

熊本電鉄の都心乗り入れとLRT化計画案に対する需要予測、および費用対効果の実証分析*

Demand and Cost-Benefit Analysis of Upgrading the Local Railway into LRT System and its Extension to the Downtown *

溝上章志**・橋内次郎***

By Shoshi MIZOKAMI**・Jiro HASHIUCHI***

1. はじめに

近年、多くの地方民営鉄道では、モータリゼーションの進展によって増加した自動車と比較して、サービス水準が相対的に低いために、利用者が減少し、存続の危機に陥っている。熊本電鉄においても例外ではない。熊本電鉄は、熊本市と隣接する西合志町を結ぶ地方鉄道で、総延長 9.7km、単線・狭軌、最小運行間隔が 15 分、表定速度は 22.4km/h であり、現行ではこれ以上の輸送サービスを提供することは不可能である。また、終点の藤崎宮駅が都心部から約 1km 離れており、利用者にとって都心部へのアクセスや市電やバスへの乗換え利便性が極めて低いのが現状である。

その打開策として、平成 16 年 6 月に図-1に示すような軌道を延伸して熊本市電への乗り入れ、システムの LRT 化を骨子とした鉄道活性化計画を提案し、公表した。この計画は、併設されている熊本電鉄のバス路線を LRT の駅を結節点とするフィーダーバス路線網に再編するという総合的な公共交通網の再編を目指している。また、中心市街地への公共交通乗り入れや沿線の TOD、IC による導入など、まちづくりやソフト施策との連携も考慮した計画となっている。一方、この計画案が実施できない場合、熊本電鉄は鉄道事業を廃止し、バスで代替する計画を発表している。

本研究では、上記の2つの代替案について、どれほどの利用需要を獲得できるか、利用者の自動車からの転換によって道路交通混雑の緩和にどれほど貢献できるかなどを事前に予測する。また、これらの結果を用いて、本事業がどれほどの社会的便益を生み出すか、また事業採算性は有るのかなど、社会経済的効率性と財務の両方に関する検討を行うことを目的とする。

*キーワード：公共交通計画、新交通システム計画、

**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、

TEL096-342-3541, FAX096-342-3507)

***学生員、工学、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、

TEL096-342-3541, FAX096-342-3507)



2. 公共交通の利用実態と意識に関する調査

熊本電鉄が走る旧西合志町とその他の沿線地域(熊本市北部地域、菊池市、旧合志町、菊陽町、旧泗水町)を対象に平成16年10月に公共交通の利用実態と意識に関する調査を行なった。本調査は1)世帯票、2)通勤・通学票、3)買い物・習い事票の3種類の調査票から構成されており、2)と3)を各世帯2部ずつ配布した。対象者は、それぞれ通勤・通学、買い物や習い事・通院などの日常目的で熊本市へ出かけている方である。調査内容は、社会経済属性、交通手段、所要時間、費用などの現在の利用交通実態、また代替の交通手段と所要時間、費用等である。配布方法は旧西合志町では町から全戸約12,000世帯に郵送で、その他の地域では調査員が2,000世帯に手渡し配布した。回収はすべて郵送で行い、回収数は通勤・通学票が1,391、買い物・習い事票が3,095であった。

3. 交通需要の予測

(1) 熊本電鉄利用需要の予測手順

熊本電鉄の需要予測フローを図-2に示す。まず、前章の調査から得られたサンプルを用いて、交通目的別の非集計型手段選択モデルを推定する。それを用いて、各サンプルが属する母集団を第3回熊本都市圏パーソント

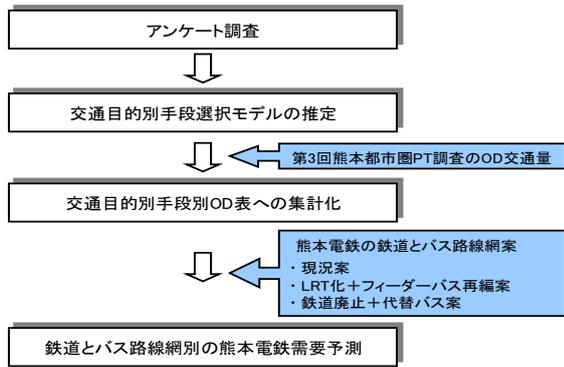


図-2 交通需要予測のフロー

リップ調査の C ゾーン単位の OD ペア間交通量と仮定し、数え上げ法を用いて、自動車、公共交通それぞれの機関別 OD 交通需要を推計する。得られた公共交通利用 OD 交通需要を以下に示す 3 種類の公共交通ネットワークに配分する。1) 現況の熊本電鉄、市電、JR と熊本電鉄を含むすべてのバス事業者が設定したバスから構成されるネットワーク(現況ネットワーク)、2) 熊本電鉄の軌道を延伸して市電へ乗り入れ、システムは LRT 化され、従来の熊本電鉄バス路線網は主要な駅へのフィーダー化を図るために再編されたネットワーク(LRT 化ネットワーク)、3) 鉄道を廃止し、その分を新たなバス路線網で代替するネットワーク(バス代替ネットワーク)。以上より、各代替案の鉄道とバスの路線ごとの利用需要を推計する。

(2) 交通手段選択モデルの推定

通勤・通学、日常の目的別に手段選択モデルの推定を行った。モデルは自動車と公共交通(バスと熊本電鉄)を選択肢とする 2 項ロジットモデルである。それぞれのモデルの推計結果を表-1、表-2 に示す。両モデルともに説明変数の t 値、 ρ^2 値より統計的有意性、適合性とも高い。また、将来の年齢構成の変化による分担需要の変動を考慮するため、通勤・通学目的では 2 つ、日常目的では 3 つの年齢別ダミー変数を導入した。時間評価値については、日常目的のモデルの「所要時間」と「バス・熊電料金」のパラメータ値による選好接近法から 30.0 円/分と算出される。よって、これをすべての交通目的の時間評価値として以後の分析を進める。

(3) 交通目的別交通機関別分担 OD 需要の推計

PT 調査に整合した表-3 に示す交通手段、交通目的の区分ごとに、道路網と公共交通路線網に配分するパーソントリップベースの OD 交通需要を推計する。現況と LRT 化計画実施後の将来の便益を比較するのに用意

表-1 通勤・通学目的の手段選択モデル

説明変数	パラメータ	t 値
バスダミー	-1.671	-5.90
熊電ダミー	-0.817	-3.45
所要時間 (分)	-0.025	-5.21
自動車の駐車場料金 (円/月)	-0.000178	-10.60
30 歳未満ダミー (自動車)	-1.040	-3.42
サンプル数	587	
ρ^2 値	0.388	

表-2 日常目的の手段選択モデル

説明変数	パラメータ	t 値
バスダミー	-1.499	-5.24
熊電ダミー	0.668	2.67
所要時間 (分)	-0.0280	-7.30
自動車の駐車場料金 (円/回)	-0.000498	-2.16
バス・熊電料金 (円/片道)	-0.00100	-2.39
30 歳未満ダミー (自動車)	-0.648	-2.96
60 歳以上ダミー (自動車)	-1.241	-5.99
サンプル数	872	
ρ^2 値	0.218	

表-3 交通手段、交通目的の区分

交通手段	1) 普通自動車	タクシー・ハイヤー、軽自動車、乗用車
	2) 貨物車	貨物自動車、自家用バス・貸切バス
	3) 公共交通機関	路線バス、高速バス、市電、JR、熊本電鉄
交通目的	1) 通勤通学	通勤先へ、通学先へ
	2) 私用	買い物、社交・娯楽・食事・レクリエーションへ、その他の私用(送迎・通院・習い事など)
	3) 通勤通学からの帰宅	通勤通学から自宅
	4) 私用からの帰宅	私用から自宅
	5) 業務	販売・配達・仕入・購入先、打ち合わせ・会議・集金・往診、作業・修理へ、農林漁作業、その他の業務

表-4 用意すべき交通目的別交通機関別 OD 表

交通目的	交通機関		
	普通自動車	貨物車	公共交通機関
1) 通勤通学	現況/将来	現況/ー	現況/将来
2) 私用	現況/将来	現況/ー	現況/将来
3) 通勤通学からの帰宅	現況/将来	現況/ー	現況/将来
4) 私用からの帰宅	現況/将来	現況/ー	現況/将来
5) 業務	現況/ー	現況/ー	現況/ー

注) 現況/将来は現況 OD 表と将来 OD 表を用意すること、現況/ーは将来 OD 需要には変化がなく、将来配分にも現況 OD 交通需要を用いることを意味する

されるべき交通目的別交通機関別の OD 交通需要を表-4 に示す。このうち、現況の交通需要は第 3 回熊本都市圏 PT 調査マスターデータの集計より、将来の交通需要は (1) で述べたサンプル毎の交通手段別選択確率の予測値の集計化結果から得ることができる。ただし、業務

目的交通と貨物車交通については、LRT 化計画の実施によって分担需要に大きな変動が生じるとは考えられないので、LRT 化後の OD 需要も現況のままとして配分を行った。また、鉄道廃止バス代替計画案については、すべての交通目的、交通機関の OD 交通需要が現況のまま維持されると仮定した。

LRT 化計画実施後の機関別分担需要の推計を行うためには、手段選択モデルの推定に用いたサンプルに対して、計画実施後の LOS 値を設定する必要がある。手段選択モデルには自動車の駐車場料金とバス・熊本電鉄料金、所要時間という LOS 変数を導入している。自動車の駐車場料金は LRT 化計画の実施後も現況値のままと仮定できる。また、公共交通機関の料金と所要時間は、後述する公共交通機関ネットワークへの配分システムから一意に得られる。しかし、自動車については LRT への転換需要量に応じて配分交通量が変化するのでリンク所要時間も変化する。そこで、機関分担と配分の予測ステップを繰り返して、需要と所要時間の近似的な均衡値を算出する方法を導入した。そのアルゴリズムを図-3 に示す。自動車、公共交通機関それぞれの OD 需要をネットワークへ配分した結果として、OD ペア毎の所要時間が出力されるが、このうち自動車の所要時間を用いて、繰り返し計算の1回前の所要時間と比較する収束判定を行う。判定を満たしていない場合、その変化率を手段選択モデルのサンプルである個人毎の所要時間に乗じることで、個人毎の所要時間の更新を行う。このプロセスを収束判定を満たすまで繰り返すことにより、LRT 化計画実施後の機関別分担需要と所要時間の均衡値を推計する。

(4) 交通ネットワークへの配分

作成された自動車・貨物車と公共交通機関の目的別 OD 交通需要を、道路ネットワーク、公共交通ネットワークそれぞれに配分し、前述の繰り返し計算を行う。道路ネットワークは PT 調査で設定されている熊本都市圏全体の道路網であり、配分手法は確定的利用者均衡配分である。

一方、公共交通機関利用 OD 需要は、公共交通機関ネットワークに一括して配分する。配分には徒歩時間や乗り換え、待ち時間など公共輸送固有のサービス属性の詳細な設定が可能な JICA STRADA を用いた。JICA STRADA は個々のバス路線を個別にネットワークに設定し、集計型ロジックモデルによってその路線網の中の一般化費用が小さい順に複数の利用可能経路に配分することが可能である。ここでは約 400 のバス路線を設定している。さらに、公共交通機関相互の乗り継ぎ料金の有無設定などの機能があり、料金施策などの政策シミュレーションを容易に実行することができる。

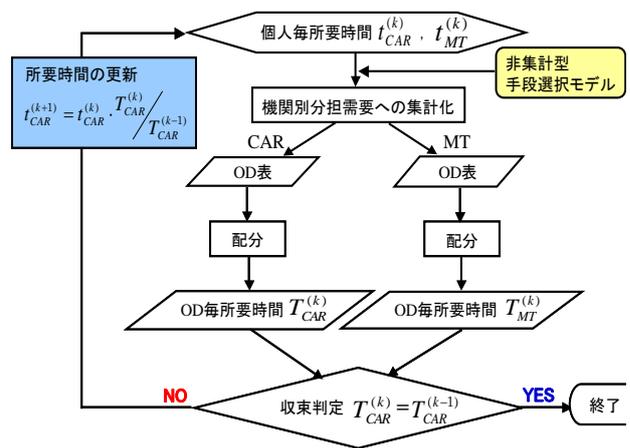


図-3 機関別均衡分担需要の推計アルゴリズム

(5) 現況再現性の検証

公共交通機関の配分結果の現況再現性を検証するために、現況の公共交通機関利用 OD 需要を現況ネットワークに配分して得られた熊本電鉄の鉄道、バスの路線別輸送人員と運送収入の推定値を実績値と比較した。実績値は H16 年度の実績値を 1 日あたりに換算した値を用いている。輸送人員、運送収入それぞれの相関係数は 0.95、0.90 となり、配分結果の現況再現性は高いと考えられる。

一方、自動車については、現況の自動車、貨物車利用 OD 需要を道路ネットワークに配分し、出力された断面交通量の推定値を H11 年道路交通センサス¹⁾の実測値と比較した。無作為に抽出した 10 断面のリンク交通量の比較を行った結果、相関係数は 0.94 となり、自動車の配分交通量の現況再現性も高いといえる。以上より、本需要予測システムはもとより、道路ネットワーク、公共交通機関ネットワーク、および JICA STRADA の各種パラメータの設定値は概ね妥当と考えられる。よって、これらの設定値の下で、LRT 化ネットワークとバス代替ネットワークにおける交通需要予測を行う。

(6) 公共交通機関利用交通需要の予測結果

交通目的別に推計された LRT 化計画の実施による自動車から熊本電鉄への転換率を図-4 に示す。通勤・通学目的で約 280 トリップ/日 (15%)、私用目的で約 190 トリップ/日 (45%)、全目的では約 950 トリップ/日 (25%) の自動車からの転換需要が見込まれる。

図-5 に LRT 化ネットワークへの配分より得られた LRT の駅間利用需要を示す。LRT 化後の熊本電鉄の利用需要は全区間で約 24,000 となった。また、フィーダーバス路線の集約駅となる新須屋駅の乗降客数は 2,500 と推計される。現況の同駅の乗降客数が 190 であることから、LRT 化計画によってバスから LRT への乗換え需要が多数、発生することがわかる。

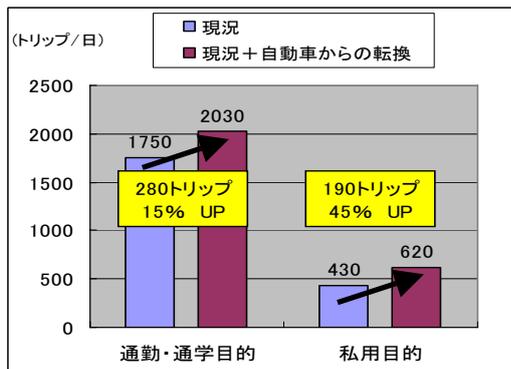


図-4 自動車から公共交通機関への転換需要

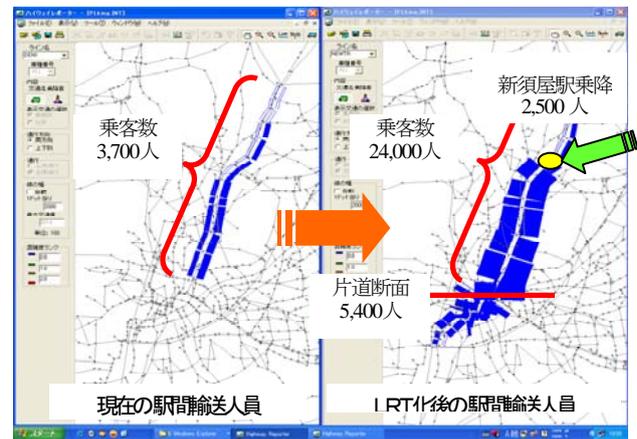


図-5 LRTの駅間利用需要

4. 費用対効果分析

(1) 各種便益額の算出

前章の交通需要予測の結果を基にLRT化計画案、鉄道廃止バス代替計画案の費用対効果分析を行った。このときのwithoutケースは現況、withケースはLRT化計画案と鉄道廃止バス代替案の2つである。便益額の推計は鉄道プロジェクトの費用対効果分析マニュアル99²⁾に準拠して行った。計測する便益項目を表-5に示す。

それぞれの計画案に対する各種便益推計額の結果を表-6に示す。利用者便益は都市圏全域でLRT化計画案では25.47億円/年の正の便益が発生する一方で、鉄道廃止バス代替計画案では5.34億円/年の負の便益となる。供給者便益は、LRT化計画案が1.66億円/年、鉄道廃止案が0.28億円/年と共に正の便益となる。また、LRT化計画案の環境等改善便益は3.01億円/年となった。以上より、総便益は、LRT化計画案が30.1億円/年の正の便益、一方、鉄道廃止バス代替計画案では5.1億円/年の負の便益が発生する。

表-6 計画案の便益推計額の比較 (億円/年)

	LRT化計画案	鉄道廃止案
利用者便益	25.47	-5.34
熊本市中心部 (4)	7.72	-1.23
旧西合志町 (5)	3.86	-2.09
熊本市沿線地域 (7)	2.77	-0.36
旧合志町 (7)	1.70	-0.12
旧泗水町 (4)	0.40	-0.14
菊陽町 (7)	1.12	-0.06
供給者便益	1.66	0.28
環境等の改善便益	3.01	-
合計	30.14	-5.06

(2) LRT化計画案の費用対効果分析

LRT化計画案の建設期間は3年で、平成18年度に建設を開始し、平成21年度に供用を開始する。また、費

表-5 計測する便益項目

便益	評価項目
利用者便益	公共交通機関利用者の一般化費用の変化
供給者便益	当該事業者の収益性の変化
環境等改善便益	自動車利用者の所要時間の変化
	自動車利用者の走行費用の変化
	局所的環境の変化 (NO _x 排出量, 道路・鉄道騒音の変化)
	地球的環境の変化 (CO ₂ 排出量の変化)
	道路交通事故の変化

用は、平成18年度に3.38億円の調査設計費、平成19年度に36.43億円の車両購入費等、平成20年度に71.26億円の延伸工事費等が投入される。また、平成37年度に維持補修などの費用として0.30億円を計上した。一方、便益は毎年同額が発生すると仮定する。以上の設定下で30年間の費用便益分析を行なった。算出された総便益額、総費用額の現在価値は、それぞれ437.5億円、100.4億円となり、費用便益比B/C=4.4 \geq 1.0となった。

5. おわりに

最新の需要予測手法と便益評価手法を用いて、このLRT化計画案、および鉄道廃止バス代替計画案に対する需要予測と費用対効果分析を行った。その結果、本LRT化計画案は社会経済的効率性が高いこと、事業採算面でも持続可能であることが実証された。

参考文献

- 1) 国土交通省九州地方整備局ホームページ
<http://www.qsr.mlit.go.jp/>
- 2) 国土交通省鉄道局監修：鉄道プロジェクトの費用対効果分析マニュアル99, 1999