

民営都市鉄道事業者の輸送サービス改善投資決定メカニズムの実証的考察

Investment Behavior of Japanese Urban Private Railway Operators

岡村敏之

OKAMURA, Toshiyuki

1. はじめに

東京など我が国の大都市圏の鉄道は、朝ピーク時の混雑問題をはじめとして、サービスの面でまだまだ不十分であるといわざるを得ない。各鉄道事業者の努力によって「ピーク時の輸送力」については徐々に改善されつつあるとはいえ、これからも改善していくべき課題は多い。鉄道事業者には、技術的・企業採算的に可能な設備投資水準オプションが数多くある。しかし、そのオプションから事業者の意志決定の結果選択される設備投資水準と、そのオプションの中で利用者にとって最適の設備投資水準（サービス水準）とは、乖離している場合が少なくない。

そこで本稿では、代表的ないくつかの民営鉄道事業者のデータを用いて、それら民営鉄道事業者が輸送の質改善のために実施してきた「設備投資」と、それらを決定する諸因子との関係を分析する。

2. 「ピーク時の混雑改善度」と「需要の伸び」との関係

東京圏の都市鉄道において混雑緩和が進まなかった理由の一つとして、「鉄道需要の伸びが大きかったために、輸送力増強投資を行ってもその効果が現れにくかった」と、一般に言われている。そこで、1978年から1995年までに、各事業者・各年度について、
①需要の伸び(%)：各事業者の総輸送人キロ（終日）の伸び率（対前年度比）

②混雑改善度(%)：各主要路線最混雑断面での、上りピーク1時間平均混雑率の変化値（前年度との差）を整理した。そのうち、事業者A、Bについての例を、それぞれ図1,2に示す。

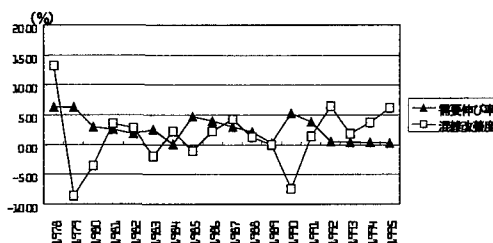


図1 「需要の伸び率」と「ピーク時混雑の改善度」
(ある事業者Aの例)

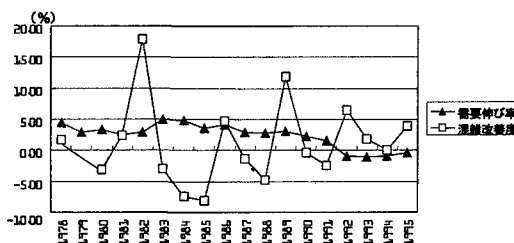


図2 「需要の伸び率」と「ピーク時混雑の改善度」
(ある事業者Bの例)

図1,2から、確かに、需要の伸びが大きいときには輸送力増強投資による混雑緩和効果が長続きしないことがわかる。しかし、「需要の伸びが大きいこと」イコール「混雑緩和がはかられにくい」とは必ずしも言えないことがわかる。むしろ、需要の伸びが大きいときに輸送力増強により大幅な混雑緩和が実現している傾向も読みとれ、また同時に、需要の伸びが小さいときは抜本的な混雑緩和投資がなされない（現状以上の混雑緩和がはかられにくい）傾向も読みとれる。

本来、需要が横這いまたは減少傾向となった現在こそ、真の混雑緩和の実現が期待されるところであるが、現実には、むしろこのような状況下では、事業者に設備投資のインセンティブがはたらかにくくなることで、混雑緩和が実現しにくい可能性もあることが、図1,2から示唆される。

*キーワード：鉄道計画、交通計画評価

**正員 博士（工学）広島大学大学院国際協力研究科 助手
739-8656 広島県東広島市鏡山 1-5-1 TEL/FAX 0824-24-6922
tokamura@ipc.hiroshima-u.ac.jp

3. サービス水準・運賃水準算定モデル群の構築

ここでは、事業者が供給するサービス水準を入力として、一人キロあたりコスト（一人キロあたり運賃水準）を出力するモデル群を構築する。以下で、本モデル群を構成する3サブモデルについて述べる。

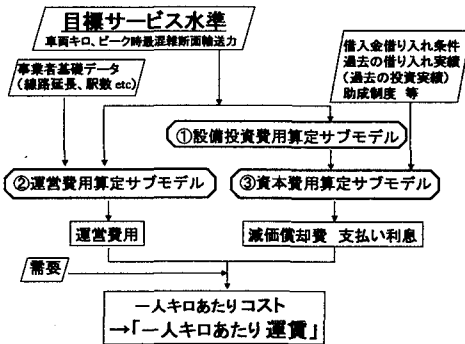


図3 サービス水準・運賃水準算定モデル群の概要

(1) 設備投資費用算定サブモデル

本モデルでは、設備投資費用を、(a)車両費用(b)地上設備費用の線形和で表現する。いずれの費用も、事業者の「サービス供給量」を示す変数（事業者の制御変数）である、

①車両キロ②ピーク1時間最混雑区間断面輸送力を入力として、

t_0 年から t_n 年までの各事業者の「設備投資費用」を算出するものである。

パラメータ推定の際には、設備投資費用については各大手民鉄事業者へのインタビュー、各種雑誌・広報誌・社史等のデータを基礎とし、その他の輸送関連データは鉄道統計年報のデータを用いた。

(a) 車両費用

車両費用は、新造車両数に関する線形式として定式化を行った。推定結果を以下に示す。

$$\sum_{t_0=t}^{t_n} Kv(t_k) = \sum_{t_0=t}^{t_n} \alpha \times r_v(t_k) / r_p(t_k) \times 153.5 \times \{Nv(t_k) - Nv(t_{k-1})\} \quad \dots(1) \quad R^2 = 0.975$$

$Kv(t_n)$: t_n 年における車両の新造・改造に対する投資額（取替を除く）（百万円/年（94年価格））

Nv : 事業者の在籍車両数（両）

α : 車両長係数

主に中型車を使用している事業者 : 0.9

主に大型車を使用している事業者 : 1.0

$r_v(t_n)$: t_n 年における車両価格指数

$r_p(t_n)$: t_n 年における全国消費者物価指数 ($r_p(t_{94})=1.0$)

(b) 地上設備費用算出サブモデル

コブダグラス型関数を用いて、ピーク時輸送力・営業キロ・車両通過密度の関数として定式化した。本モデルの定式化では、施設整備に資金が投入されたのちに直ちにサービス水準が上昇すると仮定しているし、モデル推定にあたっては、資金投入と施設共用とのタイムラグを考慮して5年単位で推定を行った。

$$Kr = e^{1.2737} \cdot [Np(t_n)]^{0.5118} \cdot [Np(t_0)]^{0.5118} \cdot L^{0.3979} \cdot (Vkm/L)^{0.7857} + Kr' \quad (2)$$

$$R^2 = 0.812$$

Kr : t_0 年から t_n 年における地上設備の新設・増強に対する設備投資額（百万円/年（94年価格））

Np : 各事業者主要路線におけるピーク1時間最混雑断面での輸送力（人）

（複数の主要路線がある場合はそれらの和）

Vkm : 客車走行キロ(万 km/年)

L : 営業キロ (km)

Kr' : 線増を伴う設備投資額（外生的に与える）

図4に、大手民鉄6社の、設備投資費用の実績値と本モデルの推定値を示す。概ね現況を再現している。

推定値(億円/5年) (1994年価格)

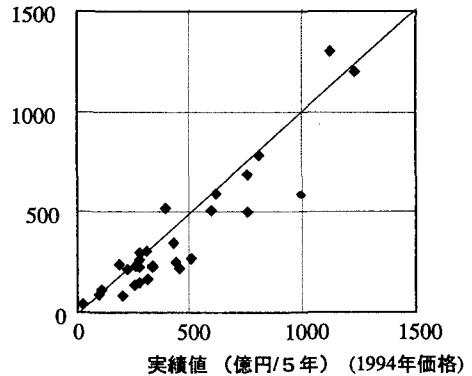


図4 設備投資費用算定サブモデルの推定値と実績値

(2) 運営費用算定サブモデル

本モデルは、 t 年における事業者の運営費用を、以下の5つの費用関数の線形和で表現するものである。

ここで「運営費用」は、鉄道事業者の総費用のうち、減価償却費と支払利息を除いた費用と定義する。パラメータ推定には、大手民鉄12社の費用・輸送に関するデータ（鉄道統計年報等による）を用いた。

(a) 線路・電路保全費：Cr

線路や電路・信号など地上設備の保守・管理に要する費用であり、線路延長と車両走行密度で表現。

$$Cr = e^{-4.297} l^{0.9415} \cdot (Vkm / l)^{0.9242} \quad \dots(3)$$

$$R^2 = 0.805$$

l：線路延長 (km)、Vkm：客車走行キロ(万 km/年)

(b) 車両保全費：Cv

車両の保守・管理に要する費用であり、車両数と一両あたり走行キロで表現。

$$Cv = e^{-4.348} \cdot Nv^{1.0588} \cdot (Vkm / Nv)^{0.4852} \quad \dots(4)$$

$$R^2 = 0.932$$

Nv：車両数 (両)、Vkm：客車走行キロ(万 km/年)

(c) 運転費：Cd

列車の運転に関する費用（動力費を除く）であり、列車走行キロと、平均編成長で表現。

$$Cd = r_d r_p \cdot e^{-3.1238} \cdot Tkm^{0.9438} \cdot (Vkm / Tkm)^{0.0736} \quad \dots(5)$$

$$R^2 = 0.866$$

Tkm：列車走行キロ(万 km/年)、 r_d ：人件費指数、

r_p ：消費者物価指数

(d) 動力費：Ce

列車の運転に要する動力費であり、列車走行キロと、平均駅間距離（加減速が頻繁な場合に動力費が増加することを考慮）で表現。

$$Ce = r_e r_p \cdot e^{-6.331} \cdot Vkm^{1.221} \cdot (L * 10 / Nst)^{-0.5339} \quad \dots(6)$$

$$R^2 = 0.873$$

Vkm：客車走行キロ(万 km/年)、 r_e ：電力料金指数、

L：営業キロ

(e) 各種管理費：Cm

駅の維持管理、本社経費等、その他の管理に関する経費であり、駅あたり乗降人員（駅の規模を表す変数）と駅数で表現。

$$Cm = r_d r_p \cdot e^{-2.858} \cdot (Np / Nst)^{0.5568} \cdot Nst^{1.032} \quad \dots(7)$$

$$R^2 = 0.862$$

Np：輸送人員 (万人/年)、Nst：駅数

図5に、大手民鉄12社の運営費用の実績値と、本モデルの推定値を示す。概ね現況を再現している。

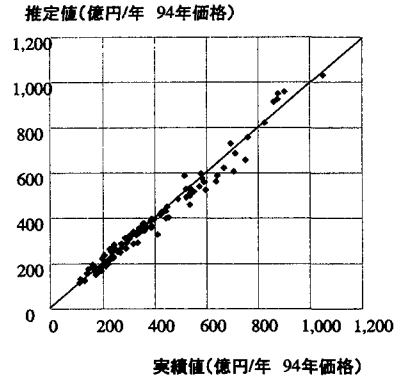


図5 運営費用算定サブモデルの推定値と実績値

(3) 資本費用算定サブモデル

ここで「資本費用」とは、鉄道事業者の総費用のうちの減価償却費と支払利息とする。本モデルは、入力：t年での事業者の設備投資額、過去の投資実績・外部資金借入れ実績、金利等
出力：t年以後における、事業者の会計上の減価償却費および支払利息とするものである。

(a) 減価償却費

以下の仮定の下で、各事業者について1961年以降の各年度の設備投資額のデータを用いて、各年度に支出される減価償却費を推計する。

- 1)各年度の「設備投資費用」を入力として、その全額を減価償却の対象とする。
- 2)資金を設備投資に投下したその翌年から減価償却を開始する。
- 3)償却方法は、残存価値5%、30年間定率償却とする。

(b) 支払利息

以下の仮定の下で、各事業者について1961年以降の各年度の設備投資額のデータを用いて、各年度に支出される支払利息を推計する。

- 1)各年度の借入金額を以下のように仮定する。

t年での借入金額=t年の設備投資額

$$\begin{aligned} & - t \text{ 年の減価償却費} - t \text{ 年の特特制度の積立金} \\ & + t \text{ 年以前の借入金に起因する支払元金} \\ & - t \text{ 年の税引き後当期利益 (鉄道部門)} \end{aligned}$$

- 2)その年度の借入金を、以下の方法により償還する。

- i) 日本開発銀行から限度枠まで借り入れる。

借り入れ条件は、実際の条件と同様とする

ii)日本開発銀行の枠外については、10年間元利均等償還で借り入れるものとする。金利は「全国銀行平均貸出金利」とする。

iii)日本建設公団工事については、上記とは別に、実際の条件と同様の条件で償還する。

図6に、東武鉄道について、減価償却費と支払利息の実績値と計算値を示す。概ね現況を再現している。

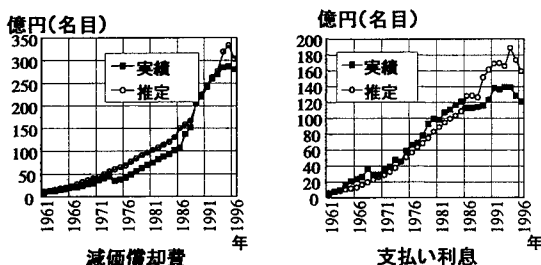


図6 資本費用算定サブモデルの推定値と実績値

4. 費用関数の同定による限界投資費用の算出

以上で示した「サービス水準・運賃水準算定モデル群」により事業者の総費用が算出され、その値を需要（人・キロ）で除せば1人キロあたり費用が算出され、その値は、その1人キロあたり運賃水準にほぼ等しい値となる。このとき「1人あたりサービス水準」を(8)式（文献4）のように表現すれば、各事業者について費用関数を同定することが出来る（図7）。

$$U_{Cong}^{Link} = 0.01 \times \left\{ \exp \left(1.97 \times \frac{Flow}{Cap} \right) - 1 \right\} \times T \quad \dots (8)$$

U_{Cong}^{Link} ：混雑不効用、Flow：輸送人員、Cap：輸送

力、T：駅間所要時間

サービス水準(分/km)

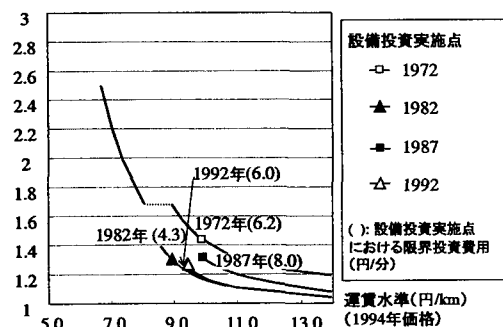


図7 事業者の費用関数（京阪電気鉄道の例）

図7で、各設備投資実施点における費用関数の傾きの逆数は、単位サービス改善あたりの限界的な投資費用（運賃上昇額）と考えることができる。またこの値の単位は、（円/分）といういわば「時間評価値」のディメンジョンを持っている。

ここで、大手民鉄9社の1972年から1992年までの設備投資について、5年ごとについて各事業者の費用関数から、各社の5年ごとの設備投資実施点における「限界投資費用」を算出した（図8）。

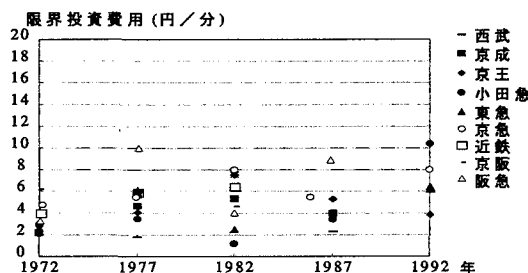


図8 大手民鉄各社の限界設備投資費用（94年ベース）

これより以下のことが考察される。

- 1)我が国の大手民鉄事業者は過去20年間、サービス改善に対する限界投資費用が5円/分（1994年価格）前後の水準で設備投資を行ってきた。
- 2)競争的な事業者では限界投資費用が高い傾向がある。
- 3)ここで求めた「限界投資費用」の値は、都市間交通機関選択行動や所得接近法などから求められる「時間評価値」に比べて非常に低い。
- 4)事業者が、利用者の支払い意志を認知して設備投資水準を決定しているすれば、3)より、「事業者は利用者の支払い意志を過小に認知している」と考えることもできる。従って、都市鉄道整備のための事業制度として、利用者負担を前提とした各種の施策（情報公開、ピーク時運賃賦課制度など）の工夫によっても、相当程度の効果があることが示唆される。

参考文献

- 1) 岡村・家田：大都市圏民営通勤鉄道の既設線改良における事業者の投資行動に関する理論的考察とその検証、土木計画学研究・論文集14、1997.11、pp817-826
- 2) 都市交通年報、鉄道統計年報（1975—1995）
- 3) 森谷英樹：私鉄運賃の研究 大都市私鉄の運賃改定1945年～95年、日本経済評論社、1996
- 4) 志田州弘、家田 仁 他：通勤鉄道利用者の不効用関数パラメータの移転性に関する研究、土木計画学研究・講演集No12、pp519-525、1989.12