

S6-3.

鉄道利用者の経路選択行動分析における選択肢集合の設定方法に関する研究

学[土] ○尾島 洋 (東京理科大学大学院) 正[土] 日比野 直彦 (財団法人運輸政策研究機構)

正[土] 内山 久雄 (東京理科大学理工学部) 正[土] 山下 良久 (東京理科大学理工学部)

A Study on Relation of Choice Sets on Route Choice Behavior Analysis

Hiroshi OJIMA, Member (Tokyo University of Science)

Naohiko HIBINO, Member (Institute for Transport Policy Studies)

Hisao UCHIYAMA, Member (Tokyo University of Science)

Yoshihisa YAMASHITA, Member (Tokyo University of Science)

The railway network in Tokyo Metropolitan Area (TMA) has been highly dense as the economy in Japan grew rapidly from 1960's. However, the trains in TMA are still too congested at the peak hours. In addition, considering Japanese economic situation and aging society with a falling birthrate, big projects (e.g., construction of new railway etc.) are difficult in Japan. Hence it is necessary for the railway projects to shift the weight from a large amount of investments to the effective activation of the existing stocks. It requires that the change in the level of service (LOS), which corresponds to the improvement of access to the station, the installation of escalators for transfer and so on, should be reflected to the method of demand forecast. One of such methods focuses on how to generate a choice set, which include the actually chosen route and the other route-candidates, which the passenger might choose actually. The accuracy of the demand forecast depends on how to determine the choice set. Available and published transportation statistic such as Transportation Census does not record the whole choice set including route-candidate, but only the actually choice route. In the past, therefore, choice sets were obliged to be estimated. This study aims to explain the railway passenger's choice set.

キーワード：選択肢集合，鉄道経路選択行動

Key Words: Choice Set, Railway Route Choice Behavior

1. はじめに

東京首都圏は、東京駅を中心に半径約 70km に及び、その中に 1,500 駅以上の様々な規模の鉄道駅（そのうち乗り換えターミナル約 250 ターミナル）を有している。東京首都圏のように高密度に概成されている鉄道ネットワーク下においては、同一の発着駅に対して複数の経路を考えることが可能である。これらの経路は、乗車時間、運賃、乗り換え回数、列車の待ち時間等がそれぞれ異なることから、鉄道利用者はこれらの要因を考慮して自分にとって最も望ましい経路を複数の経路の中から選択していると考えられる。

昨今、社会経済状況の長引く低迷、少子高齢化の急速な進展の中、鉄道事業者は多様化する利用者のニーズに対して、的確に伝えていくことが求められている。このような状況下で、効率的な整備を行なうためには、高密度ネットワーク下で鉄道利用者が如何にして経路選択を行ない、またその際に比較検討された代替経路はどのようなものなのかをできる限り正確に捉えることが必要である。Manski によると、人の選択行動は、存在する無数の選択肢の中から選別する過程（選別過程）と、形成された選択肢集合の中

から最も望ましい選択肢を選択する過程（選択過程）の 2 段階を経て行なわれているとされている¹⁾。すなわち、選択行動における選択要因を明らかにするには、その前段においてどのような選別要因により選択肢集合が形成されるのかを明らかにしておく必要がある。

これまでにも、多くの研究者により鉄道経路選択問題における選択肢集合の設定方法について議論がなされてきた^{2), 3), 4), 5)}。しかしながら、その内容は、研究者が幾つかの経路の選別基準を設定し、それらによって形成された選択肢集合が経路選択モデルのパラメータにどの程度影響するかを確認する程度にとどまり^{3), 4), 5)}、利用者の経路の選別基準を明らかにするまでには至っていない。その 1 つの理由として、大都市交通センサスに代表される交通統計調査において、実際に利用している経路は取得されているが、利用者の考える代替経路までは取得されていないため、実現象として選択肢集合を捉えることが困難であったと考えられる。

そこで、本研究では 2000 年に筆者ら^{6), 7)}によって実施された調査を用い、鉄道利用者の実選択経路ならびに代替経路を取得し、如何なる要因で鉄道利用者が選択肢集合を形成しているかを分析する。

2. 既往研究と本論文の位置付け

筆者らがこれまでにに行った研究についてまとめると次のようになる。実選択経路のみのサービスレベル（以下 LOS）の集計からでは、鉄道利用者の考慮している選択肢集合を設定することは困難であることを踏まえ、筆者らが行った「通勤時の鉄道経路選択に関する調査」^{6,7)}の結果から鉄道利用者が考慮している代替経路の LOS をも集計し、鉄道利用者の代替経路が如何に設定されているか分析を行った。この結果を基に、代替経路を内包できる設定ルールを決めた⁸⁾。また別に、所要時間最短順や、運賃最安順等で最大 20 経路まで経路の抽出を行ない、抽出された経路を選択肢集合として設定した⁹⁾。しかしながら、これら 2 つの設定方法では、実選択経路および、鉄道利用者が考えた代替経路は全て選択肢として抽出できるが、その他の経路を多数選択肢集合に加える結果となった。そこで過剰に加わった経路の削減のために選択確率による絞り込みを行なっているものの、鉄道利用者の選択肢集合を内包しきるに至っていない¹⁰⁾。

既往研究から LOS の傾向を用いた単純な設定方法や、単一的選別要因による選択肢集合の設定では経路数が過大な選択肢集合となることや、鉄道利用者の選択肢集合を内包できる割合の低下が起こること、つまりは集計結果のみでは明らかにならない要因が存在することを知り得ている。そこで本研究では、どのような選別要因によって選択肢集合が構成されているかを、個々のサンプルに着目し、明らかにすることを試みている。

2. 分析データ

本研究で使用する分析データは、2000 年 12 月に筆者らが東京首都圏で実施した調査^{6,7)}である。この調査では、JR 山手線周辺およびその内側に勤務先があり、通勤時に鉄道を利用する東京首都圏在住の就業者を対象として、実選択経路、代替経路、居住地、勤務地住所を取得したものである。調査方法は着地側である勤務先に調査票を配布する「着地調査」を採用している。発地、着地分布図を図 1 に示す。

なお、本研究では、取得されたサンプルから有効である 202 サンプル 454 経路（選択肢集合内平均駅間経路数：2.2 経路）を対象として分析を行なう。

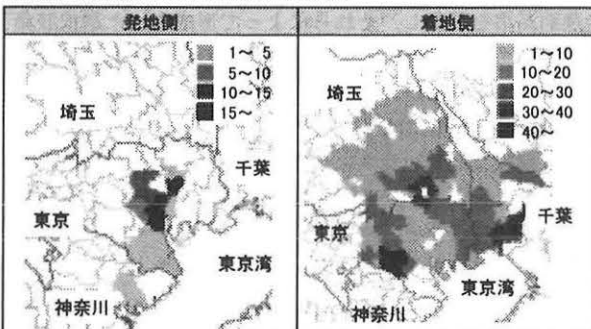


図1 発地・着地分布図

4. データの特性分析

<4.1 選択肢集合の特性>

本分析で用いるデータのアクセス距離（道路距離）、イグレス距離（道路距離）、鉄道所要時間（初乗り駅でラッチに入ってから、最終降車駅のラッチを出るまでの時間）、鉄道乗車時間（鉄道車両に乗車している時間）、乗り換え回数、運賃（1ヶ月定期運賃）について集計し、図2に示す。また、これらの最小値、最大値、平均値、累積度数 95% 値をまとめ、表1に示す。

表1のアクセス距離、イグレス距離に着目するとそれぞれの性質がまったく異なることが最大値、平均値、累積度数 95% 値から見て取れる。また、アクセス距離に関しては累積度数 95% 値が最大値の2分の1以下である。そこでアクセス距離が最大値のサンプルを例に、居住地と駅の間関係を調べると、実際に利用する駅は自宅から 8685m で、最も近い駅は 6647m と交通不便地域に居住していることが本分析データから読み取れる。このようなデータは、センサスでは個票を集計しているため取得できない。

所要時間、乗車時間から、本分析で用いるサンプルは都心部から 75 分程で到達できる圏内に居住していることが読み取れる。鉄道所要時間は本分析データと平成 12 年大都市交通センサスを比較しても概ね同じである。しかしながら、極端に所要時間の短いサンプルや長いサンプルは取得しきれていない。

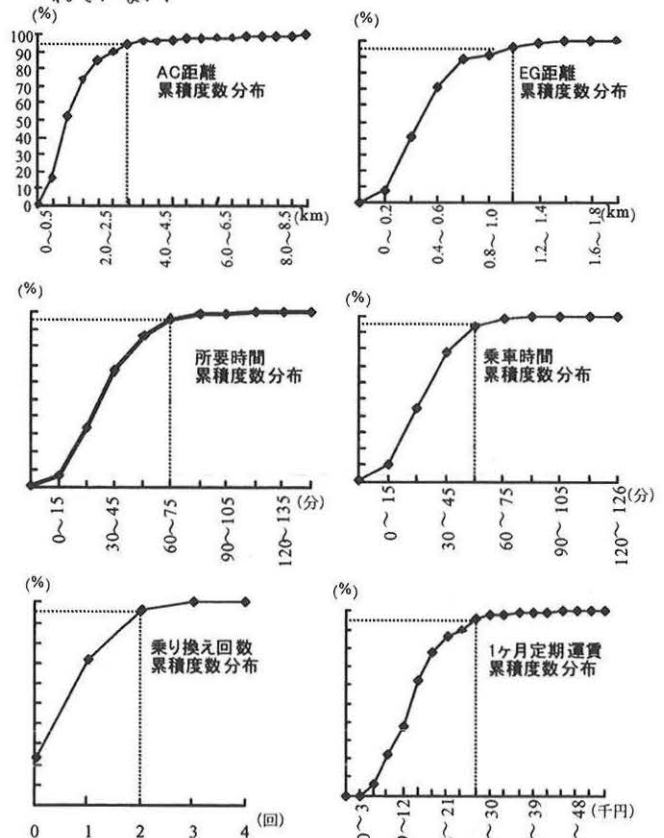


図2 各要因の累積度数分布

表 1 選択肢集合の特性

	AC 距離 (m)	EG 距離 (m)	所要時間 (分)	乗車時間 (分)	乗り換え 回数 (回)	1ヶ月定期 運賃 (円)
最小値	53	42	2	2	0	3,780
最大値	8,685	1,929	142	126	4	52,920
平均値	1,317.7	507.5	38.7	33.5	1.1	14,315.9
累積度数 95%値	3,500	1,200	75	60	2	27,000

<4.2 センサス個票との比較>

従来、需要分析で用いられてきた選択肢集合では、実績を基に代替経路等を設定することが多かった。そこで本研究で用いたサンプルデータと同一の OD について平成 12 年大都市交通センサス（定期券データ）から経路を抽出し、比較を行なう。以下に JR 川口駅から JR 池袋駅に向かうサンプルの例を表 2 に示す。本研究で用いるサンプルは、2 つの代替経路を考えており、計 3 経路を選択肢集合としている。それに対し、平成 12 年大都市交通センサス個票データでは、同一 OD で 17 サンプル存在するものの、取得されている経路データは本研究で用いるサンプルの実選択経路のみである。代替経路の LOS から見る限り個票データから実選択経路しか抽出されなかったことは理解できる。しかし、表 2 のような代替経路が鉄道利用者に考慮されていることを知る必要はあると考えられる。

表 2 センサス個票との比較

JR 川口駅～JR 池袋駅			
経路図			
LOS データ	所要時間:19 分 乗り換え回数:1 回 定期運賃:5,040 円/月	所要時間:40 分 乗り換え回数:2 回 定期運賃:11,340 円/月	所要時間:28 分 乗り換え回数:1 回 定期運賃:6,300 円/月
センサス	◎	×	×
着地調査	◎	○	○

◎: 実選択経路 ○: 代替経路 ×: 候補外

5. 選別要因分析

<5.1 選別要因の想定>

アクセス、イグレスに関しては、既往研究¹¹⁾を参考にすることとし、本分析では未だ明らかになっていないラインホールに着目する。その上で、各サンプルの実選択経路、代替経路がそれぞれどのような要因から選択肢集合に含まれるかを分析する。まず既存の経路探索ソフト「駅すばあ

と」より、各サンプルの発着駅から考えられる経路を 20 経路取得し、その 20 経路の中から 1) 乗車時間最短 2) 所要時間最短 (乗車時間+待ち時間+乗り換え時間) 3) 1ヶ月定期運賃最安 4) 乗り換え回数最少の選別要因に該当する経路を抽出する。その後、その経路が実際の選択肢集合に含まれているかを確認する。なお、20 経路の抽出にあたって、各サンプルが回答している最終降車時刻を基に時刻表に対応した経路を抽出している。

前述した選別要因により取得される経路数、取得された中で本分析データの選択肢集合に含まれている経路数、1 サンプルあたり取得される平均経路数、1 サンプルあたり含まれる本分析データの選択肢集合外の経路数 (余剰経路数)。また、取得した経路の内、本分析データの選択肢集合内経路がどれだけ取得できているかの割合を表す、内包経路割合を表 3 に示す。

乗り換え回数により本分析データにおける選択肢集合内経路の約 7 割を説明することができている。乗車時間より、待ち時間や乗り換え時間を含めた所要時間のほうがより多くの選択肢集合内経路を説明できていることや、運賃により半数以上の選択肢集合内経路を説明できることが見て取れる。また、全ての要因を用いた場合、説明できる選択肢集合内経路数は 407 経路と選択肢集合内全経路の 9 割に及ぶ。また 1 サンプルあたりの平均経路も 6.9 経路と、実際に鉄道利用者の考慮している選択肢集合 (平均 2.2 経路) と比較しても近い値であることが見て取れる。つまり、7 経路程度の経路を、本研究で行なっている設定方法で取得すると、鉄道利用者が考慮している選択肢集合を 9 割内包できる。しかし、想定した選別要因では説明できない経路が未だ 47 経路 (10%) 存在している。

表 3 想定した選別要因により説明可能な経路数

	所要 時間	乗車 時間	運賃	乗り換え 回数	全要因
取得経路数	358	425	484	816	1331
選択肢集合と合致 している経路数	210	125	230	326	407
1 サンプルあたりの 平均取得経路数 ^{*1}	1.8	2.1	2.4	4.0	6.9
1 サンプルあたりの 平均余剰経路数 ^{*2}	0.7	1.5	1.3	2.4	4.5
内包経路割合 ^{*3} (%)	46	28	51	72	90

*1: 想定した選別要因により説明された経路を 202 (サンプル数) で除した値

*2: 全 202 サンプルの余剰経路を 202 で除した値

*3: 本分析データの選択肢集合と合致している経路数を 454 (選択肢集合内経路数) で除した値

<5.2 選別要因では説明できない経路の特徴>

想定した選別要因では説明できない経路について、その特徴を整理する。

1) 列車の始発駅を利用する経路が多い

図 3 は、方南町駅から西日暮里駅へ通勤しているサンプルの実選択経路と上記の選別要因では説明できなかった代替経路である。実選択経路と比較すると、このサンプルが

考える代替経路は明らかに迂回経路である。この経路が代替経路として選ばれている理由は、代々木上原駅が営団地下鉄千代田線（現東京メトロ千代田線）の始発駅となっていることと考えられる。始発駅であれば、着席できる可能性が高くなるためこの経路を代替経路として考えている可能性がある。このサンプル以外にも同様の理由として考えられる経路が 17 経路（全経路の約 4%）存在する。このことから、着席可能性やこれに関係するであろう、混雑率の考慮を取り入れた選択肢集合の設定が必要であることが確認できる。



図3 実選択経路と代替経路

2) 放射状路線と環状路線の結節駅を経由する経路が多い

選別要因で説明できない経路に、環状路線と放射状路線が結節する駅で環状路線に乗り換える経路がいくつか存在する。例えば図4に示す、JR新座駅～池袋駅間を利用するサンプルが考慮している代替経路は、実選択経路と比較すると非常に時間を要し、また乗り換えも多く発生する経路である。このような経路が前述の選別要因では説明できない経路となっている。

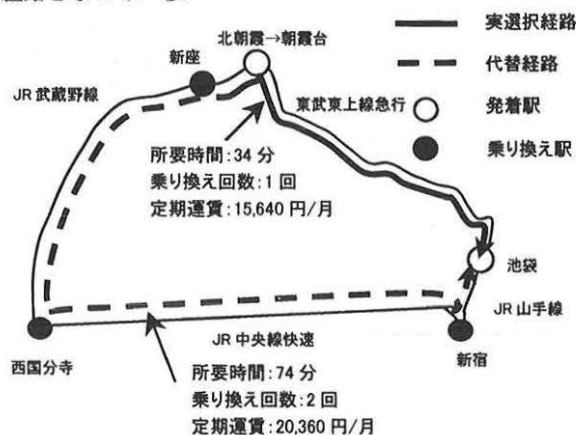


図4 実選択経路と代替経路

6. おわりに

本分析で用いるデータとセンサス個票の比較から、実績による選択肢集合の設定は、実際の鉄道利用者行動を内包していないことを示している。また、選別要因分析では、乗り換え回数最少で説明できる経路が約 7 割ある。これは乗り換えを考慮した経路を鉄道利用者が選別していること

を示している。また、4つの選別要因を全て組み合わせると、9割の経路を説明することができる。このことから、実務での適用に耐えうる選択肢集合の設定方法の一助となる知見を見出したといえよう。しかしながら、本研究で考慮する選別要因は、時間や費用、距離が最小、最短であるという単純な要因でしかない。そこで今後、選別要因で説明できない経路の特徴を細かく整理する必要がある。

現在限られた予算制約下で、以前より小規模な鉄道事業が増えてきている。これらの事業を効率的、効果的に選定、実行するためには、より精度の高い推計結果が求められるようになってきている。このような社会的要請に応えるためには選択肢集合の的確な設定が不可欠であるといえよう。

参考文献

- 1) Manski, C: The Structure of Random Utility Models, Theory and Decision, Vol.8, pp.229-254, 1977
- 2) 福田 大輔, 森地 茂: 観光目的地選択行動に対する精緻化された個人選択モデルの適用可能性の検討, 土木計画学研究・講演集, No.22-2, pp.655-658, 1999
- 3) 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肢集合とパラメータ特性, 土木学会論文集 IV, No.702, IV-55 号, pp.3-13, 2002
- 4) 森川 高行, 竹内 博史, 加古 裕二郎: 定量的観光魅力度と選択肢集合の不確実性を考慮した観光目的地選択分析, 土木計画学研究・論文集, No.9, pp.117-124, 1991
- 5) 小堀 雅嗣, 朝倉 康夫, 片山 哲平: 交通ネットワークにおける経路選択肢集合生成アルゴリズムの改良, 土木学会年次学術講演会講演概要集第 4 部, Vol.58, pp.353-354, 2003
- 6) 若林 哲男, 内山 久雄, 日比野 直彦, 葉山 翼: 鉄道経路選択行動を把握するための調査方法の提案, 土木学会年次学術講演会講演概要集第 4 部, Vol.56, pp.670-671, 2001
- 7) 若林 哲男, 内山 久雄, 日比野 直彦, 葉山 翼: 鉄道利用者行動分析のための調査方法について, 鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL 2001) 講演論文集, pp.329-332, 2001
- 8) 森田 泰智, 日比野 直彦, 内山 久雄: 鉄道経路選択分析における選択肢集合の設定方法に関する研究, 鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL 2002) 講演論文集, pp.201-204, 2002
- 9) 日比野 直彦, 森田 泰智, 内山 久雄: 鉄道経路選択行動分析における選択肢集合の設定方法に関する考察, 土木計画学研究・講演集, No.27, 4page, 2003
- 10) 森田 泰智, 日比野 直彦, 内山久雄: 鉄道経路選択行動分析における選択肢集合設定方法とパラメータ推計結果の関係に関する研究, 鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL 2003) 講演論文集, pp.399-402, 2003
- 11) 財団法人 運輸政策研究機構: 鉄道整備等基礎調査 都市鉄道整備等基礎調査 需要予測手法の改善と活用方策に関する調査, 2004