

A Study on Relation of Choice Sets and Estimated Results on Route Choice Behavior Analysis

学 [土] ○ 森田 泰智 (東京理科大学), 正 [土] 日比野 直彦 (東京理科大学)

正 [土] 内山 久雄 (東京理科大学)

Yasutomo MORITA, Tokyo University of Science, 2641, Yamasaki, Noda-shi, Chiba #278-8510

Naohiko HIBINO, Tokyo University of Science

Hisao UCHIYAMA, Tokyo University of Science

Yasutomo MORITA, Naohiko HIBINO and Hisao UCHIYAMA (Tokyo University of Science)

Abstract: The railway network in the Tokyo Metropolitan Area has been high densely developed. As the result, railway passengers are able to choose one route from among several alternative routes in consideration of the level of whole railway services from origin to destination. This study (1) focuses on the choice sets that passengers recognize, (2) tries to analyze relation of the choice sets and estimated results on railway route choice behavior, in order to find the method of the choice sets.

キーワード : 鉄道経路選択行動, 選択肢集合

Key Words : Railway Route Choice Behavior, Choice Sets

1. はじめに

東京首都圏では、鉄道ネットワークが高密度に整備された結果、同一の発着地に対して複数の経路が存在している。そのため、今までにも多数の鉄道経路選択行動分析がなされてきた。これらの分析には、非集計分析を適用することが主流であり、幾つかの代表的なモデルが構築されてきたが、パラメータ推計を行なう際に設定する選択肢集合に関する議論はあまりなされておらず、設定方法を検討した研究¹⁾でさえも、モデルが統計的に最も有意となる場合を選択肢集合にすることが望ましいというに留まり、その設定方法が確立されているとは言いがたい。また、既往研究²⁾において、同一のデータ、モデルを用いているにも関わらず、選択肢集合の設定方法によって、分析結果が異なることが指摘されている。すなわち、今後、精緻な分析を行なっていくためには、この部分に焦点を当て、更なる検討が必要であると言わざるを得ない。しかしながら、従来利用されている大都市交通センサスは、実選択経路は取得されているものの、鉄道利用者が通勤定期券を購入する際に、候補として考えた経路(代替経路)に関しては取得されていない。そのため、分析者が選択肢集合を設定せざるを得なかった。

そこで、筆者らはこの点に着目し、今までにデータがなく、明らかとなっていなかった鉄道利用者が通勤定期券の経路および購入時に候補として考えた経路を「通勤時の鉄道経路選択に関する調査」³⁾により取得している。本研究では、これを鉄道利用者が認知している選択肢集合と定義し、それを基に、鉄道経路選択行動分析における選択肢集合の設定方法を探ることを目的とする。また、通勤行動は、選択可能な経路から候補として考える経路まで絞り込む「選別過程」と候補として考えた経路から

1つの経路まで絞り込む「選択過程」の2段階から構成されていると考え⁴⁾、選別過程に焦点を当て分析を行なう。具体的には、1つの要因で選択肢集合を設定することが、どの程度パラメータ推計結果に影響を及ぼすかを検証するために、一例として鉄道利用者が認知している選択肢集合と総所要時間順で選別を行なった場合の比較を行なう。次に、多数の選択肢を含む選択肢集合から鉄道利用者が認知している選択肢集合まで絞り込むために、どの程度の選択確率で絞り込みを行なうべきかを探るため、鉄道利用者が認知している選択肢集合から効用による選別を行なう。

2. 鉄道経路行動分析における選択肢集合形成過程

本研究では、通勤時の鉄道経路選択行動分析における選択肢集合形成過程は、図1のようなフローで形成され、図2のようなイメージであると仮定する。

はじめに、鉄道利用者の選択可能な経路を設定する必要がある。複数の経路を効率的に列挙する方法として、k番目経路探索法^{5),6)}が有効である。次に、設定された選択可能な経路から、総所要時間順、鉄道所要時間順、運賃順、乗換え時間順、混雑率指標順に上位数経路を選択肢集合に設定するといった複数の要因による選別を行なう必要がある。複数の要因による選別が行なわれた選択肢集合は、鉄道利用者の認知している選択肢集合を包含するが、それ以外の選択肢も多数含んでいるため、更なる選択肢の絞り込みが必要である。このため、複数の要因による選別を行なった後、パラメータ推計を行ない、選択確率を算出し、効用による絞り込みを行なう必要がある。ここで、効用による選別が行なわれた後、パラメータが変更され、選択確率を再計算した結果、新たに、選別の基準となる選択

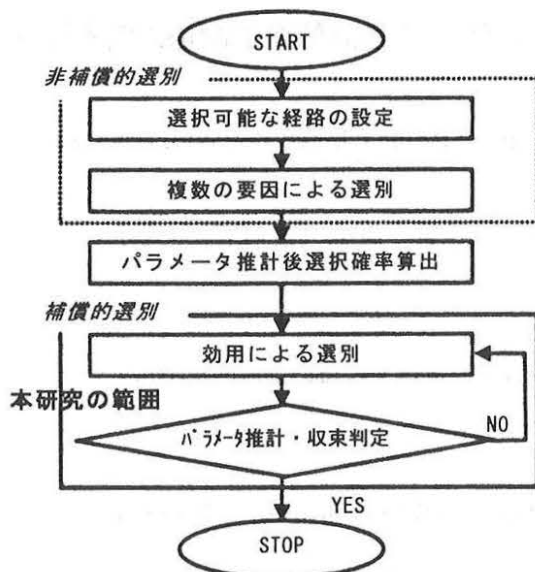


図1 選択肢集合形成過程のフロー図

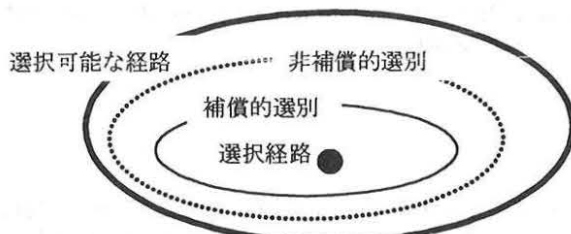


図2 選択肢集合形成過程のイメージ

確率に満たない選択肢が出た際には、再度効用による選別を行なう必要がある。このような、効用による選別、つまり、補償的な選別を行なうことで、鉄道利用者が認知している選択肢集合まで絞り込みを行なうことができると考える。

本研究では、選択可能な経路を設定する際や、複数の要因による選別を行なう際に、どの程度経路を設定する必要があるかに関して検討中であるため、先に効用による選別に焦点を当て分析を行なう。具体的には、鉄道利用者が認知している選択肢まで削り取らず、パラメータ推計に影響を及ぼさない範囲として、どの程度の選択確率で選択肢を絞り込むのが妥当であるかを把握するために、鉄道利用者が認知している選択肢集合から、効用による選別を行なう。

3. 分析データ

本研究では、筆者らが平成12年11、12月に実施した「通勤時の鉄道経路選択に関する調査」を用いて分析を行なう。この調査は、山手線より内側に勤務地があり、通勤に鉄道を利用している首都圏在住の通勤者を対象としたアンケート調査である。図3に本分析で用いるサンプルの出発地分布を示す。

4. 選択肢集合の設定

本研究では、鉄道経路選択行動分析における選択肢集合の設定方法を探るために、統計処理を行ない、鉄道利用者

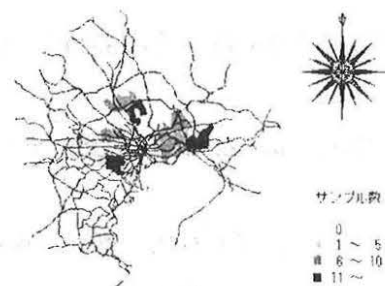


図3 回答者の自宅の分布

が認知している選択肢集合の特性を見出す。ここでは、全サンプルのうち、代替経路を持ち、初乗り駅、最終降車駅の両方で駅選択が可能である87サンプルを用いて鉄道利用者が認知している選択肢集合の特性の把握を行なっている。これを踏まえて、本研究で選択肢集合の設定を行なう。

4.1 鉄道利用者が認知している選択肢集合

初乗り駅と最終降車駅の駅選択肢数を図4に、鉄道利用者が認知している鉄道経路の選択肢数を図5に示す。全サンプルの平均選択肢数は2.8経路である。図4、図5より、多数の鉄道利用者は、2駅以内の初乗り駅と最終降車駅を、4経路以内の鉄道経路を選択肢集合として認知していることが見て取れる。

4.2 本研究で設定する選択肢集合

図4を基に、初乗り駅と最終降車駅を2駅ずつ設定する。設定条件を以下に示す。

a) 初乗り駅の設定

1つ目の駅は、最寄駅と設定する。ここで最寄駅とは、出発地から最も近い(道路距離が最も短い)駅のことである。

2つ目の駅は、1つ目の駅に優等列車が停車しない場合は、同一路線の優等列車停車駅と他線の駅のうち近い方の駅とする。また、1つ目の駅に優等列車が停車する場合は、他線の駅のうち最も近い駅とする。実選択において最長アクセス距離が8,859mであるため、ここでは、この距離を限界距離とする。

b) 最終降車駅の設定

勤務先から近い順に2駅を設定する。

c) 鉄道経路の設定

図5を基に、初乗り駅から最終降車駅間までの鉄道所要時間が短い順に5経路とする。

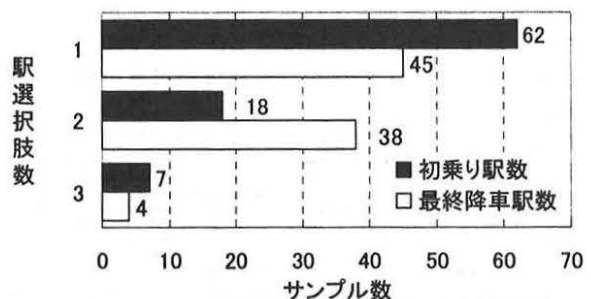


図4 初乗り駅と最終降車駅の駅選択肢数

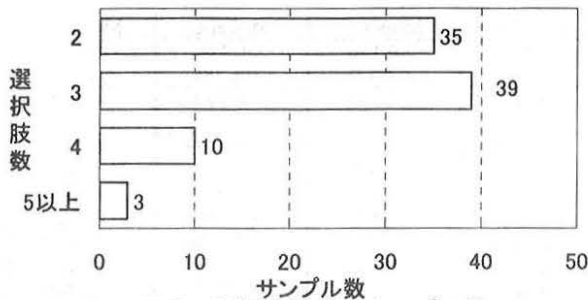


図5 選択肢数別のサンプル数

5. 選択肢集合とパラメータ推計結果の関係

5.1 分析方法

本研究では、筆者らが提案した C*-Logit モデル^{7),8)}を適用してパラメータ推計を行なう。

C*-Logit モデルは、C-Logit モデル⁹⁾の確定項で類似性を表現するという特徴を残しつつ、問題とされていた同重複率・異所要時間が表現できていないという点を改良したものである。式(1)~(5)にそのモデル式を示す。ここで、選択肢 r に関して、 U は効用、 V は確定効用、 CF^* は重複を表現する項、 P は選択確率、 T_0 は分析対象とする選択肢集合の所要時間の平均値、 d_{ij} は経路 i と経路 j の重複率、 T_i 、 T_j はそれぞれ経路 i 、経路 j の所要時間、 β' 、 θ は推計パラメータである。確定効用のパラメータおよび β' 、 θ を同時推計するモデルである。なお、 T_0 によってパラメータ推計は決定されるため、適用においても、パラメータ推計した際の T_0 を用いる必要がある。

説明変数は、アクセス時間(分)、アクセス選択手段外時間(分)、路線バス系統数(本)、イグレス時間(分)、ラインホール時間(分)、運賃(千円/月)、初乗り駅列車本数(本/時間)、乗換え駅における水平移動時間(分)、上り方向移動時間(分)、下り方向移動時間(分)、乗換え待ち時間(分)、混雑率指標(分×%)²、階段利用率の13であり、推計パラメータの数は、これに β' 、 θ を加えた15である。

$$U_r = V_r - CF_r^* + \varepsilon_r \quad (1)$$

$$P_r = \frac{\exp(V_r - CF_r^*)}{\sum \exp(V_r - CF_r^*)} \quad (2)$$

$$CF_r^* = \beta' \ln \sum (d_{ij})^{\gamma'} \quad (0 \leq \beta' \leq 1, \gamma' > 0) \quad (3)$$

$$\gamma' = \frac{1}{10} (\exp(d_{ij}) - 1) (\beta' - 1) (\sqrt{T_i T_j} - T_0) + \gamma' \quad (4)$$

$$\gamma' = \exp(-\exp(\theta)) + 1 \quad (5)$$

P_r	: 選択確率
V_r	: 確定効用
CF_r^*	: Commonality Factor
β'	: 推計パラメータ
θ	: 推計パラメータ
T_i	: 経路 i の所要時間
T_j	: 経路 j の所要時間
T_0	: 選択肢集合の所要時間の平均値
d_{ij}	: 経路 i と経路 j の重複率

5.2 選択肢集合の設定がパラメータ推計に及ぼす影響

本節では、1つの要因で選択肢を絞り込んだ場合、どの程度パラメータ推計結果に影響を及ぼすかを調べる。具体

表1 パラメータ推計結果の比較

説明変数	Model 1	Model 2
アクセス時間 (分)	-0.150 (-4.39)	-0.170 (-4.64)
アクセス選択手段外時間 (分)	-0.494 (-7.81)	-0.446 (-6.93)
路線バス系統数 (本)	0.0741 (4.52)	0.0757 (3.38)
イグレス時間 (分)	-0.229 (-2.75)	-0.153 (-2.20)
ラインホール時間 (分)	-0.0787 (-2.81)	-0.0192 (-0.580)
鉄道運賃 (千円/月)	-0.105 (-1.60)	-0.265 (-4.44)
初乗り駅列車本数 (本/時間)	0.0626 (2.03)	0.0541 (2.08)
乗換え駅水平移動時間 (分)	-0.325 (-2.14)	-0.483 (-3.14)
乗換え駅上り移動時間 (分)	-0.886 (-3.69)	-1.37 (-9.13)
乗換え駅下り移動時間 (分)	-0.795 (-3.42)	-0.647 (-8.66)
乗換え駅待ち時間 (分)	-0.0979 (-1.83)	-0.0338 (-0.702)
階段利用率	-0.928 (-9.61)	-1.04 (-6.22)
混雑率指標 (分×%) ²	-0.0174 (-1.81)	-0.0146 (-1.88)
β'	0.897 (3.83)	0.843 (3.09)
θ	3.68 (36.2)	3.67 (48.9)
自由度調整済み尤度比 の中率	0.288 60.9%	0.337 59.4%
サンプル数	202	

的には、鉄道利用者が認知している選択肢集合と本研究で設定する選択肢集合の2種類の選択肢集合を用い、実際にパラメータを推計し、それらの比較を行なう。ここで、鉄道利用者が認知している選択肢集合の平均選択肢数が5.4経路であること、既往研究における選択肢集合の設定には、所要時間による選別が多く用いられていることから、4.2節の設定で作成された20(=2×2×5)経路に、アクセス手段2手段を設定し、計40(=2×20)経路から、総所要時間順に上位5経路取得した選択肢集合を本研究で設定する選択肢集合とする。

鉄道利用者が認知している選択肢集合を用いて構築したモデルを Model 1、本研究で設定する選択肢集合を用いて構築したモデルを Model 2 とし、パラメータ推計した結果を表1に示す。Model 1と比較して、Model 2のラインホール時間、乗換え駅待ち時間のパラメータが小さく、鉄道運賃、乗換え移動に関する変数のパラメータが大きい。この原因として以下の①~③の理由が考えられる。① Model 2の選択肢集合は、総所要時間順に設定されているため、ラインホール時間、乗換え駅待ち時間の選択肢間におけるLOSに差が少ない。② Model 1の選択肢集合は、所要時間よりも乗換え抵抗や混雑の小さな経路を代替経路として考えているサンプルが見られることから、Model 1と比較して、Model 2のラインホール時間のパラメータが小さくなっていると推測される。③ Model 2の選択肢集合は、途中で優等列車に乗換えを行なっている経路、他の鉄道事業者の路線に乗換えを行なうが、所要時間の短い経路が多く見られたのに対して、Model 1の選択肢集合は、所要時間は長い、乗換え抵抗の小さな経路や他の鉄道事業者の路線に乗換えをしない経路を代替経路として考えている傾向があることから、

表2 効用による選別がパラメータ推計に及ぼす影響

説明変数	Model 1	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7
アクセス時間 (分)	-0.150 (-4.39)	-0.150 (-4.43)	-0.150 (-4.39)	-0.150 (-4.37)	-0.148 (-4.38)	-0.145 (-4.11)
アクセス選択手段外時間 (分)	-0.494 (-7.81)	-0.494 (-8.16)	-0.494 (-7.83)	-0.494 (-7.55)	-0.490 (-7.80)	-0.482 (-7.22)
路線バス系統数 (本)	0.0741 (4.52)	0.0741 (4.56)	0.0741 (4.51)	0.0741 (4.43)	0.0735 (4.48)	0.0722 (4.37)
イグレス時間 (分)	-0.229 (-2.75)	-0.230 (-2.66)	-0.229 (-2.51)	-0.229 (-3.06)	-0.224 (-2.39)	-0.219 (-2.28)
ラインホール時間 (分)	-0.0787 (-2.81)	-0.0787 (-2.81)	-0.0786 (-2.80)	-0.0786 (-2.64)	-0.0770 (-2.71)	-0.0747 (-2.58)
鉄道運賃 (千円/月)	-0.105 (-1.60)	-0.105 (-1.60)	-0.105 (-1.80)	-0.105 (-1.76)	-0.103 (-1.64)	-0.0996 (-1.69)
初乗り駅列車本数 (本/時間)	0.0626 (2.03)	0.0626 (1.94)	0.0626 (1.95)	0.0625 (2.03)	0.0615 (1.93)	0.0602 (1.84)
乗換え駅水平移動時間 (分)	-0.325 (-2.14)	-0.325 (-2.52)	-0.324 (-2.39)	-0.323 (-3.04)	-0.319 (-1.98)	-0.307 (-1.86)
乗換え駅上り移動時間 (分)	-0.886 (-3.69)	-0.885 (-3.49)	-0.885 (-3.20)	-0.887 (-5.20)	-0.872 (-3.00)	-0.851 (-2.69)
乗換え駅下り移動時間 (分)	-0.795 (-3.42)	-0.795 (-3.12)	-0.795 (-3.42)	-0.797 (-5.65)	-0.783 (-3.17)	-0.765 (-2.43)
乗換え駅待ち時間 (分)	-0.0979 (-1.83)	-0.0979 (-1.84)	-0.0979 (-1.91)	-0.0976 (-1.86)	-0.0960 (-1.86)	-0.0937 (-1.80)
階段利用率	-0.928 (-9.61)	-0.928 (-9.10)	-0.928 (-9.72)	-0.929 (-11.3)	-0.925 (-9.89)	-0.917 (-6.25)
混雑率指標 (分×%)	-0.0174 (-1.81)	-0.0174 (-1.81)	-0.0174 (-1.82)	-0.0174 (-1.81)	-0.0171 (-1.77)	-0.0165 (-1.69)
β'	0.897 (3.83)	0.896 (3.41)	0.896 (3.30)	0.899 (7.37)	0.894 (7.73)	0.880 (3.47)
θ	3.68 (36.2)	3.68 (32.8)	3.68 (32.2)	3.68 (48.9)	3.68 (50.5)	3.68 (48.2)
自由度調整済み尤度比	0.288	0.287	0.284	0.281	0.257	0.232
的中率	60.9%	60.9%	60.9%	60.9%	60.9%	60.9%
サンプル数	202					

Model 1 と比較して、Model 2 の鉄道運賃や乗換え移動に関する変数のパラメータが大きくなったと推測される。

5.3 効用による選別がパラメータ推計に及ぼす影響

本節では、多数の選択肢を含む選択肢集合から鉄道利用者が認知している選択肢集合まで絞り込むために、どの程度の選択確率で絞り込みを行なう必要があるかを調べるために、鉄道利用者が認知している選択肢集合から効用による選別を行なう。

本節では、選択確率 0.01%、0.05%、0.1%、0.5%、1%未満の選択肢を選別した選択肢集合を用いて構築したモデルをそれぞれ Model 3、Model 4、Model 5、Model 6、Model 7 とし、パラメータ推計した結果を表 2 に示す。表 2 より、Model 3～5 のパラメータは、Model 1 と比較すると差は見られないが、Model 6、7 のパラメータは、Model 1 と比較すると徐々に小さくなる傾向が読み取れる。これより、選択確率 0.1%未満までの選択肢を削除しても、鉄道利用者が認知している選択肢まで削り取らず、パラメータ推計に影響を及ぼさないが、それ以上の選択確率で絞り込みを行なうと、全ての説明変数において選択肢間における LOS に差が見られなくなり、パラメータが小さくなったと推測される。このため、多数の選択肢を含む選択肢集合から鉄道利用者が認知している選択肢集合まで絞り込むには、選択確率 0.1%未満までの選択肢を削除するのが妥当であると考えられる。

6. おわりに

本研究では、鉄道経路選択行動分析における選択肢

集合の設定方法を探るために、選択肢集合の設定がパラメータ推計結果にどの程度影響を及ぼすかを分析している。その結果、1つの要因で選択肢集合を決めることは難しいため、複数の要因による選択肢の絞り込みを行なう必要があること、効用による選別を行ない、多数の選択肢を含む選択肢集合から鉄道利用者が認知している選択肢集合まで絞り込むには、選択確率 0.1%未満までの選択肢を削除するのが妥当であることを示し得た。今後は、効用による選別を行なう前の選別にあたる複数の要因による絞り込みを行ない、鉄道経路選択行動分析における選択肢集合の設定方法の検討を試みる。

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肢集合とパラメータ特性, 土木学会論文集 No.702/IV-55, pp.3-13, 2002
- 2) 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, No.19, pp.375-381, 2002
- 3) 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, 平成 13 年鉄道技術連合シンポジウム(J-RAIL2001), pp.329-332, 2001
- 4) Manski, C.: The structure of random utility models, Theory and Decision 8, pp.229-254, 1977
- 5) 加藤直樹, 茨木俊秀, 三根久: 無向グラフの第 K 最短単純路を求める O(Kn²) アルゴリズム, 電子通信学会論文誌, Vol. J61-A, No.12, 1978
- 6) 日比野直彦, 大石洋也, 内山久雄: 首都圏鉄道ネットワークの有効活用に向けた鉄道ネットワーク配分システムの開発, Vol.27, 4page, 2003
- 7) 日比野直彦, 兵藤哲郎, 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 型鉄道経路選択モデルの提案, 土木計画学研究・講演集, Vol.27, 4page, 2003
- 8) 日比野直彦, 兵藤哲郎, 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 C*-Logit モデルの検証, 土木計画学研究・講演集, Vol.28, 4page, 2003
- 9) Cascetta, E., Nuzzolo, A., Russo, F. and Vitetta, A.: A Modified Logit Route Choice Model Overcoming Path Overlapping Problem. Specification and some Calibration Results for Interurban Networks, Transportation and Traffic Theory, Proceedings of the 13th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, Lesort, J. B. ed, Elsevier Science, Oxford, pp.195-207, 1996