

旅行時間情報の提供が個人の交通機関選択効用に及ぼす影響*

Effects of Providing Travel Time Information on Individual Utility of Mode Choice

藤原章正**, 中村文彦***, 佐藤和彦****, 神田佑亮*****

By Akimasa FUJIWARA, Fumihiko NAKAMURA, Kazuhiko SATO and Yusuke KANDA

1. はじめに

情報技術の高度化に伴い交通情報の内容は多様化し、その提供形態も様々である。さらに交通情報に対する利用者の認知や価値は一層多様であるため、適正で有効な情報提供方法の決定問題は非常に複雑になっている。そこで、交通情報の提供が受け手側の短期的な情報取捨選択過程、認知過程、意思決定過程に及ぼす影響を把握し、さらにこれらの反復による長期的な期待効用の形成過程の把握が重要となる。そのためには、多様な交通主体の効用に情報提供が与える効果を正確に説明するための行動分析モデルの開発が求められている。このような中で、最近の個人の選択を記述する非集計モデルの精緻化に伴い、新たなアプローチからの分析が可能となってきた。

本研究は旅行時間情報を対象として、情報提供が個人の交通機関選択効用の“期待値”及び“ばらつき”に及ぼす影響を分析することを目的とする。非集計モデルが線形効用関数の場合、効用の期待値への影響は効用の増分として計測される(図1)。一方、ばらつきへの影響は誤差分散の大きさに表れるものと考え(図2)、分析には各選択肢に対する誤差項の分散が推定可能な HEV (Heteroscedastic Extreme Value)モデルを用いる。なお、HEV モデル推定において誤差分散は個人間変動に起因するので、効用のばらつきとは個人間のばらつきを表すことになる。

またこのような同一の情報に対する反応の個人間変動は、個人の嗜好や習性、経験などの非観測要因によって異なることが考えられる。そこで個人間の非観測要因の非同質性を考慮することのできる MPL(Mass Point Logit)モデルもあわせて推定する。

2. 既往の研究

(1)交通情報提供の効果分析

交通情報提供の効果分析を目指した研究は我が国でも数多く発表されてきた。これらは情報提供が反復され交通主体の効用に長期的に及ぼす影響を扱った研究と情報提供を受けた時点の短期的な影響を扱った研究に大別される。前者は小林ほかの合理的期待形成理論¹⁾などの研究成果があり、影響予測の動学モデルの研究へとつながっている。一方後者では、長期的に形成された情報に対する主観的効用は個人固有の観測・非観測要因として外生的に扱い、当期に提供された情報により得られる効用の増分を扱った研究が多い。本研究も後者に属する。

例えば、提供された旅行時間情報の知覚値と経験値との相対的重要度に着目して、ドライバーの経路選択行動を記述した研究²⁾、交通情報提供前後でのドライバーの経路選好意識の変化に着目し、情報の種類が経路選択に及ぼす影響について分析した研究³⁾、実際の経路を想定した意識調査に基づき、所要時間の不確実性に対するドライバーの認知の変化について検討した研究⁴⁾、迂回路情報の内容に着目した経路選択問題を検討した研究^{5, 6)}な

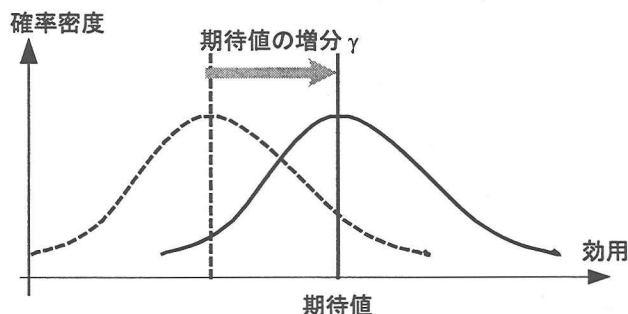


図1. 情報提供による効用の期待値の増大

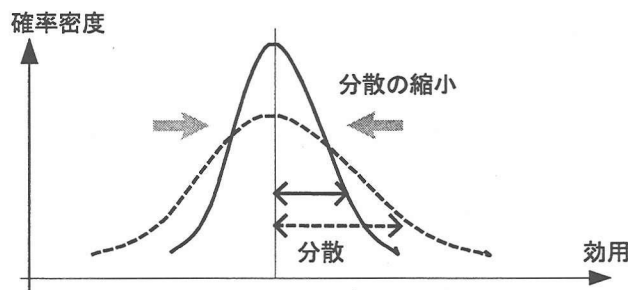


図2. 情報提供による効用のばらつきの減少

* キーワード: 交通行動分析, 交通情報, ITS

** 正会員, 工博, 広島大学大学院国際協力研究科
東広島市鏡山 1-5-1 TEL&FAX 0824-24-6921
E-mail:afujiw@hiroshima-u.ac.jp

*** 正会員, 工博, 横浜国立大学工学部
横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 TEL&FAX 045-339-4033
E-mail:nakamura@cvg.ynu.ac.jp

**** 正会員, 工修, (財) 計量計画研究所交通研究室
新宿区市ヶ谷本村町 2-9 TEL 03-3268-9947
FAX03-3266-0225, E-mail:ksato@ibs.or.jp

***** 正会員, 工修, (株) オリエンタルコンサルタンツ
川崎市高津区久本 3-5-7 TEL.03-3409-7551
FAX.03-3409-0208, E-mail:kanda@oriconsul.co.jp

どが見られる。いずれも情報提供の効果を効用の増分により計測している。

情報提供が効用の誤差分散に及ぼす影響について扱った論文は比較的少ない。その中で室町ら⁷⁾、兵藤ら⁸⁾の研究は、情報提供の効果を“ばらつき”の視点からとらえることを試みた研究であり、重要な示唆を与えている。ただし分析モデルが従来のロジットモデルであり、その限界のためばらつきを十分に計測するに至っていない。

羽藤らは2経路選択問題を事例にこの点の改良に成功し⁹⁾、効用差の誤差項に正規分布を仮定してモデル推定を行い、期待機会損失により情報の価値を求めている。ただし情報提供に伴う誤差分散の変化については言及されていない。また情報提供に対する認知などが、個人の非観測要因によって異なることに着目した研究も少ない。

本研究は効用の期待値についてはMNLモデルを、ばらつきについてはHEVモデルを、個人間非観測異質性の効果についてはMPLモデルを各々用いて分析し、旅行時間情報の提供の効果について検討する。

(2) 誤差分散や個人の不均一性を考慮した離散選択モデル

通常のロジットモデルは、効用関数の誤差分散に関するIID (Identical and Independent Distribution) 仮定に立脚しているため、誤差分散に類似性が存在したり誤差分散の大きさが選択肢によって異なったりする場合には、パラメータの推定結果にバイアスを含むことが知られている。また、対象母集団に存在する個人間に同質性仮定を置いている。これらの強い仮定を緩和するアプローチとしては、前者についてはi) 類似性、不均一性を扱う手法、ii) 類似性を扱う手法、iii) 不均一性を扱う手法に大別され^{10, 11)}、後者については非観測異質性を許容する手法が開発され¹²⁾、各々に対するモデリング技法について研究成果が蓄積されつつある(表1)。

まず、誤差類似性及び不均一性に対して厳密に対応しているモデルとして多項プロビット(MNP)モデル^{13, 14)}が有名である。このモデルは誤差項の分散に正規分布を仮定することにより導出され、選択肢間の誤差相関の関係を全て考慮できる。選択肢数が増えたときのパラメータ推定が複雑であるため、実用化にはまだ解決すべき課題が残されているが、最近になりモンテカルロシミュレ

ーションやGHK法をはじめとするパラメータ推定手法の改良が進み¹⁵⁾、さらに計算機速度の向上によりその適用可能性は徐々に高まってきている。

他方、誤差分散の均一性を緩和するモデルとしてはHEVモデル^{16, 17)}が代表的である。HEVモデルは各選択肢のスケールパラメータを未知パラメータとして推定することができる。この推定値が小さい選択肢ほど、効用の誤差分散が大きいこととなる。

MPLモデル¹⁸⁾、MXLモデル¹⁹⁻²²⁾は、誤差項を非観測異質性を表す項と真のランダム項に区分することにより、個人の非観測異質性を考慮可能である。MPLモデルは前者の分布に離散分布を仮定し、MXLモデルは正規分布のような連続分布を仮定している。選択肢ごとに分布パラメータは可変であることから、結果として誤差項の類似性や不均一性を考慮しているという解釈もできる²³⁾。

3. 本分析で使用するモデルの概要

(1) HEVモデル

既述の通りHEVモデルは、各選択肢間で効用の不均一性、すなわち誤差分散の大きさの違いを認めることにより、通常のロジットモデルのIID仮定を緩和するモデルである。選択肢*i*の効用 U_i の誤差項 ε_i はガンベル分布に従うものと仮定すると、その確率密度関数は(2)式で表現される。

$$U_i = V_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

$$f(\varepsilon_i) = \exp(-\exp(-\theta_i \varepsilon_i)) \quad (2)$$

ここで、 V_i は効用の確定項、 θ_i はスケールパラメータ。

選択肢間で誤差項が独立と仮定するので、各個人が*C*個の選択肢のうち選択肢*i*を選択する確率 P_i は以下のよう導出される。

$$\begin{aligned} P_i &= \text{Prob}(U_i > U_j), \text{ for all } j \neq i, j \in C \\ &= \text{Prob}(e_j \leq V_i - V_j + \varepsilon_i), \text{ for all } j \neq i, j \in C \end{aligned} \quad (3)$$

$$= \int_{\varepsilon_i=-\infty}^{+\infty} \prod_{j \neq i, j \in C} F[\theta_j(V_i - V_j + \varepsilon_i)] \theta_i f(\theta_i \varepsilon_i) d\varepsilon_i$$

表1. IID仮定や個人の同質性を緩和する離散選択モデル

モデル	誤差分散		個人間 異質性	出典	発表 年次
	類似性	不均一性			
MNP model	○	○		Daganzo ¹³⁾	1979
MPL model	○	○	○	杉恵ほか ¹⁸⁾	1995
MXL model	○	○	○	McFadden and Train ²⁰⁾	1997
HEV model		○		Bhat ¹⁶⁾	1995
PCL model	○			Chu ²⁴⁾	1989
CNL model	○			Vovsha ²⁵⁾	1997
GNL model	○			Wen and Kopplenman ²⁶⁾	2000

f は確率密度関数である。HEV モデルにおいて誤差項の分散 $\text{Var}(\varepsilon)$ は $\pi^2/(6\theta_i^2)$ で表される。例えば θ_i の値が大きいほどその選択肢の誤差分散の小さくなることを示し、ここでは個人間で選択肢に対して持つ効用のばらつきが小さいと解釈することとする。

(2) MPL モデル

MPL モデルは効用の誤差項を各個人の嗜好や習慣の違いなど、実際には測定しにくい要因により生じる部分 δ と真のランダム誤差 e に区分し、前者の分布を離散化したモデルである。

MPL モデルには仮説の違いにより2つの手法があるが、本研究ではより一般性を有する Lindsay 手法を用いる¹²⁾。モデル式は次のように与えられる。

$$U_i = V_i + (\delta_i + e_i) \quad (4)$$

$$P_i = \frac{\sum_{k=1}^m \frac{\exp(V_i + \xi_{ki})}{\sum_{i'=1}^I \exp(V_{i'} + \xi_{ki'})} \rho_k \quad (5)$$

$$\text{s.t. } \sum_{k=1}^m \rho_k = 1, \quad \rho_k > 0 \quad (6)$$

Mass Point とは連続誤差分布を離散化した代表的点であり、MPL モデルにおいて非ランダム成分を表す δ の分布は Mass Point の位置パラメータ ξ および重みパラメータ ρ で表現される。式(5)において m は Mass Point 数を意味し、 ξ_{ki} と ρ_k はそれぞれ選択肢 i の k 番目の Mass Point の位置とその重みを意味する。推定で得られるパラメータ ξ 、 ρ を2軸上にプロットすることにより、同質な個人分布を概型想定することができる。例えば、図3のような推定パラメータが得られた場合には、破線で示す2峰分布を想定することができ、大別して2つの同質集団が存在すると判断できる。また ξ 軸方向の開きが大きい集団ほど相互に異質性が高いものと判断できる。

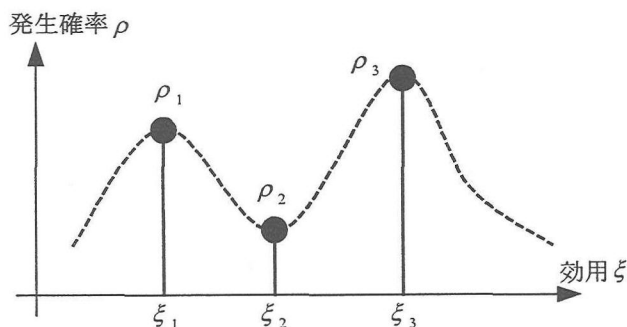


図3. Mass Point パラメータと個人間異質性

4. マルチモーダル施策における旅行時間情報提供の影響に関する調査

1999年、広島市安佐南区に居住する住民を対象に、市

内中心部への旅行時間情報提供のもとでの公共交通利用意向についてアンケート調査を実施した²⁷⁾。この地域は広島市の中心部から北西約10kmに位置している(図4)。また、この地域は中心部と広島市北西部を結ぶ新交通システムの沿線であり、最寄りの駅から中心部までの所要時間は約20分である。また新交通システムに並行して幹線道路(国道54号)も整備されている。

調査は2回実施された。1回目の調査は、個人属性、普段利用している交通手段、移動の目的、更に自動車利用者に対しては将来の新交通システムの利用可能性などを調査した。2回目の調査は情報提供の必要性や必要な情報の項目、自動車利用者に対しては自動車と新交通システムの選択に関するSP調査を行った。

第1回アンケートは郵送回収方式を用いて行った。総配布数は9,555票、回答票数は1,221世帯2,384票、回収率は15.8%であった。まず第1回調査の結果から、現在自動車を利用している個人のうち、新交通システムの利用可能性がある選択可能層の抽出を行った。これは、旅行時間情報提供の効果を測定するためには代替選択肢に対し利用意向を示している人々(選択可能層)を絞り込むためであり、交通機関の選択余地のない固定層をサンプルから除外するためである。

選択可能層の抽出は以下の手順で行った。まず普段利用している交通手段を整理する(図5)。その結果、新交通システムと自動車の利用状況はおおよそ半半ずつとなっている。自動車利用者のうち、公共交通の利用頻度を尋ねた結果を表2に示す。公共交通を月に数回利用する人、年に数回利用する人の割合がそれぞれ31.4%、60.6%であった。一方、全く利用しない人の割合が8.0%であった。さらに、公共交通のサービス水準が改善された場合の利用可能性を尋ねたところ、約85%の回答者が利用する可能性があると回答した。本研究ではこれら約85%の利用可能層を選択層と定義して抽出した。

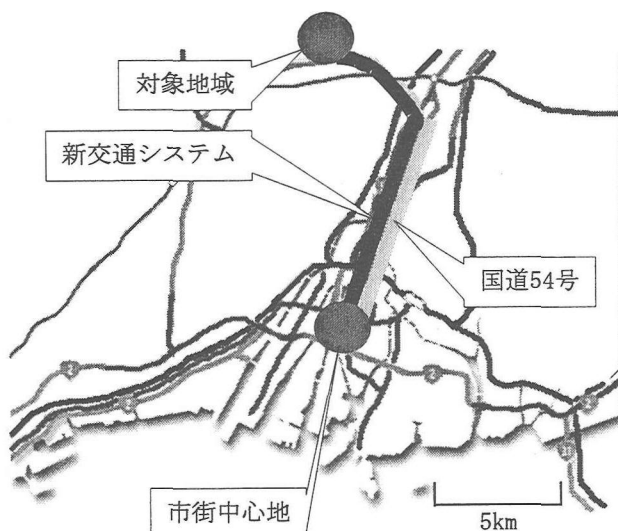


図4. 調査対象地域

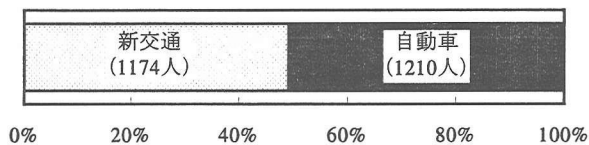


図5. 回答者の通常の交通手段

図6に選択可能層に普段の自動車目的を尋ねた結果を示している。通勤が約50%，買物・私事が約40%と多くを占めている。

第2回アンケートは、第1回目のアンケートにおいて今後の調査への協力意向を示した個人に対して郵送により配布し、郵送により回収した。配布数は1,407票、回答票数は997票(回収率70.9%)であった。この調査の目的は情報提供のニーズや交通手段の転換可能性を把握することを主な目的として実施した。同時に自動車利用者にはSP調査もあわせて行った。

この調査では自動車、新交通システムの旅行時間情報の有無や、平常と比較して余計にかかる旅行時間(=遅れ時間)の条件を設定した4種類のカードを用意し、それぞれのケースにおいて対象地域から市内中心部に向かう場合を想定して自動車と新交通システムの選択意向について調査した。なお、自動車の所要時間については実績値を記入してもらった。

SPカードの設定を表3に示す。SP1は普段の交通状況において、遅れ時間情報が提供されていない場合である。一方、SP2～SP4は自動車の遅れ時間情報提供がされている場合を想定している。そのうちSP2では遅れが生じていない状況、SP3は軽い遅れが生じている状況、SP4はひどい遅れが生じている状況である。SP3、4の自動車の遅れ時間はそれぞれ2種類設定した。

新交通システムの所要時間については、新交通システムは定時性が高いため全てのケースにおいて20分とした。また、自動車の総所要時間は通常の所要時間(実績値)と遅れ時間との和になる。

以上の仮想的な状況下における交通手段の選択結果を図7に示す。情報が提供されていない状態では60%の回答者が自動車を選択すると回答している。遅れが発生しないという情報を提供することにより、自動車の選択率は71%まで約10%上昇するが、自動車に遅れが実際に生じた場合、自動車の選択率は遅れ時間に伴って低下している。このことから、交通機関選択行動は情報の有無、とりわけ遅れ時間による影響を大きく受けることがわかる。

5. 旅行時間情報の効果の計測

前章で得られたデータを基に、自動車・公共交通旅行時間情報提供下におけるモデル推定にMNL、HEV、MPLモデルを用いて行った。以下の2つのケースに分けて、効用の増分とばらつきに及ぼす影響について分析する。

表2. 公共交通機関の選択可能層の定義

		普段の公共交通の利用頻度			計
		全く利用しない	年に数回利用する	月に数回利用する	
公共交通改善の場合	全く利用しない	53人 (4.9%)	73人 (6.8%)	24人 (2.2%)	150人 (14.0%)
	ときどき利用する	30人 (2.8%)	471人 (43.9%)	202人 (18.8%)	703人 (65.5%)
	頻繁に利用する	3人 (0.3%)	107人 (10.0%)	111人 (10.3%)	221人 (20.6%)
	計	86人 (8.0%)	651人 (60.6%)	337人 (31.4%)	1074人 (100%)

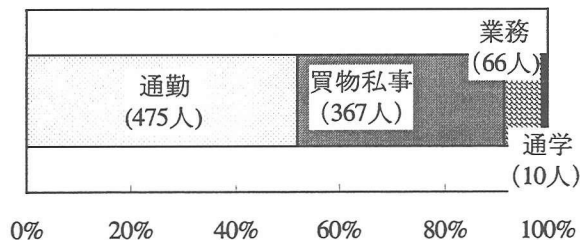


図6. 自動車利用の目的

表3. SPカードの設定

カード	SP1 情報無	SP2 遅れ無	SP3 遅れ小	SP4 遅れ大
自動車の遅れ時間情報の有無	なし	あり	あり	あり
自動車の遅れ時間情報の内容	—	0分 (平常)	10-20分 遅れ	30-40分 遅れ
アストラムラインの所要時間情報の有無	20分 (平常)	20分 (平常)	20分 (平常)	20分 (平常)

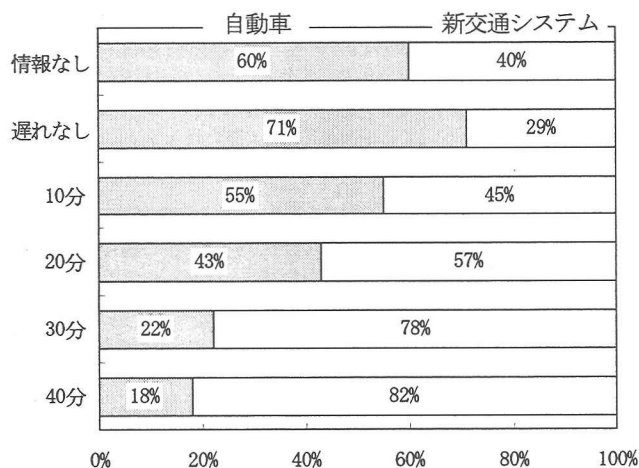


図7. 設定条件別交通機関分担率

(1) 効用の増加

情報を提供することにより、個人の期待効用は増加すると考えられ、効用増分を情報提供ダミーパラメータ γ_{info} で計測する。分析モデルはMNLモデルである。

$$U_{car} = \theta_{car} (\mathbf{B}\mathbf{x} + \gamma_{info}) + \delta_{car} + e_{car} \quad (7)$$

$$\text{s.t. } \theta_{car} = 1, \delta_{car} = 0 \quad (8)$$

推定には情報提供がなされていないSP1と情報提供がされているが平常であるSP2のデータをプールして推定を行った。推定結果を表4のケース1に示す。

「情報提供ダミー」パラメータの推定値が正で有意な値を示すことにより、情報を提供することは自動車利用者にとって効用の期待値が大きく増加することを意味す

る。パラメータ推定値とt値から判断して、情報提供により効用が大きくなるという既往の研究で示されてきた事実が再確認された。

(2) 効用のばらつき

情報を提供した場合、意思決定者間の効用のばらつきが小さくなり、その結果選択枝の誤差分散が小さくなると仮定する。ここでHEVモデルでは効用のスケールパラメータ θ が自由パラメータであり、MPLモデルでは個人間非観測異質性を表す δ が自由パラメータである。

表4. HEVモデルの推定結果

	ケース1(MNL)		ケース2		ケース3		ケース4		ケース5	
データ	SP1+SP2		SP1		SP2		SP3+SP4		SP1+SP2+SP3+SP4	
説明変数	推定値	t 値	推定値	t 値	推定値	t 値	推定値	t 値	推定値	t 値
年齢 (歳)	-0.030**	-4.232	-0.026**	-2.780	-0.031**	-2.874	-0.014*	-2.024	-0.026**	-5.443
所要時間 (分)	-0.016	-1.477	-0.015**	-1.006	-0.014**	-0.876	-0.003	-0.277	-0.013	-1.601
遅れ時間 (分)	---	---	---	---	---	---	-0.081**	-9.334	-0.092**	-16.576
情報提供ダミー	0.539**	3.176	---	---	---	---	---	---	0.619**	4.003
定数項	-2.269**	-4.772	-2.088**	-3.276	-2.793**	-3.970	1.609**	-3.026	-1.965**	-5.623
スケールパラメータ	1.000	---	0.751	na	0.780	na	1.279	na	1.458	na
初期尤度	-450.546		-225.273		-225.273		-450.546		-901.091	
最終尤度	-403.175		-203.544		-189.477		-367.812		-772.956	
自由度調整済尤度比	0.105		0.095		0.159		0.184		0.142	
サンプル数	650		325		325		650		1300	

ただし、スケールパラメータは新交通システム=1.0と固定、*5%有意、**1%有意

na: 使用ソフトの制約上スケールパラメータのt値は直接的に求められない。

表5. MPLモデルの推定結果

	ケース2		ケース3		ケース4		ケース5	
データ	SP1		SP2		SP3+SP4		SP1+SP2+SP3+SP4	
説明変数	推定値	t 値	推定値	t 値	推定値	t 値	推定値	t 値
年齢 (歳)	-0.072	-0.958	-0.037**	-6.679	-0.024**	-2.799	-0.031**	-5.074
所要時間 (分)	-0.025	-0.901	-0.019	-1.449	-0.003*	-0.199	-0.017	-1.722
遅れ時間 (分)	---	---	---	---	-0.130**	-7.202	-0.107**	-9.915
情報提供ダミー	---	---	---	---	---	---	0.717**	4.604
ρ_1	0.241**	2.600	0.647	0.828	0.108**	10.463	0.118**	8.271
ρ_2	0.666**	8.818	0.181	1.138	0.187**	5.170	0.722**	5.862
ξ_1	-3.109	-0.305	7.426	0.936	9.949**	7.823	10.746**	3.824
ξ_2	5.931	1.093	-2.911	1.172	-1.883**	-7.682	2.490**	6.801
ξ_3	3.906	1.373	9.351*	2.212	2.843**	5.502	0.316**	2.687
スケールパラメータ	1.000	---	1.000	---	1.000	---	1.000	---
初期尤度	-225.273		-225.273		-450.546		-901.091	
最終尤度	-203.350		-189.396		-367.413		-771.833	
自由度調整済尤度比	0.097		0.159		0.185		0.143	
サンプル数	325		325		650		1300	

*5%有意、**1%有意

$$U_{car} = \theta_{car}(\beta x + \gamma_{info}) + \delta_{car} + e_{car} \quad (9)$$

$$s.t. \quad \begin{cases} \delta_{car} = 0 & \text{for HEV model} \\ \theta_{car} = 1 & \text{for MPL model} \end{cases} \quad (10)$$

推定には情報提供がなされていないSP1と平時の状態という情報提供がなされているSP2のデータをそれぞれHEV, MPLモデルで推定を行った。

表4のケース2(SP1), ケース3(SP2)にHEVモデルの推定結果を示す。説明変数のパラメータ推定値はSP1とSP2のモデルで符号は等しく、年齢が高ければ高いほど、所要時間が長ければ長いほど自動車に負の効用が働く。スケールパラメータ θ について着目すると、情報提供なしのSP1のモデルでは0.751に対し、平常通りという情報を提供したSP2のモデルでは0.780とSP1より高い値が得られた。これは、情報提供により誤差分散が小さくなり、換言すれば交通手段選択の効用のばらつきが個人間で相対的に小さくなることを示している。

MPLモデルの推定結果を表5のケース2, 3に示す。またMass Pointパラメータの推定値を各々図8(a) (ケース2), 図8(b) (ケース3)にプロットする。Mass Pointパラメータについて着目すると、情報を提供していないケース2では、正と負の位置に重みの大きなMass Pointが位置しその間に重みの最も小さいMass Pointが位置することから、2峰の分布が想定される。すなわち自動車利用に強い正の効用を感じる層と負の効用を感じる層の大きく2つの集団に分かれていると解釈できる。ただし、これらの2つの集団は交通目的や個人属性のような観測要因では識別が困難な集団である。

一方、情報を提供したケース3でも同様に正と負の位置にMass Pointが位置するものの、3点の中で重みの最も高い $\xi=7.4$ のMass Pointが他の2点の間に位置している。また、ケース3ではケース2に比べて正の効用を感じるセグメントの重みが高まり、負の効用を感じる層のセグメントの重みが低くなっている。つまり非観測要因に伴う誤差分布がケース2に比べてより単峰分布に近づいており、個人間異質性が低下していることを示している。このことより「遅れ時間がない」という情報の提供により、個人がもつ効用のばらつきが高まったと考えることができる。

一方、遅れ時間が0でない情報を提供した場合の確度の変化を分析するため、遅れ時間を説明変数に加えたモデル(11)を推定し結果を比較する。

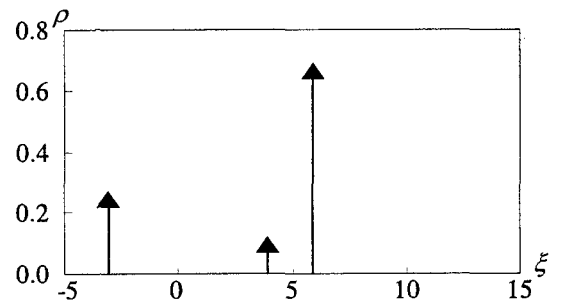
$$U_{car} = \theta_{car}(\beta x + \gamma_{delay}) + \delta_{car} + e_{car} \quad (11)$$

$$s.t. \quad \begin{cases} \delta_{car} = 0 & \text{for HEV model} \\ \theta_{car} = 1 & \text{for MPL model} \end{cases} \quad (12)$$

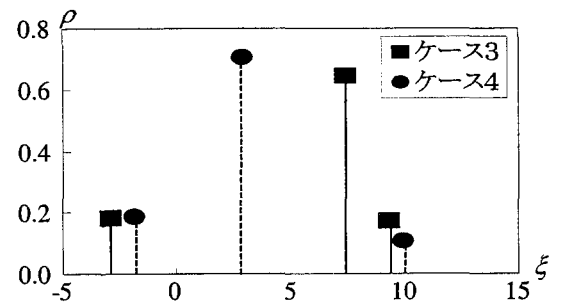
データは実際に遅れ時間が生じた設定のSP3とSP4のデータをプールして推定を行った。表4のケース4にHEVモデル、表5のケース4にMPLモデルの推定結果を示す。

HEVモデルのスケールパラメータ θ の推定値は1.279であり、遅れ時間情報により自動車の誤差分散が相対的に小さくなっていることを表している。これは遅れ時間の発生により確度が高まっていることを示しているものと考えられる。

一方、MPLモデルの結果に着目すると、自動車の遅れ時間情報の提供により、ケース3に比べて非観測要因によって生じる誤差分布がより偏りのない単峰分布に近づいている。つまり情報の提供により、個人間の非観測異質性の効果が低下している。このことは、平常時よりも遅れが発生しやすい道路区間で旅行時間の情報提供を行なう場合には、対象母集団の多様性は少ないと考えることが可能であり、多種の情報提供を検討するよりは、単一の提供方法を模索することが重要であることを示唆している。



(a) 情報提供が無い場合 (ケース2)



(b) 情報提供がある場合 (ケース3, 4)

図8. 同質な個人集団の分布

表4のHEVモデルの推定結果を用いて、所要時間の自動車選択確率に対する感度分析を行なう。図9の太線は所要時間の変化に伴う選択確率の期待値の変化を表したものであり、細線と破線は各々HEVモデルとMNLモデルから求まる選択確率の95%信頼区間を示している。効用のばらつきを考慮した場合には信頼区間が狭くなり、予測の際の信頼性が高まっていることが確認できる。

以上のことから、情報提供が効用のばらつきに与える効果は遅れ時間が生じている場合とない場合では異なり、情報提供により遅れ時間が生じている場合では意思

自動車の選択確率

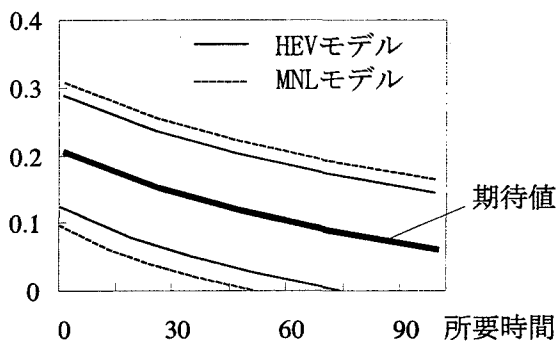


図9. HEVにより求められる選択確率の95%信頼区間

決定者間のばらつきが小さくなることが明らかになった。

(3) 遅れ時間情報の相対的価値

上述の分析結果を踏まえ、説明変数に情報提供ダミーと遅れ時間、スケールパラメータを加えたモデル(13)を推定する。

$$U_{car} = \theta_{car} (Bx + \gamma_{delay} + \gamma_{info}) + \varepsilon_{car} \quad (13)$$

$$s.t. \theta_{car} \begin{cases} = \theta_{car} & \text{for HEV model} \\ = 1 & \text{for MPL model} \end{cases} \quad (14)$$

推定に用いるデータは SP1～SP4 をプールしたデータである。推定結果を表4および表5のケース5に示す。

遅れ時間と情報提供ダミーの両パラメータの絶対値の比を計算することによって、情報提供により得られる効用と等価な遅れ時間を求めることができる。HEVモデルの推定結果では $0.619/0.092=6.73$ 分、MPLモデルの推定結果では $0.717/0.107=6.70$ 分であり、本分析対象の事例では、情報の提供は遅れが約7分短縮することと等しい価値を有することがわかる。

6. おわりに

本研究では、旅行時間情報提供の効果を利用者の効用の変化に着目して分析した。特に HEV モデルを用いて利用者の効用の期待値およびばらつきを測定する方法を示し、これらの指標により情報提供の効果を測定することの意義を示した。1つの重要な知見として、情報提供によって効用の期待値が増加するのみならず、効用のばらつきを減少させる効果があることを実証的に示した。

また、MPLモデルを適用して、情報を提供しない場合や遅れの小さい情報提供下の個人の効用は必ずしも対象母集団を通じて同質ではないこと、遅れの大きい状況下ではより同質集団に近づくことを示した。さらに、HEVモデルの適用により交通需要予測の区間推定が可能となることも明らかにした。

ここで示した知見を基づいて、交通情報の効果の評価

を行うことが今後の課題である。

謝辞

本研究で用いた HEV モデルの推定にあたり、東京大学大学院福田大輔氏から貴重なアドバイスをいただいた。ここに謹んで感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 小林潔司, 藤高勝己: 合理的期待形成過程を考慮した経路選択行動モデルに関する研究, 土木学会論文集, No.458/IV-18, pp.17-26, 1993
- 2) 趙勝川, 室町泰徳, 原田昇, 太田勝敏: The effect of travel time information on route choice behavior: a market segmentation approach, 土木計画学研究・講演集, No.18(1), pp.189-192, 1995
- 3) 羽藤英二, 谷口正明, 杉恵頼寧, 桑原雅夫, 森田緯之: 複数交通情報リソース下における情報獲得・参照行動を考慮した経路選択モデル, 土木学会論文集, No.597/IV-40, pp.99-111, 1998
- 4) 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
- 5) 尾上一馬, 永田恭裕, 黒岡亮, 内海泰輔, 長谷川利治: 高速道路における経路選択情報の提供手法に関する事例研究, 土木計画学研究・講演集, No.23(2), pp.355-358, 2000
- 6) 宇野信宏, 飯田恭敬, 瓦谷誠一郎: 事故渋滞情報提供下の迂回行動特性に関する基礎的研究, 土木計画学研究・講演集, No. 23(2), pp.363-366, 2000
- 7) 室町泰徳, 兵藤哲朗, 原田昇: 情報提供による駐車場選択行動変化のモデル分析, 土木学会論文集, No.470/IV-20, pp.145-154, 1993
- 8) 兵藤哲朗, 森地茂, 目黒浩一郎: 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回大会発表論文抄録集, pp.152-155, 1992
- 9) 羽藤英二, 朝倉康夫, 平井千智: 不確実性下の意思決定を考慮した逐次的情報参照モデル, 土木学会論文集, No.660/IV-49, pp.27-37, 2000
- 10) Bhat, C.: Recent methodological advances relevant to activity and travel behavior analysis, Resource paper presented at 8th IATBR Conference, Austin, Texas, pp. 1-45, 1997
- 11) Hensher, D. and Button, K.: Handbook of Transportation Modeling, Pergamon, 2000
- 12) Lindsay, B.: Properties of the maximum likelihood estimator of a mixing distribution, In Hingham C.T. (eds.), Statistical Distribution in Scientific Work, Vol.5, Kluwer Academics Publishers, pp.95-109, 1981.
- 13) Daganzo, C.: Multinomial Probit: The Theory and Its Application to Demand Forecasting, Academic press, New

York, 1979

- 14) Ben-Akiva, M. and Lerman, S.: Discrete Choice Analysis, The MIT Press, 1985
- 15) Yai, T., Iwakura, S. and Morichi, S.: Multinomial probit with structured covariance for route choice behavior. Transportation Research, Vol.31B, pp.195-207, 1997
- 16) Bhat, C.: A heteroscedastic extreme value model of intercity travel mode choice, Transportation Research, Vol.29B, No.6, pp.471-483, 1995
- 17) Fukuda, D. and Morichi, S.: Review of arrangement of alternatives in discrete choice models and comparative studies in the recreational destination choice behavior, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Research, Vol. 3, No.5, pp.229-243, 1999
- 18) 杉惠頼寧, 張峻屹, 藤原章正: 個人の異質性による交通機関選択モデルの構造分析, 土木計画学研究論文集, No. 12, pp.425-434, 1995
- 19) 西井和夫, 北村隆一, 近藤勝直, 弦間重彦: 観測されていない異質性を考慮した繰り返しデータに関するパラメータ推定法: Mass Point Model と Mixing Distribution Model, 土木学会論文集, No.506/IV-26, pp.25-33, 1995
- 20) McFadden, D. and Train, K.: Mixed MNL models of discrete choice. Working paper, Department of Econometrics, University of California, Berkeley, 1997
- 21) Brownstone, D. and Train, K.: Forecasting new product penetration with flexible substitution patterns, Journal of Econometrics, Vol. 89, pp.109-129, 1999
- 22) 兵藤哲朗, 室町泰徳: 個人選択行動モデルの最近の開発動向に関するレビュー, 土木計画学研究・講演集, No. 23(2), pp.275-278, 2000
- 23) 兵藤哲朗, 章翔: Mixed Logit モデルの汎用性に着目した特性分析, 土木学会論文集, No.660/IV-49, pp.89-99, 2000
- 24) Chu, C.: A paired combinatorial logit model for travel demand analysis, Proceedings of 5th WCTR, Vol.4, pp.295-309, 1989
- 25) Vovsha, P.: The cross-nested logit model: Application to mode choice in the Tel-Aviv metropolitan area, Presented at 76th TRB Annual Meeting, Washington D.C., 1997
- 26) Wen C. and Koppelman F.: The generalised nested logit model, Presented at 79th TRB Annual Meeting, Washington D.C., 2000
- 27) Nakamura, F., Fujiwara, A. and Sato, K.: Analysis of the impact of providing multi-modal information on travel behavior, 2nd ITS World Congress, Torino, 2000

旅行時間情報の提供が個人の交通機関選択効用に及ぼす影響

藤原章正・中村文彦・佐藤和彦・神田佑亮

本研究は、旅行時間情報の提供がドライバーの交通機関選択の効用に及ぼす影響について分析することを目指す。情報提供に伴う効用の期待値の増分とばらつきの減少を指標として、旅行時間情報提供の効果の計測を行なう。また、情報提供に伴う個人間の非観測異質性の変化についても明らかにする。ばらつきの計測には HEV モデルを、個人間異質性の分析には MPL モデルを各々用いる。分析により、情報提供によって効用の期待値が増加するのみならず、ばらつきが減少することを実証的に示した。また、遅れのある場合には旅行時間情報の提供により、個人の非観測異質性が低下することが明らかになった。

Effects of Providing Travel Time Information on Individual Utility of Mode Choice

By Akimasa FUJIWARA, Fumihiko NAKAMURA, Kazuhiko SATO and Yusuke KANDA

This study aims to analyze the effects of providing travel time information on individual's utility of mode choice. The effects are measured in terms of the increases of the expected value of utility and of the decreases of the variation across individuals. The change of unobserved heterogeneity under providing the information is also examined. HEV model is employed to evaluate the expected value and variation of utility. Besides, MPL model is estimated to examine the heterogeneity. As a result, it is found that the information provision will contribute to increasing not only the expected value of utility but also the variation. Moreover, the information on delay time decreases the heterogeneity.
