

マルチモーダル情報の獲得行動を考慮した交通手段選択の分析*

Mode Choice Analysis Considering Acquisition Behavior of Multi-Modal Travel Information*

尾高慎二**・藤原章正***・張峻屹****

By Shinji ODAKA**・Akimasa FUJIWARA***・Junyi ZHANG****

1. はじめに

慢性的な道路交通渋滞を緩和し、円滑な交通流の実現を目指すために、TDM（交通需要マネジメント）やITS政策などを考慮した総合的な取り組みが各地において行われている。その取り組みの1つとして、マルチモーダル施策が挙げられる。マルチモーダル施策とは、自動車、バス、鉄道や路面電車、自転車など複数の交通手段との連携を図ることにより、スムーズな乗り換えの実現や利用可能な交通手段数の増大を通じて、利用者の移動利便性を高める施策のことである。

マルチモーダル施策を推進していく上で、公共交通機関の整備といったハード面の施策だけではなく、ソフトな施策を組み合わせたパッケージアプローチが重要である。特に、近年の情報通信技術の発達により、利用者はインターネットや携帯電話やCATVなどを通じて、道路交通情報のみならず、公共交通情報をもリアルタイムで簡単に入手できるようになってきた。このような、同時に提供される道路交通と公共交通の情報は、マルチモーダル情報と呼ばれている。しかし、実際にこのような情報が提供されている事例は少なく、提供効果の計測方法が確立されているとは言いがたい。

そこで、本研究ではトリップ前（自宅出発前）のマルチモーダル情報提供を対象に、既存評価方法の問題点に着目し、情報の獲得行動を考慮した新たな交通手段選択モデルを構築する。そして、実証分析を通じて、新たに構築したモデルの有効性を示すと同時に、マルチモーダル情報提供の有効性を明らかにする。

*キーワード：交通行動分析，マルチモーダル情報，相対性効用

**正員，工修，株式会社オリエンタルコンサルタンツ
(愛知県名古屋市中村区名駅 2-38-2 オーキッドビル，
TEL:052-564-7712, E-mail: odaka@oriconsul.co.jp)

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

****正員，工博，広島大学大学院国際協力研究科
(広島県東広島市鏡山 1-5-1，
TEL:0824-24-6919, E-mail: zjy@hiroshima-u.ac.jp)

2. 情報提供に関する既存評価手法の問題点

今まで、交通情報の提供効果を計測するために、主にSP (Stated Preference) 調査手法と離散選択モデルはそれぞれ用いられてきている。これらの既存方法論は、主に以下の2つの仮定を前提にしている。

- 1) SP 調査手法では、被験者が提示された仮想交通情報をすべて参照する。
- 2) 選択肢集合にあるすべての選択肢を均一に、そして対称的に評価する。

しかし、情報の不完全性や選択履歴、情報アクセスへの興味や移動目的などにより、個人は通常、情報ソースと交通手段を取捨選別すると考えられるため、その結果、各選択肢を均一に識別することができない。例えば、ある場所に行くのに、今からどの交通手段を利用するかという選択を考える際に、過去にバスをよく利用してきた（または、バスの利用を好む）人と、車をよく利用してきた（または、車の利用を好む）人とは、バスに対して同じ評価重みをもつとは考えにくい。一方、Tversky & Kahneman (1991)が実証したように、選択行動は現況 (status quo) または参照点 (reference point) に依存して変化し、参照点の変化により選好の逆転を引き起こす可能性がある¹⁾。交通手段の選択場面において Tversky & Kahneman の結果を言い換えると、例えば、バスをよく利用する人は、車を利用しようとする場合におけるバスの効用と、バスを利用しようとする場合におけるバスの効用は、その大きさが変わりうる。これは現在の利用選択肢や選択に関する意思決定の初期状況によって、個人が異なる選択肢を非対称的に評価することを示唆している。

このように、選択に関する意思決定プロセスにおいて、利用者は選択肢集合にあるすべての選択肢を均一に、そして、対称的に評価するという仮説は成立するとは言いがたい。

さらに、一般的に、選択行動は複雑な意思決定プロセスを伴い、選択タスクの複雑性に大いに依存し、その複雑性が増すと、意思決定者は自分の対応能力の制

限を受けて、情報処理負荷を減らすことを試みる²⁾⁻³⁾。また、情報アクセス経験や情報の信頼性に対する態度の異質性により、個人は異なる情報ソースに対して選別的な行動を示すと考えられるため、SP調査で提示される情報をすべて参照するとは限らない。

このように、マルチモーダル情報の提供効果を適切に評価するため、新たな選択モデルの構築だけではなく、SP調査の工夫も求められる。

3. 相対性効用最大化理論に基づく

離散選択モデルの概要

前述した既存離散選択モデルの問題点を解消するための方法論の1つとして、相対性効用最大化理論⁴⁾⁻⁵⁾がある。この理論では、個人が従来の効用ではなく、選択肢集合における各選択肢の相対重要性を考慮した相対性効用の最も高い選択肢を選ぶと仮定する。そして、操作性の高い相対性効用関数として、式(1)のような関数が提案されている⁴⁾。

$$U_j = r_j \sum_{j' \neq j} (u_j - u_{j'}) = r_j \sum_{j' \neq j} (v_j - v_{j'}) + e_j \quad (1)$$

$$0 \leq r_j \leq 1 \text{ and } \sum_j r_j = 1 \quad (2)$$

ここで、

- U_j 選択肢 j の相対性効用,
- e_j U_j の誤差項,
- u_j 選択肢 j の相対性効用,
- r_j 選択肢 j の相対重要性パラメータ

式(1)において、 $u_{j'}$ が u_j を評価する際の参照点として解釈することができる。そして、選択肢の相対重要性パラメータ r_j を用いて、選択肢評価の不均一性だけではなく、非対称性をも表現することができる。また、式(1)を、効用理論に基づく既存のどの選択モデルにも簡単に取り入れることができ、 r_j がすべての選択肢について同じであれば、式(1)に基づく選択モデルは既存の選択モデルに帰着する。

式(1)の誤差項 e_j の分布がMNLモデルと同様にガンベル分布に従う場合、以下のような選択確率式が得られる(以後、r-MNLモデルと呼ぶ)。

$$P_j = \frac{\exp\{r_j \sum_{j' \neq j} (v_j - v_{j'})\}}{\sum_k \exp\{r_k \sum_{k' \neq k} (v_k - v_{k'})\}} \quad (3)$$

また、選択肢に段階構造が存在することが先見でき

る場合には、式(1)の誤差項 e_j として通常のNLモデルと同様な誤差分布を仮定することにより、式(4)のような段階構造を有する新たな選択モデルを構築することができる(以後、r-NLモデルと呼ぶ)。

$$P_{dm} = P_{m|d} \cdot P_d \quad (4)$$

$$P_{m|d} = \frac{\exp(r_m \sum_{m' \neq m} ((v_m + v_{md}) - (v_{m'} + v_{m'd})))}{\sum_{m'} \left\{ \exp(r_{m'} \sum_{m'' \neq m'} ((v_{m'} + v_{m'd}) - (v_{m''} + v_{m''d}))) \right\}}$$

$$P_d = \frac{\exp(\lambda r_d \sum_{d' \neq d} ((v_d + v'_d) - (v_{d'} + v'_{d'})))}{\sum_{d'} \left\{ \exp(\lambda r_{d'} \sum_{d'' \neq d'} ((v_{d'} + v'_{d'}) - (v_{d''} + v'_{d''}))) \right\}}$$

$$v'_{d'} = \ln \left(\sum_m \exp(r_m \sum_{m' \neq m} ((v_m + v_{md}) - (v_{m'} + v_{m'd}))) \right)$$

$$\text{and } 0 < \lambda \leq 1$$

ここで、添字 d は上位階層にある選択肢、 m は下位階層にある選択肢を表す。 λ は下位選択肢が上位選択肢に与える影響を表すログサム変数パラメータである。

式(3)から、従来のNLモデルでは考慮できない同一選択階層における選択肢間の相互依存性(類似性)を式(1)の導入により容易に表現できることが分かる。

相対重要性パラメータ r_j は、意思決定者の属性や経験などの違いにより変化することを反映するため、式(5)と(6)のようなロジットタイプの関数で再定義する。

$$r_{j_0} = \frac{1}{1 + \sum_{j \neq j_0} \exp\left\{ \sum_k (\beta_{jk} X_{ijk}) \right\}} \quad (5)$$

$$r_j = \frac{\exp\left\{ \sum_k (\beta_{jk} X_{ijk}) \right\}}{1 + \sum_{j \neq a_0} \exp\left\{ \sum_k (\beta_{jk} X_{ijk}) \right\}} \quad (6)$$

ここで、 r_{j_0} は基準選択肢 j_0 の相対重要性パラメータ、 X_{ijk} と β_{jk} は個人属性や経験などの変数とそのパラメータである。推定に際して、基準選択肢の β_{jk} をすべて0に固定する必要がある。なお、どの選択肢を基準選択肢として選んでも差し支えない。

4. マルチモーダル情報提供の利用に関する意識調査

(1) 調査の実施概要

分析データを収集するため、2002年に広島市アストラムライン沿線住民を対象に、マルチモーダル情報提供の利用に関するSP調査を行った。対象交通手段は自動車(CAR)、アストラムライン(NTS)とバス(BUS)である。SP調査を実施する際に、被験者はプレ調査結果を

踏まえて交通手段選択層の中から選定された。調査の概要を表1に示す。

表1 SP調査の概要

調査名称	交通情報の提供に関する住民アンケート調査
調査対象	自動車と公共交通の両方が利用可能な広島市安佐南区の住民
調査形式	利用者記入方式の訪問による配布、回収
調査期間	配布:2002年11月23日(土), 11月24日(日) 回収:2002年11月30日(土), 12月1日(日)
結果	配布票数:681, 回収票数565, 回収率:83.0%

(2) SP調査の設計

SP調査では、表2と3に示す情報提供内容と交通サービスレベルをL₂₇(3¹³)の直交表に割り付け、非現実的なカードを除き、25種類のSPカードを設定した。被験者1人あたり5種類のカードを提示し、買物と通勤を取り上げ、情報獲得機器(パソコン, 携帯端末, CATV), 情報獲得意向, 参照情報及び交通手段の選択を答えてもらった。異なる情報ソースに関する選別的な行動を考慮するため、参照した情報内容をも尋ねた。

表2 交通手段別提供内容の設定

要因名	設定1	設定2	設定3
自動車	総所要時間	渋滞長(文字ベース)	渋滞長(地図ベース)
アストラムライン	なし	時刻表	総所要時間
バス	なし	時刻表	総所要時間

表3 交通サービスレベルの設定値

要因名	設定水準1	設定水準2	設定水準3
自動車・総所要時間	30分	50分	70分
自動車・渋滞長	0.5km	2km	4km
バス・総所要時間	40分	60分	80分

5. 情報獲得行動を考慮した交通手段選択モデル

本研究では、「情報機器(3肢)ー情報獲得意向(2肢)ー交通手段(3肢)」の同時選択(計18肢)をMNLとr-MNLモデルにより、段階的な選択をNLとr-NLモデルによりそれぞれ表現した。以下では、各モデルの推定結果(表4と5)について考察すると同時に、シミュレーションを通じてマルチモーダル情報の提供効果を評価する。

(1) モデルの推定結果及びその考察

自由度調整済み尤度比からみると、表4と5から、r-MNLモデルは0.219でMNLモデルのそれ(0.178)より約23%、r_NLモデルは0.322でNLモデルのそれ(0.301)より約7%それぞれ向上した。明らかに、r_NLモデルの精度が最も高い。また、ほとんどのパラメータは統計的に有意で、符号も論理的に妥当であるため、以降、r_NLモデルのみについて考察する。

表4 同時選択モデルの推定結果

説明変数	MNL		r-MNL	
	Parameter	t値	Parameter	t値
所要時間(分)	-0.0539 *	-15.48	-0.0382 *	-14.13
渋滞長(Km)	-0.1660 *	-4.05	-0.1546 *	-5.20
自・所要時間(獲得=1)	2.1954 *	14.09	1.7941 *	15.63
自・渋滞(文字)(獲得=1)	0.7474 *	4.82	0.6971 *	6.44
自・渋滞(地図)(獲得=1)	1.0198 *	7.01	0.8967 *	8.66
ア・時刻表(獲得=1)	2.2545 *	15.36	1.8493 *	17.14
ア・所要時間(獲得=1)	2.0447 *	14.77	1.7205 *	16.87
バ・時刻表(獲得=1)	1.5697 *	6.89	0.5846 *	2.87
バ・所要時間(獲得=1)	1.0077 *	3.95	0.0015	0.06
バ・保有状況(保有=1)	1.0459 *	13.93	0.5686 *	8.98
携・保有状況(保有=1)	1.7297 *	22.48	0.8920 *	14.66
C・保有状況(保有=1)	1.7573 *	20.55	0.8687 *	13.11
バ・利用経験(あり=1)	0.0575	0.48	0.5756 *	2.69
携・利用経験(あり=1)	0.8595 *	8.01	1.5721 *	8.17
相対重要性パラメータの説明変数				
バ・年齢(歳)			-0.0159 *	-4.17
携・年齢(歳)			-0.0132 *	-3.46
C・年齢(歳)			-0.0129 *	-3.37
自・利用頻度(回/月)			0.0414 *	5.09
ア・利用頻度(回/月)			0.0222 *	3.70
バ・利用頻度(回/月)			-0.3254 **	-2.02
獲・情報利用特性			0.1118 *	2.80
非・情報利用特性			-0.1433 *	-2.98
初期尤度	-5642.006		-5642.006	
最終尤度	-4636.356		-4404.780	
自由度調整済み尤度比	0.178		0.219	
サンプル数	1952		1952	

自:自動車, ア:アストラムライン, バ:バス

*1%有意 **5%有意

獲:獲得, 非:非獲得

バ:パソコン, 携:携帯端末, C:CATV

表5 段階選択モデルの推定結果

説明変数	NL		r-NL	
	Parameter	t値	Parameter	t値
所要時間(分)	-0.0259 *	-8.97	-0.0248 *	-9.85
渋滞長(Km)	-0.2773 *	-9.84	-0.1668 *	-5.94
[ログサム変数のパラメータ]				
μ ($\mu=0$)	0.0688 *	7.55	0.1226 *	7.63
μ ($\mu=1$)		102.20		54.60
交通手段の相対重要性の説明変数				
ア・利用頻度(回/月)			0.8617 *	6.91
バ・利用頻度(回/月)			-0.9708	-1.69
説明変数				
自・所要時間(獲得=1)	17.4192 *	4.18	4.8464 *	5.30
自・渋滞(文字)(獲得=1)	17.6772 *	4.25	8.1910 *	4.25
自・渋滞(地図)(獲得=1)	18.4153 *	4.80	8.9530 *	4.91
ア・時刻表(獲得=1)	15.2586 *	4.09	11.4973 *	5.40
ア・所要時間(獲得=1)	16.4690 *	4.37	9.6999 *	5.11
バ・時刻表(獲得=1)	2.8240 *	2.92	2.7739 *	3.09
バ・所要時間(獲得=1)	5.2259	1.70	1.2548 **	2.01
[ログサム変数のパラメータ]				
μ ($\mu=0$)	0.0716 *	7.48	0.1229 *	7.60
μ ($\mu=1$)		96.99		53.88
情報獲得の相対重要性の説明変数				
情報利用特性			0.3186 *	2.74
説明変数				
バ・保有状況(保有=1)	0.9152 *	11.54	1.0409 *	14.70
携・保有状況(保有=1)	1.8323 *	21.37	2.3620 *	12.75
C・保有状況(保有=1)	1.8976 *	19.68	1.7464 *	19.65
情報獲得機器の相対重要性の説明変数				
情報機器利用経験			0.6176 *	2.82
バ・年齢(歳)			-0.0091 *	-2.77
携・年齢(歳)			-0.0445 *	-4.92
初期尤度	-5642.006		-5642.006	
最終尤度	-3943.383		-3823.120	
自由度調整済み尤度比	0.301		0.322	
サンプル数	1952		1952	

自:自動車, ア:アストラムライン, バ:バス

*1%有意 **5%有意

バ:パソコン, 携:携帯端末, C:CATV

相対重要性を表す各パラメータの符号からみると、情報機器の利用については、若い人及び情報機器利用経験のある人は、情報機器の利用により大きな重みを置くことが分かる。また、公共交通手段の利用頻度が増えると、NTSの評価重みが大きくなるが、BUSのそれが減る。情報利用について肯定的な態度をもつ（すなわち情報利用特性値が大きい）人は、情報をより積極的に獲得する。これらの結果は、第2節で主張した選択肢評価の不均一性を支持する。そして、個人別の相対重要性パラメータの平均値（NTS:0.56, CAR:0.24, BUS:0.20；携帯端末:0.07, パソコン:0.43, CATV:0.50）を用いて、式(1)を以下の模式図2に表すことができる。例えば、NTSの相対性効用を決定する場合におけるCAR効用の評価重みが0.56であるのに対して、CARの相対性効用を決定する場合におけるNTS効用の評価重みが0.24である。このように、選択肢の評価は不均一性だけでなく、非対称性をも示すことが分かる。

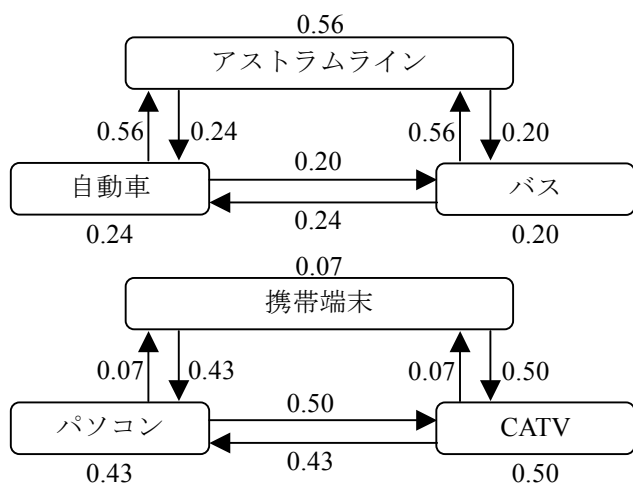


図2 選択肢評価構造の不均一性と非対称性

情報提供内容獲得ダミーパラメータの符号はすべて正であることから、情報提供が関連交通手段の選択効用を増やすことが分かる。これはトリップ前にマルチモーダル情報を提供することはシングルモード情報より効果的であることを示唆する。情報提供内容獲得ダミーパラメータは、NTSの時刻表、CARの所要時間、NTSの所要時間、地図による渋滞情報の順に影響が大きくなっている。

(2) シミュレーション分析

表5の r_{NL} モデルの推定結果を用いて、マルチモーダル情報の提供による交通手段選択のシミュレーション分析を行う。この際に、各説明変数の値として全サンプルの平均値を採用した。

図3は獲得情報の数の違いによる交通手段分担率をそれぞれ獲得数ごとに平均した結果を示している。結果より、獲得した交通手段の数が増えるほど、NTSの分担率が約7~11%増加し、CARとBUSの分担率がそれぞれ3~5%と4~6%減少している。道路混雑緩和の視点からみると、CARの渋滞地図・NTSの時刻表・BUSの時刻表というマルチモーダル情報の提供が一番効果的である。

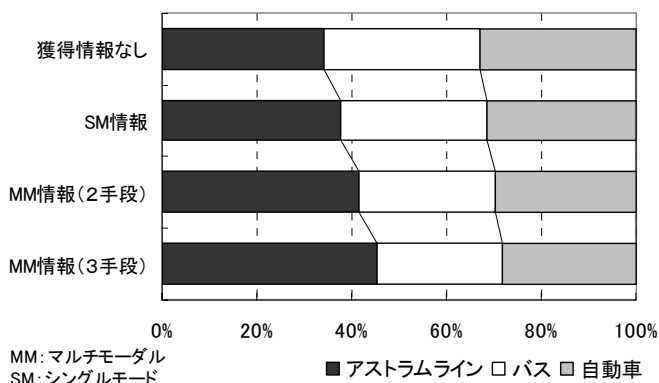


図3 獲得情報の数の違いによる交通手段分担率

6. おわりに

本研究では、相対性効用最大化理論に基づき、マルチモーダル情報獲得行動を考慮した交通手段選択モデルを構築し、その有効性を実証できた。そして、シミュレーション分析を通じて、マルチモーダル情報により、渋滞が発生している場合、利用者が自動車から定時性の高い新交通システム（アストラムライン）に転換していくことを確認することができた。

参考文献

- 1) Tversky, A. and Kahneman, D.: Loss aversion in riskless choice: a reference-dependent model, Quarterly Journal of Economics, Vol.107, pp.1039-1061, 1991.
- 2) Olshavsky, R.W.: Task complexity and contingent processing in decision making: A replication and extension, Organizational Behavior and Human Performance, Vol.24, pp.300-316, 1979.
- 3) Payne, J., Bettman, J. and Johnson, E.: Adaptive strategy in decision making, Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, Vol.14, pp.534-552, 1988.
- 4) Zhang J., Timmermans H., Borgers A., and Wang D.: Modeling traveler choice behavior using the concepts of relative utility and relative interest, Transportation Research B, 2003 (in press).
- 5) 張峻屹, 杉恵頼寧, 藤原章正, 玉置善生: 相対性効用の概念に基づく交通機関 SP パネルデータの分析, 土木計画学研究・論文集, Vol.19, No.3, pp.365-374, 2002.