

都市鉄道利用者の 経路選択肢集合に関する研究

山下 良久¹・奥ノ坊 直樹²

¹正会員 社会システム株式会社 社会経済部 (〒153-0043 東京都目黒区東山1-5-4 KDX中目黒ビル)

E-mail:yamashita@crp.co.jp

²正会員 社会システム株式会社 社会経済部

E-mail:n_okunobo@crp.co.jp

都市鉄道利用者の経路選択行動分析は、選別過程と選択過程の意思決定プロセスを前提として行われる。選択過程については、非IIA型のモデルの構築に力点が置かれ、これまでに実務で適用可能なモデル構造が提案されてきたところである。一方、選別過程については、パラメータの有意性から選択肢集合の良否を確認する研究や、実際に利用者の選択肢集合を取得し選別基準を見出すことを試みた研究等があるものの、いまだ明確な設定方法の確立には至っていない。交通需要予測に対する説明責任を果たす意味でも重要な課題と考えられる。

本研究では、大都市交通センサスで取得されている経路データを活用し、各鉄道利用者に対する経路選択肢集合の設定について、いくつかの方法を検討し、設定方法による選択肢集合の差異等について分析する。

Key Words : urban railway planning, route choice behavior, choice set, probit model

1. はじめに

東京圏の都市鉄道ネットワーク計画において、土木計画学における交通需要予測研究が果たしてきた役割は大きい。特に、需要予測への非集計行動モデルの導入、ネットワーク特性に対応したモデル構造の検討、政策課題に対する施策の効果を評価するための政策変数の検討等が大きな貢献として挙げられよう。

1985年の運輸政策審議会7号答申では、非集計ロジットモデルを適用した需要予測が初めて行われた。郊外地域から東京都心部への速達性向上が主要な政策課題であったことから、ラインホール時間等を説明変数に導入した効用関数が推定され、鉄道利用者の経路選択行動がモデル化された¹⁾。続く2000年の18号答申では、車両内混雑が主要な政策課題とされ、またネットワークの稠密化から同一OD間で類似した複数の経路が利用可能になったため、このようなネットワーク特性に対応可能な需要予測技術が求められた。これらの課題に対し、効用関数における新たな政策変数として、混雑率と混雑時間長を組み合わせた混雑指標を検討し、またモデル構造においては経路の類似性を考慮した非集計構造化プロビットモデルが検討された²⁾。

このように、土木計画学における交通需要予測研究の

成果が都市鉄道計画の実務に取り入れられ、科学的な評価に基づく計画策定に大きく貢献してきたと言えよう。

しかしながら、全ての技術的・研究的課題が解決されたわけではない。その課題の中でも、筆者らが最も重要な課題と考えるのが、鉄道利用者の経路選択肢集合の設定である。その理由は、選択肢集合の設定如何により、鉄道経路選択モデルのパラメータ推定結果が異なり、それにより需要予測結果及び利用者便益の推計結果が異なるためである。交通需要予測に対する説明責任を果たす意味でも実データに基づく実証的・論理的な設定方法を検討しておく必要がある。

このような問題意識のもと、本研究は、大都市交通センサスより得られる鉄道利用者の実選択経路をもとに、各利用者の選択肢集合の設定方法を検討するものである。具体的には、各鉄道利用者の経路選択肢集合について、いくつかの設定方法を検討し、設定方法による選択肢集合の差異等について分析を行う。

2. 分析方法

(1) 分析データ

分析データとして平成22年大都市交通センサスデータを活用する。大都市交通センサスでは、被験者の属性

(性別, 年齢等) および調査当日の鉄道利用トリップ (移動目的, 出発地, 目的地, 乗車駅, 乗換駅, 最終降車駅, 利用路線, 利用列車種別, 利用券種等) について質問している. 調査当日の鉄道利用トリップを3トリップまで回答してもらう形式となっており, 3トリップ目は帰宅時の行動について, 乗車駅, 降車駅, 利用路線のみを回答する. そのため, 出発地から目的地に至る一連の鉄道経路が把握できるのは, 第1トリップと第2トリップである.

本分析では, 取得されている第1トリップ, 第2トリップのデータを用いて分析を行うこととする.

(2) 選択枝集合の設定方法

本研究では, ゾーン間ベースで選択枝集合を設定する方法 (方法a,b) と駅間ベースで設定する方法 (方法c) について検討する.

a) 方法a:小ゾーン間で利用実績のある経路から設定

大都市交通センサスの同一小ゾーン間で実際に利用されている経路をもとに選択枝集合を設定する方法である. ただし, 大都市交通センサスはサンプル調査であるため, 同一小ゾーン間で複数のサンプルが取得できていない場合もある. そのため, 図-1, 表-1に示すように着目するゾーン間で利用されている駅が他のゾーン間でも利用されており, かつその駅間経路が着目するゾーン間で利用されていない場合は, その駅間経路も選択枝集合に含めることとする. なお, 小ゾーンは, 都心部は町丁目, 郊外部は町丁目を2~3程度束ねたゾーンであり, 概ね1ゾーン内に1駅となっている.

b) 方法b:統合ゾーンで利用実績のある経路から設定

フロー図を図-3に示す. まず, 都区部内は小ゾーン単位のままで, それ以外の地域については大ゾーン単位に統合し, これらのゾーン間で利用実績のある経路をリスト化する (統合ゾーン間利用経路リスト). 着目する小ゾーンが属する統合ゾーン間で利用実績のある経路を当リストから抽出し, それらの経路の発乗車路線, 最終降車路線を把握する.

一方, トリップデータから小ゾーン別に利用実績のある駅リストを作成する (小ゾーン別アクセス・イグレス駅リスト). 着目する小ゾーン間で利用実績のある駅を, 当リストから抽出する.

統合ゾーン間リストから得られた発乗車路線, 最終降車路線の駅が, 小ゾーン別アクセス・イグレス駅から得られた駅にある場合, その経路を選択枝集合に含める.

c) 方法c:駅間で利用実績のある経路から設定

フロー図を図-4に示す. まず, 全駅ペアについて利用実績のある経路を把握し, 各駅間の利用実績経路リストを作成する. なお, 当リストの作成に当たっては, 当該駅間を発着駅として取得される経路だけでなく, 当該駅

間を通過する経路も含めることとする.

次に, b)と同様に小ゾーン別アクセス・イグレスリストを作成し, 着目する小ゾーン間で利用実績のある駅を, 当リストから抽出する.

小ゾーン別アクセス・イグレス駅から得られた駅について, 乗車駅・最終降車駅の組み合わせを作成し, それらの駅間で利用実績のある経路を当該小ゾーン間の選択枝集合に含める.

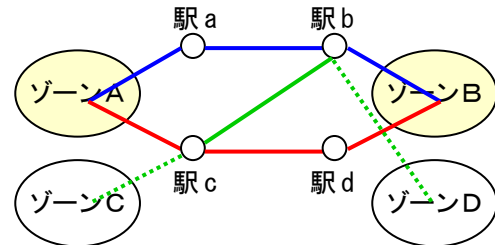


図-1 小ゾーン間で利用実績のある経路の例

着目するゾーン間	ゾーンA-ゾーンB
ゾーンA-Bで利用実績のある経路	<ul style="list-style-type: none"> — ゾーンA-駅a-駅b-ゾーンB — ゾーンA-駅c-駅d-ゾーンB
他のゾーン間利用実績のある駅間経路	<ul style="list-style-type: none"> — 駅c-駅b
ゾーンA-B間の選択枝集合	<ul style="list-style-type: none"> — ゾーンA-駅a-駅b-ゾーンB — ゾーンA-駅c-駅d-ゾーンB — ゾーンA-駅c-駅b-ゾーンB

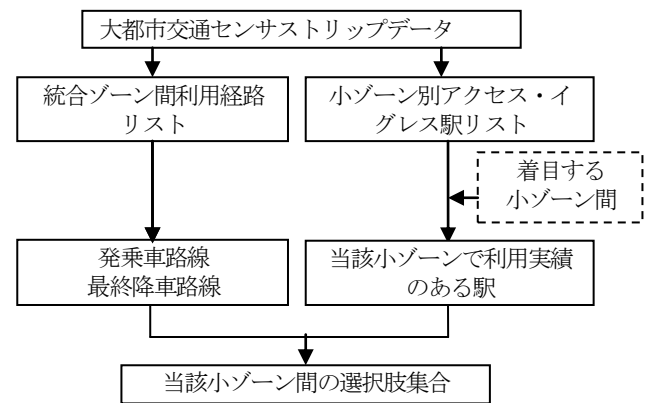


図-3 統合ゾーン間で利用実績のある経路からの設定フロー

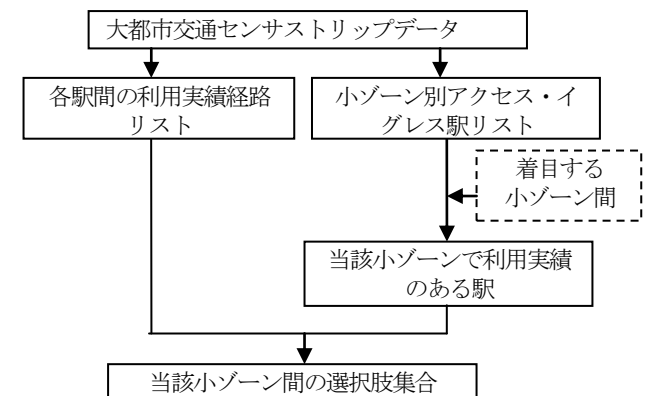


図-4 駅間で利用実績のある経路からの設定フロー

3. 分析結果

(1) 方法a

小ゾーン間で利用実績のある経路から作成される選択肢集合については、同一小ゾーン間で複数のサンプルが取得されている場合が少ないこと等から、乗車駅から降車駅までの経路にほとんど差がない経路で選択肢集合が構成されているサンプルが多く存在することを確認した。

大都市交通センサスは、サンプル調査であり、小ゾーン間で取得されている実績経路から選択肢集合を作成できるほどのサンプル数は取得できていないと言える。また、実績経路から選択肢集合を作成すると、選択肢集合内の経路が同じで、選択結果が異なるサンプルが複数データセットとしてできてしまうことから、パラメータが有意に推定されない可能性が高いと考えられる。

(2) 方法b

統合ゾーン間で利用実績のある経路から作成される選択肢集合については、選択肢集合内の経路が非常に多くなる結果となり、また本来選択肢集合に含まれてもよい経路が取得できない場合があることが確認できた。

例えば、田無駅周辺ゾーン（小ゾーン787）から神谷町駅周辺ゾーン（小ゾーン70）への選択肢集合は、表-2に示すように20経路抽出された。

一方、表-3にはインターネットでの乗換案内サイトをもとに、田無駅から神谷町駅までの経路を調べ、各検索基準で1位となった経路を整理したものである（神谷町駅8：30到着で検索）。これによると、田無駅から神谷町駅への経路としては、恵比寿駅経由の経路が到着時刻、乗換回数で1位となり便利性和が高いことが確認できるが、表-2ではこのような経路が得られていない。これは、統合ゾーン間で利用経路リストを作成しても、このような経路を利用しているサンプルがないためである。

方法aの結果と合わせて考えると、先述のように大都市交通センサスはサンプル調査であり、ゾーン間で取得されている実績経路から選択肢集合を作成できるほどサンプルが取得できていないと考えられる。

(3) 方法c

駅間で利用実績のある経路から作成される選択肢集合についても、選択肢集合内の経路が非常に多くなる結果となったが、駅間の利用実績経路を通過も含めて選択肢集合に含めることから、多様な経路が選択肢集合内に含まれていることを確認した。その結果、方法bで挙げた田無駅から神谷町駅への選択肢集合についても、恵比寿駅経由の経路が選択肢集合に含まれている等、実態として利用者がいると推察される経路も選択肢集合内の経路に含まれていることを確認した。

表-2 田無駅周辺ゾーン・神谷町駅周辺ゾーン間の選択肢集合

NO	初乗り駅	最終降車駅	経路の内容						
			西武新宿	高田馬場	東西線	茅場町	日比谷線		
1	田無	神谷町	西武新宿	高田馬場	東西線	茅場町	日比谷線		
2	三鷹	麻布十番	中央線	四ツ谷	南北線				
3	三鷹	六本木一丁目	中央線	四ツ谷	南北線				
4	三鷹	溜池山王	中央線	四ツ谷	南北線				
5	三鷹	市ヶ谷	中央線	四ツ谷	南北線				
6	武蔵境	麻布十番	中央線	四ツ谷	南北線				
7	武蔵境	六本木一丁目	中央線	四ツ谷	南北線				
8	武蔵境	溜池山王	中央線	四ツ谷	南北線				
9	武蔵境	市ヶ谷	中央線	四ツ谷	南北線				
10	田無	六本木	西武新宿	高田馬場	東西線	茅場町	日比谷線		
11	田無	麻布十番	西武新宿	高田馬場	東西線	飯田橋	南北線		
12	田無	六本木一丁目	西武新宿	高田馬場	東西線	飯田橋	南北線		
13	田無	溜池山王	西武新宿	高田馬場	東西線	飯田橋	南北線		
14	田無	市ヶ谷	西武新宿	高田馬場	東西線	飯田橋	南北線		
15	田無	麻布十番	西武新宿	西武新宿	丸の内線	四ツ谷	南北線		
16	田無	六本木一丁目	西武新宿	西武新宿	丸の内線	四ツ谷	南北線		
17	田無	溜池山王	西武新宿	西武新宿	丸の内線	四ツ谷	南北線		
18	田無	市ヶ谷	西武新宿	西武新宿	丸の内線	四ツ谷	南北線		
19	ひばりヶ丘	神谷町	西武池袋	ひばりヶ丘	西武有楽	小竹向原	有楽町線	有楽町	日比谷線
20	ひばりヶ丘	六本木	西武池袋	ひばりヶ丘	西武有楽	小竹向原	有楽町線	有楽町	日比谷線

斜体は乗車路線名を示す

表-3 乗換案内サイトでの検索結果（神谷町到着時刻8：30）

初乗り駅	最終降車駅	経路の内容							到着時刻	乗換回数	運賃
		西武新宿	高田馬場	山手線	恵比寿	日比谷線					
田無	神谷町	西武新宿	高田馬場	山手線	恵比寿	日比谷線			○	○	
		西武新宿	高田馬場	東西線	大手町	千代田線	日比谷	日比谷線			○

(4) 選択肢集合内経路の選別ルール検討

方法a～方法cにおいては、方法cが最も実態に近い選択肢集合が形成できていると考えられるが、選択肢集合内に含まれる経路数が非常に多くなっている。その理由としては、利用している路線は同じだが乗車駅、降車駅が異なるといった経路や、列車種別だけが異なる経路が含まれる等が挙げられる。そこで、以下の選別フローにより、選択肢集合内の経路数を5経路以下に絞ることを検討する。

まず、方法cにより抽出された選択肢集合に含まれる経路の候補の中で、最も利用サンプル数が多い経路がはじめに選定される。

2番目以降の利用サンプル数が多い経路については、既に選定された経路との重複率が100%ではないかを確

認する。ここで、重複率とは全体の経路長に対し、比較する経路と重複している区間が占める割合を言う。重複率が高いほど類似した経路であるが、ここでは既に選定された経路と完全に一致する経路を除外することとする。

上記の基準をクリアすると、既に選定されている経路と経路グループが同じでないかを確認する。ここで経路グループとは、発乗車路線と最終降車路線のペアのことで、これが同じ場合は、同一グループとみなし除外することとする。

最後に、選択肢集合を付与するサンプルが利用している列車種別と同じ列車種別の経路であるかを確認する。経路内に一区間でも急行を利用していれば、その経路は急行利用経路とみなすこととする。この基準により、急行を利用しているサンプルには急行を利用している経路のみが選択肢集合内の経路として設定されることになる。

(5) パラメータ推定結果

先述の選別ルールをもとに、各サンプルに選択肢集合を設定した上で、通勤目的を対象に鉄道経路選択モデルのパラメータ推定を行った結果を表-4に示す。なお、モデル構造は構造化プロビットモデルを適用している。また通勤目的の全サンプルの距離帯分布に合うように、非高齢（65歳未満）については1,000サンプル、高齢（65歳以上）については5,000サンプルを抽出している。尤度比、t値等の統計指標および時間に関する変数と費用とのトレードオフ関係を見る限り、有意なモデルが推定できていると考えられる。大都市交通センサスで得られた実績の経路情報を用いて、実態に近いと考えられる選択肢集合を設定することで、このように統計的に有意でかつ説明性の高いモデルが構築できることを例証できたと見えよう。

表-4 パラメータ推定結果

	通勤_非高齢		通勤_高齢	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値
幹線費用 (円)	-0.004	-5.07	-0.004	-3.85
鉄道乗車時間 (分)	-0.122	-7.42	-0.103	-5.30
乗換水平移動時間 (分)	-0.249	-7.31	-0.137	-4.03
乗換上下移動時間 (分)	-0.255	-4.69	-0.236	-3.37
乗車待ち時間 (分)	-0.143	-4.92	-0.154	-4.31
混雑指標	-0.027	-6.33	-0.013	-2.95
駅端末利便性	0.708	10.3	0.923	8.31
分散比	0.059	2.02	0.046	1.62
尤度比	0.370		0.317	
サンプル数	1,000		500	

4. おわりに

本研究において、選択肢集合の設定方法について3つの方法を検討した結果、ゾーン間で利用実績のある経路のみで選択肢集合を設定した場合、実態を十分に表現できない可能性があること、ゾーン間に加え、駅間の通過も含めて利用実績を把握し、それから選択肢集合を設定するのが望ましいことが明らかとなった。なお、選別ルールについては、さらに検討が必要と考えられる。特に、列車種別が同じ経路で選択肢集合を設定するようにしているが、このような設定が、鉄道利用者の選別基準に整合しているかの分析が必要であり、分析方法も含めて今後の課題である。

なお、本研究は、東京圏の都市鉄道における需要予測手法に関する勉強会（芝浦工業大学 岩倉教授、東京大学 加藤教授、運輸政策研究機構 伊東主席研究員が学識者として参加）での成果の一部を、筆者らがまとめたものである。本稿の責は筆者のみが負うことをここに明記する。

参考文献

- 1) 運輸省：大都市交通網の整備にかかわる調査研究報告書，1985。
- 2) 運輸省：東京圏における高速鉄道を中心とする交通網の整備に関する基本計画策定に向けての調査，平成11年度報告書，2000。

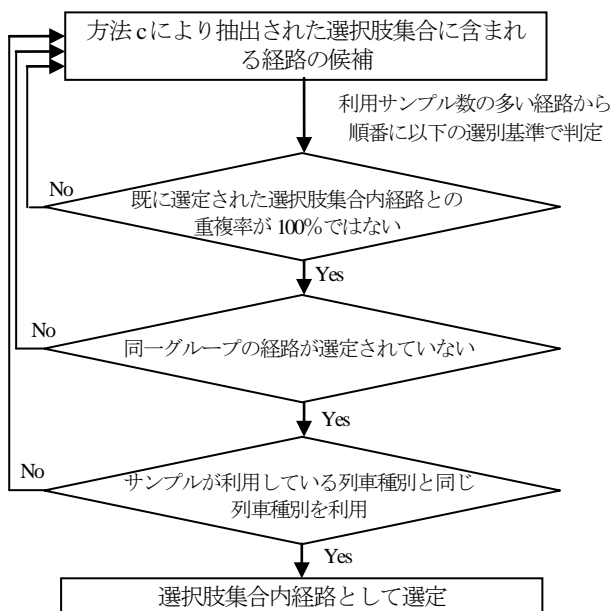


図-5 選択肢集合内経路の選別フロー