

S6-1-4 地方鉄道の都心乗り入れと 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

○橋内次郎・[土] 溝上章志 (熊本大学)

Demand and Cost-Benefit Analysis of Upgrading the Local Railway into LRT and its Extension to the Downtown
Jiro Hashiuchi, Shoshi Mizokami, Member (Kumamoto University)

Cost benefit analysis is very important in project evaluation. However, estimating exact benefit of a transport project is difficult, because it is complex to estimate demand and total benefit generated from the project. The context of this study is the proposal upgrading of local railway to LRT system and its extension line to the downtown. In this study, disaggregate mode choice model is used to estimate car and mass transit demand in the case of implementing the proposal. Benefit is calculated by assigning the demand into road and mass transit network of the study area. With the result, cost benefit analysis is carried out and efficiency of this proposal is evaluated.

キーワード: LRT 整備計画, 非集計型手段選択モデル, 需要予測, 費用対効果分析
Keyword: LRT, Disaggregate modal choice model, Demand forecasting, Cost benefit analysis,

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.

2. 公共交通の利用実態と意識に関する調査

熊本電鉄が走る西合志町とその他の沿線地域(熊本市北部地域, 菊池市, 合志町, 菊陽町, 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・通院などで熊本市中心部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, LRT 化後の熊本電鉄の選好意志などである. 配布方法は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.

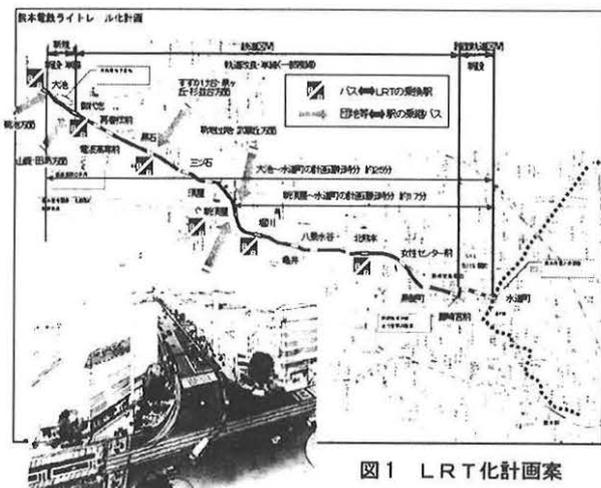


図 1 LRT 化計画案

3. 交通需要の予測

3.1 熊本電鉄の利用需要の推計手順

熊本電鉄の交通需要の予測フローを図2に示す。まず、前章で述べた調査から得られたサンプルを用いて、3.2で交通目的別の非集計ロジットモデルを構築する。さらに3.3では、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リップ調査のCゾーン単位のODペア間交通量と仮定し、各サンプルの各選択肢に対する選択確率の平均値を当該選択肢の集計化シェアとする数え上げ法を用いて、交通目的別交通手段別OD交通量を推計する。

LRT化された場合の交通目的別交通手段別OD交通量の予測については、熊本電鉄の市電乗り入れによって、従来の熊電からバスや市電などへの乗り換えは不要になる。また、LRT化によって評定速度が向上する。よって、LRT化計画後のサービス水準を1)所要時間が改善前の7割に減少、2)料金は現状維持、3)乗換え回数が1回減少する、とする。また自動車やバスの所要時間も変化すると考えられるが、ここでは4)自動車、バスのサービス水準には変化が無い、と仮定する。これらの条件を個々のサンプルのサービス変数に設定し、上述した数え上げ法を用いて同様に集計化して、LRT化計画後の交通目的別交通手段別OD交通量を予測する。

以上のようにして得られた公共交通利用OD交通量を以下に示す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と熊本電鉄はもちろん、他のバス事業者の

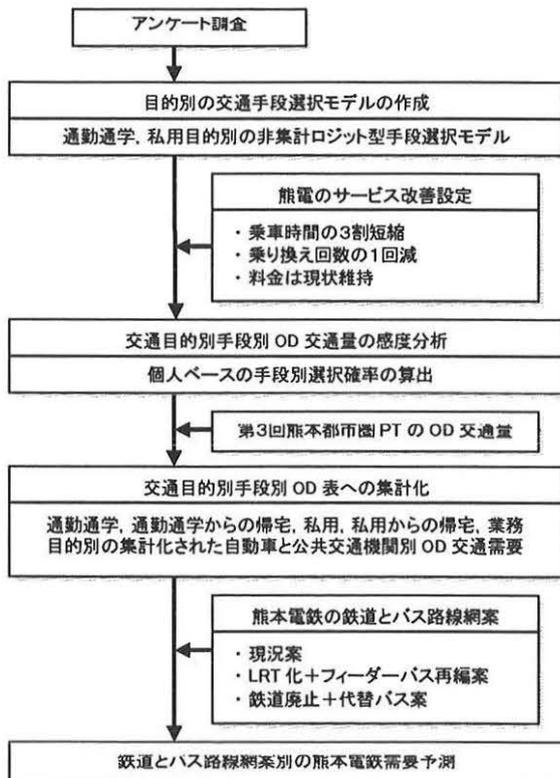


図2 交通需要の予測フロー

バス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というネットワーク(バス代替ネットワーク)、なお、バス代替ネットワークには現況のOD交通需要を配分することとする。以上より、熊本電鉄の利用需要を推計する。

3.2 交通手段選択モデルの推定

通勤・通学票のデータを用いて、通勤・通学目的の手段選択モデルの推定を行った。なお、車と公共交通(バス・熊電)に分担する2項ロジットモデルを用いている。推計結果を表1に示す。バス、熊電の乗り換え回数のt値が低いものの、他の説明変数のt値は高く、統計的有意性は高い。また、 ρ^2 値も高く、モデルの適合性が高いといえる。このことから通勤・通学目的の分担交通需要を予測するモデルとして有用と考えられる。

買い物・習い事票のデータを用いた私用目的の手段選択モデルの推定結果を表2に示す。自動車の駐車場料金、バス・熊電料金、バス・熊電の乗り換え回数のt値が低いものの、全体的に説明変数のt値は高く、統計的有意性は高い。 ρ^2 値も0.208とモデルの適合性が高いといえる。このことから推定されたモデルは買い物・習い事など私用目的の分担交通需要を予測するモデルとして有用と考えられる。

これらのモデルから選好接近法を用いて、時間評価値の検討を行う。通勤通学目的の手段選択モデルの効用関数には、費用に関する説明変数として「自動車の駐車場料金」だけが統計的に有意な変数として導入された。これは通勤通学目的の交通は、需要の価格弾力性が低いためと考えられる。そのために、選好接近法の適用が出来ない。一方、私用目的の手段選択モデルには、所要時間に加えて、「バス・熊電料金」が変数として導入された。そこで時間評価値を算出した結果、56.4円/分となった。この値は全国平均の時間評価値37.6円と比較して、やや

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	-1.516	5.98
熊電ダミー	-0.964	4.56
所要時間(分)	-0.0281	4.51
自動車の駐車場料金(円/月)	-0.000166	10.56
バス・熊電の乗り換え回数(回)	-0.267	1.33
サンプル数	606	
ρ^2 値	0.391	

表2 私用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	-0.933	3.06
熊電ダミー	0.885	3.60
所要時間(分)	-0.0479	8.76
自動車の駐車場料金(円/回)	-0.000260	1.26
バス・熊電料金(円/片道)	-0.000848	1.39
バス・熊電の乗り換え回数(回)	-0.329	1.42
サンプル数	871	
ρ^2 値	0.208	

過大である。一方、乗用車1台当たりの時間評価値は62.86円/分であり、平均乗車人員1.2人/台で1人当たり換算した52.3円/分とほぼ一致する。これらの結果を参考にして、時間評価値を50.0円/分として以下の分析を進めることにする。

3.3 交通目的別交通手段別 OD 表の作成

交通ネットワークは道路ネットワークと公共交通ネットワークから構成される。それぞれのネットワークに配分するパーソントリップベースの OD 交通需要は、第3回熊本都市圏 PT 調査で設定されている表3の交通手段、交通目的に区分して推計する。現況とLRT化計画後の便益を比較するのに用意されるべき交通目的別交通手段別 OD 交通需要は表4である。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、LRT化計画後の交通需要は、3.1で述べたサンプルごと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、業務目的については、手段選択モデルを構築していない。また、貨物車については、すべての目的で手段選択モデルの選択肢としていないため、LRT化計画後の需要予測ができない。また、これらのOD交通量については、LRT化計画の実施によって大きな変動が生じるとは考えられないので、将来のOD需要も現況のままとして配分を行う。

3.3 手段別交通需要の交通ネットワークへの配分

前項で作成された全目的別 OD 交通需要を自動車、公共交通の手段別にそれぞれ道路ネットワーク、公共交通ネットワークに配分した。自動車利用需要を配分する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、セントロイド数177、リンク数3,070、ノード数2,386から構成さ

表3 交通手段、交通目的の区分

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

表4 用意すべき交通目的別交通手段別OD表

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

注) 現況/将来は現況 OD 表と将来 OD 表を用意すること、現況/—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

れている。配分手法は利用者均衡配分である。

一方、公共交通利用者は一括して公共交通ネットワークに配分する。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 ではパーソントリップベースの公共交通機関利用 OD 交通量を、設定した公共交通機関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。公共交通機関経路の一般化費用は、コスト要素の値とそれを一般化費用に換算する評価値の積和として表される。このうちコスト要素は、徒歩時間、待ち時間、乗降時間、料金、旅行時間、乗換時間、不快性指標の7つの要素で構成されている。また、利用可能経路の抽出は、1つの OD ペアに対する最大経路数を3本とし、その中で乗換数が2回以内、一般化費用が最小経路の110%以内の経路を抽出可能と設定した。このようにして、得られた利用可能経路の分担率は、一般化費用を変数とした集計型ロジットモデルによって算出される。

運行速度に関しては、系統別に設定した運行速度、自動車配分結果の速度、通過リンクの設定速度に公共交通速度補正係数0.65を乗じた値の中で最小の値が使用される。その他、異なる公共交通機関の乗り継ぎ料金の設定や乗り換えに時間を要するような地点では、乗り換え抵抗を設けるなど、より現実に近いようなオプションが備わっている。一方、料金の設定については、公共交通機関ごとに、基本料金と基本料金適用距離、距離比例料金の設定を行うことによって距離運賃制を表現している。

3.4 現況再現性の検証

JICA STRADA による公共交通機関への配分結果の現況再現性を検証するために、現況の全目的公共交通機関利用 OD を現況公共交通ネットワークに配分し、主要3バス事業者である市交通局、九州産交、熊本電鉄の路線別の走行キロ(km)と乗車人員(人)の推計値と実績値を比較した。図3に実績値と推定値の散布図を示す。走行キロ、乗車人員の相関係数はそれぞれ0.89、0.80、F値は8.0、2.0となった。走行キロに関してはやや過小評価される傾向があるものの、JICA STRADA による公共交通機関への配分による現況再現性は高いといえる。これより、JICA STRADA に入力すべき道路ネットワーク、公共交通ネットワーク、および各種パラメータの設定値は概ね妥当と考えられ、これらの設定値の元でLRT化ネットワーク、バス代替ネットワークにおける交通需要予測を行う。

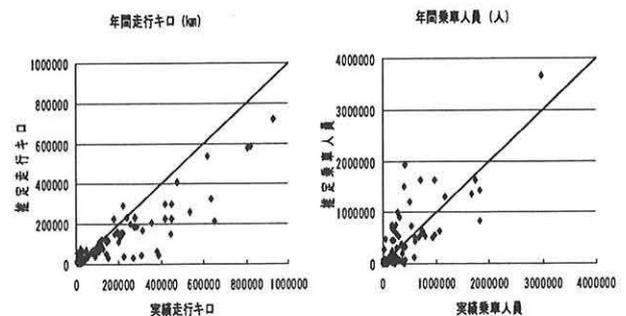


図3 走行キロ(km)と乗車人員(人)の現況再現性

4. LRT化計画の費用便益分析

4.1 公共交通機関利用交通需要の予測結果

手段選択モデルを用いた交通目的別 OD 交通量の感度分析から得られた LRT 化計画による自動車から公共交通への転換率を図 4 に示す。その結果、通勤通学目的交通で 260 トリップ、私用目的で 140 トリップ程度の転換が生じる。現在の熊電の通勤・通学、私用目的交通の現況利用需要量がそれぞれ 1,750、430 トリップ程度と推計されることから、それぞれ 15%、30% 程度の転換が起ると予測される。

また、LRT 化ネットワークへの配分より、図 5 に示すように、市電区間での乗降客を除いた熊本電鉄区間の乗客数は約 15,700 人となり、現況の 3,700 人の約 4.2 倍となった。

4.2 各種便益額の算出

LRT 化計画、および鉄道廃止バス代替計画について便益を推計した結果を表 5 に示す。その結果、LRT 化計画では 28.1 億円/年の正の便益が、一方、鉄道廃止バス代替計画 3.4 億円/年の負の便益が発生する。

利用者便益とは、現況の公共交通機関利用者の一般化費用と比較して、それぞれの計画により、公共交通機関利用者の一般化費用が変化することによって生じる便益である。推計した結果、LRT 化計画では約 550 万円/日、年間では約 20.0 億円/年の正の便益が、鉄道廃止バス代替計画では約 140 万円/日、年間では約 5.1 億円/年の負の便益が発生する。

供給者便益とは、LRT 化計画、および鉄道廃止バス代替計画と現況との利益の差である。収入の推計結果は、LRT 化計画、鉄道廃止バス代替計画それぞれで 412 万円/日、404 万円/日、年間では 15.0 億円/年、14.7 億円/年となる。一方支出は、LRT 化計画、鉄道廃止バス代替計画それぞれで年間 11.8 億円/年、12.1 億円/年と推計される。現況の収益(H16 年度実績)が 0.9 億円/年であるから、LRT 化計画による供給者便益は、約 2.3 億円/年、鉄道廃止バス代替計画は 1.7 億円/年となる。

環境等改善便益は、LRT 化計画による手段転換によって自動車交通需要が減少し、道路交通混雑が緩和によることに起因して生じる便益を表 6 に示す項目について推計した。その結果、環境等改善便益は約 5.8 億円/年となった。

4.3 費用対効果分析の結果

LRT 化計画案の建設期間は 3 年で、平成 18 年度を建設開始年度、平成 21 年度に供用を開始すると仮定する。また、費用は、平成 18 年度に 3.38 億円の調査設計費、平成 19 年度に 36.43 億円の延伸工事、車両購入費等、平成 20 年度に 71.26 億円の軌道工事、延伸工事費等が投入される。また、平成 37 年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 407.9 億円、100.4 億円となり、費用便益比 $B/C=4.1 \geq 1.0$ 、純現在価値 $B-C=307.5 \geq 0.0$ となる。本 LRT 化計画は社会経済的視点からは効率的なプロジェクトであるといえる。

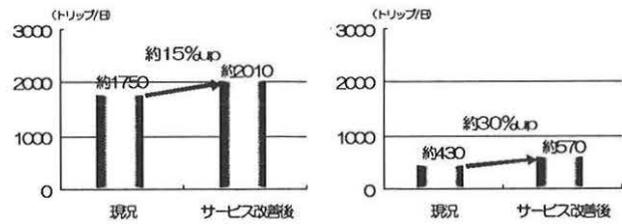


図 4 交通目的別転換率 (左が通勤通学、右が私用)

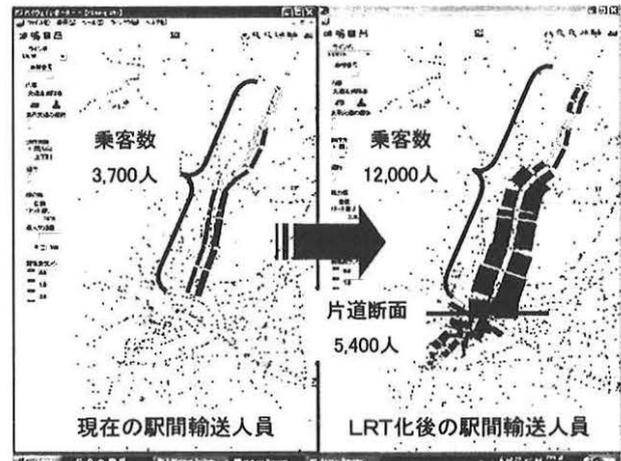


図 5 LRTの駅間利用需要

表 5 LRT化計画、鉄道廃止バス代替計画の便益推計額

(億円/年)	LRT化計画案	鉄道廃止バス代替案
利用者便益	20.0	-5.1
供給者便益	2.3	1.7
環境等改善便益	5.8	—
計	28.1	-3.4

表 6 LRT化計画による年間の環境等改善便益

環境等改善評価項目	便益額 (百万円/年)
自動車利用者の所要時間短縮便益	508.3
自動車利用者の走行費用減少便益	70.7
大気汚染 (NO _x) の改善便益	4.4
CO ₂ 排出量改善	0.4
道路交通事故減少による損失額削減効果	0.02
合計	583.8

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、熊本電鉄の LRT 化計画および鉄道廃止バス代替計画に対する費用対効果の実証分析を行った。その結果、本 LRT 化計画は社会経済的効率性が高いことが示された。

参考文献 (財)運輸政策研究機構 :鉄道プロジェクトの費用対効果分析マニュアル 99, 1999.