

京阪神都市圏鉄道ネットワークにおける経路選択に関する基礎的研究

徳島大学大学院 学生員 ○沼田秀樹

徳島大学大学院 正会員 奥嶋政嗣

徳島大学大学院 正会員 近藤光男

1. はじめに

大都市圏では複数の経営主体の鉄道路線が整備され、都市鉄道網が形成されてきている。近年、京阪神都市圏においても、鉄道路線の接続のみでなく、相互直通運行、乗り換えが容易なターミナルの整備、乗り継ぎ割引料金の運用などのシームレス化が図られてきている。それにより、鉄道利用者は多様な経路の選択が可能となってきた。そこで本研究では、京阪神都市圏の鉄道ネットワークを対象として、経路選択モデルを構成することで、経路選択に関わる要因を特定し、その影響を明確にすることを目的とする。

2. 鉄道経路選択の分析方法

既存研究のレビューに基づいて、鉄道ネットワークに関する経路選択モデルについて整理する。大都市圏では、同一ゾーンから複数の鉄道駅へのアクセスおよびイグレスのトリップが観測される場合がある。さらに、高密度な鉄道網を対象とすると、同一の鉄道駅間においても複数経路が選択可能となってきた。

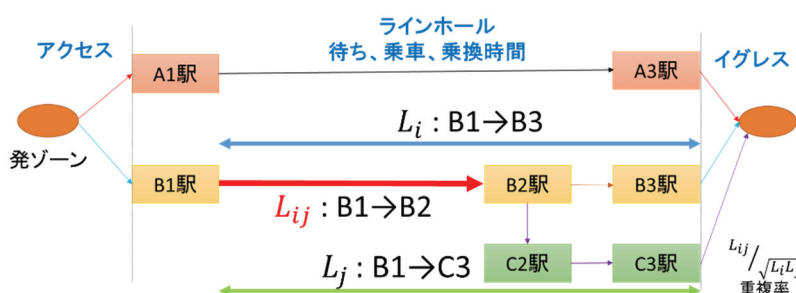


図-1 複数の鉄道経路における経路重複区間

したがって、経路選択肢集合を構成することが容易でない。このため、発駅選択（発ゾーン～発駅）と利用経路選択（発駅～着ゾーン）に階層化してモデル化されている例もみられる。本研究では、発駅を所与とし、下位階層の利用経路選択に着目してモデル化することとする。

発駅～着ゾーン間の利用経路選択に関わる要因としては、旅行時間（乗車時間、待ち時間、乗換時間、イグレス時間）、旅行費用（鉄道料金）、乗換抵抗（乗換回数）などの交通サービス水準およびトリップ目的などが挙げられる。ここで、同一の発着地に対して複数の経路が存在する図-1に例示するようなネットワークでは、経路重複区間がみられ、選択肢の独立性が必ずしも保証されない。このため、経路重複を考慮した経路選択モデルとして、[1]C-Logit モデル、[2]Path Size Dial Logit モデルなどが提案されている。本研究では、首都圏での鉄道経路選択分析において事例のあるC-Logitモデルを適用する。

C-Logit モデルでは、経路重複度を表す Commonality Factor(経路重複項； $CF_i = \beta \ln \sum_j \left(\frac{L_{ij}}{\sqrt{L_i L_j}} \right)^\gamma$ (1) CF 項)を考慮する。経路 i と経路 j の経路重複率は、それぞれの経路長 L_i

と L_j の相乗平均の対する経路重複長 L_{ij} の割合で表される。経路 i の CF 項は、当該経路 i に重複する経路 j との経路重複率を用いて、式(1)のように表される。各経路の交通サービス水準などの経路選択要因で表される確定効用に、この CF 項およびガンベル分布に従う誤差項を加算して、経路選択効用が記述される。既往研究と同様に経路重複率の指数パラメータ γ を 1 と設定することとする。一方、係数パラメータ β は、他の経路選択要因の係数パラメータと同様に、多項ロジットモデルでの係数パラメータの最尤推定法により推定可能である。このように、C-Logit モデルではシミュレーション法を用いることなく、パラメータ推定が可能である。しかしながら、経路長が異なる場合でも、同重複率であれば、経路重複の影響は同一となる点に留意する必要がある。

3. 鉄道経路選択データの作成

鉄道利用経路の実績データとして、第3回京阪神都市圏PT調査データ（2000年）を用いる。圏域内の現存駅1274駅を対象に、鉄道利用トリップとして174,984サンプルを抽出した。PT調査データより、鉄道サービス水準として、駅間時間、駅間乗換時間、イグレス時間、駅間乗換回数などの経路情報を用いることとする。

一方、利用経路に関する乗車時間、待ち時間、駅内乗換時間の区分、鉄道料金、駅内乗換回数の経路情報の

記載がなく、代替経路情報もない。このため、鉄道駅間経路探索システムを用いて、代替経路情報を作成し、利用経路情報を補完することとした。具体的には、利用可能性のある発着駅間 862,875 ペアについて、それぞれの駅間での経路を探索した。その結果として、推奨される 5 経路を代替経路データとして抽出した。また、それぞれゾーンに対して、端末利用実績のある鉄道駅を特定し、着ゾーンおよび平均イグレス時間を代替経路情報に付加した。利用経路データと代替経路データをマッチングすることで、利用経路情報（各種サービス水準）を特定した。代替経路データについては、複数の鉄道駅から着ゾーンへのイグレスの実績がある場合には、一般化費用、移動時間、料金、乗換回数、イグレス時間の最小化の基準により、最大で 5 経路に限定した。

抽出された鉄道経路に関しては、異なる鉄道路線であっても区間（リンク）を共用している場合がある。ここで、経路重複率の算定を行うためには、鉄道ネットワークから経路を特定しマッチングすることが必要となる。そこで、京阪神都市圏の鉄道ネットワークデータ（駅隣接関係データ）を作成し、隣接駅間乗車時間に基づいて、利用経路・代替経路間および代替経路相互間の経路重複率を算定した。最終的に、171,817 サンプルの鉄道経路選択データが、鉄道経路選択モデルの構築に利用可能となった。

ここで、鉄道経路選択データの特徴を把握するために、鉄道料金と乗車時間の関係を図-2 に示す。鉄道料金は乗車時間と高い相関関係がみられる。同様に、鉄道料金は乗換回数とも高い相関がみられる。そこで、鉄道料金を乗車時間と乗換回数で表した線形回帰分析を行った。その推定結果として、乗車時間、乗換回数および定数項の係数パラメータは正值で有意となった。このため、これらの要因間の重共線性を考慮して分析する必要がある。

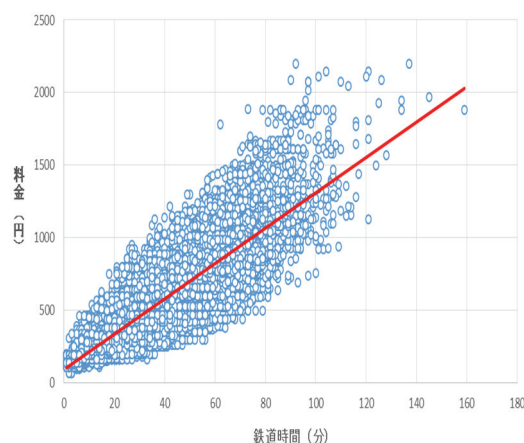


図-2 鉄道料金と乗車時間の関係

4. 鉄道経路選択モデルの推定

トリップ目的別に鉄道経路選択データを分類し、鉄道経路選択モデルを推定する。いずれのトリップ目的についても、C-Logit モデルの推定結果では、CF 項の係数パラメータ β が負値で有意となった。また、多項ロジットモデルと比較して、尤度比が大きく向上する結果となった。しかしながら、乗車時間、料金、乗換回数の係数パラメータは正值で推定され、符号条件より適切でない。

ここで、要因間の重共線性を考慮して、乗車時間および乗換回数で表された鉄道料金の線形回帰モデルの残差を「料金残差」として説明変数とし、料金を説明変数から除外することとした。乗換回数と乗換時間の相関も高いことから、乗車時間、待ち時間、乗換時間を「鉄道時間」とまとめて表すこととした。このように説明変数を再構成した C-Logit モデルの推定結果を表-1 に示す。登校目的の乗換回数を除けば、いずれの説明変数も、係数パラメータは負値で推定され、統計的に有意となっている。このように、料金残差を説明変数とすることで、経路重複を含めて、概ね妥当な推定結果を得ることができた。

表-1 鉄道経路選択モデルの推定結果

	通勤	登校	自由	業務	帰宅
イグレス時間 (分)	-0.14 (-85.49)	-0.086 (-37.95)	-0.13 (-54.72)	-0.15 (-35.73)	-0.12 (-90.85)
鉄道時間 (分)	-0.020 (-17.09)	-0.022 (-13.62)	-0.020 (-7.63)	-0.011 (-3.93)	-0.96 (-11.96)
乗換回数	-0.089 (-6.95)	0.033 (-1.60)	-0.15 (-7.63)	-0.20 (-6.11)	-0.0025 (-24.32)
料金残差	-0.00039 (-4.71)	-0.0016 (-12.10)	-0.0016 (-12.67)	-0.00065 (-3.28)	-0.00054 (-8.42)
CF	-0.40 (-164.8)	-0.43 (-101.45)	-0.32 (-97.90)	-0.39 (-68.28)	-0.39 (-189.04)

5. おわりに

本研究では、京阪神都市圏の鉄道ネットワークを対象として、鉄道経路選択データを作成し、経路重複を考慮して鉄道経路選択分析を行った。その結果として、要因間の相関を考慮する必要があり、料金残差および鉄道時間を説明変数とすることで、シームレス化に対応した発駅からの利用経路選択を表現することができた。今後の課題としては、発駅選択モデルの構築と統合などが挙げられる。

【参考文献】[1]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, pp. 131-142, 2004.