

# 人口密度と表定速度がLRTの事業性に与える影響に関する研究\*

## Effects of Population Density and Operation Speeds on LRT Project Viability\*

遠藤玲\*\*・竹田敏昭\*\*\*・古賀一人\*\*\*\*

By Akira ENDO\*\*・Toshiaki TAKEDA\*\*\*・Kazuhito KOGA\*\*\*\*

### 1. はじめに

低コストの軌道系公共交通機関としてLRTへの期待は高い。路線のわかりやすさなどのサービス情報の周知しやすさや存在感においてバスより際立っており、低床式車両採用、走行時の安定性・静穏性、高い正着性により高齢社会に相応しい移動手段でもある。また、中心市街地の活性化や環境問題への対応の面でも大きな役割が期待されている。

しかしながら、わが国では、これまで、本格的な新設LRTの事例はなく、導入空間の制約とともに、事業成立性が不透明な点も大きな要因となっている。

LRTの事業性に関する既往の調査・研究では、特定の候補路線に関して、設定した運賃水準の下での需要とその需要に対応させた場合の建設・運行コストから事業性を検討するもの、あるいは、乗車人員とサービス水準を先決した仮想のいくつかのケースについて採算性を検討したものが多く<sup>1)2)</sup>。

また、サービス水準の変化によるコストの変化に着目した理論的研究の報告事例が少数存在する<sup>3)</sup>。

本研究は、昨年<sup>4)</sup>に引き続き、LRT需要をサービス水準の関数として、また、LRTのコストをピ

\*キーワード：公共交通計画、新交通システム計画、LRT

\*\* 正員、金沢市（前（財）国土技術研究センター）

（〒920-8577 石川県金沢市広坂1-1-1, TEL:076-220-

2014, E-mail:endo\_h\_a@city.kanazawa.ishikawa.jp）

\*\*\* 工修、パシフィックコンサルタンツ株式会社

（〒163-0730 東京都新宿区西新宿2-7-1, TEL:03-3344-

1560, E-mail:Toshiaki.Takeda@tk.pacific.co.jp）

\*\*\*\* 株式会社メッツ研究所

（〒164-0003 東京都中野区東中野3-9-21, TEL:03-3371-

6241, E-mail:koga@mets-ri.co.jp）

ーク時間帯における必要車両編成数等の関数として捉えることにより、LRTの成立可能性についてモデル地域について考察したものである。本報告では沿線人口密度とピーク時表定速度が変化したときにLRTの採算性がどのように変化するかについて検討した。

### 2. 採算性分析の枠組み

#### (1) 交通需要推計モデル

LRTの需要を変化させる要因であるサービス水準としては、総所要時間、費用、アクセス時間、イグレス時間、運行本数等、多様な要因が考えられるが、本研究では、既往調査で推定された路面電車を含む交通需要推計モデルから説明力の高いモデルで本研究の目的に適合したものを選定し、そのモデルを使用して分析を行った。

選定されたモデルは、ある地方中核都市圏（A都市圏）のパーソントリップ調査により推定されたモデルであり、その構造は以下の通り3段階のステップで、機関分担を推定している。



図 - 1 機関分担の構造

表 - 1 モデル式のパラメータ (路面電車)

		乗換回数 (回)	t 値	運行本数 (本)	t 値	所要時間 (分)	t 値	運賃/ 距離 (円/km)	t 値	65才以上 人口比率 (%)	t 値
通勤	市電	-0.405	2.67	0.024	2.67	-0.031	5.74	-0.0002	5.40	0.062	2.39
私用	市電	-0.823	3.03	0.005	2.21	-0.008	1.01	-0.0001	2.00	0.033	0.74
私用	市電	-0.490	2.52	0.004	2.03	-0.009	1.40	-0.0001	3.37	0.039	1.24

注) 私用 は、買物、社交、娯楽  
私用 は、その他私用、帰校

最終ステップでの機関分担は、都市交通の中心手段であるため、多くの説明変数を取り込み、その効果が直接的に反映できるマルチタイプのロジットモデルが採用されている。

通勤目的の手段選択については、ピーク1時間の運行本数を、私用目的については、全日の運行本数を説明変数として使用している。

(2) 交通回廊地域モデル

本研究では、LRT沿線地域を帯状の交通回廊地域としてモデル化し計算を行った(図-2)。LRTの延長を6kmとし、その沿線両側2kmずつ、また、両端の駅から1kmの地域を含む、総面積32km<sup>2</sup>の地域を対象とした。ゾーンの大きさはA都市圏の路面電車サービス地域におけるパーソントリップ調査のゾーン規模と同様とした。

路面電車が運行している数都市の人口を参考に沿線地域(DID)平均人口密度を70人/haとし、ドーナツ化現象を考慮して、都心で人口密度が低く都心隣接地で最も高くなる人口密度分布とした。

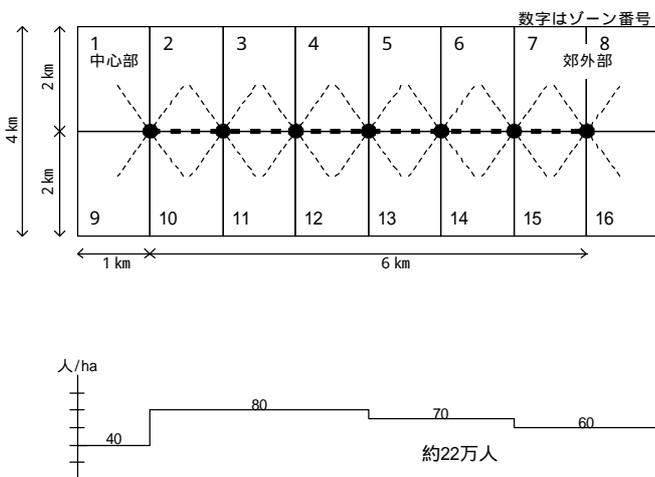


図 - 2 交通回廊地域モデル

3. LRT採算性の分析

(1) 検討ケースの設定

人口密度については、前述の地域モデルの人口密度を標準として、+10%、-10%、-20%、-30%の全5ケース(標準ケースを含む)で検討した。また、LRTの表定速度については、12km/hと24km/hの2ケースについて検討した。

(2) サービス水準の設定

A都市圏の現況データを参考として、LRT、バス、自動車、バイクのサービス水準を表-2のように設定した。なお、手段選択モデルの主体属性変数データについてもA都市圏の現況データを参考に設定した。

表 - 2 サービス水準

サービス水準	LRT	運行本数をピーク時間帯最混雑区間の乗客数に応じて設定(オフピーク時は最低4本/時を確保) 速度: 12 km/h 又は 24 km/h、運賃: 180 円均一。
	バス	運行本数を96本/日(ピーク時は12本)、速度を15 km/h、運賃を220 円均一。
	自動車	速度を20 km/h、免許保有率は60%
	バイク	速度を15 km/h。

LRTのピーク時間帯運行本数はピーク時間帯の最混雑区間乗客数(片道)に対し、1編成の定員を65人と計算し、定員以下の乗客数での運行を基本として必要運行本数を設定した。また、通勤者の半数がピーク1時間に集中するとし、通勤者以外の乗客が通勤者の半数と仮定して通勤者のODから最混雑区間乗客数を算定した。

全日の運行本数については、全運行時間帯で最低4便/時を確保することとし、それを超過する運行本数はピーク時間運行本数に比例することとした。

(3) 各ケースの需要推計

検討した10ケースについて推計した需要は表-3の通りである。

ピーク時運行本数を需要に応じて変動させることとしたことにより、昨年度の推計より運行本数(ピーク時・全日)が減少し、需要も低く算定されてい

る。また、人口密度が低下すると運行本数も減少することから、人口密度低下割合以上の需要減少が見られる。

表 - 3 需要推計結果

		人口密度の設定				
		+10%	標準	-10%	-20%	-30%
表定速度 12km	ピーク時最混雑区間乗客数(片道)	623	555	491	429	369
	ピーク時運行本数(片道)	10	9	8	7	6
	全日運行本数(片道)	100	96	92	88	84
	乗客数(一日)	9800	8800	7800	6900	5900
表定速度 24km	ピーク時最混雑区間乗客数(片道)	815	731	636	557	478
	ピーク時運行本数(片道)	13	12	10	9	8
	全日運行本数(片道)	112	108	100	96	92
	乗客数(一日)	12000	10700	9300	8200	7100

#### (4) 収入の算定

運賃は180円均一料金、定期率を3割、割引率を30%とし、実収率を0.8と設定した。1日当たり乗客数を年換算して運賃と実収率を適用することにより、年間の収入額を算定した。

#### (5) 人口密度・表定速度とコストの関係

LRT事業のコストは、初期投資である軌道等の建設費と車両費及び経常的経費である運行経費・軌道維持管理費と一般管理費からなる。本研究では、計算の簡略化のため、軌道維持管理費と一般管理費は運行経費に含まれているものとして扱う。

人口密度の増加はピーク時の乗客数と運行頻度を増加させ、必要車両数を増加させる。必要車両数の増加は、車両基地建設費と車両費の増加をもたらす。また、全日の運行本数が増加することから、運行経費が増加する。

LRTのピーク時における表定速度の上昇は必要な車両数を減少させ初期投資を低減させる。また、全日にわたる表定速度の向上は運転士の運行効率を

向上させ、運行経費の削減につながる。

#### (6) コストの算定

##### (a) 軌道等建設費

軌道等建設費は道路事業者が行う走行路(路面・路盤・駅施設等)の整備費とLRT事業者が行うレール敷設、架線、変電設備、通信設備、車両基地等の費用に分けられる。採算性の検討にはLRT事業者の費用のみを算入している。算定根拠として最新の試算結果を使って計算した結果、車両基地と変電施設の費用を明示したことにより、昨年度の試算に比べ建設費が大幅に増加した。車両基地建設費は人口密度と表定速度の変化により影響を受ける。

##### (b) 車両費

LRT事業者が負担する車両費単価は最近の事例から1.1億円/編成とする。運行路線の延長が短く、折り返してきた車両が利用できることから、必要車両数は、往復運行の所要時間(端末待ち時間を含む)における最混雑区間乗客数を1編成の定員で割ったものに予備車両1編成を加えた数とした。

##### (c) 運営経費

運営経費については、路面電車事業者のデータから表定速度12km/hのケースでは民営事業並みの600円/車両・キロとした。24km/hのケースでは、速度が上がることによる運転士の運行効率の向上を見込み、450円/車両・キロとした。

#### (7) 採算性の検討

初期投資である軌道等を30年、車両を20年で償却(定額法、残存価値なし)するものとした。また、借入金 は 事業者負担分事業費の80%、年利3%、20年元利均等返済とした。その結果、単年度の損益は表-4の通りとなった。これによると、事業の成立がどのケースでも困難であり、表定速度を更に上げることは困難が予想され、限度があることから、公共側の支援として車両貸与を検討し採算性に与える効果を検討した。その結果、以下のような結論が得られた。

- ・表定速度12km/hのケースでは、収入が運営経費をカバーできるが、年間収支が大幅な赤字となる。
- ・表定速度24km/hのケースでは、年間収支は大幅に

表 - 4 事業採算性検討結果

単位 (億円)

表定速度	人口密度	現行制度						車両貸与方式					
		年間収入	年間支出				年間収支	年間収入	年間支出				年間収支
			減価償却費	借入金返済	運営経費	支出計			減価償却費	借入金返済	運営経費	支出計	
12 km/h	+ 10%	5.15	1.87	2.73	2.63	7.23	-2.08	5.15	1.21	2.00	2.63	5.85	-0.70
	標準	4.63	1.79	2.63	2.52	6.94	-2.32	4.63	1.19	1.96	2.52	5.67	-1.04
	- 10%	4.10	1.71	2.52	2.42	6.65	-2.55	4.10	1.16	1.92	2.42	5.49	-1.39
	- 20%	3.63	1.63	2.42	2.31	6.36	-2.73	3.63	1.13	1.87	2.31	5.32	-1.69
	- 30%	3.10	1.55	2.31	2.21	6.07	-2.97	3.10	1.11	1.83	2.21	5.14	-2.04
24 km/h	+ 10%	6.31	1.71	2.52	2.21	6.44	-0.13	6.31	1.16	1.92	2.21	5.28	1.02
	標準	5.62	1.63	2.42	2.13	6.17	-0.55	5.62	1.13	1.87	2.13	5.13	0.49
	- 10%	4.89	1.55	2.31	1.97	5.83	-0.94	4.89	1.11	1.83	1.97	4.91	-0.02
	- 20%	4.31	1.47	2.21	1.89	5.57	-1.26	4.31	1.08	1.78	1.89	4.76	-0.45
	- 30%	3.73	1.38	2.10	1.81	5.30	-1.57	3.73	1.05	1.74	1.81	4.61	-0.88

改善される。人口密度の低い都市では改善効果が低い。

- ・人口密度が低くなると、需要に応じて必要車両数も減るが、人口の低下割合よりも需要低下・収入低下が大きく、一方、固定費である初期投資は減らないため、採算性は大幅に悪化する。
- ・車両貸与方式により、人口密度と表定速度の高い都市では、年間収支が黒字となる。本方式の効果は人口密度が高いほど、また、表定速度が低い都市のほうが車両数が多いため大きくなる。
- ・人口密度の低い都市では車両数が少なく車両貸与方式の効果に限界があることから、建設費に対する支援施策との組み合わせが必要である。

#### 4. おわりに

本研究では、既往調査の交通手段選択モデルを使用して人口密度と表定速度の変化がLRTの採算性に与える影響をモデル的な交通回廊地域において検討した。その結果、以下の結論が得られた。

DIID人口密度が70人/ha程度以上の都市では現行の12km/時の表定速度では大幅な赤字となるが、表定速度を地下鉄並みの24km/時まで上げると、赤字幅が大幅に減少する。また、車両貸与方式が有効である。

DIID人口密度が低いケースでは、LRTの表定速度が高いケースでも車両貸与以外の公的支

援がないと事業として成立しない。

今後の課題としては、コスト構造の精緻化、異なった交通手段選択モデルを使用した場合との比較、軸状開発など異なった業務地分布の場合との比較があげられる。

#### 参考文献

- 1) 日本開発銀行：LRTと路面電車の活性化について、1998.3
- 2) 日本政策投資銀行地域企画部：LRTと路面電車の現状について、地域企画ノート、2000.9
- 3) 石田ほか：交通機関の競合を考慮した公共交通の成立性に関する基礎的研究、土木計画学研究・講演集 No.21(1)、1998.11
- 4) 遠藤玲、竹田敏昭、古賀一人：サービス水準変化がLRTの事業性に与える影響に関する研究、土木計画学研究・講演集 No.28、309、2003.
- 5) 平成2年度LRT導入可能性に関する調査・研究（資料編）
- 6) 定期研究会講演“まちづくりとLRT” 都市地下空間活用研究 No.38 1998.4
- 7) 欧州都市交通調査団報告書 平成10年8月（社）日本交通計画協会 Jane's URBAN TRANSPORT SYSTEMS 1998-99
- 8) 運輸省・建設省：路面電車活用方策検討調査、1998.