

大阪大学大学院 学生員 ○都 君嬖
大阪大学大学院 正会員 新田 保次

1. はじめに

高齢社会においては、高齢者の生活・社会活動の活性化を促すために、今以上にモビリティを向上させることが必要とされている。

本研究では、大都市郊外部における高齢者のバスサービス確保という視点からみた非高齢者とは異なる身体的・経済的負担を持つ高齢者が気軽に利用できる乗り物である「高齢者対応型コミュニティバス」の導入計画に着眼し、このバスの導入計画において重要となるこのバス利用者の需要予測にあたって必要とされる高齢者対応型コミュニティバスへの転換者数を対象とした利用頻度予測モデルを構築することを主な目的とする。

2. 高齢者対応型コミュニティバスの利用頻度予測モデル

高齢者対応型コミュニティバスの利用頻度予測モデルを構築するフローは図-1に示している。

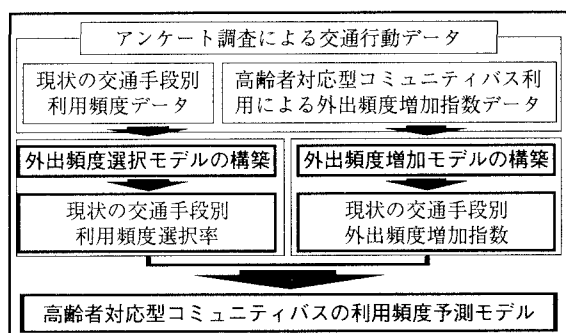


図-1 頻度予測モデル構築のフロー

以下、本研究での高齢者対応型コミュニティバスの利用頻度予測モデルの概要について述べる。

(1) 頻度予測モデルの概要

このモデルの基本式を、式(1)のように提案する。

$$Pq_j = a \left[\sum_{k=1}^{n_j} \left(f_{jk} \left(\sum_{r=1}^R f_{jkr} \right) \right) \right] / 100 + b \quad (1)$$

ただし、 Pq_j =現状の交通手段(j)別高齢者対応型コミュニティバスの利用頻度、 f_{jk} =現状の交通手段(j)別個人(k)別高齢者対応型コミュニティバスの利用頻度

増加指数、 f_{jkr} =現状の交通手段(j)別個人(k)別ランク(r)別外出頻度選択割合、 n_j =現状の交通手段(j)別高齢者対応型コミュニティバスの利用者数の合計、 a, b =パラメーター

このモデルでは、頻度選択モデルと頻度増加モデルを別に構築した上で、この2つのモデルを統合する形式であり、以下、この2つのモデルについて述べる。

(2) OLモデルを用いた頻度選択モデル

OLモデル(Ordered Logit Model、序列変数選択モデル)¹⁾は、二項選択を段階的に行うという構造を仮定している。 i 番目の序列の効用を U_i とすれば i 番目の序列を選択する確率 $P(i)$ は、0から順に i まで選択する確率 $\Pr(U_i > U_0) \cdots \Pr(U_i > U_{i-1})$ と、 $i+1$ 番目以上が選択されない確率 $\Pr(U_{i+1} < U_i)$ の積となる。

$$P(i) = \Pr(U_{i+1} < U_i) \prod_{k=1}^i \Pr(U_k > U_{k-1}) \quad (2)$$

さらに、 $P_{i+1|i} = \Pr(U_{i+1} > U_i)$ とすれば、式(3)のようになる。

$$P(i) = (1 - P_{i+1|i}) \prod_{k=1}^i P_{k|k-1} \quad (3)$$

ここで、各序列の選択確率 $P_{i+1|i}$ は式(4)のような通常の二項選択ロジットモデルが適用される。

$$P_{i+1|i} = 1 / [1 + \exp(-(U_{i+1} - U_i))] \quad (4)$$

本研究では、式(4)をもとに、各頻度選択段階において、設定した説明変数を用い、これらの変数を効用関数化してパラメーター推定する方法の式(5)を提案した。

$$P_{i+1|i} = 1 / [1 + \exp(\alpha \Delta U + \beta)] \quad (5)$$

ただし、 $\Delta U = U_i - U_{i+1}$ 、 α, β =パラメーター

なお、パラメーター推定には、選択段階により説明変数が異なるという仮定をもとに、各選択段階に固有のパラメーターを推定する無制約型モデルを用いた。

(3) 数量化理論第I類を用いた頻度増加モデル

数量化理論第I類については、外的基準が量的変数で与えられた場合の数量化方法で、外的基準を最もよく予測するように説明変数の各カテゴリーに数値を与える方法であり、式(6)のように表される。

$$Y = \bar{Y} + CS_1 + CS_2 + \cdots + CS_i \quad (6)$$

$$\bar{Y} = (\sum y_i) / n, CS_i = X_i - WM_i$$

ただし、 Y_i =外出頻度増加指数、 X_{ij} =説明変数(アイテム)、 WM_i =アイテム別加重平均

3. 高齢者対応型コミュニティバスの利用頻度予測モデルの構築

(1) OL モデルを用いた頻度選択モデルの構築

表-1は、OL モデルを用いた頻度選択モデルを構築した結果を示す。表-1をみると、すべての交通手段での尤度比と的中率が各々0.2以上、70%を越えており、ほぼ満足のいくモデルが構築されたといえる。

表-1 頻度選択モデルの構築結果

交通手段		S i 0	S i i i	S i i i i	S i v l i i i	S v l i v
徒歩	α	7.15	2.84	3.33	2.18	10.53*
	β	-2.81*	-1.43*	-1.53*	-1.30*	-0.60
	N	232	192	136	94	54
	ρ^2	0.50	0.20	0.22	0.32	0.36
	的中率	88%	75%	76%	81%	82%
自家用車	α	0.85	1.74	9.47*	3.58	11.89*
	β	-2.36*	-0.72*	-1.86*	-2.60*	-2.16*
	N	303	198	99	57	36
	ρ^2	0.27	0.09	0.43	0.64	0.50
	的中率	79%	67%	86%	93%	88%
バス	α	1.46*	1.64*	1.60*	2.17*	2.70*
	β	-1.05*	-0.19	-0.74*	-3.10*	-3.17*
	N	630	512	345	233	131
	ρ^2	0.42	0.21	0.36	0.42	0.37
	的中率	85%	73%	82%	83%	79%

ここで、N：データ数、 ρ^2 ：尤度比、h-r：的中率(hit-ratio)
 *は有意水準1%で、★は有意水準5%で有意である。
 (注)例えば、S i 0は本研究で求めた外出頻度のランク化(表-2)した結果から、S0(ランク0の選択率)とS i (ランク1、ランク2、ランク3、ランク4、ランク5のそれぞれの選択率の積)の中で、S0を選択するということである。また、S i i iはS i (ランク1の選択率)とS i i (ランク2、ランク3、ランク4、ランク5のそれぞれの選択率の積)の中で、S iを選択するということである。以下、同様な方法で考えることができる。

表-2 外出利用交通手段別ランク別構成比

外出頻度の ランク化	ランクの区分 (回/日)	交通手段別構成比(%)			ランク別 構成比(%)
		徒歩	自転車	バス	
0	0.03未満	6	5	4	7
1	0.03~0.08未満	11	8	15	14
2	0.08~0.20未満	24	20	27	26
3	0.20~0.50未満	24	25	17	18
4	0.50~0.80未満	18	22	16	15
5	0.80以上	17	20	21	20
全体		100	100	100	100

(2)数量化理論第Ⅰ類を用いた頻度増加モデルの構築

数量化理論第Ⅰ類を用いた頻度増加モデルを構築した結果を示すと、表-3のようになる。表-3をみると、すべての交通手段において、5%の有意水準で有意であることがわかった。よって、頻度増加モデル

は十分に有用性があるモデルといえる。

表-3 頻度増加モデルの構築結果

交通手段	現状の外出利用交通手段別 外出頻度増加モデルの構築結果
徒歩 (5%)	$[-4.88x_{11}, -3.27x_{12}, 1.42x_{13}, 4.33x_{14}]$ $+ [-1.17x_{21}, 0.59x_{22}] + [0.97x_{31}, -0.31x_{32}]$ $+ [3.81x_{41}, -0.50x_{42}, -3.35x_{43}, -2.59x_{44}]$ $+ [3.22x_{51}, -0.71x_{52}, -3.12x_{53}] + 115.9$
自家用車 (0.1%)	$[-2.33x_{11}, -2.47x_{12}, -2.28x_{13}, 8.94x_{14}, 4.84x_{15}]$ $+ [-1.81x_{21}, 1.91x_{22}] + [-0.40x_{31}, 0.71x_{32}]$ $+ [0.95x_{41}, 0.91x_{42}, -1.51x_{43}, 1.05x_{44}, 0.06x_{45}]$ $+ [-0.63x_{51}, 0.68x_{52}, 2.56x_{53}] + 108.1$
バス (0.1%)	$[-5.53x_{11}, -2.19x_{12}, -2.71x_{13}, 1.43x_{14}, 2.39x_{15}, 6.50x_{16}]$ $+ [-0.63x_{21}, 0.33x_{22}] + [-0.10x_{31}, 0.08x_{32}]$ $+ [-1.00x_{41}, -1.58x_{42}, 2.09x_{43}, 0.62x_{44}, -0.44x_{45}]$ $+ [-0.66x_{51}, -1.86x_{52}, 0.18x_{53}, 9.58x_{54}] + 109.5$

(注) x_{1j} ：年齢、 x_{2j} ：性別、 x_{3j} ：就業の有無、 x_{4j} ：外出頻度、 x_{5j} ：所要時間であり、アイテム別カテゴリ-jは表-4に示す。表中の0.1%、5%は、この有意水準で有意であることを示す。

表-4 頻度増加モデルにおける変数設定

外的基準	説明変数の各アイテム別カテゴリ				
外出頻度 増加指数	年齢 (x_1)	性別 (x_2)	就業の 有無(x_3)	外出頻度 (x_4)	所要時間 (x_5)
100*	~34(1)	男(1)	有(1)	ほぼ毎日(1)	~10(1)
110	35~44(2)	女(2)	無(2)	週4~5日(2)	11~15(2)
120	45~54(3)			週2~3日(3)	16~20(3)
130	55~64(4)			月3~4日(4)	21~(4)
140	65~74(5)			月1~2日(5)	
150	75~(6)			月1日未満(6)	
160					

*100：高齢者対応型コミュニティバスが運行されることにも関わらず外出頻度が変わらないとアンケート調査時、回答した場合である。

(3) 頻度予測モデルの構築

(1)と(2)から求められる頻度選択割合と頻度増加指数をもとにし、式(1)により、高齢者対応型コミュニティバスの利用頻度予測モデルを構築した(表-5)。

表-5に示すように、すべての交通手段において、モデルのパラメーターに対するt値が有意水準1%で有意であるので、構築されたモデルは有用性がかなり高いモデルといえる。

表-5 頻度予測モデルの構築結果

交通手段	a	t値*	b	t値*	サンプル数
徒歩	1.30	9.6E+04	5.1E-08	14.80	232
自家用車	1.14	8.7E+04	4.4E-09	16.44	303
バス	1.12	1.9E+04	-1.7E-05	18.15	630

* 有意水準1%で有意である。

【参考文献】

- 1) Vickerman, R.W. and Barnby, T.A. : Household trip generation choice-Alternative empirical approaches, Transp. Res. 19B, pp.471 ~ 479, 1985.