

SP データを活用した新規都市鉄道路線の需要予測に関する研究*

A study on demand forecasting of new urban railroad utilizing stated preference data *

尾形信一**・倉内慎也***・森川高行****

By Shinichi OGATA**・Shinya KURAUTI***・Takayuki MORIKAWA****

1. はじめに

従来、交通需要予測モデルの推定には RP(Revealed Preference)データのみが用いられてきたが、公共事業における大規模交通プロジェクトにおいて予測誤差(主に過大予測)が明らかになり、需要予測の信頼性は揺らいでいる。そこで注目されてきたのが、RP データと対照的なデータとして挙げられる SP(Stated Preference)データである。SP データは、現存しない新規路線に対する直接的な選好情報を得ること、属性間のトレードオフを明確にする仮想状況でのデータを得ることができる¹⁾。そのため、近年交通需要予測分析において新しい交通サービスに対する需要予測の際に SP データを用いることが多くなっている。

しかし、SP データは、推定の上で多くの長所を持つが、仮想の状況における意思表示と実際の市場における行動との一致性、質問方法による選好のばらつきや SP データを回答するときバイアスが生じることなど得られた情報の信頼性という根本的な問題点が存在する。また、藤井ら²⁾は、SP データから得られる意思表示と実際の行動との一致/不一致の問題に着目し、従来の合理的選択理論に基づく SP データによる需要予測法の妥当性に疑義を呈し、交通需要予測における SP データの新しい役割として態度理論に基づく BI法(Behavioral Intention 法)を提案している。

本研究は、現存しない代替案も取り扱える特性を持ち、意図の強弱を持つ4肢選択の SP データ、属性値間の相関を制御できるという特性を持つ SP データを使用した RP/SP 融合推定法³⁾に着目し、SP データの利点や欠点が、モデル推定、需要予測に及ぼす影響を分析し、RP/SP 融合推定法の有効性を検証する。

2. 使用データ概要

本研究で用いたデータは、2004年10月6日に延伸区間が開

通した名古屋市営地下鉄名城線延伸区間沿線地域を対象とした事前事後調査データである。事前調査では、新規路線を利用するか否かという意図データ(表-1, 以下 SP1)、仮想状況について尋ねた8設問によるデータ(表-2, 以下 SP2)、事後調査では、新規路線整備後の居住地から名古屋都心部の特定地点までの利用交通手段と経路を分析対象としている。ここで、SP1は、現存しない代替案を取り扱える特性を持ち、意図の強弱を持つ4肢選択の SP データ、SP2は、属性値間の相関を制御できるという特性を持つ SP データであることに注目し、分析する。

表-1 事前調査での意図データ

1. 必ず新規路線を活用する
2. 新規路線を利用すると思う
3. 新規路線を利用するかもしれない
4. 新規路線を利用しない

表-2 仮想状況について尋ねた8設問のデータ

どちらの交通手段を選びますか? 設定1~8まで教えてください。

	1. 公共交通	2. 自動車
所要時間	30分(徒歩15分)	40分
費用	200円	100円

また、事前調査の RP データとして、新規路線整備前の居住地から名古屋都心部の特定地点までの利用交通手段と経路について尋ねている。そのデータを利用し、作成した LOS データの概要について述べる。競合路線の考慮が適切に行われなければ需要予測の過大評価につながる⁴⁾、アクセス距離について評価を行う場合、ゾーニングによってアクセス距離を正確に評価できなくなり、需要予測において誤予測を引き起こす可能性がある⁵⁾ということが、これまでの研究で明らかになっている。そのため、出発地点を居住地ベースに限定し、1個人に対して1経路ではなく、複数の経路を抽出し、競合路線を考慮し得る LOS データを作成する。

3. 基礎集計

上記の SP 1 の集計結果を次項に示す。なお、調査デー

*キーワード: SP データ, 需要予測

**学生員, 工修, 名古屋大学大学院工学研究科

(名古屋市千種区不老町, TEL: 052-789-3729,

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

***正員, 博士(工), 愛媛大学工学部環境建設工学科

****正員, Ph.D., 名古屋大学大学院環境学研究科

タよりわかる公共交通利用者と自動車利用者を分類し、集計した結果である。回答1というのは、表1で示す1と同様であり、以下も同様である。

表 - 3 SP1の集計結果

	回答1	回答2	回答3	回答4	計
公共交通(人)	18 (5%)	24 (7%)	55 (16%)	251 (72%)	348
自動車(人)	5 (4%)	9 (7%)	14 (10%)	108 (79%)	136
計	23	33	69	359	484

公共交通利用者と自動車利用者共に70%以上利用しないと回答している。また利用すると答えている中で、弱意図で回答する人が両利用者共に割合が大きい。BI法における強意図の方が弱意図よりも無行為の失敗率が低い、という知見から考えると、弱意図を利用するとして推定した場合に誤予測となる可能性がある。次に公共交通利用者と自動車利用者の回答傾向を考える。表-4は、回答1を4点順に3点2点1点としたときの平均値、その平均値から得られるカイ二乗値、得られたカイ二乗値からP値を示している。「公共交通利用者と自動車利用者の回答の傾向に差はない」という帰無仮説のもと、カイ二乗検定を行う。

表 - 4 カイ二乗検定

	平均値	カイ二乗値	P値
公共交通(人)	1.451	3.254	0.354
自動車(人)	1.346		

P値より帰無仮説が採択され、公共交通利用者と自動車交通利用者の回答の傾向に差はないといえる。事前での非公共交通利用者の方が公共交通利用者よりも無行為の失敗率が高い、という知見から誤予測を生じる可能性がある。

3. 使用したモデル

RPデータでは、競合路線を考慮したモデルを適用するため、3段階のネスティッドロジットモデルを構築し、上位が代表交通手段選択(鉄道、バス、自動車)、中位が鉄道経路選択、下位が鉄道駅までの端末交通手段選択(徒歩、自転車、バス、自動車)である。

SP1では、新規路線整備後のLOSデータを使用して、RPモデルと同様にネスティッドロジットモデルを構築し、モデルより得られる新規路線の選択確率を尤度として推定を行う。SP2では、公共交通と自動車の2肢選択の非集計ロジットモデルを構築する。また、RPとSPを同時に推定する際はRPとSPを融合したRP/SPモデルを構築する。

4. 各モデルの推定結果

推定結果を表-4(次項)に示す。RPの端末手段選択段階の定数項は、徒歩の定数項を基準として推定を行っている。

推定の結果より、RP+SP2の推定結果よりRPだけで

も有意に推定されていたが、SP2と同時に推定することによりLOS変数がそのt値から有効性が増していることがわかる。これはSP2が属性間のトレードオフを明確にできるデータであるため、RPだけでは、明確にならなかった変数がSP2と同時に推定することにより明確になったという結果である。RPモードダミーは、実際の行動結果のSPモデルに対する慣性力を測るもので、例えば、公共交通の説明変数において実際の選択結果が公共交通の場合は1、自動車の場合は0、を取る変数である。RPモードダミーは、大きく有意な値を取っている。

RP+SP1は、SP1が現存しない代替案を取り扱えるという特徴を持ったデータであり、SP2のようにモデルの有効性を向上させるデータではなく、またRPとRP+SP1の推定値のt値を比較した結果からもそのことがわかる。また、RP+SP1、RP+SP+SP2の新規路線ダミーは、この変数は経路段階において新規路線であれば1、既存路線であれば0を取る変数である。推定値の絶対値が大きく、t値より有意に推定されている。

5. SP1の回答処理の違いによる推定結果

SP1において新規路線を利用するとして推定する回答を回答1のみ(RP+SP[1])、1~2(RP+SP[2])、1~3(RP+SP[3])と変化させ、推定した結果を表-5に示す。

表 - 5 SP1の異なる回答処理による推定結果

説明変数	RP+SP1[1]		RP+SP1[2]		RP+SP1[3]	
	推定値	t値	推定値	t値	推定値	t値
代表交通手段選択段階のパラメータ						
スケールパラメータ	-0.138	-3.3	0.150	3.2	0.146	3.1
バス定数項	-4.73	-2.0	-4.56	-2.0	-5.30	-2.0
自動車定数項	-15.2	-3.8	-13.7	-3.7	-13.9	-3.7
自動車保有ダミー	8.05	2.7	7.36	2.6	7.44	2.5
鉄道経路選択段階のパラメータ						
スケールパラメータ	1.31	3.9	1.42	3.9	1.33	4.0
乗り換えダミー	-1.31	-2.8	-1.47	-3.0	-1.60	-3.0
SP1のパラメータ						
スケールパラメータ	0.347	3.0	-0.315	-3.2	0.192	2.8
新規路線ダミー	-1.29	-1.3	0.947	0.99	7.25	2.7
共通のパラメータ						
費用(円)	-23.8	-2.9	-20.4	-2.7	-21.1	-2.7
所要時間(時間)	-17.3	-4.0	-15.3	-3.8	-14.8	-3.8
端末時間(時間)	-29.3	-4.9	-27.1	-4.7	-27.4	-4.8
サンプル数	313					
AIC	476		462		477	

[2]と[3]を比較すると新規路線ダミーの値に大きな差が生じているが、他の変数の推定値、t値はあまり変化がない。また、[1]と[3]を比較した場合についても新規路線ダミー以外は推定値、t値ともあまり変化がない。これより回答処理の仕方に変化を与えると新規路線ダミーに影響することが分かる。

表 - 4 各モデルの推定結果

説明変数	RP		SP2		RP+SP1		RP+SP2		RP+SP1+SP2	
	推定値	t値	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	-	-	0.146	3.1	0.191	4.1	0.179	3.6
バス定数項1	-3.63	-1.4	-	-	-5.30	-2.0	-4.00	-2.6	-5.02	-2.7
自動車定数項1	-32.1	-3.1	-	-	-13.9	-3.7	-22.8	-3.7	-12.6	-4.4
自動車保有ダミー(自動車)	25.6	2.6	-	-	7.44	2.5	15.6	2.9	5.94	2.8
<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	-	-	1.33	4.0	0.977	4.3	1.20	4.3
乗り換えダミー	-	-	-	-	-1.60	-3.0	-	-	-1.73	-3.4
<i>SP1のパラメータ</i>										
スケールパラメータ	-	-	-	-	0.192	2.8	-	-	0.203	2.7
新規路線ダミー	-	-	-	-	7.25	2.7	-	-	6.96	2.7
<i>SP2のパラメータ</i>										
スケールパラメータ	-	-	-	-	-	-	0.165	4.5	0.165	3.7
RPモードダミー	-	-	1.06	23	-	-	6.57	4.5	6.42	3.7
公共交通定数項	-	-	0.590	3.6	-	-	1.15	1.2	3.50	2.5
60歳以上ダミー	-	-	0.346	3.7	-	-	2.08	2.8	2.06	2.0
自動車保有ダミー	-	-	0.398	3.3	-	-	2.45	2.7	5.42	2.9
<i>共通のパラメータ</i>										
費用(円)	-19.5	-2.7	-2.67	-18	-21.1	-2.7	-16.8	-4.6	-17.7	-3.9
ラインホール所要時間(時間)	-23.5	-4.5	-1.74	-7.0	-14.8	-3.8	-11.9	-5.1	-11.0	-4.5
アクセス所要時間(時間)	-27.5	-5.3	-5.92	-10	-27.4	-4.8	-29.0	-5.8	-28.0	-5.5
自由度調整済み決定係数	0.565		0.243		0.543		0.329		0.389	
サンプル数	313		616		313		636		636	
アクセス時間価値(円/時間)	1414		2216		1301		1724		1587	
ラインホール時間価値(円/時間)	1210		653		703		706		624	

6. 事後調査データと需要予測結果の比較

構築した各モデルから数え上げ法により算出した新規路線における駅間乗車人数の需要予測値と居住地から名古屋都心部の特定地点までの利用交通手段と経路の事後調査データを用いて集計した値(以下実績値)を比較した結果を図1, 2, 3に示す。また、図3はRP+SP1+SP2において、RPモードダミーを使用した場合を[2]、新規路線ダミーを使用した場合を[3]、両ダミーを使用している場合を[1]、しない場合を[4]とした場合の差異を示した図である。実績値と需要予測結果の相関係数を表5, 6, 7に示す。

図-1, 表-6より、RPでは、正確な需要予測ができないとわかる。その結果と比較して、RP+SP2が最も需要予測値が実測値に近い値を示しているといえる。これは、SP2が属性間のトレードオフを明確にするデータであるため、個人の選好をRPより明確に表すことができた結果であると考えられる。しかし、RP+SP1とRP+SP1+SP2は、実測値との差が、非常に大きいことがわかり、相関係数も小さい。この結果をふまえて、図-2, 3について考える。

まず、図-2, 表-7において、各モデルの推定結果より得られる需要予測値にばらつきが存在するとわかる。このばらつきの原因は、表-4より回答処理の違いによ

る差異が、顕著に新規路線ダミーに表れていたことから、新規路線ダミーによる影響ということがわかる。また、既存研究²⁾において弱意図の回答と実際の行動との一致率が低いことがわかっていたが、本研究の推定法を用いた需要予測値においても、弱意図の人を利用するとして需要予測を行ったRP+SP1[3]において、過大評価に繋がるということが確認された。また、回答処理の違いにより需要予測値に変化が生じることから、どの程度の意図を利用する人と考えるかということが需要予測についての課題であると考えられる。ここで生じた誤予測は、基礎集計において公共交通利用者と自動車利用者の回答傾向に差がなかったことも原因として考えられる。図-3, 表-8より、図-2の場合と同様に、RP+SP1+SP2において新規路線ダミーを使用すると、予測値が大きくなる。また、新規路線ダミーとRPモードダミーを使用したRP+SP1+SP2[1]の相関係数が、他と比較して極端に小さい。SPデータ特有のパラメータを使用した場合に、誤予測を引き起こす可能性があることを示唆している。

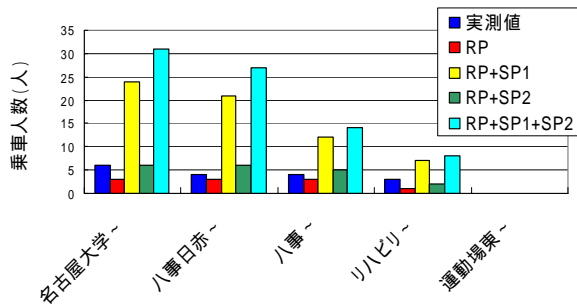


図 - 1 事後データと需要予測結果の比較 (1)

表 - 6 相関係数

	RP	RP+SP1	RP+SP2	RP+SP1+SP2
相関係数	0.753	0.551	0.817	0.522

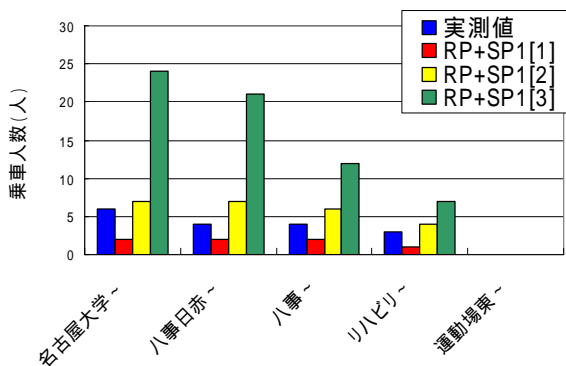


図 - 2 事後データと需要予測結果の比較 (2)

表 - 7 図 - 2の各モデルの相関係数

相 関 係 数	RP+SP1		
	[1]	[2]	[3]
	0.797	0.794	0.551

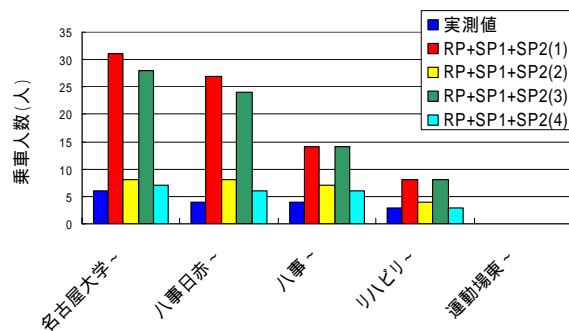


図 - 3 事後データと需要予測結果の比較 (3)

表 - 8 図 - 3の各モデルの相関係数

相 関 係 数	RP+SP1+SP2			
	[1]	[2]	[3]	[4]
	0.522	0.824	0.797	0.794

7. おわりに

本稿では、異なる特性を持つ SP データを用いた RP/SP 融合推定法による需要予測手法を取り上げ、SP データの利点や欠点が、モデルの推定結果や需要予測に及ぼす影響を分析した。その結果、意図データにおけるその意図の強弱により、需要予測値にばらつきが生じ、弱意図を利用するとして分析を行うと、本研究で使用した RP/SP 融合推定法においても誤予測 (過大評価) に繋がることを示した。新規路線ダミーのような SP データ特有のパラメータを使用した場合に、誤予測に繋がるという事例を示した。ひとつの変数を使用する / 使用しないで需要予測値に変化が生じるため、どの変数を使用するかということが重要となることが考えられる。また、一般的に「利用する/利用しない」という質問形式が多いが、2 肢選択では回答の幅が狭く、アンケートデータの回答結果によりかなりのばらつきが生じる可能性があるため、行動意図の強弱を尋ねた形式を取り入れる必要があると考えられる。

今後の課題として、需要予測値において新規路線ダミーが大きく影響を与えていたため、新規路線ダミーを政策操縦バイアスのようにとらえるべきか、またはとらえないべきかということを解明することが需要予測を行う上での課題と言える。意図データを使用する場合、回答の処理の仕方により差が生じるため、どの程度の意図を利用する人と考えるかが需要予測を行う上での課題であると考えられる。

参考文献

- 1) 森川高行 (1990) : ステイティッド・プリファレンス・データの交通需要予測モデル適用に関する整理と展望, 土木学会論文集, No.413/ -12, pp.9-17 .
- 2) 藤井聡 (2004) : 行動意図法 (BI 法) による交通需要予測の検証と精密化, 土木学会論文集, No.765/ -64, pp.65-78 .
- 3) 森川高行・Moshe Ben-Akiva (1992) : RP データと SP データを同時に用いた非集計行動モデルの推定法, 交通工学, Vol.27, No.4, pp.21-30 .
- 4) 森川高行・永松良崇・三古展弘 (2004) : 新交通システム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, pp.20-29 .