

社会的便益を考慮した都市内公共交通システム選択手法に関する研究*

Development of preference method for urban public transportation system focused on social benefit *

武田健太郎**・藤澤友晴***・青山吉隆****・中川大*****・柄谷友香*****

By Kentaro TAKEDA・Tomoharu FUJISAWA・Yoshitaka AOYAMA・Dai NAKAGAWA・Yuka KARATANI

1. はじめに

近年、都市における高齢人口の増加予測、あるいは都市再生の観点から、公共交通の見直しが盛んに行われている。しかし公共交通事業者は独立採算が原則である現状では、事業者の採算性を重視するあまり、社会的に必要な公共交通の整備がなされないなどの問題が生じている。また、公共交通システム整備の検討段階においても、都市に最適な公共交通システムの選択基準は明確なものではない。

そこで本研究では、これまで観念的にしか捉えられなかった費用曲線を実際に導出し、運賃形成原理による運賃設定を行った。さらに、廉価な運賃設定を提供できる上下分離制度を適用した新しい鉄道事業の枠組みの提案を行うことにより、都市内公共交通システムを整備する際に、社会的観点から最適なシステムを選択する方法を提示した。これら大阪府堺市中心部を対象としたケーススタディに適用し、具体的な計測を行うことで、その有効性を検証した。

2. 鉄道事業の費用曲線の導出

鉄道事業における費用を、運営費用と建設費用に分けて導出する。運営費用に関しては、事業者の路線属性を入力すると、需要量に応じた運営費用が算出できるモデルを構築した。なお本稿では、LRT (

*キーワード：財源・制度論、公共交通計画、交通計画評価

**学生員、京都大学大学院工学研究科

(京都市左京区吉田本町、

TEL075-753-5139、FAX075-753-5759)

***正会員、工修、国土交通省

****フェロー、工博、京都大学大学院工学研究科

*****正会員、工博、京都大学大学院工学研究科

*****正会員、工博、京都大学大学院工学研究科

表1 鉄道事業者7つのモード分け

モード	備考
複線電化鉄道	主に大手私鉄、都市通勤鉄道
単線電化鉄道	主に地方都市鉄道
内燃鉄道	主に地方ローカル鉄道
路面電車	
地下鉄	
モノレール	
新交通システム	

Light Rail Transit) を整備した場合についてのみ詳述し、他モード(新交通・モノレール・ミニ地下鉄)については結果のみを示す(図2参照)。

(1) 都市鉄道運営費用算出モデルの構築

鉄道事業者を表1に示す7つのモードに分類する。分類した各モード毎に事業者ごとの運営費用を算出するモデルを構築する。

a) 運営費用算出モデルの概要

本研究で構築したモデルの概要を図1に示す。本モデルは、各モードに属する事業者の路線属性を入力すると、一般的な傾向に従った事業者ごとの運営費用が出力される形になっている。またその挙動は、経済学理論で説明されるミクロなものではなく、各モードに属する事業者の需要と費用の関係に従ったマクロなものである。すなわち、ある需要が存在した時の必要経費が表される形となる。

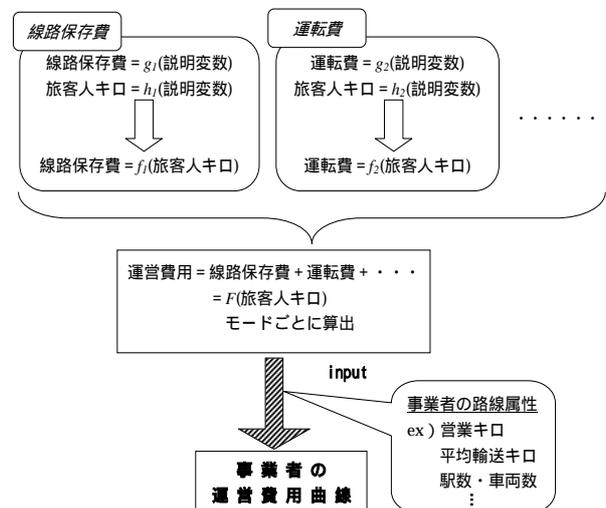


図1 運営費用算出モデルの概要

表2 本研究における運営費用の区分

変動費用	線路保存費	固定費用	案内宣伝費
	電路保存費		厚生福利施設費
	車両保存費		厚生福利施設収入
	運転費		
	運輸費		
	保守管理費		
	輸送管理費		
	一般管理費		
	諸税		
	減価償却費		

b) 運営費用の算出方法

本研究では、まず運営費用を表2のように13項目に細分化する。次に、前述した各モードに属するこれら各費用を、輸送人員や営業キロなど¹⁾を説明変数とした重回帰分析によって求める。なお、説明変数は、需要量によって変化する変動要素と、需要量によらず一定である固定要素に分けて考える。そのうち変動要素については、線形式と3次式の2種類の関数形を考え、2通りの重回帰分析を行う。また、旅客人キロについては、その定義より説明変数(変動要素)への変換を行う。

$$C_i = g_i(x_1, x_2, \dots) \quad (1)$$

$$P = h_i(x_1, x_2, \dots) \quad (2)$$

ただし、

C_i : 各費用, P : 旅客人キロ, x_i : 説明変数

得られた2式を、説明変数(変動要素)を媒介として統合し、各費用を旅客人キロの関数として表現する。

$$C_i = f_i(P) \quad (3)$$

これら C_i を足し合わせたものを運営費用とした。

c) 最適な関数形の適用

各費用の重回帰分析において、線形関数型と3次関数型の2種類の運営費用関数が導かれた。さらに、各費用において、その決定係数の大きい方を採用し、それらを足し合わせたものを部分最適型と呼ぶ。これら3つの関数型について、各モードに属する事業者の理論値と実測値の残差2乗和をとり、その値の最も小さなものを関数形として採用する。

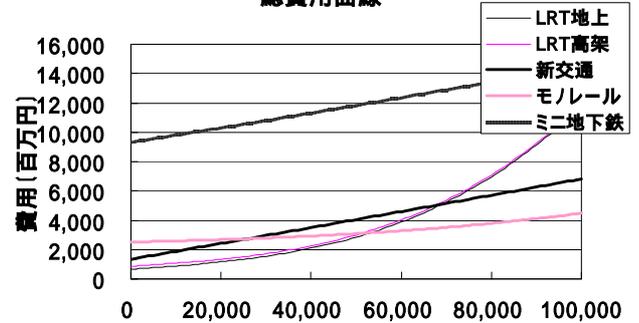
表3 本研究における建設費用の区分

インフラ部	固定費用 (路線距離に比例)	土木工事費 用地費
	固定費用 (路線距離に比例)	電気施設費 レール費 施設費(駅・車庫など)
インフラ外部	変動費用 (旅客人キロに比例)	車両費

表4 本研究における諸元の設定

路線長	3.1km (うち、高架部分=1.68km)
平均輸送キロ	1.6km
駅数	8駅 (うち、有人駅数=3駅)
車両定員	71人/1編成
車両価格	1億9000万円/1編成
借入金償還	・半分が公共からの無利子貸付 ・残り半分を年利4%、40年定額償還

総費用曲線



年間旅客人キロ(千人キロ)

図2 各モードの総費用曲線

(2) 建設費用の算出方法

建設費用については、表3のように細分化し、車両費のみが旅客人キロに比例する変動費用とし、その他の要素は路線延長に比例する固定費用とする。車両費は、朝ピーク時に乗車率150%、2.5分間隔で運行するのに必要な編成数を配備するものとした。なお、本研究における諸元を表4に示す。

(3) 総費用曲線の導出

(1)(2)で得られた運営費用、建設費用を足しあわせた総費用曲線を図2に示す。

3. 上下分離制度の枠組みの提案

一般に鉄道事業における建設費用は大きな割合を占める。これが直接運賃に反映されると、高水準の運賃が設定され、社会的に望ましくない。したがって、鉄道事業者の建設費用負担を軽減する仕組みが必要である。そこで本研究では、上下分離制度の導入を提案し、廉価な運賃設定を提供できる枠組みを構築する。

本研究における上下分離制度の枠組みを図3に示す。なお、線路使用料(または運賃)に反映される運営主体の建設費用負担額の設定としては、次の3パターンを想定した。

- インフラ外部建設費全額を負担
- インフラ外部建設費一部を負担
- 建設費を負担しない

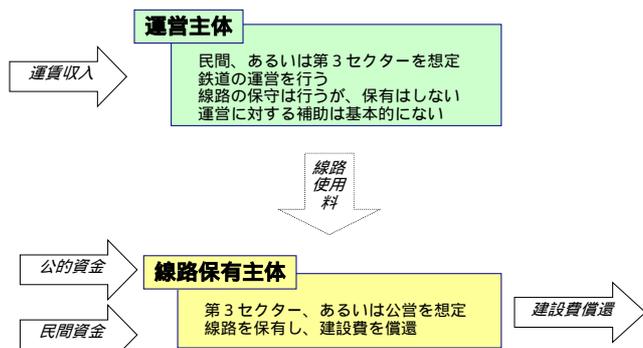


図3 本研究における上下分離制度の枠組み

それぞれのパターンについて、ミクロ経済学における限界費用運賃形成原理、及び平均費用運賃形成原理を用いて、運賃の設定を行う。

4. 最適な公共交通システム選択方法

(1) 『最適な公共交通システム』の定義

まず、本研究における「最適な公共交通システム」を、運営主体が採算を取れる補助制度の下で社会的便益を最大化する代替案、と定義する。採算が取れることを条件とするのは、通常、慢性的な赤字あるいは補助金に依存する経営では良質のサービスは生まれないと考えられるためであり、たとえ公営であるとしても一企業として健全な経営状態が必要と考えられる。経営努力を前提として、それでも埋まらない費用の差（特に建設費用）をカバーするのが補助制度の役割と考えるからである。

(2) 評価項目とケーススタディの概要

本研究において計測する社会的便益の項目を表5に示す。これらの評価項目を基準にして、大阪府堺市中心部（南海堺駅 - JR堺市駅間：3.1km）に公共交通システムを新規に整備する場合をケーススタディとした。整備代替案として、LRT全線地上・LRT一部高架・新交通システム・モノレール・ミニ地下鉄を考え、それぞれについて3. で設定した運賃を適用した場合の評価項目の各要素を、都市内交通シミュレーションを用いて計測した。

表5 社会的便益の評価項目

主体	評価項目	評価方法
利用者	(1)時間短縮効果	総一般化費用の比較
	(2)料金節約効果	
運営主体	(3)料金収入の変化	運営主体の費用対便益分析
	(4)総費用の変化	
外部経済	(5)交通事故損失の削減	リンク交通量から算出
	(6)交通流に対する影響	総一般化費用の比較
	(7)環境負荷の軽減	走行速度と車種より算出

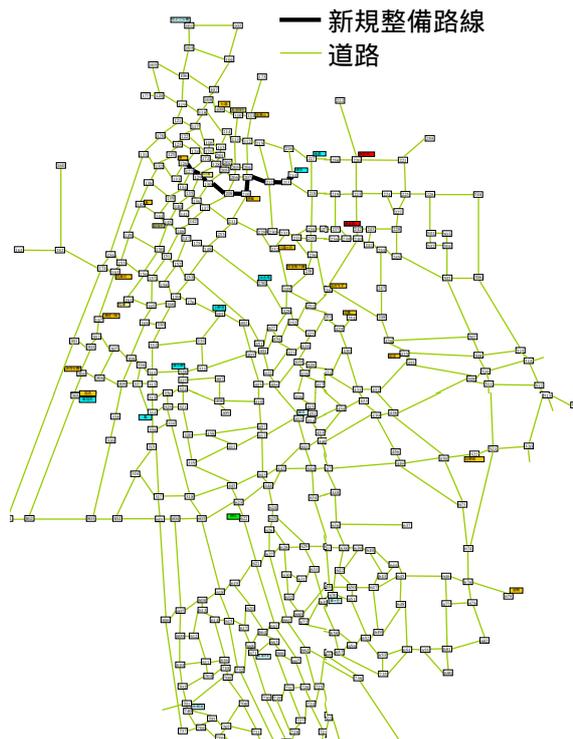


図4 道路ネットワークと整備路線

(3) 都市内交通シミュレーションモデルの概要

本研究では中川ら²⁾の構築した都市内交通シミュレーションモデルを用いて需要を推定し、便益の計測を行う。

本研究での対象地域は堺市とその周辺を含む領域であり、その道路ネットワークは380ノード、1174リンクによって構成されており、図4に対象とした道路ネットワークと新規整備路線を示す。また、新規路線整備の際におけるバス路線の改編については、路線が完全に競合する堺シャトルバス（堺駅前～堺東駅前）のみを廃止するものとした。

本シミュレーションモデルには、自動車交通に加えて公共交通の時刻表データも組み込まれており、自動車とバス・電車及びその乗客の動きを動的に求めている。また、トリップの連鎖性（トリップチェーン）を考慮しており、第2トリップ以降の発生時刻を前トリップの到着時刻に滞在時間を加えたものとしている。これによって、あるトリップの遅れによる次のトリップへの影響を表現している。

また、本研究では交通需要の変化を把握するために交通機関選択モデルを組み込んだ。次式の効用関数を推定し、効用が最大となる交通機関を選択するものとした。

$$V = a_1 \times time + a_2 \times cost + a_3 \times CBD \quad (4)$$

ただし、
V：効用
time：トリップチェーン全体の平均所要時間
cost：トリップチェーン全体の平均費用
CBD：CBDダミー
 a_1, a_2, a_3 ：パラメータ

(4) 結果の考察

前節の都市内交通シミュレーションモデルを用いて計測された結果を表6に示す。運営主体が採算を確保出来るのは、下記の11代替案となった。その中で最も社会的便益が大きい代替案は、運営主体がインフラ外部建設費0%・車両費100%を負担する上下分離方式の制度下でLRT高架を選択し、平均費用運賃を設定する場合であった。このときの便益は、年間約75億円であった。

さらに詳しくみると、便益として最も大きく影響が現れるのは、直接効果である公共交通利用者便益である。ほとんどの代替案において、公共交通利用者は増加しているにもかかわらず、その総一般化費用は減少している。これは1人あたりの総一般化費用が減少していることを意味しており、現状よりも所要時間が短縮した効果が出ているものと考えられる。

次に間接効果について考察していく。まず、自動車交通利用者便益についてみていくと、概ね公共交通利用者便益ほどは影響が大きい。むしろマイナスの影響を与えている代替案もある。これは、公共交通への転換が進み総一般化費用の低減が図られると同時に、LRT整備による道路交通への悪影響も考えられ、それらが相殺された結果と考えられる。

交通事故削減効果については、その影響はさほど大きくはないが、傾向としては自動車交通利用者便益と同様である。

運営主体が採算を確保できる11代替案の中で、建設費用償還の為に投入される補助金が最も少ないのは、現状の補助制度(路面電車補助)を適用してLRT高架を選択し、平均費用運賃を設定した場合である。最も便益の大きかった代替案と比較すると、投入される補助金は約49億円少なくなる。しかし、発生する社会的便益は年間約47億円減少してしまう。よって、上下分離制度を採用すると、たとえ投入する補助金の額が増えたとしてもその負担に見合うだけの効果が十分に発揮されている。これより、本研究で提案した上下分離方式は費用対効果の面でも優れている事が示された。

5. まとめ

本研究では、鉄道事業の路線属性を入力することにより事業者ごとの運営費用を算出可能なモデルを構築し、それを用いて実際にある事業者の費用曲線を描いた。また、上下分離制度の枠組みの提案を行い、それに従って経済理論に基づく種々の運賃を算出した。さらに、都市内交通シミュレーションモデルを利用することにより、それらの運賃採用時の便益を計測し、社会的便益を増大させる都市内公共交通システム選択手法を示した。

【参考文献】

- 1) 国土交通省鉄道局(監修)：平成12年度 鉄道統計年報，政府資料等普及調査会，2002.6.
- 2) 中川 大，松中亮治，芦澤宗治，青山吉隆：都市内交通シミュレーションを用いたパッケージ施策の便益計測に関する研究，都市計画論文集Vol.36，pp.583-588，2001.10.

表6 評価項目の算出結果

	運賃種別・補助制度	決定運賃 [円]	旅客人キロ [千人km/年]	(1)(2)	(6)	(3)(4)	(5)	(7)	評価項目計 [百万円/年]
				公共交通 利用者便益 [百万円/年]	自動車交通 利用者便益 [百万円/年]	運営主体の 便益 [百万円/年]	交通事故 削減効果 [百万円/年]	CO2 削減効果 [百万円/年]	
LRT地上	[平均] 上下分離・路面電車補助	321	3105.65	4034.71	-775.90	119.57	-14.09	-0.11	3364.17
	[平均] 上下分離・地下鉄補助	273	3435.36	7149.98	-575.33	72.44	25.93	0.73	6673.76
	[平均] 上下分離・外部0%車両100%	243	3654.07	892.42	4695.00	83.26	-10.48	0.26	5660.46
	[平均] 上下分離・外部0%車両0%	224	3791.28	3024.02	3101.77	82.79	3.51	0.32	6212.41
LRT高架	[平均] 現行・路面電車補助	353	3017.06	4518.34	-1902.93	86.09	8.38	0.60	2710.47
	[平均] 上下分離・路面電車補助	280	3613.66	8562.53	-2548.79	46.92	-55.85	-0.58	6004.24
	[平均] 上下分離・地下鉄補助	240	3959.73	4420.52	-1310.62	40.53	-25.59	-0.09	3124.73
	[平均] 上下分離・外部0%車両100%	214	4200.13	7381.03	70.54	15.94	-14.93	0.29	7452.86
	[平均] 上下分離・外部0%車両0%	199	4349.45	5755.32	129.67	14.80	1.01	0.24	5901.03
新交通	[平均] 上下分離・外部0%車両100%	336	2698.64	-597.51	4636.96	-120.17	-17.85	0.24	3901.67
	[平均] 上下分離・外部0%車両0%	316	2878.43	2242.56	2293.02	-103.07	-33.40	0.03	4399.15

(例) [平均] 現行・路面電車補助：現状の補助制度(路面電車補助)を適用して、平均費用運賃を設定する場合

[平均] 上下分離・路面電車補助：上下分離方式で、運営主体はインフラ外部建設費全額を現行の補助制度(路面電車補助)を適用の上負担し、平均費用運賃を設定する場合

[平均] 上下分離・外部0%車両0%：上下分離方式で、運営主体はインフラ外部建設費の一部(車両費0%、それ以外のインフラ外部建設費0%)を負担し、平均費用運賃を設定する場合