

# LRT化後の熊本電鉄の利用需要予測のためのBI法の適用可能性\*

## Applicability of Behavioral Intention Method to Demand Forecasting of Kumamoto-Dentetsu Railway LRT Plan \*

溝上章志\*\*・橋内次郎\*\*\*

By Shoshi MIZOKAMI\*\*・Jiro HASHIUCHI\*\*\*

### 1. はじめに

近年、既存路線を活用したLRT化計画が各地で提案されている。熊本電鉄（熊電）でも、軌道の市電乗り入れとシステムのLRT化を骨子とした鉄道活性化計画（LRT化計画）を発表した。このような新規交通施策に対する需要予測手法としては、従来は四段階推計法が用いられている。本LRT化計画案に対して、筆者らは非集計型のRPモデルによる交通機関分担と公共交通機関ネットワークへの確率配分を組み合わせた需要予測を行った<sup>1)</sup>。しかし、低床車両による乗りやすさや車両デザインなど、LRT固有の特徴を手段選択モデルに導入したりすることが難しいなどの問題点もある。

本研究では、行動意図法（BI法）をLRT化計画案に対する需要予測に適用した。さらに、BI法による予測結果と従来法によるそれとを、サンプルベース、および集計ベースの両方で比較することにより、新規交通施策の導入による交通需要予測にBI法を適用する際に考慮すべき知見を得ることを目的とする。

### 2. BI法の概要と本分析における適用上の特徴

BI法は、新しい環境が設定された場合の各人の行動を自ら想定・報告したデータから直接、需要を予測するため、行動に影響を与えるあらゆる要因を考慮することができる<sup>2)</sup>と言われている。BI法による需要予測のステップとしては、1)予測対象の選定、2)行動意図と行動-意図一致性に影響を及ぼす要因の抽出、3)行動-意図一致率の設定、4)拡大・集計化である。このうち、3)行動-意図一致率の設定が最も重要であり、予測精度に大きな影響を及ぼす。最近の適用事例であるみなとみらい線での適用事例<sup>3)</sup>では、現利用交通手段、鉄道利用習慣の有無、意図強度によってセグメント分類し、各セグメントに対して経験から得られた行動-意図一致率を一意に与えている。しかし、新規交通手段と現利用交通手段とのLOS

の差や個人属性なども行動-意図一致性に影響を与えると考えられる。また、実際に需要を予測する際には、4)課題・集計化も重要となる。

本分析では、行動-意図一致性に影響を及ぼす要因の分析を行うため、現行の熊電に対して行われたモビリティ・マネジメント調査（MM調査）のデータを利用する。その際、要因の抽出と一致率の定量化を図るために、以下に示す3種類のモデルの推定を試みた。

1) **ロジット型離散選択モデル**：実行の有無（「実行あり」と「実行なし」）の離散変数を従属変数とするロジット型離散選択モデルである。推定されたモデルにより算出された個々人の「実行あり」の選択確率がその個人の行動-意図一致率となる。

2) **行動-意図一致率モデル**：（実行頻度/意図頻度）\*100で定義した行動-意図一致率を従属変数とする重回帰モデルである。ここで、意図頻度とは、例えば「月に10回、MTに転換しよう」という頻度に対する意図である。

3) **実行率モデル**：（実行頻度/対象交通頻度）\*100で定義した実行率を従属変数とする重回帰モデルである。対象交通頻度とは、例えば「月に20回、通勤する」という交通頻度である。

### 3. 行動予測のためのMM調査

#### (1) MM調査の概要

「熊電沿線地域のより良い交通のあり方を考える調査」は、旧西合志町を除く熊本電鉄沿線地域を対象地域として、同一世帯に対して事前調査を含めて4度の標準TFPを行ったMM調査である。それぞれの調査間隔は概ね1ヶ月間であり、その調査項目と質問内容を表-1に示す。事前調査では、現在の自動車・MT利用状況や世帯の自動車利用に対する意識などを尋ねた。WAVE-1では、事前調査で回答した自動車利用交通トリップのうち、MTが利用可能と判断できるトリップを対象に、目的地までの利用可能な電車・バス系統、時刻表、運賃を個人ごとにオーダーメードで記載した個別情報シートと、公共交通機関のより良い使い方を呼びかけた「『熊電沿線地域のより良い交通のあり方』を考えるプログラム」というパンフレットを同封した。それらを参照して行動

\*キーワード：BI法、LRT化計画、交通手段転換

\*\*正員、工博、熊本大学大学院自然科学研究科

（熊本県熊本市黒髪2-39-1, TEL:096-342-3541, E-mail: smizo@gpo.kumamoto-u.ac.jp）

\*\*\*正員、修士(工)、パシフィックコンサルタンツ(株)

プランの作成を依頼し、その経路への転換に対する容易さの程度を表す近く行動制御性、および転換行動意図を計測した。WAVE-2、WAVE-3 ではそれぞれ、通勤・通学、私用目的のトリップごとに転換実行頻度を尋ねた。

## (2) 行動予測モデルの推定

通勤・通学と私用の交通目的別に、自動車からMTへの転換に対する「意図あり」のサンプルを用いて、1)ロジット型離散選択モデル、2)行動-意図一致率モデル、3)実行率モデルの推定を行った。モデルに導入する要因別の説明変数を表-2に示す。

### a) 通勤・通学目的の転換行動予測モデル

ここでは、全サンプルを対象とした1)~3)のモデルに加え、「実行あり」のサンプルだけを用いた4)行動-意図一致率モデルと5)実行率モデルの推定を行った。モデルの推定結果を表-3に示す。最下段に示した実行率誤差平均値とは、推定されたモデルを用いて各個人の実行率を算出した推定値と実績値との誤差の平均値を表して

表-1 調査項目と質問内容

調査	調査項目	質問内容
事前調査	個人属性	年齢、性別
	LOS	所要時間、料金、最寄駅・バス停までの徒歩時間
	世帯の自動車利用に対する意識(態度・知覚行動制御・道徳意識)	自動車利用に対し、「健康に余り良くない」、「環境に余り良くない」、「使わない方が得だ」、「利用を控えるのは難しくない」、「利用は控えるべきだ」、「利用をできるだけ控えよう」という6項目を示し、「全くそうは思わない」から「全くその通りだと思う」の5段階で回答
WAVE-1	行動プランに対する知覚行動制御性	「行動プランの経路に対する通勤・通学(買い物・習い事、通院など)をどのように思うか?」に対して、「非常に便利」から「不便」までの5段階
	転換行動意図	有無、強度(強・弱)、頻度(現在の交通全体の何%)
WAVE-2	転換実行頻度(通勤・通学)	WAVE-1以降この交通全体の何%ぐらい使ってみたか
WAVE-3	転換実行頻度(私用)	現在この交通全体の何%ぐらい使っているか

おり、この値が小さいほどモデルの精度が高いと判断できる。その結果、2)行動-意図一致率モデル(全サンプル)の「実行率誤差」平均値が9.5%と最も小さく、予測精度が高いモデルとなった。このモデルでは、MTのLOSである「自宅から最寄駅(バス停)までの徒歩時間」と「乗換回数」が共に負の有意な説明変数となっている。これは、行動-意図一致率が現況のMTのサービス水準に依存していることを意味する。また、個人属性として「40歳未満ダミー」が正の有意な変数となっていることから、40歳未満の方が行動と意図の一致率が高いことを示す。ここでは、知覚行動制御や態度、道徳意識などを表す「自動車利用に対する意識」、「習慣」を表す変数は、統計的に有意な変数とならなかった。

### b) 私用目的の転換行動予測モデル

私用目的についても通勤・通学目的同様のモデル推定を行った。推定結果は省略するが、通勤・通学目的と比較すると、全てのモデルで適合度が低く、統計的に有意な説明変数の数も少ない。これより、これらの方法から私用目的のトリップに関する個々人の転換行動を予測することは難しい。ただし、「MT利用有ダミー」と「60歳以上ダミー」は正の有意な変数となった。私用目的では、MT利用習慣を有しているほど、また60歳以上の入ほど、行動-意図一致率が高くなる。

表-2 モデルの説明変数

要因	変数
自動車とMTのLOSの差	・自宅から最寄駅(バス停)までの徒歩時間 ・自動車とMTの所要時間差 ・乗換回数 ・最寄駅(バス停)の運行本数 ・目的地までの運賃
行動意図	強度ダミー、頻度率(%)
知覚行動制御性	便利ダミー、不便ダミー
自動車に対する意識・習慣	・自動車利用意識調査の5段階評価6間の平均点 ・MT利用有ダミー、世帯内のMT利用者有ダミー
個人属性	年齢、性別

表-3 通勤・通学目的の転換行動予測モデル推定結果

	1) ロジット型離散選択モデル(全サンプル)	2) 行動-意図一致率モデル(全サンプル)	3) 実行率モデル(全サンプル)	4) 行動-意図一致率モデル(実行ありサンプル)	5) 実行率モデル(実行ありサンプル)
定数項	0.470 (-0.53)	30.4 (3.19)	5.14 (0.84)	74.5 (-4.49)	9.82 (1.47)
最寄駅(バス停)までの徒歩時間(分)	-0.213 (-1.32)	-2.04 (-2.21)	-0.836 (-1.94)	-6.38 (-3.67)	-3.49 (-4.90)
乗換回数(回)	-1.04 (-1.20)	-12.8 (-1.45)	-6.22 (-1.53)		
意図強度ダミー(強:1)	3.20 (2.28)	42.2 (3.38)	21.2 (2.73)	64.9 (3.36)	35.3 (4.45)
意図頻度率(%)			0.310 (2.14)	-0.495 (-1.43)	0.359 (2.56)
40歳未満ダミー(40歳未満:1)	1.58 (1.72)	19.7 (1.86)		21.6 (1.66)	9.20 (1.76)
$\rho^2$ 値	0.280				
的中率	0.714				
決定係数 $R^2$		0.406	0.651	0.582	0.889
自由度修正済み決定係数 $R^2$		0.327	0.605	0.443	0.849
サンプル数	35	35	35	17	17
実行率誤差平均値(%)	13.3	9.5	11.7	10.7	11.4

※ロジット型離散選択モデルの説明変数はすべて「実行あり」側に導入

#### 4. BI法を適用した需要予測の方法

##### (1) 行動意図計測のための調査

旧西合志町全域を対象にして、平成18年10月に「より良い交通のあり方を考える調査」という行動意図計測のための調査（以下、BI調査と記す）を行った。本調査は、通勤・通学目的、私用目的を対象とする通勤・通学票、日常交通票の2種類の調査票から構成されている。調査対象者は、平成17年に旧西合志町を対象として実施した「西合志町のより良い交通のあり方を考える調査」の事前調査で、継続的調査に協力すると回答した903世帯である。通勤・通学票を世帯内で熊本市内に通勤・通学をしている構成員に、日常交通票を中学生以上の世帯構成員全員に回答してもらった。各世帯の配布票数は、通勤・通学票が最大3、日常交通票は世帯構成員数である。各調査票の調査内容を表-4に示す。回収数は、通勤・通学票が309、日常交通票が1,005であった。

本調査では、行動意図計測の際に、「LRT化後の熊電、熊電バスの計画路線網」と「現行とLRT化計画案の熊電バス系統と運行本数（平日）の比較」を両面に記載した路線図、および「熊本電鉄のLRT化計画について」というパンフレットを提供し、調査票で行動プランの作成を依頼した。パンフレットには、計画案実現時に、最寄駅・バス停から主要駅（電停）・バス停までの利用可能な経路、所要時間、料金、運行本数、利用可能駅の駐車場・駐輪場の整備計画を、被験世帯固有にオーダーメイドした情報を記載した。なお、行動意図のうち、交通頻度の増加や目的地変更といった誘発行動意図も調査したが、本分析では用いていない。

##### (2) 行動-意図一致率の設定

行動-意図一致率は、本MM調査からの推定成果に加え、みなとみらい線での適用事例を基に設定した。設定した行動-意図一致率を表-5に示す。まず、バスからの転換は、みなとみらい線での「鉄道からの転換」を参考にして設定する。しかし、本LRT化計画案ではフィーダーバス路線網への再編により、現在の都心部への直通バスは大半がフィーダーバスとなるため、現バス利用者は交通を取りやめるか自動車に転換しない限り、ほとんどの人が必然的にLRTを利用することになる。よって、「意図あり」の一致率は、みなとみらい線における「鉄道からの転換」よりもやや高めに設定した。

自動車からの転換については、通勤・通学目的では、MM調査から推定されたモデルの中で最も精度の高い表-3の2)行動-意図一致率モデル（全サンプル）を適用する。一方、私用目的ではMM調査からは精度の高いモデルを推定することができなかつたため、行動-意図一致性に影響を与えると確認されたMT利用習慣と60

表-4 各調査票の調査内容

通勤・通学票	日常交通票
1)個人属性 ・性別、年齢、職業	1)個人属性 ・性別、年齢、公共交通利用習慣
2)行動プラン	2)行動プラン
3)LRTを使った通勤・通学経路に対する知覚行動制御性	3)LRTを使って都心部に出かける経路に対する知覚行動制御性
4)現在の通勤・通学実態 ・頻度、交通手段、所要時間	4)現在の都心部への交通状況 ・頻度、交通手段、所要時間
5)転換行動意図（強度・頻度）	5)転換行動意図（強度・頻度）
	6)誘発行動意図（強度・頻度）

歳以上によってセグメント分類し、それぞれのセグメントに対する一致率を設定した。また、みなとみらい線と比較すると、本計画案は、路線やシステムなどを除き、時刻表などの詳細なサービス計画が決定していないために知覚行動制御性が低いことに加え、実現を助けるような結果を出そうとするバイアスが行動意図に掛かることも考えられる。そこで、「意図あり」に対してはみなとみらい線よりも少し低めの行動-意図一致率を設定することにした。

##### (3) 拡大・集計化方法

BI調査の回答から得られる転換意図頻度と表-5で設定した行動-意図一致率より、サンプルごとのLRT化後の熊電の利用頻度の期待値が算出される。次に、それらを従業人口や居住人口を用いて拡大・集計化することにより、熊電の利用需要数が予測される。

通勤・通学目的の調査対象者は熊本市内への通勤・通学者である。彼らの転換需要を予測するために、第3回熊本都市圏PT調査の旧西合志町から熊本市内への通勤・通学OD交通量を母集団とした拡大係数を設定した。しかし、熊本市内全域を目的地とするOD交通量を母集団とすると、BI調査のサンプルのうちの自動車利用者の比率がバスや熊電利用者に比較してかなり低くなった。これは、熊本市中心部から離れたMTのサービス水準が低いゾーンに通勤・通学先があるサンプルの回収率が低くなっているためである。このようなサンプルの熊電への転換可能性は低いはずであるが、このまま拡大すると自動車からの転換需要が過大に予測されることになる。そこで、自動車からの転換需要を拡大・集計する際には、

表-5 LRT化計画案に対する行動-意図一致率の設定

		交通手段の転換			
		バスからの転換	自動車からの転換		行動-意図一致率モデル
			MT利用有り ~60歳 60歳~	MT利用無し ~60歳 60歳~	
通勤 通学	意図 強	95			
	意図 弱	80			
	意図なし	75	95	95	
私用	意図 強	95	30	40	25 35
	意図 弱	80	25	35	20 30
	意図なし	75	95	95	95 95

PT 調査で MT (バス・熊電) 利用トリップが存在する C ゾーン間の OD 交通量だけに母集団を限定した。

私用目的の調査対象トリップは、中学生以上の全員による熊本市中心部へのトリップであるため、C ゾーン単位の居住人口によって設定することにする。また、誘発需要予測に対しても同様の方法で拡大する。なお、居住人口には第 3 回熊本都市圏 PT 調査時のデータを用いる。

## 5. 利用需要の予測結果と考察

LRT 化後の熊電の利用需要量を予測し、従来法による予測値と比較した結果を図-1 に示す。この図は従来法による各種転換需要量を 1.0 としたときの BI 法による需要量の比率を示している。通勤・通学目的のバスからの転換需要を除いて、BI 法による予測値の方がかなり高くなるという結果になった。なお、従来法とは、非集計 RP モデルによって個人の手段選択確率を予測し、数え上げ法を用いて集計化した MT の OD 需要を一般化費用による確率配分により LRT 化後の MT ネットワークへ配分することによって熊電利用需要を予測したものである。つまり、BI 法では転換に対する行動意図から転換需要が直接、算出されるのに対して、従来法では LRT 化前後のバスや自動車と熊電との LOS の差によって転換需要が導出される。

次に、BI 法と従来法により算出された転換率の差を個人ベースで分析する。BI 調査において現利用手段が自動車であり、かつ RP モデル推定時のサンプルでもある個人について、BI 法、および RP モデルから予測される転換率を目的別に比較したものが図-2 である。BI 法と RP モデルによる転換率の平均値は、通勤・通学目的ではそれぞれ 12.9% と 11.4% でほぼ一致している。これに対して、私用目的では 11.0% と 37.0% となっており、RP モデルの方が BI 法よりかなり過大予測になるという結果になった。それにも関わらず、図-1 に示したように、拡大・集計化後の自動車からの転換需要量は、両目的共に BI 法による予測値が RP モデルを用いた従来法による予測値の 2.0~3.3 倍と、かなり過大になっている。これは、拡大・集計化方法の違いが転換需要の予測結果に大きな影響を及ぼしていると考えられる。

通勤・通学目的に対しては RP モデルによる従来法では、各サンプルの母集団を C ゾーン間 OD 需要とし、数え上げ法によって集計化している。したがって、たとえ LRT 化によって LOS が改善する OD ペアのサンプルが多くても、その OD ペア間の転換需要が多くなるだけで、転換需要の総量はほとんど変わらない。一方、BI 法では、旧西合志町から熊本市内への現自動車利用トリップを母集団とした拡大係数をサンプルに与えているため、LOS が改善される OD ペア間のサンプルが多い場合には、

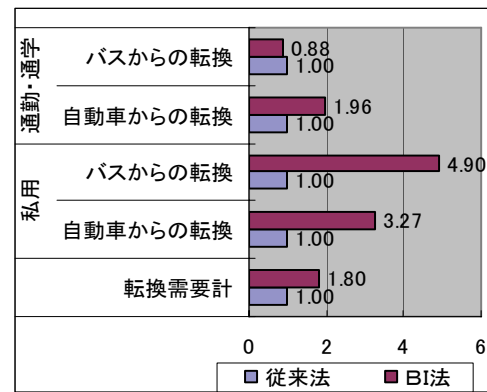


図-1 従来法に対する BI 法による転換需要の比率

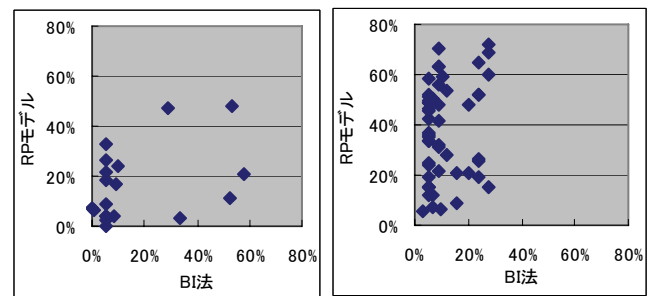


図-2 BI 法と RP モデルによる個人の転換率の比較 (左: 通勤・通学目的, 右: 私用目的)

転換需要もその分、増加する。前述したように、ここでは、現在 MT 利用トリップが存在する OD 間だけ交通量を母集団としているが、それでも過大となる恐れがある。BI 法の適用の際は集計・拡大に必要であろう。私用目的についての考察は省略する。

## 6. おわりに

本研究では、熊本電鉄 LRT 化計画案に対して BI 法を適用する際の行動・意図一致率の設定方法を検討した。また、BI 法と従来法によるサンプルベースと集計ベースの需要予測結果を比較した。その結果、拡大・集計化方法の違いにより、両手法による需要の予測値に顕著な差が生じることが明らかになった。

## 参考文献

- 1) 溝上章志, 橋内次郎, 斎藤雄二郎: 熊本電鉄の都心乗り入れと LRT 化計画案実施に伴う利用需要予測, および費用対効果の実証分析, 土木学会論文集 D, Vol.63, No.1, pp.1-13, 2007.
- 2) 藤井聡: 行動意図法 (BI 法) による交通需要予測: 新規バス路線の“潜在需要”の予測事例, 土木計画学研究・論文集, 20(3), pp.563-570, 2003.
- 3) 遠藤弘太郎, 近藤真哉, 新倉淳史, 土居厚司, 藤井聡, 兵頭哲朗: 行動意図法 (BI 法) による鉄道新線需要予測への適用事例, 土木計画学研究・論文集, No.23-2, pp.447-454, 2006.