

# 地方都市における公共交通網評価システムに関する研究\*

## A Study on Evaluation System of Public Transportation Network in a Local City\*

桜井 博隆\*\*・廣島 康裕\*\*\*

Hiroataka SAKURAI\*\*, Yasuhiro HIROBATA\*\*\*

### 1. はじめに

地方都市では公共交通のサービス水準の低下と共に利用者の減少が進行しているなど、公共交通が衰退している。しかし、交通弱者のモビリティ確保や環境問題などの点から公共交通は重要であり、利用促進のための改善が必要である。

一般には、運行本数、運賃率等のサービス水準を向上させると、利用者の便益は増加し需要量も増加するが、事業者にとっては費用の増加に繋がり、収支が悪化する場合もある。また、利用者は個人により出発地・目的地がそれぞれ異なるために、単一の路線ではなくその地域の路線網を評価するが、事業者は路線毎に収支で評価を行う。このため公共交通改善策の検討に際しては、図-1に示すように、各地域の利用者便益と路線全体の採算性のバランスを考慮しつつ、公的資金投入額も含めた評価を行う必要がある。

本研究では豊橋市を対象として、サービス水準改善による利用者便益を推定するために、アンケート調査の結果より公共交通サービスに関する利用者評価構造の分析を行い、路線の収支を検討するために路線別収入推定関数の分析を行う。さらに、利用者と事業者の評価を合わせた総合評価を行うために、GISソフト (Map Info) を利用した評価システムの構築を試みる。

### 2. 豊橋市の公共交通の現状

現在、豊橋市には鉄道、バス、路面電車などが運行されているが、サービス水準の低下や赤字額の上昇など多くの問題を抱えている。バス交通は主に豊橋駅を起終点として放射線状に路線が運行されているが、豊橋駅を起

\*キーワード 公共交通計画, 公共交通需要

\*\*学生会員 豊橋技術科学大学建設工学専攻 (〒441-8580 愛知県豊橋市雲雀ヶ丘1-1 豊橋技術科学大学技術科学大学建設工学系 TEL0532-44-5625)

\*\*\*正会員 工博 豊橋技術科学大学建設工学系

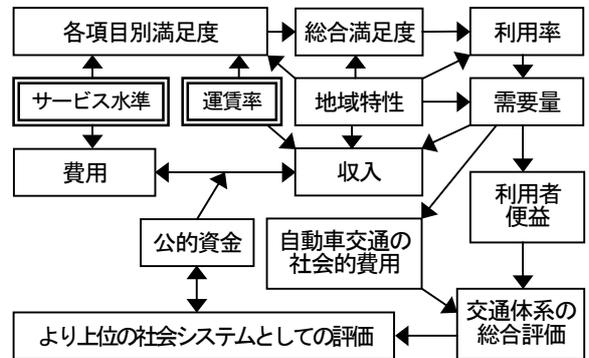


図-1 公共交通改善策の検討プロセス

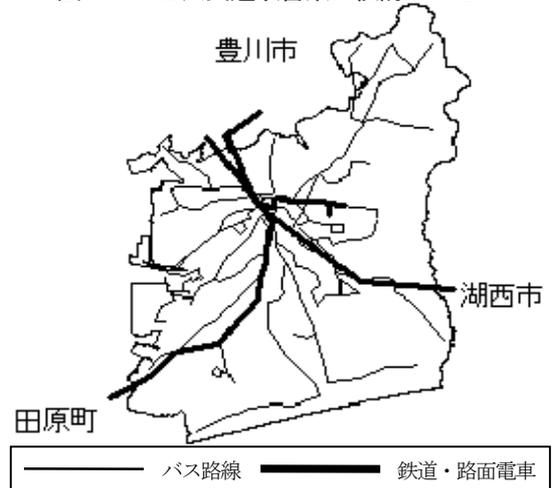


図-2 豊橋市の公共交通

終点とする鉄道渥美線と路面電車が運行している所は避けて運行されている。

### 3. アンケート調査の概要

本研究では、公共交通を利用する時の満足度を分析する。データを得るために、豊橋市内全域から一定数の世帯を任意に抽出し、郵送によりアンケートを実施した。平成13年10月24日発送、配布数2114世帯、回収数885世帯(1494人)、回収率は41.9%であった。このアンケートでは各世帯に個人票を3部配布した。アンケートの内容は、各個人が日常よく行う交通(通勤, 買物, 通院など)の実態や交通サービス水準に対する満足度等に関するものである。なお、満足度は1(満足)から5(不満)の5段階とした。

#### 4. 公共交通サービスの利用者の評価構造分析

##### (1) 公共交通に対する満足度の意識

図-3は各項目の満足度を示したものである。所要時間、運行本数、運賃、乗換えに関する項目で不満率が高い。こうした利用者の満足度を向上させ利用者を増加させるためには、利用者がどのような項目を重要視しているのか、また項目別満足度と実際のサービス水準との関係を示す項目別満足度関数の分析が必要となる。

##### (2) 総合満足度評価関数の推定

総合満足度が個別の満足度からどの程度影響を受けているのかを、(4.1)式の加重一般化平均式を用いて分析する。すなわち、各個人の総合満足度を $\bar{x}$ 、各項目の満足度を $x_i$ として、重みパラメータ $w_i$ と形状パラメータ $\alpha$ を推定する。なお、乗換えを必要としない個人の乗換えに関する項目はすべて「満足」として分析する。

$$\bar{x} = \left\{ w_1 x_1^\alpha + w_2 x_2^\alpha + \dots + w_n x_n^\alpha \right\}^{\frac{1}{\alpha}} \quad (4.1)$$

ただし、 $\sum_{i=1}^n w_i = 1, w_i \geq 0$

表-1に推定結果を示す。満足度項目のうち所要時間、帰宅時の運行本数、乗り心地などが総合満足度の決定に大きく関与していることが分かる。また、形状パラメータ $\alpha$ の推定値から、個人は総合満足度の決定に際して不満の強い項目を重視する傾向が見られる。決定係数は $R^2=0.615$ となった。

また、属性による評価の違いを考慮するために(4.2)式においてダミー係数を用いて分析を行った。ただし、ここでは利用者の満足度、先の一般化平均式の結果、相関行列等を考慮して説明変数を総所要時間、安全性、帰宅時運行本数、運賃、乗り心地、乗換時間の6つに絞った。個人属性は年齢、性別の他に現利用代表交通手段、交通目的を考慮して分析を行う。

$$y_n = \sum_i \left\{ w_{0i} + \sum_m w_{mi} \cdot \delta_{mn} \right\} x_{in} \quad (4.2)$$

( $y$  : 総合満足度,  $x$  : 項目別満足度,  $w$  : 影響力,  $\delta$  : ダミー変数,  $m$  : 個人属性,  $i$  : 満足度項目,  $n$  : 個人No.)

図-4に推定結果を示す。40~64歳は40歳未満と比較して帰宅時運行本数を重視している。65歳以上は40歳未満と比較して帰宅時運行本数、乗り心地を重視し安全性、乗換時間を重視していない。女性は男性と比較して乗り心地を重視している。自動車利用者は徒歩・自転車利用者と比較して運賃を重視し、乗り心地を重視していない。公共交通利用者は徒歩・自転車利用者と比較

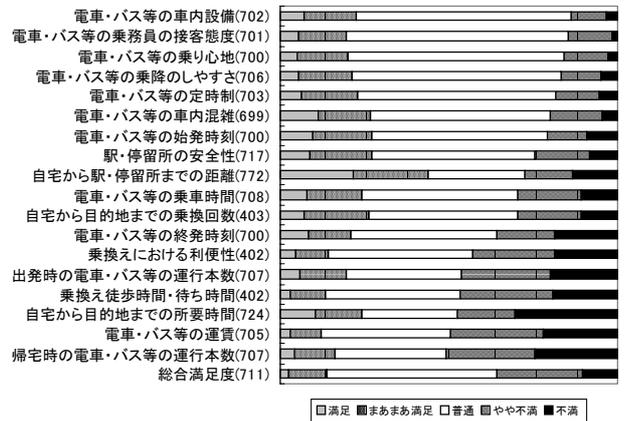


図-3 各項目の満足度

表-1 総合評価モデルのパラメータ推定結果

説明変数	係数	t値
自宅から目的地までの所要時間	0.100	4.68
自宅から駅・停留所までの距離	0.040	1.76
駅・停留所の安全性	0.075	3.12
電車・バス等の乗車時間	0.101	3.36
出発時の電車・バス等の運行本数	0.064	1.91
帰宅時の電車・バス等の運行本数	0.074	2.25
電車・バス等の始発時刻	0.028	0.88
電車・バス等の終発時刻	0.083	3.13
電車・バス等の車内混雑	0.026	0.91
電車・バス等の定時制	0.027	0.93
電車・バス等の運賃	0.012	0.69
電車・バス等の車内設備	0.005	0.13
電車・バス等の乗降のしやすさ	0.020	0.71
電車・バス等の乗務員の接客態度	0.000	0.00
電車・バス等の乗り心地	0.186	4.19
自宅から目的地までの乗換回数	0.000	0.00
乗換え徒歩時間・待ち時間	0.152	3.63
乗換えにおける利便性	0.006	0.14
形状パラメータ	2.863	7.90
決定係数	0.615	
サンプル数	670	

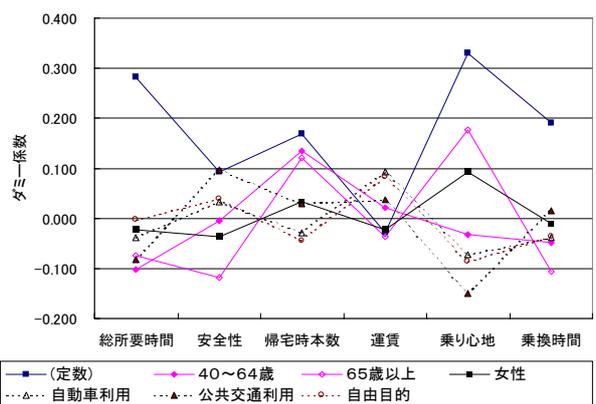


図-4 ダミー係数を考慮した総合評価モデルの推定結果

して安全性を重視し、総所要時間、乗り心地を重視してない。決定係数は $R^2=0.619$ となった。

##### (3) 項目別満足度評価関数の推定

項目毎のサービス水準と平均満足度との関係を図-5に示す。ここでは、運行本数は運行間隔を $h$ とした時の $h/2$  (平均待ち時間) に変換した。各サービス水準と

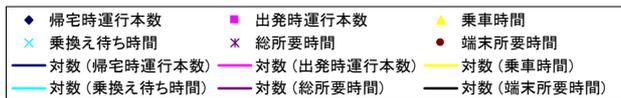
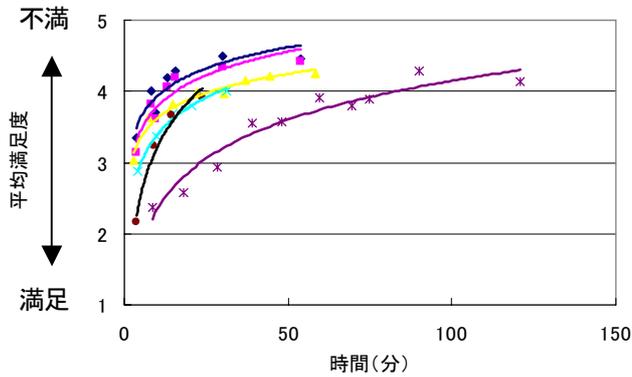


図-5 各項目のサービス水準と満足度

満足度は対数で近似された。運行本数に関する項目は全体的に評価が低く、端末所要時間は単位時間当たりの満足度の減少量大きい。総所要時間は他に比べて満足度が高かった。

次に、総所要時間について総合満足度と同様に個人属性等を考慮した分析を行った。推定結果を表-2に示す。この結果より、次のことが言える。

- ・MT/CT（公共交通利用時総所要時間/自動車利用時総所要時間）が大きくなると評価は下がる。
- ・総所要時間が長くなると中年、若者の公共交通利用者の評価は上がるが、非利用者はほとんど変化しない。また、高齢者はどの属性においても総所要時間が長くなると評価が下がり、女性の方がやや下げ幅は大きい。
- ・公共交通利用者は、乗換え回数が多くなると評価は下がるが、自動車利用者はあまり下らない。
- ・端末所要時間が長くなると、公共交通利用者や、自由目的の自動車利用者は評価が下がるが、通勤通学目的

表-2 個人属性等を考慮した総所要時間満足度の分析結果

(説明変数) × (ダミーの種類)	係数	t値
定数	1.131	3.64
(ダミー定数) × (~39歳)	1.389	3.75
(ダミー定数) × (40~64歳)	1.039	3.19
(ダミー定数) × (自由目的)	-0.535	-2.55
(MT/CT) × (共通項)	0.089	2.80
(総所要時間) × (~39歳)	-0.030	-3.31
(総所要時間) × (40~64歳)	-0.022	-2.66
(総所要時間) × (女性)	0.010	3.63
(総所要時間) × (徒歩・自転車)	0.022	2.75
(総所要時間) × (自動車)	0.044	5.54
(乗換回数) × (自動車)	-0.812	-2.34
(乗換回数) × (共通項)	0.995	3.17
(端末所要時間) × (自動車)	-0.084	-3.42
(端末所要時間) × (自由目的)	0.056	2.52
(端末所要時間) × (共通項)	0.079	3.42
決定係数	0.365	
サンプル数	379	

の自動車利用者はほとんど変わらない。

- ・高齢者よりも中年、若者の方が評価が低く、通勤通学目的より自由目的の方が評価が高い。
- なお、決定係数は  $R^2=0.365$  となった。

## 5. 収入推定関数の分析

乗車密度を  $T_s$ 、平均乗車距離を  $T_l$ 、運賃率を  $P$  とすると、ある路線の収入  $Y$  は次のような関数で表現できる。

$$Y = T_s \cdot T_l \cdot P \quad (5.1)$$

また乗車密度  $T_s$  は、沿線人口密度  $Sh$ 、運行本数  $Sw$ 、ダミー変数  $Sd$  より(5.2)式のように表現できる。ここで、豊橋市の公共交通利用者の目的地は中心部または豊橋駅を経由して市外に流出というケースが多いが、病院や大学などを目的とした中心部とは逆方向の利用者が多い路線も存在するため、ダミー変数  $Sd$  を与えた。

$$T_s = ahSh + awSw + adSd + ka \quad (5.2)$$

パラメータの推定結果を表-3に示す。この結果から乗車密度は、沿線人口密度が高く、運行本数が多いほど高くなることが確認される。また、病院や大学などを目的とした中心部と逆方向の目的を持った利用者が多い路線は、乗車密度も高くなり運行効率が良いといえる。

一方、平均乗車距離  $T_l$  は、市街化区域距離(市街化区域部の路線長)  $Le$ 、市街化率(市街化区域距離/路線長)  $Lq$ 、ダミー変数  $Ld$  より(5.3)式のように表現できる。ここで、豊橋市には、動物園線など利用者の目的地を限定した路線があり、その路線は平均乗車距離が路線長に極端に近くなるためダミー変数  $Sd$  を与えた。

$$T_l = bqLq + beLe + bdLd + kb \quad (5.3)$$

パラメータの推定結果を表-4に示す。この結果から、市街化率が高いほど短距離利用者が多く、市街化区域距離が長いほど平均乗車距離が長くなるのが分かる。

表-3 平均乗車密度の推定結果

説明変数	係数	t値
沿線人口密度 $Sh$	0.023	5.23
運行本数 $Sw$	0.009	3.79
ダミー変数 $Sd$	0.642	4.14
定数項 $ka$	0.234	1.48
決定関係数	0.798	
サンプル数	14	

表-4 平均乗車距離の推定結果

説明変数	係数	t値
市街化率 $Lq$	-3.241	-6.43
市街化区域距離 $Le$	0.307	4.64
ダミー変数 $Ld$	1.35	4.80
定数項 $kb$	3.36	9.55
決定係数	0.631	
サンプル数	14	

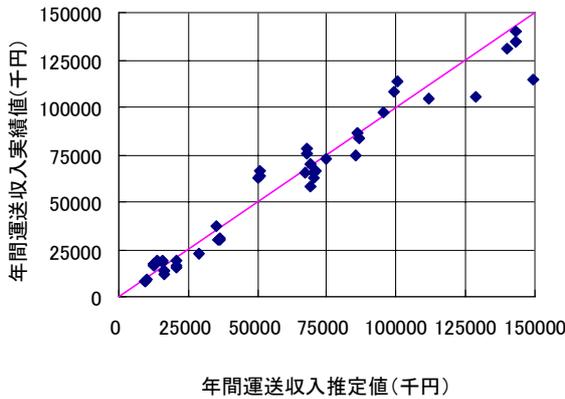


図-6 収入推定関数による推定値と実績値

豊橋鉄道(株)の平成10, 11, 13年度運行収支実績表による実績値と推定値を図-6に示す。相関係数は0.977となった。この結果から、収入推定関数は適合度が良いことが分かる。

## 6. 公共交通網評価システム

利用者は、出発地から目的地まで公共交通サービスを利用する時、複数の経路から効用が最大となるものを選択する。その際に、乗換えなしでその目的地へたどり着くことは少なく、複数の路線を利用することが多い。このように、利用者にとって各路線は補完・代替関係にあり、利用者からの評価は地域の路線網全体を考える必要がある。一方、事業者からの評価は、ある路線の利用者数の増減が他の路線に与える影響も考慮する必要があるが、ここでは簡便化のため路線毎に集計を行う。

本研究では、提供される公共交通のサービス水準に対応する利用者の評価を行うためにGISソフト (Map Info) を利用する。

地区毎の各サービス水準を求めるために最短経路探索プログラムを利用した。最短経路探索プログラムは、XY座標上における駅・バス停検索サブルーチン、公共交通ネットワーク上における経路選択のサブルーチンで構成される。

まず、バス停検索サブルーチンで発メッシュ、着メッシュからそれぞれ近い駅・バス停を5箇所まで検索する。検索された駅・バス停の組み合わせ25通りすべての中から最短所要時間となるものが経路選択のサブルーチンで選ばれ、利用経路や時間や費用などの各サービス水準が計算される。4. で得られた総合満足度評価関数や項目別満足度評価関数を利用することによりサービス水準から利用者の評価が得られる。路線毎の収入は5. で得られた収入推定関数より求め、支出は豊橋鉄道のkm当たりの経常費用を用いる。総合評価のフローを図-7

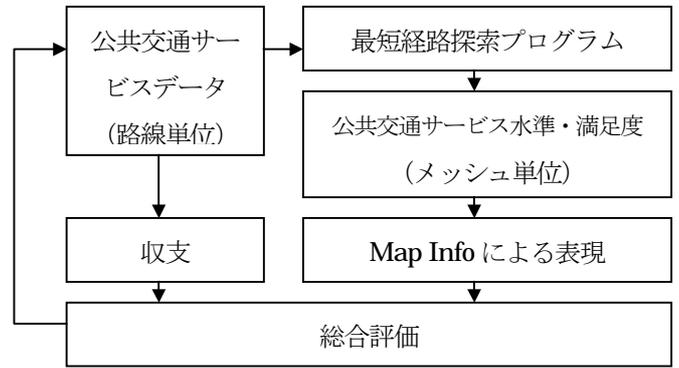


図-7 総合評価のフロー

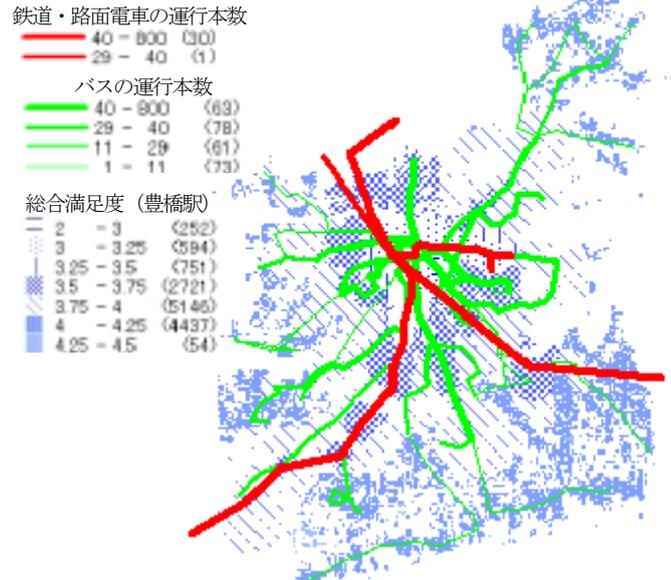


図-8 豊橋駅を目的地としたときの総合満足度に示す。

例として、豊橋駅を目的地としたときの総合満足度と路線の運行本数を図-8に示す。中心部ほど評価が高く郊外に行くほど評価が下がるが、表定速度が高く運賃が安い鉄道駅周辺では評価が高くなっている。サービス水準が低い地域では端末距離、運行本数、総所要時間など多くの原因から総合満足度の評価が低くなっている。

## 7. おわりに

本研究では、利用者便益推定のための利用者満足度の分析、収支推定のための収入推定関数の分析を行い、利用者、事業者の評価を合わせた総合評価を行うためにGISを利用した。GISの評価システムは投入されるモデルが重要であるため、各モデルの改善が必要である。また、収支推定はある路線の利用者数の増減が、他の路線に与える影響を考慮する必要があると考えられる。

[参考文献]

- 1) 小松広和: 豊橋市における路面電車の運行・利用実態の分析・評価と改善策に関する研究, 土木計画学研究・講演集 Vol. 25, CD-ROM(207), 2002.