

将来需要の曖昧さを考慮した地方都市における LRT 導入の可能性分析

名古屋市 中島 修司*¹
信州大学 高瀬 達夫*²
信州大学 小山 健*³

By Shuji Nakajima, Tatsuo Takase, and Ken Koyama

これまで自家用車に依存してきた地方都市では人口減少・少子高齢に備えた公共交通体系の整備が大きな課題となっており、近年こうした課題を解決する方策の 1 つとして LRT (Light Rail Transit) が注目されている。現在複数の地方都市において LRT 建設の提案・計画がなされているが、財政問題や地域住民との合意形成の問題などを抱えており、未だ実現した例は少ない。これらの諸問題の一因には、需要予測の不透明さや予測値に基づいて行われる事業評価への不信感などが考えられ、円滑な実現を図るためには、需要予測値と実態値の乖離を防ぐことや計画決定・需要予測のプロセス、将来事業リスクを考慮に入れることが重要である。しかしながら、需要予測を行う際に、将来の不確実性の問題は避けて通ることができず、技術的問題として起こりうるすべての不確定要素に対応することはきわめて困難であるといわざるを得ない。本研究ではこれらの様々な不確定要素の存在を鑑み、将来交通需要には曖昧さがあると考え、曖昧さを考慮した交通需要モデルを提案する。そして、長野市に LRT を導入することで将来的にどの程度の利用者数および費用対効果があるのかを論じ、導入可能性について検討する。

【キーワード】 需要予測手法、不確実性、LRT、事業評価

1. はじめに

総務省「国勢調査」によると、我が国の人口は 2005 年に初の自然減少となった。今後急速に人口減少が進み、2050 年には 1 億人程度まで減少するとみられている。さらに地方では都市部より大幅な人口の減少が見込まれるとともに、少子高齢化が進展すると考えられている。このため、かねてより自家用車に依存してきた地方都市では、こうした人口減少・少子高齢の局面で新たな時代に備えた公共交通体系の整備が大きな課題となっている。

近年、こうした問題を解決する方策の 1 つとして LRT が注目されており、現在複数の地方都市においては次世代の基幹交通システムとして提案・計画がなされている。しかしながら、財政問題や地域住民との合意形成の問題などにより未だ実現した例は少ない。

このような状況をふまえ、国土交通省では LRT の導入を地方公共団体に促すために 2005 年度から LRT 整備費補助制度を設け、また同時に「まちづくりと一体となった LRT 導入計画ガイダンス」を策定している¹⁾²⁾。この中で、市民の理解を深め円滑な実現を図るための工夫として「地方公共団体による公的負担の意思決定と市民合意を進める際の判断材料になること、需要予

測値と実態値の乖離に伴う公的負担の増大等を未然に防ぐこと等を勘案し、適切な前提条件と試算手法による透明性の高い需要予測や、将来事業リスクや開業後も視野に入れた官民連携を見据えた経営採算見込みの検討が重要」としており、予測結果の信頼性だけではなく、計画や需要予測のプロセスの重要性や将来リスクを考慮に入れる必要性が指摘されている。しかしながら、交通需要予測において将来の不確実性の問題は避けて通ることができない。この将来需要の不確実性への対応については、確率論を用いることや異なる前提条件でいくつかの将来シナリオを考慮する方法が考えられるが、起こりうるすべての不確定要素に対応することはきわめて困難であるといわざるを得ない。

そこで本研究では将来需要には曖昧さがあると考え、その曖昧さを考慮した交通需要モデルを構築する。そして、長野市に LRT を導入することで将来的にどの程度の利用者数および費用対効果があるのかを論じ、導入可能性について検討する。

2. 既存研究と本研究の位置付け

現在、我が国では LRT の導入事例が少なく、利用特性が既存の公共交通と異なると考えられているため、利用者の意識や心理面、利用特性についての研究が主になされている。山口ら³⁾は CVM(仮想市場評価法)を用いることで、低床式車両の利用に対して住民

*1 名古屋市役所

*2 工学部土木工学科 026(269)5307

*3 工学部土木工学科 026(269)5281

が持つ意識価値の計測を行っている。また需要予測に関しても選好意識データを用いた予測モデルの研究が数多くなされており、溝上ら⁴⁾は熊本電鉄のLRT化計画案についてこれらの成果を整合的に適用し、交通需要予測の標準的手法で費用便益分析を行っている。これまで行われてきた研究は以上のようなLRT固有の特徴に着目し、需要予測や便益の計測を行っているものが多い。

一方、不確実性については、交通所要時間の不確実性や曖昧さを考慮した予測手法やプロジェクトを通しての不確実性に関する研究が進められている。土崎ら⁵⁾は桃花台線を事例として公共交通政策へのリアルオプションの考え方を適用し、予想される不確実性のシナリオを定義する方法で、その適用可能性を検証している。また高崎ら⁶⁾は高速道路事業を対象として、過去の予測事業費と実測事業費の差違を調査し、予測事業費の不確実性を確率論的に検証している。

本研究では不確実性をファジィ性として、需要自体に取り入れることで、やや実務的な側面でLRT導入の需要予測を行い、導入可能性について分析した。

3. 曖昧さを考慮した交通需要モデル

現在、実務では大規模な交通施設の建設計画の際、四段階推定法が適用されている。この手法は将来の総交通量を予測し、それをゾーン間、交通手段間、ルート間に割り振る方式であり、長期的な交通施設の建設・改築計画の評価に適しているとされる。まず初めに人口指標をもとに各ゾーンの将来の発生および集中交通量を推定することになるが、将来人口、産業構造、生活習慣の変化などによって必ずしも人口の増加が将来の発生・集中交通量の増加につながるとは限らず、曖昧さがあると考えられる。したがって、本研究では現在の各ゾーンの発生・集中交通量からファジィ可能性回帰分析を用いてファジィパラメータを推定する。

通常の回帰分析では、データとモデルによる推定値との差は観測誤差とみなしているが、可能性回帰分析ではデータと推定値とのずれは入出力関係を表すシステム構造自体の曖昧さであると仮定している⁷⁾。このような曖昧さをモデルに取り入れ、将来の発生・集中交通量に幅を持たせることでその曖昧さを可能性ととらえ、交通需要を推計する。

発生交通量と集中交通量は式(1)のように示される。

$$\begin{cases} X_i = A_0 + A_1 Z_{i1} + \cdots + A_n Z_{in} \\ Y_j = B_0 + B_1 Z_{j1} + \cdots + B_n Z_{jn} \end{cases} \quad (1)$$

X_i : ゾーン*i*の発生交通量, Y_j : ゾーン*j*の集中交通量, A_l : 指標*l*の発生原単位, 指標*l*の集中原単位, Z_{il} : ゾーン*i*の指標*l*の人口, Z_{jl} : ゾーン*j*の指標*l*の人口

ただし、 Z_{il} および Z_{jl} は通常の数値であり、 A_l および B_l はファジィ数である。本研究では、ファジィ数として、 $L-L$ ファジィ数を取り扱う。すなわち、対称なファジィ数 A_l および B_l を $A_l = (\alpha_l, c_l)_L$, $B_l = (\beta_l, d_l)_L$ と表し、メンバーシップ関数を三角形型とする。

しかしながら、推計された発生交通量の総和 $\sum_{i=1}^n X_i$

と集中交通量の総和 $\sum_{j=1}^n Y_j$ は生成交通量と一致しない

ことが多いために調整する必要がある。一般的にトータルコントロールという手法が用いられている。本研究では人口原単位より将来の生成交通量 V を算定しているが、この生成交通量 V と発生交通量および集中交通量の総和と一致させるためにトータルコントロールを行うが、将来の発生交通量の総和 $\sum_{i=1}^n X_i$ と集中

交通量の総和 $\sum_{j=1}^n Y_j$ はファジィ数で表されており、ク

リスプ値で表された生成交通量 V に一致させること

ができないため、 $\sum_{i=1}^n X_i, \sum_{j=1}^n Y_j$ の中心 P, Q と生成交

通量 V でトータルコントロールを行うこととした。トータルコントロールを行った後の発生交通量および集中交通量を X'_i, Y'_j とすると、 X'_i, Y'_j は次の式(2)で表される。

$$\begin{cases} X'_i = \frac{V}{P} X_i \\ Y'_j = \frac{V}{Q} Y_j \end{cases} \quad (2)$$

次にファジィ数で表された発生交通量 X'_i 、集中交通量 Y'_j から重力モデルを用いて OD 分布交通量を推計する。重力モデルの式は式(3)で表される。

$$t_{ij} = k \frac{T_i^\alpha U_j^\beta}{f(r_{ij})} \quad (3)$$

ただし、 T_i : 現在のゾーン*i*の発生交通量, U_j : 現在のゾーン*j*の集中交通量, t_{ij} : 現在の OD 交通量, k, α, β : パラメータ, $f(r_{ij})$: ゾーン*i, j* 間の距離の効果を表す関数

パラメータ k, α, β は最小二乗法により決定し、

将来の発生・集中交通量 X'_i, Y'_j を用いて式(4)により将来 OD 交通量 x_{ij} を推計する。

$$x_{ij} = k \frac{X_i'^{\alpha} Y_j'^{\beta}}{f(r_{ij})} \tag{4}$$

OD 交通量の推計値 x_{ij} と発生・集中交通量から x'_{ij} を求め、 $\sum_{j=1}^n x'_{ij}, \sum_{i=1}^n x'_{ij}$ を X'_i および Y'_j に一致させる必要があるが、本研究ではフレーター法を用いることとする。その際にトータルコントロールと同様の理由から中心で一致させ、その比率で拡大させるものとする。 x_{ij} の中心 s_{ij} より補正した OD 交通量の推計値 x'_{ij} は、式(5)のように表される。

$$x'_{ij} = \frac{s'_{ij}}{s_{ij}} x_{ij} \tag{5}$$

この段階ではファジィ数のべき乗、乗法の演算を行うことになり三角型メンバシップ関数に変形するため、以降簡便なファジィ数表記はできない。しかし、重力モデルの仮定からパラメータ α, β は正の値を取るため、上限と下限の位置関係は保持されるので、以下の手順では左右の広がりを見上限値、下限値として進める。最後に以上の手順で推計された各 OD ペアの総交通量が交通機関ごとでどのように分担されるかを推定する。本研究では非集計ロジットモデルにより、個人サンプルの各交通機関の選択確率を母集団ベースの人口に拡大することにより、その同属性の交通機関の集計分担量として考え、予測対象となるすべての個人について加算し、最終的な交通機関の分担量とする。これをゾーンごとに将来の OD 分布交通量に拡大して将来の交通需要の上限値、中心値、下限値をそれぞれ推計する。

次章では、本章で述べた一連のモデルを適用して長野都市圏の将来交通量の推計を行う。

4. 長野都市圏の将来交通量の推計

長野都市圏の将来の目的別発生・集中交通量の推計は大ゾーン別の人口指標データとパーソントリップ調査⁸⁾の目的別現況発生・集中交通量データをもとに行った。またファジィパラメータを推定するために本研究ではファジィ可能性回帰分析を用いた。ファジィ可能性回帰モデルは式(2), (3)のように定式化でき、推定に用いた人口指標を表-1に示した。そしてファジィパラメータの推定結果および決定係数 R^2 を表-2に示した。ただし、モデルから算出される推定値がファジィ数で表されるため、決定係数 R^2 は中心の値を用いて求めたものである。

$$Y = (a_0, c_0) + (a_1, c_1)x_1 + (a_2, c_2)x_2 \tag{2}$$

$$\left. \begin{aligned} \min \sum_{i=1}^2 c|x_i| &= J(c) \\ \text{subject to} \quad y_i &\leq \bar{\alpha}x_i + (1-h)\bar{c}|x_i| \\ y_i &\geq \bar{\alpha}x_i - (1-h)\bar{c}|x_i| \end{aligned} \right\} \tag{3}$$

$$\bar{\alpha} = (\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2)', \bar{c} = (c_0, c_1, c_2)'$$

ただし、
 y_i : 大ゾーン i の発生または集中交通量
 x_i : 大ゾーン i の人口指標
 (a_i, c_i) : ファジィパラメータ

表-1 目的別発生・集中交通量推定の人口指標

	x_1	x_2
通勤発生	夜間人口	
通学発生	夜間人口	
私事発生	夜間人口	第3次産業従業人口
帰宅発生	昼間人口	
通勤集中	第3次産業従業人口	
通学集中	通学人口	
私事集中	昼間人口	
帰宅集中	夜間人口	

表-2 発生・集中量モデルのファジィパラメータの推定結果

	(a_0, c_0)	(a_1, c_1)	(a_2, c_2)	R^2
通勤発生	(1014.05, 1707.78)	(0.453, 0.001)		0.98
通学発生	(0.000, 102.875)	(0.159, 0.011)		0.99
私事発生	(0.000, 648.444)	(0.197, 0.053)	(0.372, 0.00)	0.95
帰宅発生	(0.000, 816.993)	(0.919, 0.014)		0.99
通勤集中	(0.000, 755.827)	(0.946, 0.018)		0.99
通学集中	(221.643, 268.938)	(0.904, 0.016)		0.99
私事集中	(0.000, 440.464)	(0.299, 0.118)		0.91
帰宅集中	(469.357, 1526.65)	(0.981, 0.009)		0.99

OD 分布交通量の推計は目的別現況 OD 表をもとに行った。

一般に出発地と到着地が同一ゾーンである OD パターン（内々トリップ）は、他の OD パターンとは特性が異なると考えられる。したがって、内々トリップを全 OD データから除き推定を試みたが、ダミー変数としてモデルに取り入れた方が適合度がよかったため、内々トリップの場合が自然数 e 、それ以外の場合が 1 の値をとるダミー変数とした。OD 分布交通量が 0 の場合は自然対数をとることができないので除いて推定した。OD 分布交通量のモデル式は次の式(8)に示すとおりである。

$$t_{ij} = D^\theta k \frac{T_i^\alpha U_j^\beta}{r_{ij}^\gamma} \quad (8)$$

ただし、

t_{ij} : 目的別大ゾーン i, j 間の OD 分布交通量

T_i : 目的別大ゾーン i の発生交通量

U_j : 目的別大ゾーン j の集中交通量

r_{ij} : 大ゾーン i, j 間の最短距離

D : 内々トリップダミー {自然数 $e, 1$ }

$k, \alpha, \beta, \gamma, \theta$: パラメータ

式(8)の自然対数をとると、

$$\ln t_{ij} = \theta \ln D + \ln k + \alpha \ln T_i + \beta \ln U_j - \gamma \ln r_{ij} \quad (9)$$

となり、この式を用いてパラメータを推定した。

表-3に示したパラメータの推定結果をみると通学目的の内々トリップダミーのパラメータが大きく、同一ゾーン内での移動が多いことがわかる。また、距離関数のパラメータから通勤、通学目的より私事目的

表-3 OD 分布交通量モデルのパラメータの推定結果

	通勤		通学	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値
$\ln k$	-4.8339	-10.6	-1.6331	-2.0
α	0.6067	16.4	0.4476	7.3
β	0.7685	26.8	0.4747	6.0
γ	1.0373	23.2	0.7980	11.9
θ	1.2091	7.6	2.3881	12.1
R^2	0.791		0.673	
	私事		帰宅	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値
$\ln k$	-0.0607	-0.1	-5.0944	-9.7
α	0.3499	8.3	0.7893	24.0
β	0.4891	12.4	0.6080	15.8
γ	1.2303	21.8	1.3233	28.7
θ	1.7831	9.6	1.6224	9.5
R^2	0.758		0.808	

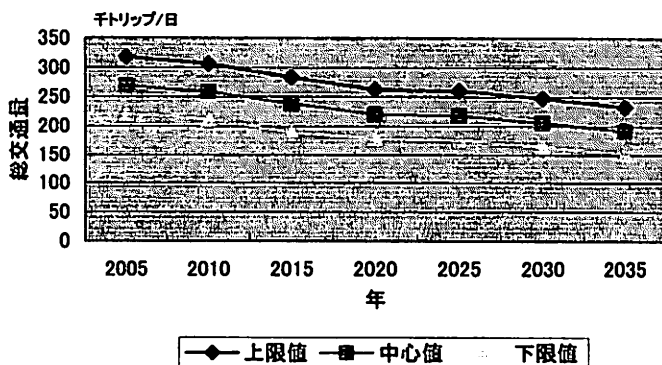


図-1 通勤目的の将来総交通量の推計区間

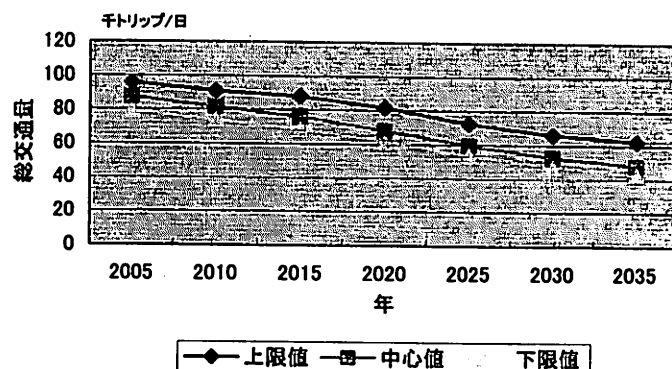


図-2 通学目的の将来総交通量の推計区間

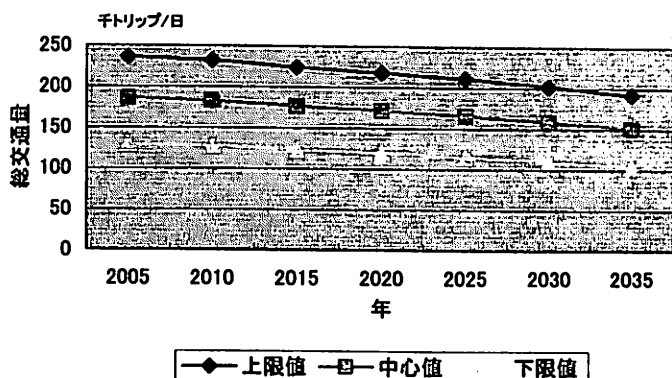


図-3 私事目的の将来総交通量の推計区間

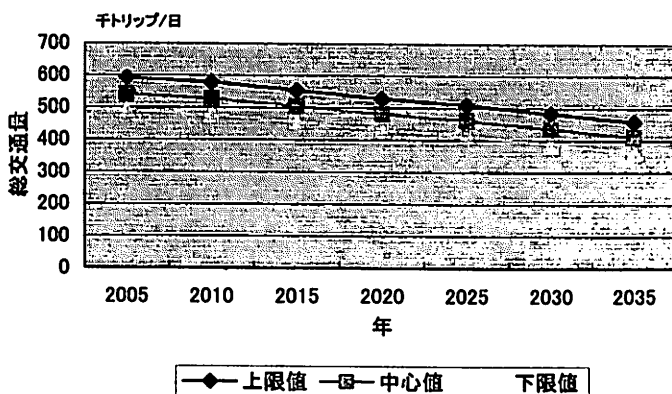


図-4 帰宅目的の将来総交通量の推計区間

のほうが遠距離移動の交通が少ないことがわかる。

以上の過程から得られた目的別将来総交通量の推計区間を図-4に示す。通学目的では将来にかけて中心値と下限値の幅が小さくなっている。これはOD分布交通量モデルの適合度が低いこと、モデルで推定した発生・集中交通量と生成原単位より算出されるコントロールトータルとのずれが大きく広がったことが原因と考えられる。私事目的は他の目的より幅が大きくなった。通勤・通学行動のような習慣的な行動に比べて、私事行動は曖昧さが大きいと考えることができる。

次に交通機関分担率の推定を行うが、本研究での非

集計ロジットモデルの形式は自動車、公共交通の2肢選択型とし、PT 調査の代表交通手段の項目で鉄道・バス・自動車と回答したものを用いた。したがって、交通機関分担モデルは次の式(10)、(11)のようになる。

$$P_i = \frac{e^{V_i}}{\sum_{j \in A_n} e^{V_j}} \quad (10)$$

$$V_i = \alpha C_i + \beta T_i + \gamma D_1 + \dots + \theta D_k \quad (11)$$

ただし、

P_i : 手段*i*の選択確率 (c :自動車, m :公共交通)

C_i : 手段*i*の費用

T_i : 手段*i*の所要時間

$D_1, \dots, D_k$: 選択肢固有の変数

$\alpha, \beta, \dots, \theta$: パラメータ

目的分類は自動車・公共交通の2肢選択であることから通学目的を除き、通勤、私事、帰宅の3つで行った。ダミー変数について、市街地ダミーは「長野中央地域市街地再生計画（長野市）」において定義されたエリ

表-4 通勤目的のパラメータ推定結果

説明変数	係数	t値
公共交通機関定数項	-1.2961	-8.22
費用 (100円)	-0.1395	-5.14
所要時間 (100分)	-0.9337	-3.98
市街地ダミー (公共交通)	2.6519	29.64
女性ダミー (公共交通)	0.5171	6.49
橋の回数 (回) (自動車)	-0.5747	-8.24
近距離ダミー (自動車)	1.3471	6.21
自動車保有ダミー (自動車)	1.1402	12.60
トリップ数 ln(回) (自動車)	0.8287	7.76
サンプル数	9184	
ρ^2	0.342	

表-5 私事目的のパラメータ推定結果

説明変数	係数	t値
公共交通機関定数項	0.4714	1.69
費用 (100円)	-0.0141	-0.36
所要時間 (100分)	-1.3101	-4.72
市街地ダミー (公共交通)	1.5332	13.39
勤務先ベースダミー (公共交通)	1.0136	7.02
女性ダミー (公共交通)	0.6627	5.64
橋の回数 (回) (自動車)	-0.5535	-5.41
世帯ダミー (自動車)	0.8871	4.37
近距離ダミー (自動車)	1.0740	6.80
自動車保有ダミー (自動車)	1.3578	12.52
トリップ数 ln(回) (自動車)	1.7615	13.86
サンプル数	10215	
ρ^2	0.260	

表-6 帰宅目的のパラメータ推定結果

説明変数	係数	t値
公共交通機関定数項	-1.2852	-8.69
費用 (100円)	-0.0761	-3.82
所要時間 (100分)	-0.4223	-3.38
市街地ダミー (公共交通)	2.3085	33.08
勤務先ベースダミー (公共交通)	0.7116	9.39
学生ダミー (公共交通)	4.0277	36.95
女性ダミー (公共交通)	0.5545	8.81
自動車保有ダミー (自動車)	1.2429	18.06
橋ダミー (自動車)	-0.3857	-6.91
近距離ダミー (自動車)	1.0400	8.91
トリップ数 ln(回) (自動車)	1.3853	14.56
サンプル数	17564	
ρ^2	0.407	

アを一部でも含む小ゾーンを「市街地」と定義し、ダミー変数として取り入れた。通勤・私事目的においては市街地に到着するトリップの場合を1、それ以外の場合を0とし、帰宅目的では市街地を出発するトリップを1とした。また、女性ダミーは女性を1、男性を0とした。同様に近距離ダミーは出発地のゾーンと到着地のゾーンが隣接する場合、自動車保有ダミーは自動車を2台以上保有する場合、世帯ダミーは世帯人数が2人以上の場合をそれぞれ1とした。勤務先ベースダミーは、勤務先から出発した私事目的のトリップを1としてそれ以外を0とした。これは、通勤目的での公共交通の利用が多いこと、また、相対的にトリップチェーンの有無に関わらず私事目的での自動車の利用が多いことを考慮して変数に加えた。

橋の回数とはトリップが犀川、千曲川に架かる橋を渡る回数である。トリップ数については、トリップ数が増えるほど自動車の効用の伸びは小さくなると考えられることから自然対数をとった値とした。なお、費用と所要時間はそれぞれ100円、100分単位であり、ダミー変数の設定とともに私事・帰宅で同様である。パラメータの推定結果は推定値の正負に関して妥当な結果が得られた。ダミー変数に関しては、市街地ダミーではパラメータから市街地に通勤する場合、公共交通の選択に大きな影響を与えていることがわかる。これは市街地での、駐車場の問題や通勤時間帯の道路の混雑を避けるためなどの理由が考えられる。

私事目的ではトリップ回数が自動車の選択に大きな影響を与えている。これは、自動車を選択することが回遊につながるとも考えられるため一概にはいえないが、買物や娯楽など回遊することが多いためと考えられる。世帯ダミーでは2人以上の世帯で自動車の効用が増加するという結果になった。このPT調査は平日に行われているため、私事目的では非就業者が多く、高齢者の自動車の相乗りなどが理由に考えられる。また、すべての目的交通で橋の回数の符号が負になっていることから、自動車で橋を渡ることには抵抗感があり混雑などが原因と考えられる。

以上の推定結果をまとめると

- ・市街地へ向かうトリップには公共交通を利用しやすい。特に通勤目的でその傾向がある。
- ・橋を渡るトリップは自動車に比べて公共交通を利用する傾向がある。
- ・近距離移動の場合には自動車を使いやすい。

この結果から公共交通利用者の近距離輸送を想定するのではなく、中距離輸送を想定すべきであるといえる。

5. LRT の導入可能性分析

次に長野市へ LRT を導入した場合の需要推計と導入可能性について分析を行う。

(1) LRT 導入の想定路線とサービスレベル

近年、長野市松代地区は城下町に代表される歴史の町として城址の復元や街並みの維持・修繕などの施設整備に取り組んでおり、観光拠点として発展が期待される地域である。しかしながら、この区間は約 10km 程度であるが、鉄道を利用する場合大幅な迂回をしなければならないのが現状である。バスの利用についても、ラッシュ時には平均 47 分かかり料金が 600 円と割高であることから公共交通による連絡が不便な地域であるといえる。したがって、本分析では図-5 に

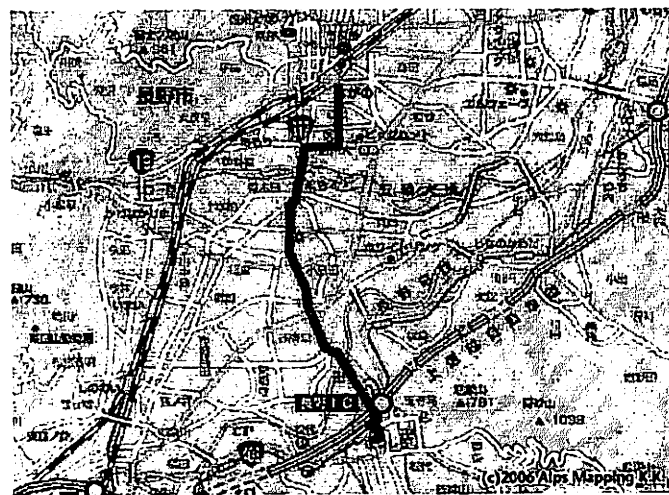


図-5 本研究で想定する LRT の路線

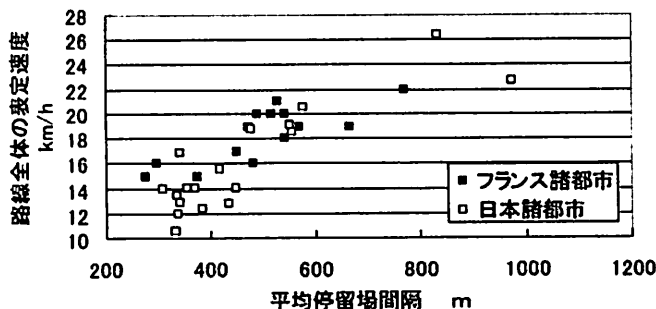


図-6 平均停留所間隔と表定速度の関係

示す長野駅～松代駅間の 10.4km の路線を想定した。また、この路線は 4 章で述べた長野都市圏における公共交通を選択しやすい要因に合致すると考えられる。

LRT のサービスレベルについては、停留所は起点・終点を含め 13 ヶ所、料金は区間均一で 200 円とした。また、平均速度は図-6 に示す平均停留所間隔と表定速度の関係¹⁾を適用し、図中の点を直線近似した結果より時速 23km と設定した。これは長野駅～松代駅間を約 27 分で結ぶことになり、バスより優位な条件であるといえる。運行本数は富山市の導入事例と同条件を想定して 80 本/日とし、運行間隔は通勤時間帯が 10 分間隔、それ以外は 15 分間隔とした。本研究で想定する、LRT 以外の公共交通機関のサービスレベルの変化はないものとし、LRT を導入する地域に該当するゾーンのサービスレベルを変化させることで公共交通利用者の増加量を LRT の利用者とみなし集計を行うこととした。

(2) LRT の利用者数の推計と費用便益分析

2010 年から 2035 年まで 5 年ごとの時点で推計した結果、図-7 に示すとおり LRT の利用者数は 25 年間の間に最大で 36%、最小で 13%、平均で約 2 割減少するという結果となった。

次に推計した LRT の利用者数を用いて、費用便益分析⁹⁾を行う。

a) 利用者便益と供給者便益の計測

次に利用者便益の計測には消費者余剰法を適用する。利用者便益の計測は、OD 間ごとに各個人が受ける便益を集計するが、本研究では事業実施による OD 分布交通量の変化は考えないものとし、私事目的では費用のパラメータの t 値が 1.96 以下となったため用いずに、通勤・帰宅目的の時間評価値の平均を用い

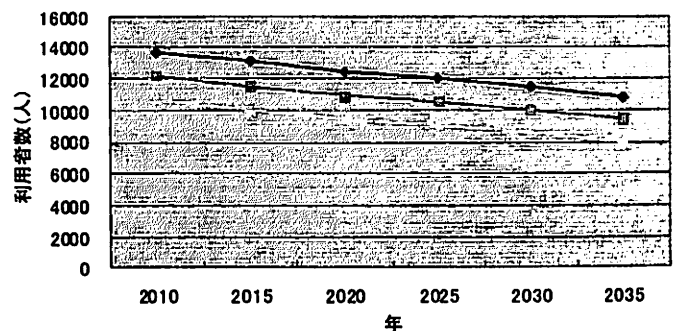


図-7 将来の LRT 利用者の推計区間 (人/日)

表-7 2010～2035 年の LRT 利用客数の推定値 (人/日)

	2010	2015	2020	2025	2030	2035
上限値	13705	13076	12439	12035	11442	10830
中心値	12174	11552	10920	10529	9958	9370
下限値	10599	9957	9457	9087	8559	8020

て算出した。また、通学目的の時間評価値は帰宅目的を用いた。

供給者便益は営業収入から運営費・施設更新費用を差し引いたものであり、営業収入は雑収入を想定せず、年間の営業収入は運賃×利用者数×365とした。

b) 初期費用とランニングコスト

LRT の整備にかかる初期費用は東京都都市計画局の「平成9・10年度 LRT 導入に関する調査報告書¹⁰⁾」に基づき算出した。LRT 整備にかかる初期費用の概算は表-8に示すとおりである。運用車両数は運行間隔の設定から6編成とし、予備車両2編成と合わせ計8編成とした。また、車両基地は路線沿線の平均地価を用い、5万円/m²とし、1編成あたり400m²で算出した。その他諸経費は軌道路盤を除く設備の費用合計の15%としている。以上の概算より初期費用は194.7億円となった。

ランニングコストは栃木県・宇都宮市の「新交通システム導入の課題の検討結果報告書¹¹⁾」をもとに算出し、表-8に LRT 運営にかかるランニングコストの概算を示した。以上の概算よりランニングコストは年間4.65億円となった。運賃を200円と設定したので、

表-8 LRT 整備にかかる初期費用

初期投資(億円)		
軌道路盤	72.8	7.0(億円/km) × 10.4
レール	52	5.0(億円/km) × 10.4
電停	2.6	0.2(億円/箇所) × 13
電気・通信信号	31.2	3.0(億円/km) × 10.4
車両	17.6	2.2(億円/編成) × 8
車両基地	1.6	0.2(億円/編成) × 8
諸経費	16.1	上記の15%
サイクル&ライド	0.8	600万/箇所 × 13
合計	194.7	

表-9 LRT 運営にかかるランニングコスト

運営費(億円)		
人件費	3.18	600万 × 53人
動力費	0.25	41.3円 × 千車キロ
修繕費	0.47	76.6円 × 千車キロ
その他経費	0.75	720万 × 千車キロ
合計	4.65	

千車キロ/年 = 営業キロ × 運転本数 × 2 × 365 = 607.4

表-10 施設の耐用年数

	償却年数 (耐用年数)
車両(LRV)	13年
軌道施設	20年
停留場(道路区域外)	32年
電気・信号	30年
車両基地等	30年
変電場	20年
走行路面・路盤	60年
鉄道敷土工事	57年
新設橋梁	40年

表-11 LRT 導入時の費用便益評価 (30年)

	総便益 (億円)	総費用 (億円)	NPV (億円)	CBR	EIRR
上限値	304.16	199.79	104.38	1.52	13.2%
中心値	265.22		65.43	1.33	9.8%
下限値	222.88		23.09	1.12	6.4%

この概算から1日当たり6400人程度の利用者数がLRT事業経営の採算が合う限界である。

c) 費用便益分析の評価指標の算出

a) b)で求めた利用者便益、供給者便益、費用を用いてLRT導入の費用便益分析を行った。

LRT事業の開始年は2010年とし、建設期間5年、社会的割引率を4%で計算した。また、費用便益分析の計算期間は建設期間より30年とし、毎年発生する社会的便益は、5年単位で変化するものとした。車両を除く初期費用は建設期間で均等、車両は開業1年目に計上されると仮定した。また、車両・施設は表-10に示す法定耐用年数で更新されるものとし、更新年に全額計上されるとした。その結果、社会的便益の上限値から下限値まですべての場合において便益が費用を上回る結果となり、NPVは23.1億~104.4億円と幅が大きい費用に見合った効果があるといえる。

6. まとめ

本研究では将来の不確実性を考慮し、需要の曖昧さを考慮した交通需要モデルを構築した。そして、長野市へのLRT導入可能性について検討した。

長野市においては自動車の利用にとって市街地への移動および橋を渡る移動が抵抗要因になっており、公共交通の利用にとっては近距離移動に用いづらいということから本研究で想定したLRT路線は妥当性があると考えられる。しかし、LRTの利用者数は25年間で最大36%、最小13%、平均約2割減少することが予測され、LRTの導入可能性を検討した結果、社会的便益の上限値から下限値まですべての場合において、便益が費用を上回る結果となり費用に見合った効果があるといえる。

また、分析の過程から通勤・通学のような習慣的な交通行動に比べて私事目的での交通行動に曖昧さが大きいことが示された。同様にLRTの利用客数にも同じ傾向がみられ、通勤目的では事業期間で利用者数が17~26%の減少、通学目的では29~40%の減少と大きく減少するものの幅は上下平均13%と小さい反面、私事目的では17~18%程度の減少であるが、幅は上下平均26%と大きいという結果になった。この結果は、労働力人口の減少や少子化問題を抱えながら自家用車利用に依存する地方都市にとって、ある程度利用が見込める層が急速に減少する一方で、今後比較的減少幅が小さいと予想される目的交通行動は利用の不確定さが大きいという非常に厳しい状況を示してい

る。特に LRT のような独立採算事業として認識される事業では、費用に見合った効果があり、運営自体は可能とされてもこうした状況が経営リスクの観点から導入の阻害要因の 1 つになっていると考えられる。また、富山市の導入事例では導入の初期費用が 58 億円であった、LRT 整備にかかる初期費用は比較的安価とされているが、既存路線がない長野市のような地方都市には施設建設のためには莫大な費用が必要であり、人口の長期的な減少傾向のなか整備費用をいかに抑えるかが導入実現の可否にかかっていると考えられる。

【参考文献】

- 1) 国土交通省都市・地域整備局：「まちづくりと一体となった LRT 導入計画ガイダンス」，平成 17 年 <http://www.mlit.go.jp/crd/tosiko/guidance/index.html>
- 2) RACDA 路面電車と都市の未来を考える会：路面電車とまちづくり，学芸出版社，1999
- 3) 山口耕平・青山吉隆・中川大・松中亮治・西尾健司：「LRT の低床式車両に対する意識価値の計測」，土木学会年次学術講演会講演概要集，vol55，pp202-203，2000
- 4) 溝上章志・橋内次郎：「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」，土木計画学研究発表会・講演集，vol34，2007
- 5) 土崎伸・秀島栄三：「リアルオプション法を応用した公共交通政策の選定」，土木学会年次学術講演会講演概要集，vol59，pp4-309，2004
- 6) 高崎英邦・土田敦隼・本田智久：「予測事業費と費用便益分析の不確実性に関する研究」，vol12，pp 14-15，2005
- 7) 田中英夫：ファジィモデリングとその応用，朝倉書店，1990
- 8) 長野都市圏交通計画協議会：第 2 回パーソントリップ調査，2001
- 9) 運輸政策研究機構：鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル 2005，2005
- 10) 東京都都市計画局：平成 9・10 年度 LRT 導入に関する調査報告書，1999
- 11) 栃木県・宇都宮市：新交通システム導入課題の検討結果報告書，2007

Socio-Economic Analysis Concerning Introduction of LRT System with Fuzziness of Future Demand in Local City

By Shuji Nakajima, Tatsuo Takase, and Ken Koyama

Local cities have to rely on private cars and the big challenge is to improve the public transportation system in the graying of society with a declining population, the measures to solve these issues in recent years as one of LRT (Light Rail Transit) is has attracted much attention. LRT currently in several cities have been proposed construction plans, and have problems such as consensus building and local residents with financial problems, and yet there are few examples. To contribute to these problems is considered and distrust of the evaluation value based on the uncertainty of demand forecasting and prediction, to promote the smooth implementation and to prevent divergence of the predicted value and actual value of demand process of demand forecasting and planning decisions have been important to take into account the risk of future business. However, the problem of uncertainty in future demands and to avoid so we can respond to any possible uncertainty as to the technical problems that have very difficult. In light of this study is the presence of uncertainty, the actual value of the future traffic demand and there is ambiguity, we propose a model taking into account the traffic demand is ambiguous. And discussed the LRT to the city of Nagano and cost-effectiveness of a number of users of the extent to which it introduced in the future, consider the possibility of introduction.