

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

神田佑亮** 藤原章正*** 中村文彦**** 佐藤和彦*****

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

1. はじめに

情報技術の高度化に伴い、交通システムに提供される情報内容は多様化し、その形態も様々である。効率的な情報を提供するためには、旅行時間情報提供が交通主体にどのような“価値”を与えているのか把握する必要がある。とりわけ受け手側の情報取捨選択過程や、情報への依存度を詳しく説明する行動分析モデルが求められている。このような中で、最近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。

本研究では、旅行時間情報提供が個人の交通機関選択効用の①“期待値”及び②“確度”に及ぼす影響を分析することを目的としている。効用の期待値は期待効用の平均値であり、非集計モデルが線形効用関数の場合、期待効用の増分として計測される。一方確度は非集計モデルでは誤差分散の大きさに影響が表れると考え、スケールパラメータを推定可能な HEVmodel (Heteroscedastic Extreme Value)を用いる。

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いる。情報提供の効果指標として、効用の期待値の増分を採用したものが多い。

例えば趙ら(1995)¹⁾は、旅行時間情報が与えられたときのトラベラーが経験等に基づきどのように知覚し、期待効用に基づいて行動をとるかについて検討している。羽藤ら(1995)²⁾は、交通情報提供システム下において、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、交通目的、情報の種類とその精度、ドライバーの走行経験が情報を受けた後の経路選択に及ぼす影響について検討している。小川ら(1993)³⁾は、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意識を明らかにするとともに、それに対する所要時間情報の影響について検討している。

一方、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⁴⁾、兵藤⁵⁾らの研究は、情報の価値を“確度”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、その限界のため確度を十分に計測するに至っていない。

2) 誤差分散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では、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、誤差分散に関わる IID(Identical and Independent Distribution)仮定に反するため、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⁶⁾。この仮定を緩和するアプローチは、i)類似性、不均一性を扱う方法、ii)類似性を扱う方法、iii)不均一性を扱う方法に大別され(表1)、各々の研究結果が蓄積されつつある。

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ものに多項プロビット(MNP)モデルが有名で

*キーワード：交通行動分析、交通手段選択、HEVモデル

** 学生員、広島大学大学院国際協力研究科

E-mail:wikiwiki@hiroshima-u.ac.jp

*** 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:afujw@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 FAX 03-3266-0225

E-mail:ksato@ibs.or.jp

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、実用化には一部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をはじめとするパラメータ推定手法が進み、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、誤差分散の均一性のみを緩和するアプローチから導出されるモデルには、HEV モデル^{8),9)}、MPL モデル¹⁰⁾がある。HEV モデルは各選択肢の誤差項のスケールパラメータを推定する。この推定された値が小さい選択肢ほど、効用のばらつきが大きいこととなる。また、個人の非観測異質性を考慮する MPL モデルは誤差項を非観測異質性を表す項と真のランダム誤差に区分し、前者の分布を離散化したものである。選択肢ごとに分布パラメータは可変であることから、誤差項の不均一性を考慮していることになる。

前述の通り、本研究が目指す効用の確度を計量化するには、効用関数の誤差分散パラメータを有するモデル、すなわち誤差項の不均一性を考慮するモデルが必要となる。本稿では、上記モデルの中で最も構造がシンプルな HEV モデルを採用する。

3. 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、その確率密度関数と累積密度関数はそれぞれ(5)、(6)式で表現される。

$$f(\varepsilon) = \frac{1}{\theta} \exp\left(-\frac{\varepsilon}{\theta}\right) \exp\left(-\exp\left(-\frac{\varepsilon}{\theta}\right)\right) \quad (5)$$

$$F(\varepsilon) = \int_{-\infty}^{\varepsilon} f(\varepsilon) d\varepsilon = \exp\left(-\exp\left(-\frac{\varepsilon}{\theta}\right)\right) \quad (6)$$

ここで、 θ_i はスケールパラメータである。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 は以下のように導出される。

$$\begin{aligned} P_i &= \text{Prob}(U_i > U_j), \text{ for all } j \neq i, j \in C \\ &= \text{Prob}(\varepsilon_j \leq V_i - V_j + \varepsilon_i), \text{ for all } j \neq i, j \in C \\ &= \int_{-\infty}^{\varepsilon_i + \infty} \prod_{j \neq i, j \in C} F[\theta(V_i - V_j + \varepsilon)] f(\theta \varepsilon) d\varepsilon \quad (7) \end{aligned}$$

HEV モデルにおいて誤差項の分散は $\pi^2/6 \theta_i^2$ で表される。 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り、ここでは個人が選択肢に対して持つ期待効用の確度が高いと解釈することとする。

4. マルチモーダル施策における旅行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。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。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も整備されている。

調査では、個人の属性や普段利用している交通手段、移動の目的、さらに、自動車利用者に対しては将来の新交通システム利用意向（利用可能性）などを調査し

表 1. IID 仮定を緩和する離散選択モデル群

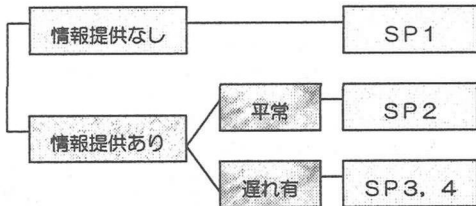
類似性・不均一性を考慮	
• MNP model ⁷⁾	
$P = \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} \Phi(\varepsilon_n) d\varepsilon_n \dots d\varepsilon_1 \quad (1)$	
$\Phi(\varepsilon_n) = (2\pi)^{-T/2} \left[\prod_n \sigma_n ^{-1/2} \exp\left(-\frac{1}{2} \varepsilon_n \sum_n^{-1} \varepsilon_n^T\right) \right] \quad (2)$	
Σ : 誤差項の分散共分散行列	
不均一性を緩和	
• HEV model ⁹⁾	
$P_j = \sum_{k=1}^m \left[\frac{\prod_{j=1}^J \exp(V_j + \zeta_j^k)^{w_j}}{\sum_{j=1}^J \exp(V_j + \zeta_j^k)} \right] \rho_k \quad (3)$	
• Mass Point Logit ¹⁰⁾	
$P_i = \int_{-\infty}^{\infty} \prod_{j \neq i, j \in C} F[\theta(V_i - V_j - \varepsilon)] f(\theta \varepsilon) d\varepsilon \quad (4)$	

た。また自動車利用者には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。

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。調査結果はNakamuraら(2000)¹¹⁾に詳しい。

表2. SPカードの設定

カード	SP1	SP2	SP3	SP4
自動車の実遅れ時間情報の有無	なし	あり	あり	あり
自動車の実遅れ遅れ時間情報	—	0分	10~20分	30~40分
アストラム所要時間情報	20分	20分	20分	20分



5. モデル推定

4.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HEVモデルを用いて行った。以下の2つのケースに分けて、効用の期待値に及ぼす効果と確度に及ぼす効果について分析した。

1) 効用の期待値に与える価値

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 θ_{info} で計測する。分析モデルは制約付きHEVモデルである。

$$U_{i, car} = \theta_{car}(\beta_n X_{i, n} + \gamma_{info}) + \varepsilon \quad (8)$$

$$s.t. \theta_{car} = 1$$

制約付きHEVモデルとはスケールパラメータを1に固定したモデルをいい、通常のロジットモデルと一

致する。

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3のCase 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増加することを意味する。情報提供によるインパクトは大きく、期待値が高まるという既往の研究で示されてきた仮説が再確認された。

2) 効用の確度に与える価値

情報を提供した場合、意志決定者が持つ選択肢の効用の誤差分散が減少すると仮定する。ここではHEVモデルのスケールパラメータ θ を自由パラメータとする。

$$U_{i, car} = \theta_{car}(\beta_n X_{i, n}) + \varepsilon \quad (9)$$

推定には情報提供がなされていないSP1と情報提供がなされているが遅れはない、すなわち平常であるSP2のデータをそれぞれHEVモデルで推定を行った。推定結果をそれぞれ表3のCase 2, 3に示す。

説明変数パラメータ推定値はSP1のモデルとSP2のモデルで有意差はない。スケールパラメータについて着目すると、情報提供なしのSP1のモデルでは1.112に対し、平常通りという情報を提供したSP2のモデルでは0.928とSP1より低い値が得られた。これは、情報提供により誤差分散が大きくなる、換言すれば交通手段選択の確度が低下することを示している。

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(10)式を推定し結果を比較した。

$$U_{i, car} = \theta_{car}(\beta_n X_{i, n} + \gamma_{delay}) + \varepsilon \quad (10)$$

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3のCase 4に推定結果を示す。

スケールパラメータの推定値は1.292であり、誤差分散が小さくなっていることを表している。これは遅れ時間が生じたという情報の提供により、情報の受け手は平常の交通状態でないと認識し、情報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。

以上のことから、情報提供が確度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

表3. HEV モデルの推定結果

データ	Case 1		Case 2		Case 3		Case 4		Case 5	
	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)	-0.025 **	-3.924	-0.022 **	-2.739	-0.029 **	-2.971	-0.016 **	-3.054	-0.019 **	-4.165
性別(1=女)	0.104	0.635	0.121	0.569	0.077	0.319	-0.242	-1.770	-0.051	-0.438
通勤ダミー	0.849 **	2.923	0.762 *	2.144	0.945 *	2.106	0.874 **	3.975	0.782 **	4.071
業務ダミー	0.686 **	2.635	0.484	1.473	0.983 *	2.366	0.781 **	3.576	0.691 **	3.668
所要時間	-0.030 **	-3.269	-0.029 **	-2.442	-0.031 *	-2.278	-0.004	-0.444	-0.016 *	-2.377
情報提供ダミー	0.547 **	3.666	---	---	---	---	---	---	0.469 **	13.117
遅れ時間(分)	---	---	---	---	---	---	-0.063 **	-13.369	-0.061 **	-3.437
定数項	-1.807 **	-5.310	-1.602 **	-3.920	-2.604 **	-5.024	-1.529 **	-5.334	-1.243 **	-5.022
スケールパラメータ	---	---	1.112	0.306	0.928	0.257	1.292	0.910	1.339	1.691
初期尤度	-604.424		-302.212		-302.212		-604.424		-1208.850	
最終尤度	-526.812		-280.685		-245.749		-500.941		-1032.630	
尤度比(ADJ)	0.122		0.056		0.174		0.164		0.164	
サンプル数	872		436		436		872		1744	

Scale Parameterは新交通システム=1.0と固定 * 1%有意 ** 5%有意

報提供により遅れ時間が生じている場合では意思決定者の確度が高まることが確認された。

3) 遅れ時間情報の相対的価値の計測

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、また、スケールパラメータを加えたモデル(12)式を推定する。

$$U_{i,car} = \theta_{car} (\beta_{info,n} + \gamma_{info} + \gamma_{delay}) + \varepsilon \quad (11)$$

推定に用いたデータはSP1-SP4のすべてのデータをプールして推定した。推定結果を表3のCase 5に表す。

遅れ時間パラメータと情報提供パラメータの比から判断すると、情報提供を行うことは0.469/0.061=7.7分の遅れが短縮することと等価の価値を有することがわかる。

6. 結論

本研究では、情報提供の効果を測定する方法として、情報の受け手の効用の変化や、また受け手が選択行動に確信を持つ“確度”の変化に着目して分析した。確度の計測のためにHEVモデルを適用し、スケールパラメータを推定する方法を示した。これらの結果から、平常時には確度はあまり変化しないが、遅れ時間が生じているという情報を提供すると自動車の確度は大きくなることがわかった。今後の課題は、モデルの尤度比の向上、また確度は非観測要因であり、個人間で異なるため、MPLモデルのような非観測異質性を考慮できるモデルの適用が挙げられる。

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) 趙勝川ほか: 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
- 2) 羽藤英二ほか: 経路選択時の交通情報に対するドライバーの反応, 交通工学, Vol. 30 No.1, 1995
- 3) 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, 土木学会第 48 回年次学術講演会, No.4, pp.359-360, 1995
- 4) 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, pp.145-154, 1993
- 5) 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.139-146, 1991
- 6) Bhat, C: behavior analysis, Resource Papers presented for the 8th Meeting of the International Association for Travel Behavior Research, Austin, Texas, pp. 1-45, 1997
- 7) Ben-Akiva, M and Lerman, S: Discrete Choice Analysis, The MIT Press, pp.299-300, 1985
- 8) Bhat, C: A heteroscedastic extreme value model of intercity travel mode choice, Transportation Research, Vol.29B, No.6, pp.471-48, 1995
- 9) 福田大輔, 森地茂: 観光目的地選択行動に対する精緻化された個人選択モデルの適用可能性の検討, 土木計画学研究講演集, No.22(2), pp.655-658, 1999
- 10) 杉恵頼寧, 張峻屹, 藤原章正: 個人の異質性による交通機関連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
- 11) F. Nakamura, A. Fujiwara, K. Sato: Analysis of the Impact of Providing Multi-Modal Information on Travel Behavior, ITS World Congress TORINO 2000, now in printing