

経路選択行動における選択肢集合設定の影響：都市鉄道を対象とした実証分析

東京大学大学院

学生員 小須田啓吾

鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正員 浅見 均

鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正員 須澤 浩之

東京大学大学院

正員 加藤 浩徳

1. はじめに

交通経路選択行動の分析において、非集計行動モデルを適用する場合の選択肢集合設定は、分析者の経験等に依存することが多く、いまだに実務的に明快な方法論が確立されていない。そこで、本研究では、埼玉高速鉄道の利用データを用いて、選択肢集合の設定方法の違いが選択モデルにどのような影響を与えるかについて基礎的な分析を行うことを目的とする。

2. 分析の対象と使用するモデル

(1) 分析の対象

本研究で分析対象とするのは、2001 年 3 月に開業した埼玉高速鉄道（赤羽岩淵 - 浦和美園、延長 14.6km、所要時間 19 分）沿線に居住する人々の鉄道経路選択行動である。当該路線は、東武伊勢崎線、JR 京浜東北線、武蔵野線に囲まれたエリアに位置する一方で、営団南北線と赤羽岩淵駅で相互直通運転を行っていることから、当該路線沿線に居住する都心への通勤利用者は、これらの路線間で選択を行う状況にある。本研究では、開業 8 ヶ月後の 2001 年 11 月に実施したアンケート調査データ（321 サンプル）を用いてモデル分析を行うこととする。

調査結果をもとに、各サンプルの居住地と選択した鉄道駅とを地図上に示したものが図-1 である。これより、埼玉高

速鉄道と東武東上線との間に居住する多くの鉄道利用者が、埼玉高速鉄道ではなく JR 京浜東北線の駅へアクセスしている状況がわかる。これは、バス路線のネットワークが大きな影響を与えているものと考えられる。

(2) 分析モデル

鉄道利用者の居住地から降車駅までの経路選択行動を非集計離散選択モデルで表すこととする。ただし、図-1 から明らかなように、最寄り駅へのアクセス交通手段により乗車駅が異なる可能性が高いことから、経路選択（乗車駅選択と鉄道経路選択）と同時にアクセス交通手段の選択も分析の対象とする。本研究で使用するモデルは以下の 2 種類である。

(a) MNL モデル

経路 i の選択によって得られる条件付き間接効用を確定項 V_{in} と誤差項 ε_{in} の和によって式(1)のように表現する。

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \quad (1)$$

ここで、誤差項に i.i.d ガンベルを仮定する MNL モデルを基本的なモデルとする。データをもとに確定項中の未知パラメータを推定する。

(b) MXL モデル

埼玉高速鉄道及び周辺競合路線と都心を結ぶ鉄道ネットワークは高密度であるため経路間で相当の重複が発生している。そこで、重複区間による代替経路間の誤差項の相関を考慮するために MXL モデルを MNL に加えて推定することとする。ここでは、効用関数の誤差項を、i.i.d ガンベルによって表される項 ε_{in} と、各経路を所要時間で表現した特性変数ベクトル $\bar{Z}_{in}$ に分散・共分散が比例する平均 0 の正規分布の項 $\mu\bar{Z}_{in}$ とに分解し、経路の効用が式(2)のように表されるものと仮定する。

$$U_{in} = V_{in} + [\mu\bar{Z}_{in} + \varepsilon_{in}] \quad (2)$$

データをもとに確定項中の未知パラメータならびに重複の影響を表す正規分布の分散比を推定する。

3. 選択肢集合の設定方法

(1) 選択肢集合設定のためのデータベース作成

各サンプル利用者について、鉄道駅、アクセス交通手段、乗車駅-降車駅間の鉄道経路の 3 つについて、利用可能性を検討した。ここで、鉄道利用可能駅として各サンプルに対して最大 6 駅、アクセス手段として徒歩、自転車、バス、



図-1 サンプル利用者の居住地と利用駅

バイク、自動車の最大 5 手段、鉄道経路として最大 4 経路を設定し、合計で最大 120 選択肢に対応する LOS データを基礎データとして準備した。ただし、バス路線の有無やバイク、自動車の保有の有無等の制約から、実際には 1 人あたり最大 60 程度の選択肢を設定している。データ作成に当たっては、経路検索ソフト、住宅地図、その他関連情報を用いてできる限り精度の高いデータを入力した。

(2) 選択肢集合の設定方法

通勤者は上記の 120 選択肢の全てを代替経路として比較しているとは考えられない。本研究では比較可能な代替選択肢を 5 つと想定し、消費者が選択肢集合を絞るプロセスとして、次の 4 つのケースを検討した。

- 総所要時間ソート: 全選択肢を総所要時間が短いものから順にソートして 5 つに絞る。
- 一般化費用ソート: 標準的な時間価値 (40 円/分) を用い、時間と費用の一般化費用の合計を小さいものから順にソートして 5 つに絞る。
- アクセス手段制約付き総所要時間ソート: 全選択肢を総所要時間が短いものから順にソートするが、特定の

- 駅へのアクセス手段は最大 2 手段という制約を設ける
- 2 段階ソート: まず、全選択肢を総所要時間が短いものから順にソートし、その中でアクセス時間が短いものから優先的に代替経路とし、最終的に 5 つに絞る。この際、バスを利用する経路のアクセス時間としては、バス停へのアクセス時間を用いることとする。

4. 分析結果

以上の設定の下で、各モデルのパラメータの推定結果を示したものが表-1 である。これより以下のような点を指摘することができる。

- ・ 選択肢集合の設定方法によらず、MNL モデルと MXL モデルとの違いはほとんど見られない。また、MXL モデル中の分散比の t 値は、いずれのケースについても有意でない。
- ・ モデルの説明力は、2 段階ソートによる方法が最も高く、一般化費用ソートの方法が一番低い。
- ・ アクセス費用の t 値は、2 段階ソート以外では有意ではないが、2 段階ソートに限り有意となる。
- ・ アクセス手段制約付き総所要時間ソートでは、アクセス費用のパラメータ値がほとんどゼロ (しかも正值) になる一方で、車ダミーのパラメータ値が他の方法よりも極端に大きくなるなど、結果の信頼性が低い。
- ・ 2 段階ソートによるモデルパラメータ値を用いると、鉄道乗車時間の時間価値は約 30 円/分となる。

表-1 パラメータ推定結果

変数名	単位	総所要時間ソート				一般化費用ソート			
		MNL		MXL		MNL		MXL	
		推定値	t 値	推定値	t 値	推定値	t 値	推定値	t 値
アクセス時間	分	-0.2251	-6.303	-0.2217	-6.194	-0.2260	-6.943	-0.2260	-6.918
アクセス費用	円	-0.0009	-0.568	-0.0008	-0.501	-0.0001	-0.074	-0.0001	-0.074
鉄道乗車時間	分	-0.1271	-2.950	-0.0992	-1.779	-0.1587	-4.376	-0.1588	-3.441
鉄道乗車費用	円	-0.0060	-2.307	-0.0058	-2.179	-0.0037	-1.450	-0.0037	-1.447
乗換回数	回	-0.4115	-1.273	-0.5490	-1.486	-0.1701	-0.634	-0.1700	-0.574
SRダミー	-	-2.1561	-2.620	-2.2263	-2.675	-2.6386	-3.638	-2.6386	-3.633
車ダミー	-	2.6703	2.278	2.6503	2.270	1.3331	1.202	1.3331	1.202
分散比				0.0004	0.016			0.0003	0.015
初期尤度		-257.5		-257.5		-296.1		-296.1	
最終尤度		-167.7		-167.3		-221.7		-221.7	
尤度比		0.3489		0.3502		0.2514		0.2514	
DF調整尤度比		0.3417		0.3409		0.2442		0.2421	
χ^2 乗値		179.7		180.3		148.9		148.9	

変数名	単位	アクセス手段制約付き総所要時間ソート				2段階ソート			
		MNL		MXL		MNL		MXL	
		推定値	t 値	推定値	t 値	推定値	t 値	推定値	t 値
アクセス時間	分	-0.2458	-6.474	-0.2442	-6.406	-0.2105	-5.159	-0.2095	-5.128
アクセス費用	円	0.0000	-0.002	0.0000	0.021	-0.0043	-2.356	-0.0043	-2.344
鉄道乗車時間	分	-0.1508	-3.420	-0.1394	-2.588	-0.1661	-3.746	-0.1577	-2.976
鉄道乗車費用	円	-0.0064	-2.454	-0.0063	-2.405	-0.0054	-2.006	-0.0053	-1.958
乗換回数	回	-0.3860	-1.218	-0.4376	-1.259	-0.3605	-1.106	-0.3994	-1.130
SRダミー	-	-1.8960	-2.404	-1.9091	-2.415	-2.1974	-2.605	-2.2154	-2.616
車ダミー	-	12.7112	0.074	14.5782	0.033	3.0405	2.407	3.0345	2.404
分散比				0.0001	0.002			0.0006	0.030
初期尤度		-246.2		-246.2		-238.2		-238.2	
最終尤度		-149.3		-149.2		-139.0		-138.9	
尤度比		0.3938		0.3941		0.4166		0.4167	
DF調整尤度比		0.3868		0.3851		0.4096		0.4077	
χ^2 乗値		194.0		194.1		198.4		198.5	

5. まとめ

本研究では、選択肢集合の設定方法の違いがモデルパラメータに与える影響について実証分析を行った。その結果、ソートの方法によって結果が相当異なる可能性があることが明らかとなった。特に、鉄道経路選択においては、乗車駅へのアクセス交通のサービス水準に十分な注意を払う必要があることがわかった。