

世帯での集団意思決定モデルを用いた通学行動に関する研究

— 路線バスの選択に着目して

公共システム研究室 端詰 将範

1.はじめに

地方における路線バスの利用者数は低迷しており、主たる利用者は自家用車を運転できない高齢者や学生が中心となっている。しかし、その主たる利用者である学生については、登下校時における保護者による送迎、鉄道機関との競合などにより、今後も利用の減少が懸念される。このため、自治体およびバス事業者には、いかに魅力あるサービスを提供し、学生のバス離れをくいとめるかという点が、今後の安定的なバスサービスの維持にとって重要となる。

学生の通学用の交通手段としては、自転車や保護者による送迎などいくつかが想定される。ただし、学生は一般的な個人とは異なり、一人で交通手段を選択するのではない。すなわち、保護者も選択の一当事者であり、世帯としての意思決定を双方が集団で行う。そこで本研究では、学生とその保護者の間の相互作用を考慮した、通学における交通手段選択に関する意思決定モデルを構築する。また、世帯の交通行動およびオプション付定期券の購入可能性をRPデータとSPデータを用いて実証的に評価する。

2.モデル

従来のロジットモデルに代表されるようなランダム効用理論においては、交通行動を実施する個人にとって、他人の意思決定との関係は考慮されていない。そこで本研究では、学生とその保護者の間の相互作用を取り入れた通学行動モデルを定式化する。また、そこで得られた信頼性の高いパラメータを、オプション付定期券の購入モデルに移転するとともに、付加的なパラメータを推計することにより、バスのオプション付定期券の購入モデルを構築する。また、ここでのオプションとは、『土・日・祝日、または登下校時以外において、定期区間以外においても路線バスを低料金で利用できるサービス』を意味する。

2.1 通学行動モデル

通学行動において、学生自身が投入する資源と保護者自身が投入する資源は異なる。つまり、学生は各交通機関での所要時間を投入し、保護者は学生に代わって費用を投入する。ここで、本モデルでは自身が投入して得る効用を「直接効用」とし v_{hm} で表す。 h は世帯、 $n(n=1,2)$ は個人を表し、1 は学生、2 は保護者を表す。ここで、学生(保護者)は自身のみの効用だけではなく、保護者(学生)の事情を考慮し、交通手段の意思を形成する。この状況を、自身の直接効用に加えて相手の効用を重み付けして、自身の効用に変えることで表す¹⁾。後者を「間接効用」とする。すると、学生が選択肢 i を選択する場合の確定的な総効用関数は直接効用と間接効用の和で表され、次式のように定式化できる。

$$u_{hi1} = v_{hi1} + \eta_1 v_{hi2} \quad (1)$$

η_1 は保護者に対する学生の「気兼ね」の程度を表すパラメータである。同様に、保護者が選択肢 i を選択する場合の確定的な総効用関数は次式のように定式化できる。

$$u_{hi2} = v_{hi2} + \eta_2 v_{hi1} \quad (2)$$

η_2 は学生に対する保護者の「思いやり」の程度を表すパラメータである。張ら²⁾が定式化した集団意思決定に関数を用い、世帯 h が選択肢 i を選択した場合の効用関数は次式で表される。

$$U_{hi} = w_{h1} u_{hi1} + (1 - w_{h1}) u_{hi2} + \lambda_h w_{h1} u_{hi1} (1 - w_{h1}) u_{hi2} + \varepsilon_{hi} \quad (3)$$

ここに、 w_{h1} は学生の相対的影響力を表し、 λ_h は相互作用パラメータである。 ε_{hi} は世帯 h の誤差項である。

2.2 オプション付定期券の購入モデル

前節のモデルで推計されたパラメータを用い、本モデルに移転して用いる場合の1つのアプローチ方法として、次式が得られる。

$$p_n(i) = \frac{\exp(\alpha_{in} + \mu_n u_{in})}{\sum_j \beta_{hj} \exp(\alpha_{jn} + \mu_n u_{jn})} \quad (4)$$

ここに α_{in} はSPデータのバイアス調整項であり、 μ_n は誤差分散比のパラメータである。また、 j は選択肢集合を表す。これを用い、学生とその保護者の間に系統誤差がなく、独立であるとする、世帯 h において学生が選択肢 i 、保護者が選択肢 k を選択する同時確率は次式で表す。

$$p_{hi} = \frac{\exp(\alpha_{i1} + \mu_1 u_{hi1})}{\sum_j \beta_{hj} \exp(\alpha_{j1} + \mu_1 u_{hj1})} \times \frac{\exp(\alpha_{i2} + \mu_2 u_{hk2})}{\sum_j \beta_{hj} \exp(\alpha_{j2} + \mu_2 u_{hj2})} \quad (5)$$

(4)式に基づいて構成される尤度関数を定式化し、それを最適化するように各パラメータの推計を行う。

2.3 オプション付定期券導入後の交通需要予測

前節のモデルで推計されたパラメータを用いて、オプション付定期券導入後の路線バスの利用を評価する。推計されたパラメータと(3)、(4)式より、次式がオプション付定期券導入後において、世帯 h が交通手段 $i(i \neq \text{バス})$ を選択する場合のスケールパラメータ μ で調整した確定項である。

$$V_{hi} = w(\mu_1 v_{hi1} + \mu_1 \eta_1 v_{hi2}) + (1-w)(\mu_2 v_{hi2} + \mu_2 \eta_2 v_{hi1}) \quad (6)$$

同様に、世帯 h が交通手段 $i(i = \text{バス})$ を選択する場合の確定項は次式で表される。

$$V_{hi} = w(\mu_1 v_{hi1} + \mu_1 \eta_1 v_{hi2} + \Delta u_{hi1} + \eta_1 \Delta u_{hi2}) + (1-w)(\mu_2 v_{hi2} + \mu_2 \eta_2 v_{hi1} + \Delta u_{hi2} + \eta_2 \Delta u_{hi1}) \quad (7)$$

ここで、 Δu_{hin} は個人 n のオプション付定期券による、付加的効用である。

3. 実証分析

本研究では、鳥取県倉吉市における高等学校を対象に交通行動におけるアンケート調査を行った。ここで、交通行動モデルにおいて、相互作用パラメータ λ が、有意な値が得られなかった。このため、 $\lambda=0$ として、分析を進めた。表1はモデル1(相互作用パラメータ λ を導入)とモデル2(相互作用パラメータ $\lambda=0$)の比較である。モデル2において、尤度比0.51と良好な結果を得た。ここで、オプション付き定期券の購入モデルの推計結果を表2に示す。表2から、居住地が倉吉駅から郊外になるにつれ、オプション付定期券の購入の可能性が高くなるのが分かる。オプションの利用可能な日を休日としたことから、自宅から市街地(倉吉駅周辺)までの距離と休日の外出頻度のが影響

表1 モデル1とモデル2の比較

説明変数	モデル1	モデル2
学生		
徒歩・自転車所要時間	-0.17(-4.12**)	-0.19(-5.76**)
性別ダミー	-1.00(-2.43**)	-1.13(-2.79**)
鉄道定数項	-4.32(-4.11**)	-4.58(-7.26**)
鉄道所要時間	0.12(1.28)	
送迎定数項	-3.23(-3.16**)	-3.33(-3.91**)
送迎所要時間	-0.03(-0.40)	-0.09(-0.11)
バス定数項	-5.40(-2.84**)	-5.84(-4.08**)
バス所要時間	-0.02(-0.48)	
便数	0.03(1.06)	0.06(1.50)
乗り継ぎ回数	0.39(0.75)	
保護者		
費用	-6.87*10 ⁻⁴ (-0.04)	-4.24*10 ⁻⁴ (-2.80**)
送迎時間	-0.77(-0.04)	-0.20(-0.46)
下校時刻バラ	-2.76(-0.04)	-0.65(-2.40**)
重みパラメータ		
重み定数項	-4.97(-0.18)	
車保有バラ	-0.04(-0.67)	
相互作用パラメータ	-7.75(-0.11)	
尤度比	0.49	0.51
的中率	0.79	0.81

*10%有意, **5%有意

表2 定期サービスの購入モデルの推計結果

効用主体	パラメータ	推定値	t値
	$\mu / \theta 1$	0.43	7.32**
	$\mu / \theta 2$	0.37	6.66**
学生	性別ダミー	0.98	4.15**
	学生の平日の外出頻度	0.00	-0.06
	保護者に対する気兼ね	1.03	5.20**
保護者	倉吉駅から自宅までの距離	0.12	5.02**
	学校の休日における外出頻度	0.29	4.17**
	学生に対する思いやり	0.55	5.341**
	尤度比	0.26	

*10%有意, **5%有意

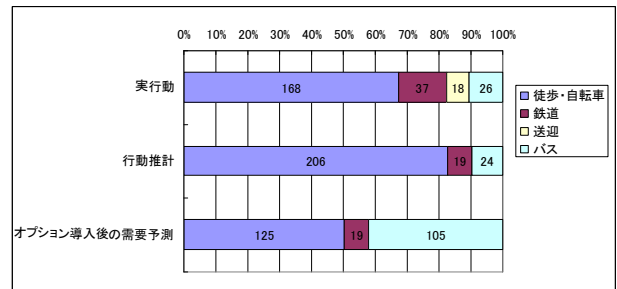


図1 導入以前と以後の交通機関別分担率
するものと考えられる。つまり、休日に娯楽のため市街地まで頻繁に外出する学生をもつ保護者にとって、このオプションが付与されることによって、休日の送迎の回数とその距離(所要時間)の負担が緩和されると考えられる。オプション付定期券導入以前、以後の交通機関分担率を図1に示す。オプション付定期券を導入したことにより約70%の世帯がオプション付定期券の購入可能性があることが見受けられた。

4. おわりに

SPデータの評価への問題点がある。そのため、SPデータの評価方法を取り入れたモデルにする必要がある。

参考文献

- (1)小林ほか:送迎・相乗り行動のためのランダム・マッチングモデルに関する研究, 土木学会論文集 No.536/IV-31,1996.4
- (2)張ほか:集団離散選択モデルの比較分析:世帯の車種選択を例に, 土木計画学研究・論文集 No.23 no.2 2006.9