

通勤鉄道利用者の経路選択肢集合に関する研究 *

A Study on the Railway Routes Choice Sets for Commuters *

水谷 洋輔**・山下 良久***・日比野 直彦****・内山 久雄*****

By Yosuke MIZUTANI**・Yoshihisa YAMASHITA***・Naohiko HIBINO****・Hisao UCHIYAMA*****

1. はじめに

東京圏では、通勤・通学時の混雑を解消するため、これまで多くの鉄道新線が整備され、非常に高密度な鉄道ネットワークが形成されている。同一の発着地間において複数の利用可能な経路が存在し、鉄道利用者は多様な経路選択が可能となっている。現在では複々線化や相互直通運転が積極的に行なわれており、また、今後の鉄道整備では、乗換え駅整備や短絡線整備等、既存ストックを有効に活用する整備が求められている¹⁾。そのため、鉄道利用者の経路選択行動は今後さらに複雑化、多様化するものと考えられる。

これまで、鉄道利用者の経路選択行動分析は、多くの経路の中から選択対象となる経路を無意識的に選別し（選別過程）、選別された経路（選択肢集合）の中から最も望ましい経路を選択する（選択過程）という意味決定プロセスを前提として行われてきた。選択過程については、非集計ロジットモデルが有する IIA 特性を緩和することに力点が置かれ、構造化プロビットモデル^{2),3)}、C*-Logit モデル⁴⁾等、非 IIA 型経路選択モデルが開発されるに至っている。一方、選別過程については、経路数や経路の所要時間、経路長、経路間の重複率により機械的に経路を選別し、生成される選択肢集合が経路選択モデルのパラメータにどのような影響を与えるかを分析した研究事例^{5),6)}はあるものの、鉄道利用者はどのような経路属性によって選択肢を選別しているのか、といった視点からの研究事例はほとんど見られない。今後、乗換え駅等のネットワークフローに影響を及ぼす整備が増えていくことを考えると、上述のような視点からの分析は非常に重要であると考えられる。

このような問題意識のもと、これまで筆者らは 2000 年度および 2005 年度の大都市交通センサスの実施にあわせ独自調査を行ない、通勤鉄道利用者の経路選択肢集合の取得を行なっている⁷⁾⁻¹³⁾。両調査とも、通勤定期券を購入する際に検討した経路を実経路（購入した定期券の経路）と代替経路（比較検討した経路）に分けて回答してもらっているものの、2000 年度調査では、例えば、実経路の 2 倍もの時間を要する経路が回答されている等、選択肢集合に含まれるとは考え難い非現実的な代替経路が複数存在した。そのため、調査より得られた選択肢集合を真値として、それを再現するための選別ルールを検討した分析では、このような経路が選択肢集合に含まれるようなルールとせざるを得ず、結局、選別ルールから得られる推定選択肢集合は、多くの余剰経路（真値には含まれないが、選別ルールによって選択肢集合に入ってしまう経路）を含むものとなってしまった。また、異常値（非現実的な経路）を選別ルール検討時の対象外とするとしても、分析者の恣意性を排除した明確な基準を設けることは困難であった。このような背景から、2005 年度調査では、より正確に経路選択肢集合を捉えるため、回答された代替経路 1 つ 1 つに対し利用可能性（是非使いたい、あまり使う気がない、知っているだけで全く使う気がない）をたずねている。

そこで本研究では、2005 年度調査で得られた経路を実経路（定期券を購入した経路）、代替経路（是非使いたい、あまり使う気がしない）、非代替経路（知っているだけで全く使う気がしない）と解釈することで、選択肢集合に含まれる経路を実経路・代替経路（以下、選択肢集合形成経路）、含まれない経路を非代替経路として、これらの間の違いを明らかにすることを目的とする。この違いを説明する要因を明確にすることで、これまで分析者の経験等に頼らざるを得なかった選択肢集合の設定方法に対し、従来よりも客観性をもった設定方法へと前進するものと考えられる。

2. 鉄道経路選択行動分析に対する本研究の位置づけ

先述のように、本研究では、選択肢集合形成経路と非代替経路との違いを明らかにすることを目的としてい

* Keywords：経路選択，交通行動分析，鉄道計画

** 正員，(修)工，三菱UFJリサーチ&コンサルティング 株式会社

愛知県名古屋市中区錦3-20-27

TEL 052-203-5322，FAX 052-201-1387

*** 正員，(博)工，(株)企画開発

**** 正員，(博)工，(財)運輸政策研究機構運輸政策研究所

***** 正員，工博，東京理科大学 理工学部 教授

るが、ここでは、その違いを明らかにすることが鉄道経路選択行動分析にどのように寄与するかについて整理するとともに本研究の位置づけを述べる。

鉄道経路選択モデルの構築に当たっては、大都市交通センサスから得られる鉄道利用者の実経路をもとに、サンプルそれぞれに分析者が代替経路を付与する作業が行なわれる。例えば、実務では、屋井ら⁵⁾による駅グループ間の他のサンプルによる選択実績を代替経路とする方法等により、1 サンプルに対しおおそ 9 経路（実経路 + 代替経路 8 つ）程度がセットされている。駅グループの作成は、統一されたルールのもとで行なうことは難しく、分析者が路線や方角に応じて適宜行なっているのが実情である。大都市交通センサスから得られる実経路をもとにこれまでよりも多く（例えば 15 経路程度）の代替経路候補をあらかじめ準備し、選択肢集合形成経路と非代替経路との選別基準を用いて代替経路候補を選別できれば、従来よりも客観的な方法により選択肢集合の設定が可能になる。本研究は、大都市交通センサスから実経路しか得られないという条件下で、如何に選択肢集合を設定するかという問題に対し、実際の経路選択肢集合を取得し、実証的に選別基準を構築するという点で、鉄道経路選択行動分析の透明性を高めることに寄与する研究と位置づけられよう。

ただし、代替経路候補の準備に当たっては、どのような経路を鉄道利用者が認知しているかという視点からの研究による知見を踏まえることが必要であるが、経路の認知に関する研究もほとんど取り組まれていないのが実情である。本研究では、先述のように、被験者に対し定期券購入時に検討した経路を全て回答してもらう調査を実施することで、鉄道利用者が認知している経路を全て取得しているという前提に立ち、如何にして選択肢集合形成経路と非代替経路との選別基準を作成するかという視点から研究を進めている。経路の認知に関しては、今後取り組むべき課題として位置づけている。

3．着地調査

3.1 調査概要

本研究では、複数の利用可能経路を有する通勤鉄道利用者の情報を効率的に取得するため、所在地が山手線周辺およびその内側である企業に調査協力を依頼している。2005 年度調査では、公的団体 9 団体、民間企業 30 社に調査協力を得ている。

調査票の配布については、依頼先の都合に合わせ、訪問配布訪問回収方式、郵送配布郵送回収方式、電子メールによる配布回収方式のいずれかを採用している。

調査内容は、自宅から最寄り駅までの交通手段、実経路、代替経路、最終降車駅から会社までの交通手段、

実経路の選択理由、代替経路を挙げた理由、代替経路の利用可能性である。表 - 1 に調査の概要および取得票数を示す。また、図 - 1 にサンプルの発地分布、着地分布を示す。

表 - 1 調査概要

調査期間	H17 年 12 月～H18 年 1 月
調査対象	山手線周辺およびその内側に勤務地があり、通勤に鉄道を利用している者
調査方法	着地側である企業に調査票を配布する着地調査
調査内容	・自宅から最寄駅までの交通手段 ・実経路 ・代替経路 ・最終降車駅から会社までの交通手段 ・実経路の選択理由、代替経路を挙げた理由 ・代替経路の利用可能性 ・個人属性
取得票数	1,111

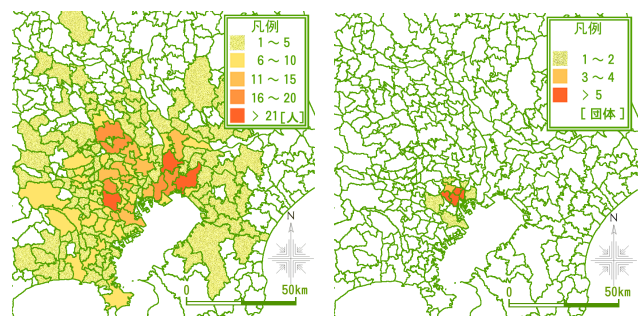


図 - 1 発地分布（左）と着地分布（右）

3.2 調査結果

取得されたサンプルの基本的な特性を把握するため、調査票から得られる情報をもとに単純集計分析を行なう。なお、個人属性（年収等）や会社による通勤補助形態が経路選択肢集合の形成に影響する可能性は否定できないが、大都市交通センサスからはこれらの情報を得られない。そのためここでは、そのような個別な事情は考慮せず、全てのサンプルをプーリングし分析を行なうこととする。

(1) 選択肢集合形成経路数

取得されたサンプルの選択肢集合形成経路数は、平均で 2.19 経路である。すなわち、通勤鉄道利用者は、定期券を購入する際に、平均して 2 つの経路を検討している。なお、選択肢集合形成経路を最も多く持つサンプルの経路数は、6 経路である。

(2) 選択肢集合形成経路における乗換回数の比較

図 - 2 は、実経路と最多乗換回数となる代替経路との

回数差を求め、その度数分布を示したものである。多くのサンプルが実経路と同じ乗換回数もしくは1回多い経路を代替経路として考えていることが見て取れる。このような傾向は、2章で述べた分析者が代替経路候補を準備する際に、考慮すべき内容と考えられる。

(3) 実経路・代替経路・非代替経路を挙げた理由

図-3は、実経路・代替経路・非代替経路を挙げた理由を整理したものである。

代替経路を挙げた理由を見ると、乗車時間やイグレス距離を考慮して、代替経路として考えているサンプルが多いことが見て取れる。なお、「その他」には乗換えにかかる負担が小さいといったような内容が多く回答されている。

一方、非代替経路を挙げた理由を見ると、選択肢集合内の経路が事故で不通になった時に利用する等、非常時の経路として記入している例が多い。

代替経路と非代替経路の理由を比較すると日常で利用するかしないかがの違いがはっきりと読み取れるものがある。このような知見は、代替経路と非代替経路を選別するうえで考慮すべき要因と考えられる。

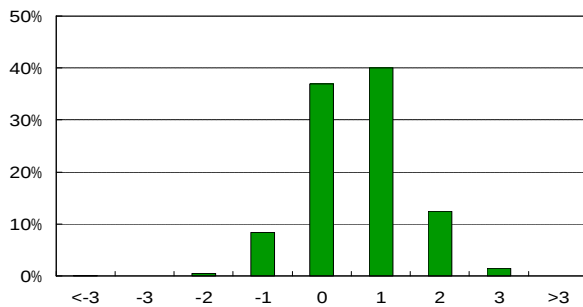
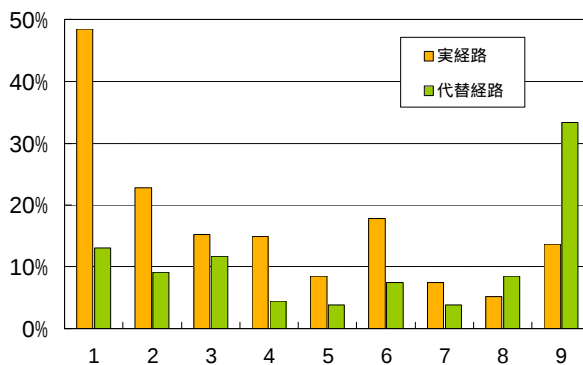


図-2 実経路と代替経路の最大乗換回数差



- 1 最も鉄道乗車時間が短い
- 2 最も自宅から初乗り駅が近い
- 3 最も勤務先から最終降車駅が近い
- 4 最も鉄道運賃・料金が安い
- 5 最も総料金が安い
- 6 鉄道乗車時に着席したい
- 7 この経路以外選択できない
- 8 立ち寄り場所がある
- 9 その他

図-3 実経路・代替経路を挙げた理由(複数選択)

4. 選択肢集合内経路の比較分析

次に、ミクロな視点から選択肢集合の形成過程を分析するために2005年度の調査結果を対象に選択肢集合内経路の比較分析を行っていく。

(1) LOS データの整備

調査により取得した選択肢集合のより定量的な分析を可能にするため、各経路に対してLOSデータを付与する。なお、既往の鉄道経路選択モデル^{2)~13)}では、「アクセス、イグレス時間(距離)」、「運賃」、「乗車時間」、「乗換回数」、「乗換え待ち時間」、「乗換え時間」、「混雑指標」が変数として用いられている。このことを参考に、本分析ではLOSとして以下のa)~e)を準備する。なお、混雑指標に関しては、平成17年大都市交通センサスにおける駅間混雑率が未公表であるため、本分析での採用を見送ることとする。

a) アクセス・イグレス距離

アクセス距離は自宅住所と初乗り駅の測地座標、イグレス距離は最終降車駅と勤務先住所の測地座標から各々求めている。

b) 乗車時間

乗車時間はピーク時間に運行する各列車種別の駅間平均所要時間を時刻表より求めている。

c) 運賃

運賃は各鉄道会社が公開する運賃データより算出している。

d) 初乗り列車本数

初乗り列車本数とは、初乗り駅において選択する列車のピーク1時間当りの運行本数で、時刻表より算出している。

e) 乗換え指標

乗換回数は調査票の記入をカウントしている。水平方向移動時間、上り方向移動時間、および下り方向移動時間は首都圏の乗換え駅の構造調査を実施し、乗換え対象ホームを最短経路で移動したときの移動時間を算出している。階段利用率とは、乗換え時における全上下方向移動時間に対して階段を使用した移動時間が占める割合を表わしている。

(2) 乖離度の算出

ここからは上記(1)において、実経路以外の経路(代替経路、非代替経路)を回答しているサンプルで、全てのLOSが算出できたサンプル計267サンプルを対象に分析をすすめる。分析対象サンプルにおける選択肢集合内の経路数を図-4に示す。

次に、各記入経路内における実経路とそれ以外の記入経路の各LOSの関係を見るために、実経路に対する

各経路の乖離度を算出する．各 LOS の優劣の方向をそろえるために，列車本数にマイナス 1 を乗じている．これにより，乖離度が正方向に大きければ大きいほど，実経路より不利であることを意味する．

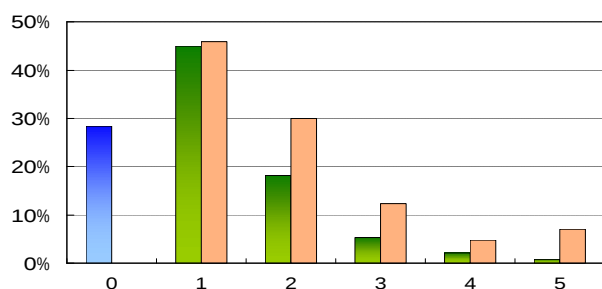


図 - 4 代替経路数(左)と記入経路数(右)

(3) ファクタープロファイル図の作成

(2) で求めた乖離度を折れ線グラフにしたものを選択肢集合となる要因 (ファクター) を示す図であることからファクタープロファイル図 (以下 FP 図) と呼ぶことにする．267 サンプル 1 つ 1 つに対し，FP 図を作成している．それら全てを掲載することは紙面の都合上不可能であるが，そこで見られた傾向としては，非代替経路のサービスが実経路に比べ圧倒的に劣っているサンプルは少なく，サービスの優劣が交錯するような状況になっているものが多いことである．ここでは，サービスの優劣が交錯する状況が視覚的に判断しやすいサンプル 6 つを例として取り上げ (図 - 5 ~ 図 - 10)，それらのサンプルについて考察を行なう．

サンプル A は，実経路が青葉台→渋谷，代替経路が青葉台→池尻大橋，非代替経路が青葉台→神泉である．選択肢集合形成経路に対し，非代替経路はイグレス距離が短いものの，乗換えに関するサービス水準が低いのが特徴である．選択肢集合の形成に乗換えサービスが大きく影響している可能性がある．

サンプル B は，実経路と代替経路が市川→田端で，非代替経路が菅野→田端である．代替経路と非代替経路の折れ線の形状が類似しているが，列車本数に関して，非代替経路が劣っていることが見て取れる．列車本数の多寡が選択肢集合の形成に影響している可能性が高い．

サンプル C は実経路と代替経路が小竹向原→初台，非代替経路が新江古田→初台，非代替経路が江古田→初台である．選択肢集合形成経路に対し，非代替経路は運賃や乗換の点では優っているもののアクセス距離が長くなっている．また，非代替経路は列車本数が少ないのが特徴である．このサンプルに関しては，アクセス距離，列車本数が選択肢集合の形成に影響している

可能性が高い．

サンプル D は実経路と代替経路が今羽→勝どきであり，非代替経路が宮原→勝どきである．選択肢集合形成経路に対し，非代替経路は乗車時間，運賃，乗換え駅での水平移動に対するサービスが優っているものの，アクセス距離が長く，列車本数が少ない．サンプル C 同様，アクセス距離および列車本数が選択肢集合の形成に影響している可能性が高い．

サンプル E は，実経路と代替経路が上野毛→渋谷，非利用経路が二子玉川→渋谷である．選択肢集合形成経路に対し，非代替経路は乗換回数が少なく済むものの，サンプル C，D 同様，アクセス距離が長く，列車本数が少ない．このサンプルについてもアクセス距離および列車本数が選択肢集合の形成に影響している可能性が高い．

サンプル F は，実経路と代替経路が北習志野→渋谷で非代替経路が高根木戸→渋谷である．選択肢集合形成経路に対し，非代替経路は列車本数が多く，乗換え駅での階段利用が少なく済むが，乗車時間，乗換回数，乗換え駅での上下・水平移動時間に関するサービスが劣っている．このサンプルについては，乗車時間や乗換えに関するサービスが選択肢集合の形成に影響している可能性が高い．

以上，6 つのサンプルを例に，選択肢集合形成経路と非代替経路のサービスの比較を行なった．非代替経路は，選択肢集合形成経路に比べ，全てのサービスが劣っているということは少なく，選択肢集合の形成に影響する要因はサンプルにより様々であり，またサービスの差もサンプルにより異なる．そのため，ある一律の基準，すなわち非補償的な選別基準を設けることは，この分析結果を見る限り難しく，LOS 間の補償関係を前提とした選別基準を検討するほうが実態に即していると考えられる．

5. 経路選別基準の構築

4 章の分析結果をもとに，LOS 間の補償関係を前提とした，補償型選択肢集合推定方法について検討する．推定方法として，選択肢集合形成経路と非代替経路とを判別関数により判別することを考える．

判別関数を求めるにあたっては，4 (2) で用いた 267 サンプルのうち，実経路以外の経路として非代替経路しか回答していないサンプルは，実経路に固執する固定層である可能性が高いと考えられるため，分析対象サンプルから除外する．その結果，分析対象サンプル数は，164 サンプルとなる．

判別結果は表 2 の通りである．P 値，F 値共に有意な値を示している．判別率 74.5% であり，高いとは言えないものの，

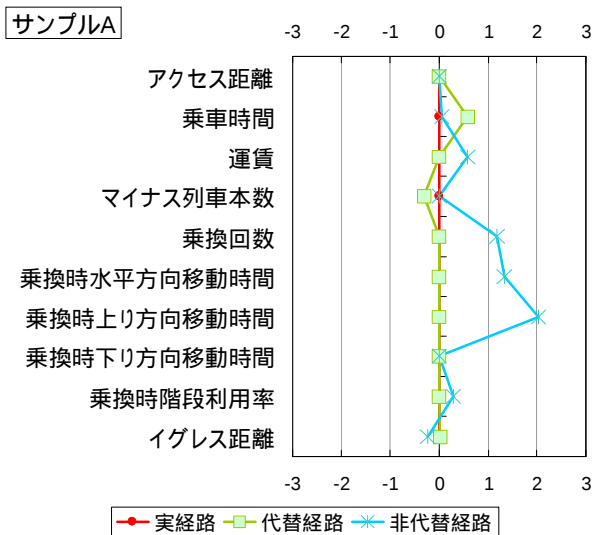


図 - 5 FP 図 (サンプルA)

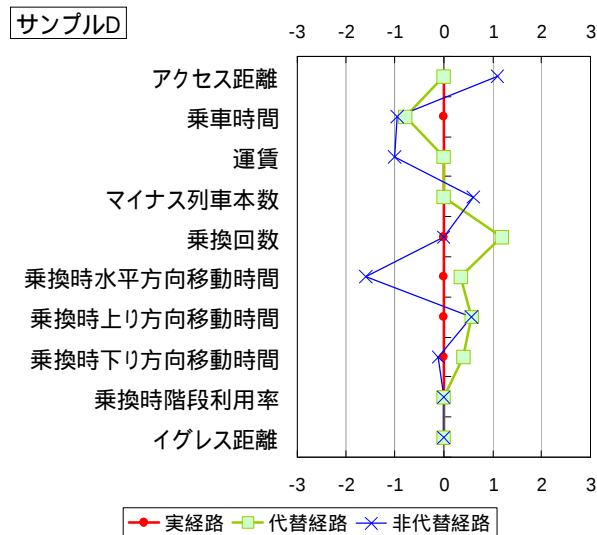


図 - 8 FP 図 (サンプルD)

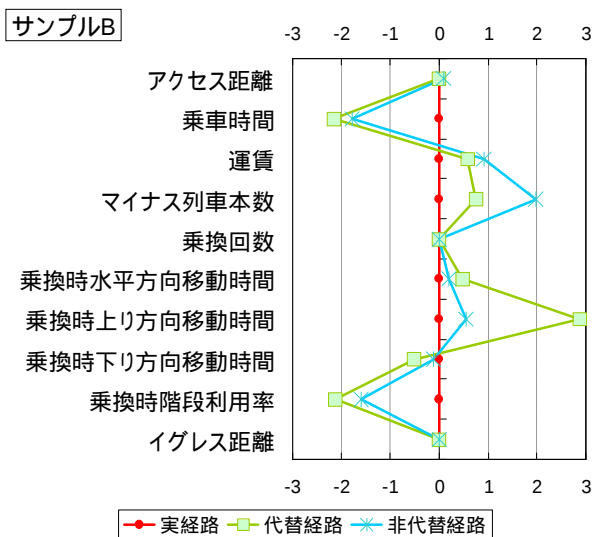


図 - 6 FP 図 (サンプルB)

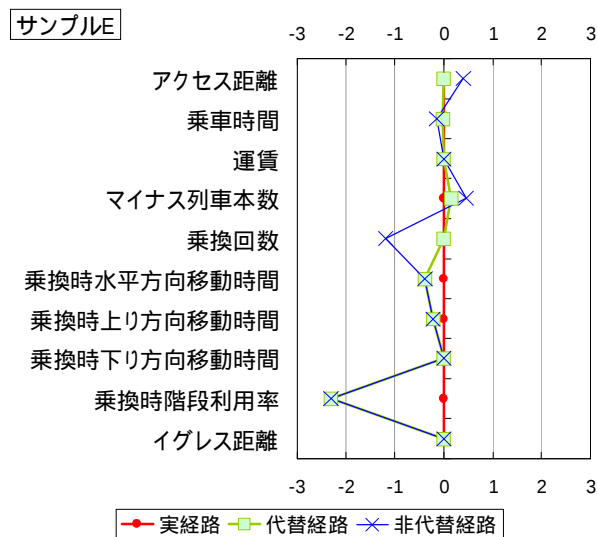


図 - 9 FP 図 (サンプルE)

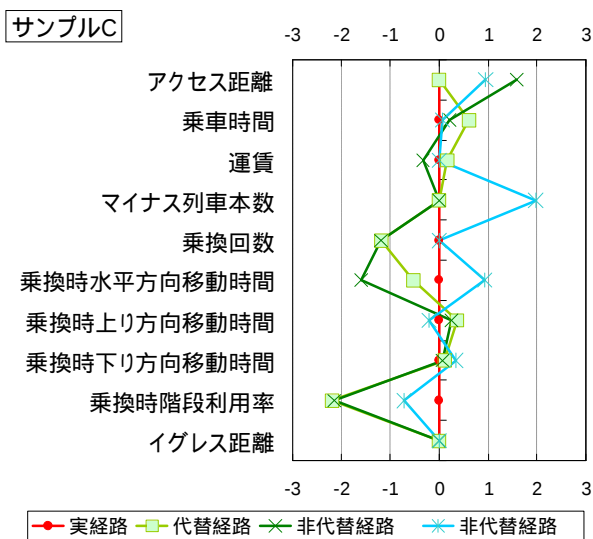


図 - 7 FP 図 (サンプルC)

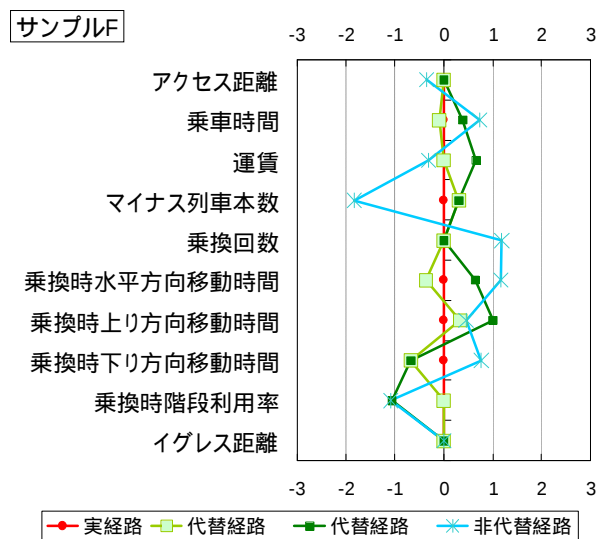


図 - 10 FP 図 (サンプルF)

表 2 判別結果

説明変数	パラメータ
アクセス距離	-0.8979
イグレス距離	-0.0742
乗換回数	-0.4845
乗車時間	-1.0554
運賃	-0.5878
マイナス列車本数	-0.1035
乗換所要時間	-0.3950
定数項	0.7079
P値	2.0E-19
F値	16.16

鉄道利用者は、補償的な選別基準により選択肢集合を形成している可能性が高いことを示すのに、十分な説明力をもつモデルであると言える。

6. おわりに

社会的ニーズに的確に対応した鉄道整備を行なっていくためには、鉄道経路選択行動分析の精緻化が必要であり、選択肢集合の設定方法は重要課題のひとつであるとの問題認識のもと、筆者らはこれまで大都市交通センサスの実施にあわせ独自調査を行ない、通勤鉄道利用者の経路選択肢集合の取得を行なっている。

本研究では、2005 年度の大都市交通センサスにあわせて実施した独自調査の調査結果をもとに、選択肢集合形成経路（実経路、代替経路）と非代替経路の差について LOS の乖離度から分析を行なっている。分析結果を見る限り、選択肢集合形成経路と非代替経路を分ける上で、非補償的な選別基準を設けることは難しく、LOS 間の補償関係を前提とした選別基準を検討するほうが実態に即していることを見出している。さらに、この考察に基づき、選択肢集合形成経路と非代替経路を判別する判別関数の推定を行い、統計的に有意なモデルを得ている。このことは、鉄道利用者は、補償的な選別基準により選択肢集合を形成している可能性が高いことを裏付ける結果であると言える。

しかしながら、この選別基準のみでは余剰経路が多く含まれてしまう可能性もある。そのため、アクセス時間や混雑率といった他の LOS についても着目し、さらに選別基準を再考する必要がある。また、調査で得られた選択肢集合を用いて推定される経路選択モデルのパラメータと、選別基準を用いて得られる選択肢集合から推定されるパラメータを比較し、余剰経路がモデルに及ぼす影響を分析することで、どの程度まで選別できればモデルへの影響を抑えられるかを検討することが必要である。

財政的制約等から鉄道整備の規模は徐々に縮小傾向にある。その一方で、成熟社会の進展により交通サービスに対する質的向上が求められている。このような状況下では、より透明性が高く、そして効果的な整備が求められる。本研究での取り組みは、このような社会的要請に対応した都市鉄道計画に大きく寄与するものであると言える。

謝辞：本調査にご協力いただきました方々に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 森地茂：東京圏の鉄道のあゆみと未来，2000．
- 2) 屋井鉄雄，岩倉成志，伊東誠：鉄道ネットワークの需要と余剰の推計法について，土木計画学研究・論文集 No.11，pp.81-pp.88，1993．
- 3) 屋井鉄雄，中川隆広，石塚順一：シミュレーション法による構造化プロビットモデルの推定特性，土木学会論文集 No.604/IV-41，pp.11-pp.21，1998．
- 4) 日比野直彦，兵藤哲朗，内山久雄：高密度な鉄道ネットワークへの実適用に向けた非 IIA 型経路選択モデルの特性分析 - 改良型 C-Logit モデルの提案 - ，土木学会論文集 No.765/IV-64，pp.131-pp.142，2004．
- 5) 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 No.702/IV-55，pp.3-pp.13，2002．
- 6) 小須田啓吾，浅見均，須澤浩之，加藤浩徳：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，土木計画学研究・講演集，No.30，CD-ROM，4pages，2003．
- 7) 若林哲男，日比野直彦，内山久雄：鉄道利用者行動分析のための調査方法について，J-Rail2001 講演論文集，pp.329-pp.332，2001．
- 8) 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 Vol.27，4pages，2003．
- 9) 尾島洋，日比野直彦，内山久雄，森田泰智：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一考察，土木学会第 59 回年次学術講演会，2pages，2004．
- 10) 水谷洋輔，山下良久，内山久雄：高密度な鉄道ネットワーク下での経路選択行動分析における選択肢集合の設定に関する研究，土木学会第 60 回年次学術講演会，2pages，2005．
- 11) 尾島洋，山下良久，日比野直彦，水谷洋輔：選択肢集合内の重複経路が鉄道経路選択モデルに及ぼす影響に関する一考察，J-Rail2005 講演論文集，4pages，2005．

- 12)水谷洋輔，山下良久，日比野直彦，尾島洋：鉄道経路選択行動分析における経路選択肢集合の生成方法に関する研究，第12回鉄道技術連合シンポジウム講演集，pp.395-398，2005.
- 13)Hibino,N and Yamashita,Y and Uchiyama,H：A Study on Calibration of Generated Route Choice Set for Railway Passengers，Proceedings of 10th Jubilee Meeting of EURO Working Group on Transportation，pp335-340，2005.
- 14)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-pp.124，1991．
- 15)福田大輔，森地茂：選択肢の選別過程に関する実証比較分析：交通手段選択行動を対象として，土木計画学研究・論文集 Vol.19 No.3，pp.375-pp.381，2000.

通勤鉄道利用者の経路選択肢集合に関する研究 *

水谷 洋輔**・山下 良久***・日比野 直彦****・内山 久雄*****

これまで，鉄道利用者の経路選択行動分析は，多くの経路の中から選択対象となる経路を無意識的に選別し（選別過程），選別された経路（選択肢集合）の中から最も望ましい経路を選択する（選択過程）という意思決定プロセスを前提として行われてきた．選択過程については，いくつかの非IIA型経路選択モデルが開発されるに至っている．一方，選別過程については，鉄道利用者はどのような経路属性によって選択肢を選別しているのか，といった視点からの研究事例はほとんど見られない．

本研究は，独自調査により通勤鉄道利用者の経路選択肢集合を取得し，それらをもとに選択肢集合形成経路と非代替経路の判別基準を見出すことを目的としている．

A Study on the Railway Routes Choice Sets for Commuters *

By Yosuke MIZUTANI**・Yoshihisa YAMASHITA***・Naohiko HIBINO****・Hisao UCHIYAMA*****

The railway route choice behavior analysis involves into tow stages; first generating a choice set and then, modeling route choice behavior based on the given choice set. The main interest of the analysis, until now, has been placed on a choice model itself a certain choice set. On the other hand, the generation process of a choice set has not been analyzed yet sufficiently. Therefore the study focuses on the generation process of a choice set, and proposes the rule of generating route choice set.
