(8.3)
定数項[相模原]	-0.615 0	(5.8)
定数項[古淵]	-1.273	(12.5)
重みパラメータ (λ)	0.9271	
尤度比	0.2822	
サンプル数	1512	

* 満=1、空=0 とするダミー変数

表-8 セグメント別推定パラメータ

	重みパラメータ (λ)		精度パラメータ (ρ)	
	待ち時間	満空	待ち時間	満空
全サンプル	0.875	0.927	1.16	4.11
男性	0.859	0.945	6.17	4.28
女性	0.920	0.925	1.03	4.06
免許有り	0.846	0.925	0.92	4.15
免許なし	1.041	0.955	∞	4.74
40歳未満	0.828	0.848	0.81	4.30
40歳以上	1.005	1.088	∞	3.95

6. おわりに

本分析では、選択行動結果から主観的な情報提供システム精度を計測する新たな方法を提示し得た。また、具体的対象を特定化したアンケート調査データを用いたモデル構築結果より、その妥当性を確認することができた。本方法により、駐車場情報提供システムが交通行動に与える影響を定量的に把握することが可能となるが、本分析フレームは、駐車場情報に限らず、経路誘導システムなど、他の情報提供システムについても汎用的に適用することができる。今後、種々の情報提供システムへの応用を試みるつもりである。

なお、本研究では分析方法論の開発に主眼をおき、詳細な現象把握は行っていない。そのため、本来個人により異なる主観的待ち時間分布をサンプルの平

均的分布でおきかえモデル構築を行うなど、分析上の問題点も少なくない。今後の実用化に向けては、特に、主観的な事前情報をいかに計測するかといった、調査方法を改善することが不可欠である。

末筆ではあるが、貴重なアンケート調査にご協力頂いた、相模原市関係者各位に謝意を表する次第である。

<参考文献>

- 1) 内田敬；交通情報システムと行動分析、交通情報システムをとりまく諸問題、第7回土木計画学ワンデイセミナー、pp.16-26、1995
- 2) 小林潔、井川修；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
- 3) 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
- 4) 小川圭一、森地茂、兵藤哲朗；情報提供が交通行動に与える影響に関する基礎的研究、第48回土木学会年次学術講演会、IV、pp.754-755、1993
- 5) 古屋秀樹他；観光系道路交通施設整備の新たな視点（第5章）、土木計画学研究・講演集、No.17、pp.1119-1126、1995
- 6) Fujiwara, A. and Sugie, Y.; Influence of Pre-trip Information on Travelers Choice Behavior, Proceedings of the Second World Congress of ITS, pp.1842-1847, 1995
- 7) Asakura, Y. and Morikawa, T.; "Evaluation of Parking Information Systems Using Behavioral Choice Models", 26th ISATA, pp.221-228, 1993

駐車場情報提供システムを考慮した交通行動モデルの検討

兵藤 哲朗、高橋 洋二、中里 亮

高度情報化の進展に伴い、各種の情報提供システムが交通行動に与える影響も無視し得なくなりつつある。本研究では、駐車場情報提供システムを取り上げ、自宅出発前に同情報が提供されることを前提に、商業地選択段階における情報提供の効果を対象にとりあげる。まず、情報提供システムによる情報提供と交通行動との関係を表す分析フレームを提示し、それに関連する分析ツール・方法論を整理する。次に、具体的なアンケート結果から、情報提供システムの精度推定の可能性を示し、その有効性を確認した。分析結果より、本分析フレームの妥当性、および今後取り組むべき課題を整理し得た。

A Study on Discrete Choice Modeling with Parking Guidance Information System

by Tetsuro HYODO, Yoji TAKAHASHI and Ryo NAKAZATO

This paper aims to develop valid analysis frame for interaction between advanced information system and travel behavior. We examine the shopping destination choice model with parking guidance information. Pre-trip information system is assumed in this study. First, we develop a methodology to describe relation between information and travel behavior based on the likelihood matrix. Especially, the role of accuracy parameter of information system was well studied. Second, the several processes to evaluate the accuracy were compared. The results show the validity and rationality of our models. Finally, the further topics to be studied are discussed.