

駅アクセスに着目した新規都市鉄道の需要予測に関する実証的研究*

An Empirical Analysis on Demand Forecasting Method for New Urban Railroad Focusing on Access Travel Behavior*

倉内慎也**・横地達雄***・山本俊行****・森川高行*****

By Shinya KURAUCHI**・Tatsuo YOKOCHI***・Toshiyuki YAMAMOTO****・Takayuki MORIKAWA*****

1. はじめに

新規都市鉄道の整備効果としては、アクセス・イグレス時間の短縮に起因する効果が最も大きいであろう。従って、需要予測や便益評価においては、アクセス・イグレス時間の短縮を正確に評価することが極めて重要となる。一方、わが国では、新規都市鉄道の需要予測の基礎データとして、トリップエンドの空間的表現にゾーンシステムを採用したパーソントリップ（以下、PT と呼称）調査データが一般的に用いられるため、需要予測等における LOS データには必然的に誤差が生じ、それが予測精度の低下に繋がる懸念される。実際、需要予測の事後評価を行った運輸政策研究機構の報告¹⁾では、分担段階における誤差が最も大きく、その原因として、人口重心等により設定したセントロイドが駅に近接してしまう場合が多いため、アクセス・イグレス時間が過小に評価され、結果として鉄道利用の過大予測が生じていることを指摘している。

アクセス・イグレス行動の評価に関しては、競合経路の考慮の問題も挙げられよう。大都市のように鉄道路線網が密である場合を除き、需要予測に際しては、最寄り駅利用経路あるいは OD 所要時間が最短となる経路を確定的に選択するという仮定がなされることが多い。一方、森川ら²⁾が郊外の新交通システムを対象として行なった需要予測の事後評価に関する研究では、最寄りの鉄道路線を利用するという仮定がなされたが故に、駅までの距離は遠いが都心部へ直接乗り入れている既存路線にバスや自動車を利用してアクセスする現象が考慮されず、それが過大予測の一因になっていると結論付けている。また、鉄道の利便性は、単なるアクセス・イグレスに関

する空間距離のみならず、駅までの端末交通や駐車場の整備状況などの利便性に大きく影響を受ける。従って、競合路線を考慮するだけでなく、各路線のそれぞれの駅への端末交通の利便性を明示的に考慮する必要がある。

そこで、本研究では、ゾーニングおよび競合経路の考慮が需要予測モデルの推定ならびに現況再現性にどの程度の影響があるのかについて、独自に実施したアンケート調査データを用いて実証的に分析を行うことを目的とする。

2. 分析手法

(1) アンケート調査の概略

本研究では、名古屋大学森川・山本研究室が実施した交通実態調査データを用いて分析を行う。アンケート調査の概要を表1に示す。調査は、2005年10月6日に延伸され日本初の地下鉄環状路線となった名古屋市営地下鉄名城線延伸区間、同日に開業した名古屋臨海高速鉄道あおなみ線、および2005年3月6日に開業した愛知高速交通東部丘陵線の3路線の沿線住民を対象とし、延伸・開業前の2004年9月に実施した。本研究では、得られた回答項目のうち、名古屋都心部に位置する栄地区に自由目的で来訪する際の交通手段およびその経路を尋ねたデータを用いて分析を行う。設問内容や形式自体はごく一般的なものであるが、居住地が番地レベルまで特定可能な点に特長がある。なお、栄地区への鉄道アクセス利便性

表1 交通実態調査の概要

実施主体	名古屋大学森川・山本研究室
配布日時	2004年9月中旬
対象者	名古屋市営地下鉄名城線砂田橋 - 新瑞橋駅、名古屋臨海高速鉄道あおなみ線、および愛知高速交通東部丘陵線の沿線住民
調査形式	ポスティングによる配布、郵送回収
配布枚数	6000世帯（各地域2000世帯に無作為に配布、1世帯あたり2通の個人票）
回収率	954世帯（15.9%）
主な調査項目	・ 個人属性・世帯属性 ・ 通勤・通学交通手段およびその経路 ・ 自由目的による都心部来訪時の利用交通手段およびその経路 ・ 仮定の状況下における交通手段の利用意向（SPデータ、通勤通学および自由目的のそれぞれについて1個人あたり8つの設問）

*キーワード：公共交通需要、交通手段選択、経路選択

**正会員，博(工)，名古屋大学大学院工学研究科

(名古屋市千種区不老町，TEL: 052-789-3565，

E-mail: kurauchi@civil.nagoya-u.ac.jp)

***正会員，修(工)，名古屋市上下水道局

(名古屋市瑞穂区牧町 1-39，TEL: 052-841-7146)

****正会員，博(工)，名古屋大学大学院工学研究科

(E-mail: yamamoto@civil.nagoya-u.ac.jp)

*****正会員，Ph.D.，名古屋大学大学院環境学研究科

(E-mail: morikawa@nagoya-u.jp)

については、同一路線内でも大きく異なるが、概して幾つかの地下鉄路線が利用可能な名城線延伸区間が最も高く、次いであおなみ線沿線地区、東部丘陵線沿線地区の順になっている。

(2) 分析に用いたモデル

1章で述べたように、新規鉄道路線の需要予測に際しては、競合路線と共に、各駅までの末端交通の利便性を考慮する必要がある。しかし、代表交通手段の選択に加え、乗車駅と降車駅、ならびにそこまでの末端交通手段の選択を独立的に捉えた場合、その組み合わせの数は膨大となる。そこで、本研究では、乗降車駅のペアが異なる代替案を経路と定義し、代表交通手段が鉄道である場合に限り経路と末端交通手段の選択を考えることとした。モデル構造を図1に示す。ここで、図中の μ は当該段階の誤差項のスケールパラメータである。なお、本研究では、目的地は栄地区のみであるため、末端交通はアクセス交通手段のみを考えていることに注意されたい。

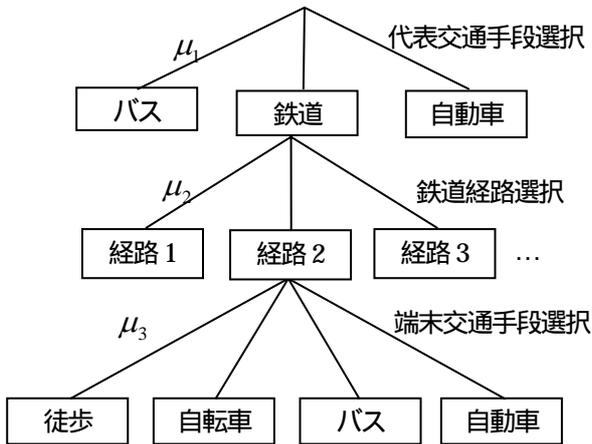


図1 ネスティッドロジットモデルの構造

(3) LOSデータの作成

本研究では、バスや自動車による鉄道駅へのアクセスを考慮するために、利用可能性のある鉄道駅として、出発地点からの最寄り駅3駅に加え、列車乗り換えが可能な駅および準急列車以上の列車が停車する駅（以下、主要駅と呼称）からアクセス距離が短い順に3駅、バスアクセス時間が短い順に2駅、の最大8駅までを抽出し、そこから栄駅までの全経路を利用可能経路とした。さらに、この方法に基づいて抽出した経路に、アンケート調査において回答した利用経路が含まれなかった場合は、それを追加した上でLOSデータを作成した。鉄道のLOSデータについては、公共交通ネットワークと時刻表が埋め込まれた経路探索システムを用いて作成し、忠実にLOSが再現されるように努めた。なお、末端交通のLOSデータについては、デジタルロードマップを用いて算出した各駅までの最短道路距離に基づいて作成し

ている。バスを代表交通手段とする場合のLOSデータについては、出発地点が名古屋市内であれば1km以内、市外であれば2km以内のバス停を全て抽出し、そこから栄バス停までの全経路から最短所要時間を与える経路を採用した。なお、バス停までのアクセス手段については徒歩を利用すると仮定している。自動車を代表交通手段とする場合については、デジタルロードマップ上で出発地点から栄交差点までの最短道路距離を探索し、それに基づいて所要時間や料金を算出した。

(4) 分析に用いるゾーン区分

ゾーニングが需要予測モデルの推定結果や現況再現性に及ぼす影響を把握するため、本研究では、アンケート調査で得られている正確な居住地を出発地点とした場合の他に、表2に示す町丁目、PT調査の小ゾーンおよび基本ゾーンの3つのゾーニングを採用して分析を行った。ここで、町丁目については、国勢調査等の人口統計データの最小単位であることから、実際の需要予測に際して既存の拡大手法が適用可能な最小ゾーンという位置付けで採用している。セントロイドの設定については、町丁目は空間重心を用い、小ゾーンおよび基本ゾーンについては、ゾーン内に含まれる各町丁目セントロイドの緯度経度をその人口で重み付けすることにより算定した。以上のように設定したセントロイドを居住地にかわる出発地点とみなし、前節で述べた方法に基づいて各々のゾーニングに対応する4種類のLOSデータを作成した。

表2 分析に用いたゾーン区分

ゾーン区分	特徴
居住地	最も詳細なデータ アンケート調査データより取得
町丁目	国勢調査の最小単位 予測結果の人口拡大が可能
PT小ゾーン	PT調査の最小単位 居住人口1万人程度
PT基本ゾーン	小ゾーン2~3個を含む 居住人口2万人程度

3. 分析結果

(1) ゾーニングによるLOSデータの測定誤差

モデル推定に先立ち、ゾーニングによるLOSデータの測定誤差を把握するため、居住地から最寄り駅までの正確な距離と、各ゾーンのセントロイドから算出した最寄り駅までの距離との相関係数を算出した。紙面の都合上、表3に名城線地域の結果のみを示す。

ゾーンが大きくなるにつれ相関は低くなり、小ゾーンになるとかなりの測定誤差が生じていることがわかる。従って、従来のPTデータに基づく需要予測では、このようなLOSデータの測定誤差が少なからず予測精度の低下を招いているものと推測される。

表3 居住地ベースのデータに対する
各ゾーニングによる最寄り駅までの距離の相関

町丁目	小ゾーン	基本ゾーン
0.951	0.777	0.622

(2) ゾーニングによるモデル推定結果の差異

異なるゾーニングに基づいて作成したLOSデータを用いて図1のネスティッドロジットモデルを推定した結果を表4に示す。なお、地域間で顕著な差が見受けられなかったため、本稿では名城線地域のモデル推定結果のみ掲載する。

まず、AICの値から、ゾーンが大きくなるにつれモデルの適合度は低下し、小ゾーンになるとそれが顕著であることがわかる。次にスケールパラメータを見ると、居住地および町丁目ベースのモデルでは、端末交通手段選択段階と鉄道経路選択段階の誤差項の分散の等価性が棄却されない、すなわちモデル構造としては上位に代表手段選択段階、下位に端末手段を含む経路選択段階の2段階のツリー構造に帰着するのに対し、小ゾーンや基本ゾーンベースのモデルでは図1のツリー構造が有意に成立している。これは、ゾーンが大きくなると、各駅までのアクセス距離に共通の測定誤差が含まれるため、各経路の端末手段選択モデルの誤差項に相関が生ずるためであると考えられる。同様に、ゾーンが大きくなるほど、

LOSデータのパラメータ推定値の有意性が低下し、一方で一部のダミー変数の有意性は向上している。これは、LOSが異なるが故に同一ゾーン内でも異なる選択を行っているサンプルが存在するのに対し、ゾーンシステムを採用した場合、LOSが同一になってしまうため、選択行動の差異を個人属性等で表現するように推定されたものと推測される。実際、推定結果を用いて新規鉄道路線が整備された場合に最も影響が大きいと予想される最寄り駅までのアクセス距離に対する直接弾性値を算出したところ、ゾーンが大きくなるにつれ弾性値は概ね小さくなるという結果が得られ、これはアクセス距離抵抗を過小評価し、結果として鉄道需要の過大予測を招く危険性があることを示唆していると言えよう。同様に時間価値を算出すると、ゾーンの大きさによる規則性は見受けられなかった。これは、セントロイドと駅等との相対的位置は必ずしもゾーンサイズに依存しないためであると思われるが、いずれにせよその変動はかなり大きい。精度が比較的良いと思われた町丁目ベースのモデルでさえ居住地ベースのモデルの値から大きく乖離しており、ゾーンシステムを採用したデータから推計された時間価値を用いて便益評価を行った場合、政策判断を大きく誤らせる危険性があるものと推察される。

表4 異なるゾーニングによるネスティッドロジットモデルの推定結果

	居住地ベース		町丁目ベース		小ゾーンベース		基本ゾーンベース	
	推定値	t 値	推定値	t 値	推定値	t 値	推定値	t 値
<i>代表交通手段選択段階のパラメータ</i>								
スケールパラメータ	0.120	3.3	0.147	3.5	0.145	3.1	0.209	3.0
バス定数項	-3.63	-1.4	-2.10	-1.1	-2.43	-1.1	-0.0207	-0.018
自動車定数項	-32.1	-3.1	-26.1	-3.2	-25.6	-2.8	-16.4	-2.5
自動車保有ダミー(自動車)	25.6	2.6	20.9	2.7	21.0	2.4	14.5	2.4
<i>鉄道経路選択段階のパラメータ</i>								
スケールパラメータ	1.19	4.3	1.05	4.9	0.751	4.3	0.786	3.9
<i>端末交通手段選択段階のパラメータ</i>								
スケールパラメータ	1.00	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-
最寄り駅ダミー(自転車)	-4.62	-7.0	-4.72	-7.4	-4.64	-6.6	-3.99	-6.4
主要駅ダミー(自転車)	-4.07	-4.3	-4.15	-5.1	-4.37	-5.3	-3.51	-4.9
その他駅ダミー(自転車)	-1.43	-1.2	-2.22	-1.8	-1.80	-1.3	-2.52	-2.2
バス定数項	-5.75	-5.8	-4.93	-6.3	-5.07	-5.9	-4.65	-5.7
自動車定数項	-9.40	-6.3	-9.08	-6.6	-8.86	-6.2	-7.69	-6.0
女性ダミー(自転車)	0.729	1.4	0.860	1.6	0.842	1.6	0.978	1.9
<i>3段階共通のパラメータ</i>								
費用(1000円)	-19.5	-2.7	-14.2	-2.2	-16.3	-2.2	-7.83	-1.3
ラインホール所要時間(時間)	-23.5	-4.5	-21.2	-4.8	-18.1	-4.1	-15.4	-3.7
アクセス所要時間(時間)	-27.5	-5.3	-24.8	-6.0	-20.2	-4.8	-13.8	-4.6
サンプル数	313							
AIC	1013		1058		1200		1264	
ラインホール時間価値(円/時間)	1205		1493		1110		1967	
アクセス時間価値(円/時間)	1410		1746		1239		1762	
最寄り駅アクセス距離弾性値(%)	-0.127		-0.129		-0.105		-0.085	

(3) 競合経路の考慮が推定結果に及ぼす影響

競合経路の考慮が推定結果に及ぼす影響を把握するため、鉄道経路としてOD所要時間が最小となる経路のみを確定的に与え、鉄道・バス・自動車の3項ロジットモデルを推定した。なお、当該モデルについては、競合経路を考慮した図1のモデルと異なるため、個別パラメータの推定結果については直接比較することができない。そこで、紙面の都合上、最寄り駅までのアクセス距離に対する直接弾性値のみを図2に示す。なお、東部丘陵線についてはアクセス所要時間のパラメータ推定値が有意でなかったため割愛している。

結果から、両地域共に競合経路を考慮しないモデルのアクセス距離弾性値の絶対値が大きくなっている。これは、競合経路を考慮しない場合、アクセスの影響がより大きいと考えられる代表交通手段選択にのみ基づいて弾性値が算出されるためであると推測される。

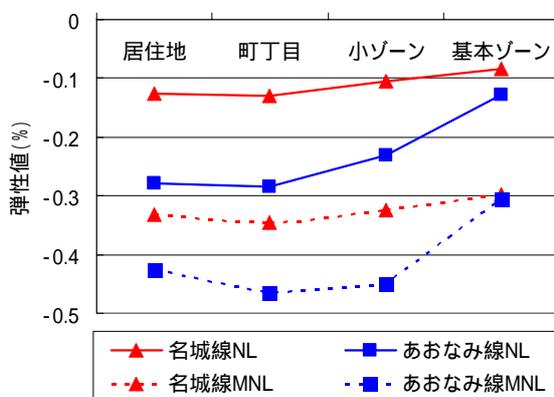


図2 競合経路の考慮と最寄り駅アクセス距離弾性値

(4) 現況再現性の検証

ゾーニングならびに競合経路の考慮の有無が現況再現性に及ぼす影響を検証するため、推定モデルを用いて駅別利用者数を算出し、アンケート調査データにおける実績値との相関係数を求めた(表5)。

まず、ゾーニングの影響については、概してゾーンが大きくなるほど現況再現性が低くなるという結果が得られた。特に、競合経路を考慮しないモデルについては、競合路線が存在する名城線地域において、小ゾーンになると再現性が著しく低下している。一方、競合経路を考慮したモデルでは、いずれの地域についてもある程度の再現性を有しており、競合経路を考慮することの有効性が実証されたと言える。しかしながら、名城線地域につ

いては競合路線を考慮したモデルのほうが再現性は低くなっている。これは今回の分析では、利用可能駅をかなり広範に設定したため、現実には利用されない経路を選択する確率が少なからず存在してしまうためであると考えられる。利用可能経路のより適切な設定を検討する必要がある。

4. おわりに

本稿では、鉄道路線の需要予測における問題点としてゾーニングおよび競合経路の考慮に着目して分析を行った。その結果、現状のパーソントリップ調査のゾーニングは重大な誤予測を招く危険性があり、データの拡大に際して国勢調査等が利用できる町丁目ですえ、便益評価に大きな誤差を生ずることが判明した。この問題の解決策としては、近年精力的に研究がなされているプローブデータの活用³⁾やそれに対応した座標ベースの交通行動モデルの適用⁴⁾が考えられる。同時に、モデリングで対処するアプローチとしては、セントロイドをゾーン内で連続的あるいは離散的に分布させる方法⁵⁾⁶⁾もある。また、競合経路の設定についても、首都圏の鉄道網を対象に様々な研究蓄積があり⁷⁾、今後はそのようなアドバンスな手法によってどの程度問題が緩和されるのか検証を行う必要がある。

参考文献

- 財団法人運輸政策研究機構：需要予測手法の改善方法に関する調査報告書，2001。
- 森川高行，永松良崇，三古展弘：新交通システムの需要予測の事後評価 - ピーチライナーを例として - ，運輸政策研究，Vol.7，No.2，pp20-29，2004。
- 羽藤英二：ゾーンからドットへ - ポストモダン交通工学 - 交通工学，Vol.37，No.5，p.6，2002。
- 菊池輝，小畑篤史，藤井聡，北村隆一：GISを用いた交通機関・目的地点選択モデル - ゾーンシステムから座標システムへの地理空間表現手法の移行に向けて - ，土木計画学研究・論文集，Vol.17，pp.605-612，2000。
- 円山琢也・室町泰徳・原田昇・太田勝俊：コネクタコストの確率分布を考慮した交通ネットワークモデルの開発と鉄道経路・駅選択モデルへの適用，土木計画学研究・論文集，Vol.18，no.3，pp.545-552，2001。
- 山本俊行，小森陵補：交通手段選択分析における潜在クラスモデルによる起終点位置観測精度の補完，土木計画学研究・講演集，Vol.30，CD-ROM，2004。
- 例えば，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。

表5 各モデルから計算される駅別利用者数と実績値との相関

	競合経路を考慮 (NL)				競合経路を考慮せず (MNL)			
	居住地	町丁目	小ゾーン	基本ゾーン	居住地	町丁目	小ゾーン	基本ゾーン
名城線	0.808	0.810	0.741	0.695	0.845	0.821	0.523	0.407
あおなみ線	0.966	0.963	0.940	0.959	0.929	0.920	0.891	0.797
東部丘陵線	0.973	0.976	0.954	0.998	0.960	0.965	0.720	0.932