

鉄道利用者の経路選択行動における選択肢集合形成に関する実証的分析*

Empirical analysis on user's choice set problem in urban rail route choice*

小須田啓吾**, 浅見 均***, 須澤浩之***, 加藤浩徳****

By Keigo KOSUDA**, Hitoshi ASAMI***, Hiroyuki SUZAWA*** and Hironori KATO****

1.はじめに

都市鉄道の経路選択の分析には、従来より非集計行動モデルが用いられてきた。非集計行動モデルでは、分析に当たって利用者の選択肢集合を設定する必要がある。ところが、どのように選択肢集合を設定するかは、分析者の経験等に依存することが多く、依然として実務的に明快な方法論が確立されていない。この問題に対して、比較的単純な選択肢集合形成ルールのもとにおける選択肢数の違いが推定結果に与える影響について分析した研究はある¹⁾が、十分な検討はまだなされていない。そこで、本研究は、鉄道経路選択の実績データを用いて、人々の経路選択特性を交通サービスデータとの関係から分析するとともに、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.分析の基本的な考え方

(1)分析の基本仮説

非集計行動モデルをベースとするとき、発地と着地が所与のもとで、鉄道利用者の経路選択行動分析を行うためには、

(a)選択肢集合の設定 多数の選択可能な経路から少数の選択肢集合を形成

(b)選択肢集合からの最終選択 選択肢集合の中から最も望ましいものを1つ決定

という2段階の作業が必要となる。ここで、本研究で主に關心を置くのは(a)選択肢集合の設定である。

ところで、選択肢集合の形成問題を取り扱う際には、大きく2つのアプローチがあると考えられる。1つは、人間の意思決定プロセスの分析であり、もう1つは、分析者の分析作業プロセスの設定問題である。前者としては、例えば、EBA(Eliminated By Aspect)モデル²⁾のように、利用者の認識する選択肢集合がどうやって形成されるかが分析の対象となる。一方で、後者としては、例えば屋井ら³⁾のように、選択実績のデータを与件として選択肢集合を設定していくものが挙げられ

る。ただし、この場合には、分析者の設定する選択肢集合と利用者の認識する選択肢集合とは完全には一致しない。

最終的には、後者の分析作業に資する知見を見いだすことが本研究の最終目標であるが、本論文ではその準備段階として、まず、意思決定問題としてのアプローチから選択肢集合形成問題を分析するものとする。

本研究では、自宅から降車駅までの経路選択を取り扱うが、この経路選択行動を検討するためには、乗車駅、自宅から乗車駅までのアクセス交通手段、乗車駅から降車駅までの鉄道経路という3種類の選択が同時に行われていることを考慮する必要がある。ところが、選択肢集合を絞り込む際、これらの複数の選択を全て同時に考慮してはいない可能性がある。そこで、本研究では、鉄道利用者の選択肢集合の形成に、次の2段階の行動プロセスを仮定する。

1)個別選択問題における選択肢集合の絞り込み

複数選択の同時選択問題に直面している場合に、各選択問題に対して、個別に選択肢を少数に絞る。このとき選択肢を絞るのに、当該選択に係わる特定の特性(運賃や時間等)のみに着目する。

2)複数選択問題における選択肢集合の絞り込み

1)で絞られた選択肢の組み合わせ全体に対して、さらに特定の交通サービス(運賃や時間等)の特性に着目して、代替案を絞る

本研究では、鉄道経路選択の実績データを用いて、以上の2段階の選択肢絞り込みにどのようなルールを適用することが望ましいのかについて検討を行うものとする。

(2)分析に使用するデータ

本研究で使用するデータは、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

表-1 埼玉高速鉄道利用実態調査の概略

調査年月	2001年11月
調査実施者	鉄道建設・運輸施設整備支援機構(当時は日本鉄道建設公団)
調査方法	訪問対面インタビュー方式(一部留置訪問回収)
対象者選定方法	地図と地区別人口統計を用いた無作為抽出
調査項目	・個人属性(年齢、性別、職業、居住年数、アクセス可能手段) ・通勤経路(乗車駅、降車駅、アクセス手段、鉄道経路、乗換駅) ・通勤時間、通勤費用 ・埼玉高速鉄道を利用し始めた時期 ・埼玉高速鉄道に対する要望
回答者数	321

*キーワード 経路選択, 選択肢集合

** 学生員, 東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻
(東京都文京区本郷 7-3-1, TEL:03-5841-6118, E-mail: kosuda@trip.t.u-tokyo.ac.jp)

*** 正員, 鉄道建設・運輸施設整備支援機構鉄道建設本部

**** 正員, 博(工), 東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻

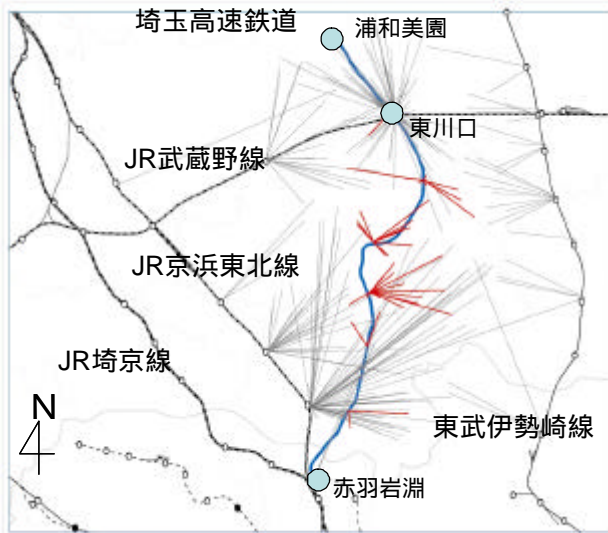


図-1 サンプル利用者の居住地と利用駅

分)沿線に居住する人々の鉄道経路選択行動の実績データである。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、首都圏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、鉄道建設・運輸施設整備支援機構(当時は日本鉄道建設公団)が、開業8ヶ月後の2001年11月に実施したアンケート調査のデータを使用した。調査の概略は表-1である。以下では、得られた321サンプルのうち、無効な内容を含むサンプルを取り除いた238サンプルを用いて分析を行うとする。なお、サンプルデータの居住地ならびに利用駅の状況を示したものが図-1である。

(3)分析で検討する経路

先にも述べたように、利用者は、乗車駅、駅までのアクセス交通手段、乗車駅から降車駅までの鉄道経路の3種類の選択を同時に行っているものとする。ここで、地域特性および利用実態を鑑みて、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、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だけ精度の高いデータを入力した。なお、本調査では自宅の位置を完全に把握できるので、アクセス距離等に関する相当精度の高いデータを整備することが可能となっている。なお、特に断りがない限り、アクセス交通とは、自宅から鉄道駅までのアクセス交通を指すものとする。

3. 選択肢集合形成手法とモデル推定結果

(1)選択肢集合形成のルール設定

以下では、選択肢集合形成のルールとして次の6ケースを想定することとする。

(a)総時間を用いたソート

全選択肢を総時間の短いものから順にソートしてその上位のみを選択肢集合とする。

(b)一般化費用を用いたソート

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その上位のみを選択肢集合とする。

(c)アクセス手段を制約した上で次に総時間を用いてソート

特定の乗車駅へのアクセス手段はアクセス時間の小さい順に2手段に限定し、その上で選択肢を総所要時間が短いものから順にソートして、その上位のみを選択肢集合とする。

(d)鉄道経路を制約した上で総時間を用いてソート

乗車駅と降車駅との間の経路を鉄道乗車時間の短い順に4経路に限定し、その上で選択肢を総所要時間が短いものから順にソートして、その上位のみを選択肢集合とする。

(e)乗車駅を制約した上で総時間を用いてソート

乗車駅を直線距離によって4駅に限定し、その上で選択肢を総所要時間が短いものから順にソートして、その上位のみを選択肢集合とする。

(f)総時間・アクセス時間の2段階によるソート

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。ただし、ここでは、アクセス時間として、バス利用時には最寄りバス停への徒歩によるアクセス時間を用い、それ以外の手段を利用するときには自宅から鉄道駅までの総アクセス時間を用いることとする。

以上のケースのうち、(a)と(b)のケースについては、2段階の選択肢形成プロセスの1)個別選択問題における選択肢集合絞り込みが実行されないケースであり、(c)、(d)、(e)の3ケースは、1)、2)の両方の絞り込みが実行されるケースである。なお、(f)のケースは、様々な組み合わせのソートを試行したところ、結局最も望ましい結果が得られたものであるが、先の分類から見れば、1)が実行されないルールとなっている。また、選択肢集合に含まれる選択肢数については、基本を5選択肢とするが、これに加えて、選択肢数による違いを分析するため、最も説明力のあると考えられるケースについてのみ、5~10選択肢のバリエーションを検討することとする。

なお、以上の異なる方法によってデータをソートすると、当然だが、絞られるサンプルデータの数ケース間で異なることとなる。できるだけ同一の条件下でケース間比較を行いたいという意図から、全てのケースにおいて残った同一のサンプルデータを用いて以下の分析を行うものとする。

(2)パラメータ推定結果の比較

経路選択行動にMultinomial Logit(MNL)モデルを適用し、上記6ケースによって形成された選択肢集合を用いて、パラメータ推定を行った。なお、都心部の稠密な鉄道ネットワークを利用しているサンプル利用者も多数いたことから、経路の重複による影響も懸念されるため、鉄道経路の重複時間を考慮したMixed Logitモデルについても検討を行った³⁾が、MNLモデルとほとんど同様の結果が得られたため、以下ではMNLのみを用いた分析を行うこととする。

まず、5選択肢という条件の下で、同一のサンプルに対する異なるケースの推定結果の比較を行ったものが、表-2である。なお、変数中のSRダミーとは、埼玉高速鉄道を使用するとき、そうでないとき0となるダミー変数である。同様に、車ダミーはアクセスに車を使用するときで、そうでないとき0となる。また、乗換回数は鉄道利用中の鉄道から鉄道への乗換の回数であり、乗車駅におけるアクセスから乗車の際の乗換は回数に含めない。

最終尤度の大きさ(あるいは尤度比)および²値からみると、総時間・アクセス時間の2段階ソートによる選択肢集合形成ケースの結果が他のケースと比較して優れていることがわかる。なお、いずれのモデルについても、説明変数のt値は、車ダミーの変数を除くと、5%水準で概ね有意な結果となっている。推定値をケース間で比較すると、概ね安定的な

結果が得られているが、アクセス費用のパラメータについては、ケース間でばらつきが大きくなっていることがわかる。特に、総時間・アクセス時間2段階ソートについては、バス利用のアクセス時間が短いため、アクセス時間を用いたソートのプロセスにより、バス利用経路が選択肢集合に残りやすいことが影響を与えている可能性がある。

次に、時間価値という観点からみると、鉄道乗車時間の時間価値は、一般化費用ソートのケースで102円/分と大きい。が、それ以外は30~50円/分という結果が得られている。同様に、アクセス時間の時間価値についても計算すると、50~60円/分となっている。東京圏の平均賃金(約40円/分)、ならびにアクセス交通と乗車時間との時間価値の大小関係を鑑みると、一般化費用ソートの結果は、妥当でない可能性が高い。

次に、最も推定結果が優れていると考えられる総時間・アクセス時間2段階ソートのルールを用いて、今度は選択肢集合に含まれる選択肢数を変化させたときの、推定結果への影響を分析したものが表-3である。サンプルデータについては、5選択肢のケースで抽出されたものを、すべての選択肢数のケースに適用した。

これより、基本的に選択肢数が増加するほど、尤度比と²値はとも大きくなることが分かり、これは、既存研究⁴⁾と同一傾向にある。ただし、選択肢増加によるモデルの限界の

表-2 6ケースの選択肢集合形成ルールに下におけるパラメータ推定結果(同一サンプルデータを使用)

変数名	単位	総時間ソート		一般化費用ソート		アクセス制約付総時間ソート	
		5選択肢	114 5選択肢	5選択肢	114 5選択肢	5選択肢	114
アクセス時間	分	-0.3243	-6.5370	-0.3541	-7.0040	-0.3194	-6.4670
アクセス費用	円	-0.0030	-1.4110	-0.0019	-0.8680	-0.0032	-1.4680
鉄道乗車時間	分	-0.1667	-2.9030	-0.2261	-4.0240	-0.1815	-3.2610
鉄道乗車費用	円	-0.0053	-1.7050	-0.0022	-0.6380	-0.0055	-1.7830
乗換回数	回	-0.4765	-1.1700	-0.4846	-1.2270	-0.4309	-1.1130
SRダミー	-	-2.5150	-2.6070	-2.6665	-2.7070	-2.1959	-2.4330
車ダミー	-	11.4562	0.0660	11.4035	0.0590	11.3385	0.0630
初期尤度		-183.5		-183.5		-183.5	
最終尤度		-117.8		-124.5		-117.2	
尤度比		0.3581		0.3212		0.3612	
DF調整尤度比		0.3480		0.3107		0.3512	
² 乗値		131.4		117.9		132.5	

変数名	単位	鉄道経路制約付総時間ソート		駅選択制約付総時間ソート		総時間・アクセス時間2段階ソート	
		5選択肢	114 5選択肢	5選択肢	114 5選択肢	5選択肢	114
アクセス時間	分	-0.3251	-6.6530	-0.2930	-5.7610	-0.2937	-5.5900
アクセス費用	円	-0.0030	-1.3890	-0.0025	-1.1490	-0.0062	-2.8130
鉄道乗車時間	分	-0.1553	-2.6490	-0.1816	-3.1610	-0.2362	-3.8790
鉄道乗車費用	円	-0.0049	-1.4890	-0.0058	-1.7170	-0.0049	-1.5450
乗換回数	回	-0.4795	-1.1240	-0.5346	-1.2400	-0.4424	-1.0750
SRダミー	-	-2.6204	-2.6090	-2.2801	-2.2670	-2.2804	-2.4030
車ダミー	-	11.4132	0.0660	11.5317	0.0630	13.6905	0.0510
初期尤度		-183.5		-183.5		-183.5	
最終尤度		-117.1		-114.6		-105.6	
尤度比		0.3616		0.3753		0.4247	
DF調整尤度比		0.3517		0.3656		0.4157	
² 乗値		132.7		137.7		155.8	

表-3 総時間・アクセス時間2段階ソートの下における異なる選択枝数の選択枝集合を用いたパラメータ推定結果
(同一サンプルデータを使用)

選択枝・サンプル数		5選択枝		156 6選択枝		156 7選択枝		156
変数名	単位	推定値	t値	推定値	t値	推定値	t値	
アクセス時間	分	-0.1858	-4.9160	-0.2105	-5.5600	-0.2279	-6.2250	
アクセス費用	円	-0.0036	-2.1420	-0.0038	-2.2140	-0.0036	-2.1120	
鉄道乗車時間	分	-0.1731	-3.9100	-0.2092	-4.7910	-0.2307	-5.2830	
鉄道乗車費用	円	-0.0058	-2.1160	-0.0063	-2.3280	-0.0061	-2.2960	
乗換回数	回	-0.2622	-0.8080	-0.2749	-0.8560	-0.3034	-0.9450	
SRダミー	-	-1.8765	-2.2710	-1.7445	-2.1450	-1.8188	-2.2700	
車ダミー	-	2.6622	2.2080	2.8484	2.3300	3.1494	2.5620	
初期尤度		-251.1		-279.5		-303.6		
最終尤度		-147.5		-154.3		-158.1		
尤度比		0.4126		0.4480		0.4792		
DF調整尤度比		0.4059		0.4430		0.4753		
2乗値		207.2		250.4		290.9		

選択枝・サンプル数		8選択枝		156 9選択枝		156 10選択枝		156
変数名	単位	推定値	t値	推定値	t値	推定値	t値	
アクセス時間	分	-0.2404	-6.5390	-0.2537	-6.8980	-0.2639	-7.2280	
アクセス費用	円	-0.0038	-2.1940	-0.0040	-2.2960	-0.0040	-2.3150	
鉄道乗車時間	分	-0.2518	-5.8270	-0.2639	-6.1390	-0.2789	-6.5670	
鉄道乗車費用	円	-0.0061	-2.3150	-0.0061	-2.3480	-0.0063	-2.4420	
乗換回数	回	-0.2890	-0.9150	-0.2779	-0.8980	-0.2665	-0.8660	
SRダミー	-	-1.8316	-2.3040	-1.8405	-2.3470	-1.7027	-2.1990	
車ダミー	-	3.0595	2.5090	3.2616	2.6240	3.3170	2.6370	
初期尤度		-324.3		-342.4		-358.1		
最終尤度		-161.7		-164.7		-167.2		
尤度比		0.5012		0.5189		0.5331		
DF調整尤度比		0.4980		0.5162		0.5308		
2乗値		325.1		355.3		381.8		

な改善の程度は、逡減しているように思われる。また、時間価値の観点から見ると、鉄道乗車時間、アクセス時間ともに、選択枝数が増えるにしたがって時間価値も増加する傾向にある。これは、選択枝数増加によって、実際の経路より所要時間の大きい代替経路が多く選択枝集合に含まれていった結果、相対的に費用より先時間に関する感度が高まったためと考えられる。

なお、3,4選択枝にさらに絞込むケースについても検討を行っているが、この場合には分析可能となるサンプル数があまりに少なくなってしまう(つまり、第4位、第5位の経路がかなり存在するため、本研究では分析していない)。

また、選択枝数を減少させたときに、それによって発生するサンプル数の減少を回避するために、選択された経路は必ず選択枝集合に含め、それ以外の代替経路を特定の選択枝集合形成ルールによって決定するというルールも考えられるであろう。本研究では、データを用いて、そうした選択枝集合形成ルールについても分析を試みたが、結果として好ましい結果は得られなかった。

4. おわりに

本研究では、鉄道経路選択行動を対象として、選択枝集合形成に関する複数のルールを設定し、その上でルールの違いによるモデルパラメータ推定結果の比較を行った。

少なくとも本研究で使用したサンプルデータに関しては、

総所要時間とアクセス時間との2段階のソートによって選択枝集合を絞り込むという行動を仮定することが、結果として得られるモデルの説明力を最大とすることがわかった。また、選択枝の絞込みルールに、アクセス時間としてバス利用者についてはバス停へのアクセス時間を用いることが望ましいことが明らかとなった。

ただし、これらの方法によって得られた選択枝集合が、実際の利用者の認識している選択枝集合である保証はない。したがって、利用者の認識に関するデータとの整合性を検討する必要は課題として残る。また、本研究で使用したサンプルデータは、調査の制約上かなり数が限られていた。データの多様性等を鑑みたさらなる検討が必要であると考えられる。これらについては今後の課題としたい。

【参考文献】

- 1) 屋井鉄雄, 清水哲夫, 坂井康一, 小林亜紀子 非 IIA 型選択モデルの選択枝集合とパラメータ特性, 土木学会論文集, IV-55, pp.3-13, 2002.
- 2) Tversky, A. : Elimination by Aspects: a theory of choice, Psychological Review, 79, pp.281-299, 1972.
- 3) 小須田啓吾, 浅見 均, 須澤浩之, 加藤浩徳 経路選択行動における選択枝集合設定の影響 都市鉄道を対象とした実証分析, 土木学会年次学術講演会講演概要集 第4部, CD-ROM, 2004.