

# 鉄道の費用構造分析

The cost structure analysis of the railway

藤山 智浩<sup>1</sup>・永原 一明<sup>2</sup>・松永 千晶<sup>3</sup>・角 知憲<sup>4</sup>

Tomohiro FUJIYAMA, Kazuaki NAGAHARA, Chiaki MATSUNAGA, Tomonori SUMI

## 1. はじめに

鉄道は交通サービスの大量生産システムである。大量生産システムの特徴は、生産設備のために比較的大きな投資を行うことによって限界生産量コストを大きく低下させ、結果的に平均生産コストを下げることにある。しかし、最も大量生産が行われ生産性が高いはずの大都市の都市内輸送や大都市間幹線輸送においても、鉄道が十分な価格競争力を発揮していない可能性がある。本来、鉄道のような交通システムの経済性や価格は社会的な条件によって規定されるところが大きい。例えばコストに占める資本費の割合が高いことや、歴史的な経緯のため過剰な労働力を維持していること、あるいは生産性を上げるための近代化投資を欠くことなどの技術外的な要因のため、サービスの価格が上がっていることも多く、常に大量生産システムの特徴が直接発揮されるものではないが、それにしても鉄道が大量生産に十分適した技術的性格を持っているとしたら、ある範囲ではその性格が検出可能であり、鉄道の要素技術の生産性も比較可能になることが期待できるだろう。

ところでこのような分析に使えるデータは運輸省の鉄道統計年報<sup>1)</sup>にほぼ限られる。そこで本研究では、鉄道統計年報から同質の路線の技術的性格が読みとれる路線をもつ鉄道事業者に限定し、鉄道の技術的性格を最も直接に反映する直接営業費（運転費・運輸費・車両、線路、電路各保存費）を取り上げ、鉄道の技術

的性格を表す統計指標と営業費の関係を分析する。

## 2. 費用分析の方法

ある技術を使用する財の総生産費  $y$  は、固定費用と生産量  $x$  に関わる費用の和として表される。これを次のように表す。

$$y = a_0 + ax^b \quad (1)$$

ここに、 $a_0$  は固定費、 $x$  は生産量、 $a$ 、 $b$  は定数である。この式では、限界生産費の通増（あるいは通減）を表すため、 $x$  の累乗型の関数を用いている。図-1は、横軸に生産量をとって、2種類の生産技術を用いた場合の総生産費を示す。図中の曲線Ⅰは比較的小規模の固定費を要するが限界生産費が大きい技術で生産規模が小さい場合に適し、曲線Ⅱはその逆であったり大量生産に適する。ところで $a_0$ の主要な成分は多くの場合資本費（減価償却費）である。以下の分析では減価償却費を除く費用を考えることにして、それ以外の固定費は小さいものとみなし省略する。この式を単位生産量あたりの平均費用  $y'$ （単価）に書き直すと次式を得る。

$$y' = ax^{b-1} \quad (2)$$

これを表したものが図-2である。さらに $a$ が生産設備のタイプや規模  $S_i$  の関数であると仮定し

$$a = \prod_{i=1}^n a_i, \quad a_i = \alpha_i S_i^{\beta_i} \quad (3)$$

$n$  : 生産設備数,  $\alpha_i, \beta_i$  : 定数

とし両辺の対数をとる、

キーワード: 鉄道計画

<sup>1</sup>学生会員 九州大学大学院修士課程 工学研究科

(〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1)

TEL: 092-642-3275 FAX: 092-642-3306

<sup>2</sup>九州大学大学院修士課程 工学研究科

<sup>3</sup>正会員 九州大学大学院助手 工学研究科

<sup>4</sup>正会員 工博 九州大学大学院教授 工学研究科

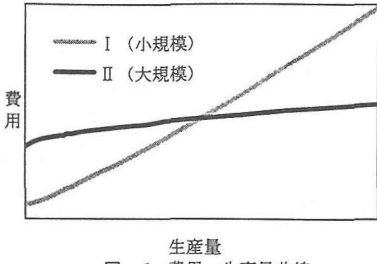


図-1 費用-生産量曲線

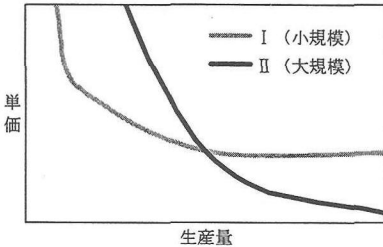


図-2 単価-生産量曲線

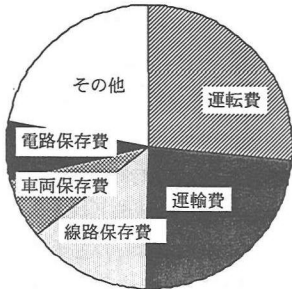


図-3 営業費の内訳

$$\log y' = \log \prod_{i=1}^n \alpha_i S_i^{\beta_i} + (b-1) \log x \quad (4)$$

ここで

$$Y = \log y', \quad A = b-1$$

$$X = \log x, \quad x_i = \log S_i, \quad B = \sum_{i=1}^n \log \alpha_i$$

を用いると、

$$Y = AX + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i + B \quad (5)$$

を得る。

(5) 式はコスト、生産量、生産設備の規模をそれぞれ対数変換したものが線形の関係になることを示している。そこで、費用  $y$  に鉄道の運営に関わる主な費目である先に述べた5種類の費用をとり、生産量  $x$  に

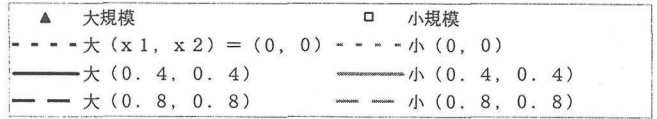
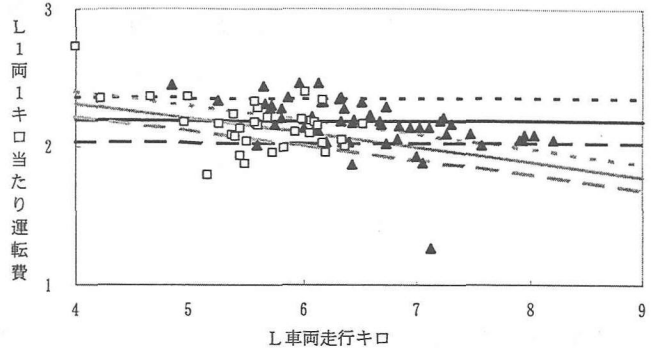


図-4 運転費 (電化非電化で分類)

費用の性質に応じて輸送人員、車両走行キロを、生産施設に駅面積や線路構造等をとって (5) 式を適用することにする。分析方法は重回帰分析を用いた。

### 3. 費用構造の分析

#### (1) 対象路線の選定

本研究では旅客運輸を主とする在来鉄道を取り上げることとする。大都市高速鉄道と地方旅客鉄道を共に対象とし、技術要因と費目を対応させるため、路線により技術構造が異ならない単一路線、もしくは複数の路線であっても鉄道要覧<sup>2)</sup>によって路線によって構造が異ならず、技術は同一であると読みとれる鉄道事業者を対象とした。その対象事業者は90社である。なお今回取り上げた鉄道事業者における各費目の割合の平均は図-3に示す通りである。

#### (2) 運転費

運転費は列車の運転に要する費用のことであり生産量の指標として車両走行キロをとることにする。電化は、地上設備のための設備費を要するが、優れた車両性能とあいまって相当の輸送量さえあれば採算的に優れているため大規模鉄道に採用されると考えられるため、電化非電化を考慮して大規模鉄道、小規模鉄道に分類した。ここで生産設備として平均1編成車両数と平均駅間距離を追加した場合に修正決定係数が大きくなったが、いずれも十分ではない。  $x_1 = \log$  (平均

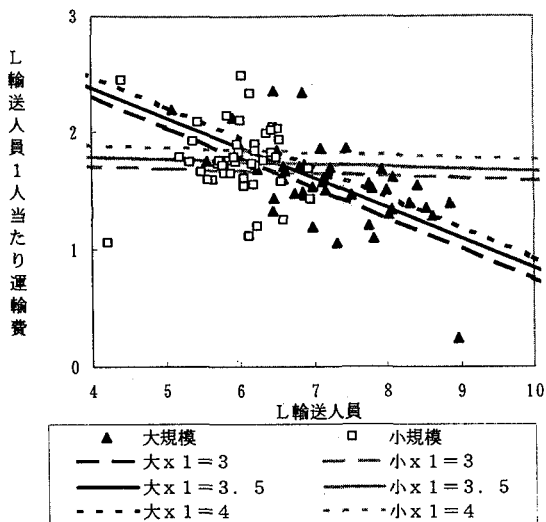


図-5 運輸費 (1 駅当たり自動化機械台数で分類)

1 編成車両数),  $x_2 = \log$  (平均駅間距離) として ( $x_1, x_2$ ) = (0, 0), (0, 4), (0, 4), (0, 8, 0, 8) のときをグラフに表示すると図-4 のようになる。有意性は欠けるが、駅間距離が大きくなる、つまり駅数が少ないほど、また 1 編成の車両数が多いほど単価が小さくなるのがわかる。大規模、小規模の特徴が現れていないので鉄道事業者の中には電化の効果が有効でない会社も含まれていることが考えられる。

なお L は常用対数により変換した値であることを意味しており、以後全ての費目についてもこのように表示している。また大、小はそれぞれ大規模鉄道、小規模鉄道を表している。

### (3) 運輸費

運輸費は旅客の取り扱いに要する費用のことであるから、生産量  $x$  を輸送人員とする。自動化は駅務員の増員を伴わず大量の旅客を扱うにあたって必要不可欠であると考えられるため、大規模鉄道において進んでいると考えられる。よって 1 駅当たりの自動化機械(自動集改札機、自動券売機、自動印刷発行機)台数を考慮して大規模鉄道、小規模鉄道に分類した。ここで生産設備として平均駅面積や平均自動化機械数を追加した。その結果、さほど高い修正済決定係数が得られなかった。 $x_1 = \log$  (平均駅面積) = 3, 3.5, 4 を与え、それぞれの場合の直線を図-5 に示した。大規模と小規模の特徴が表現できているが有意性に欠け

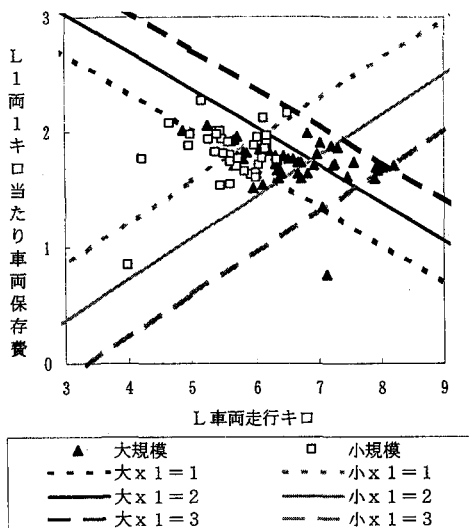


図-6 車両保存費 (電化非電化で分類)

る。輸送人員に応じた自動化が行われていない可能性がうかがわれる。

### (4) 車両保存費

車両保存費は車両の維持・補修に要する費用のことであり、車両走行キロを生産量  $x$  にとる。運輸費に準じ、電化非電化を考慮して大規模鉄道、小規模鉄道に分類した。ここでは生産設備として  $x_1 = \log$  (車両数) = 1, 2, 3 を与え図-6 に示している。大規模、小規模とも各直線の間隔が大きく、また車両数と車両保存費との修正済決定係数が大規模、小規模とも約 0.85 と高いことより車両保存費はほぼ車両数で決定していることが考えられ、車両保存費が車両走行キロに無関係であることは理解できる。車両 1 両当たりの車両保存費は走行キロに大きく依存せずほとんど一定である。このことは定期的な整備費に依存が大きいことが考えられる。使用頻度に応じた整備、点検が行われていない可能性がある。

### (5) 線路保存費

線路保存費は線路設備の維持・補修に要する費用であるから、生産量  $x$  として通過重量が考えられたが資料不足のためそれに変わる指標として車両走行キロを用いた。また重レールは通過重量が大きい大規模鉄道には有効であると考え、重レール率 (50%以上とそれ未満) に応じて大規模鉄道、小規模鉄道に分類した。

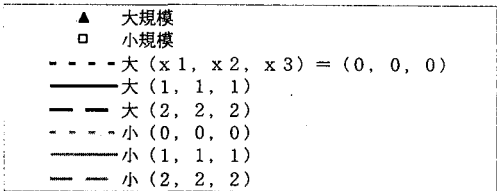
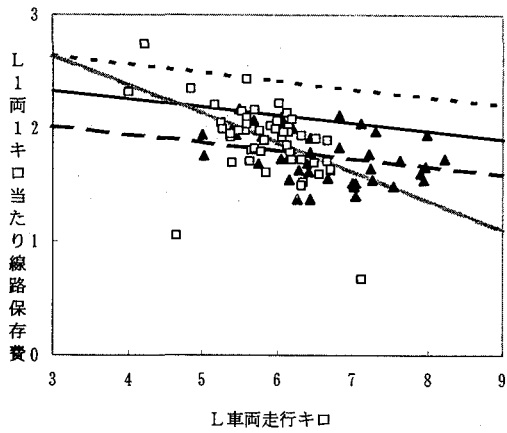


図-7 線路保存費 (重レール率で分類)

線路構造であるレール、枕木、道床を生産設備として追加すると、修正済決定係数が上がったが有意性に欠ける結果となった。  $x_1 = \log$  (重レール (50 kgレール以上) 割合),  $x_2 = \log$  (コンクリート枕木割合),  $x_3 = \log$  (省力化道床割合) を与え  $(x_1, x_2, x_3) = (0, 0, 0), (1, 1, 1), (2, 2, 2)$  について、それぞれの直線を図-7に示す。これによると有意性は十分でないが、線路構造が近代化するにつれ線路保存費単価が減少している。だが重レールや省力化道床の効果は十分に認められない。また大規模鉄道ほど線路保存費は線路構造に依存するところが大きいことが読みとれる。また通過重量に応じた線路構造になっていないことが考えられる。通過重量を考慮しないむやみな近代化は逆効果である。

(6) 電路保存費

電路保存費は電路・通信設備の維持・補修に要する費用である。車両走行キロを生産量  $x$  にとる。また運転費に準じ、電化非電化を考慮して大規模鉄道、小規模鉄道に分類した。生産設備として  $x_1 = \log$  (自動装置設置率),  $x_2 = \log$  (集中制御設置率) を与え  $(x_1, x_2) = (0, 0), (1, 1), (2, 2)$  についてそ

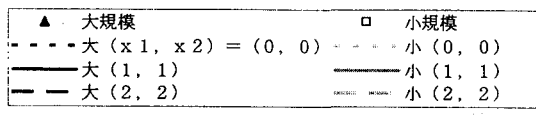
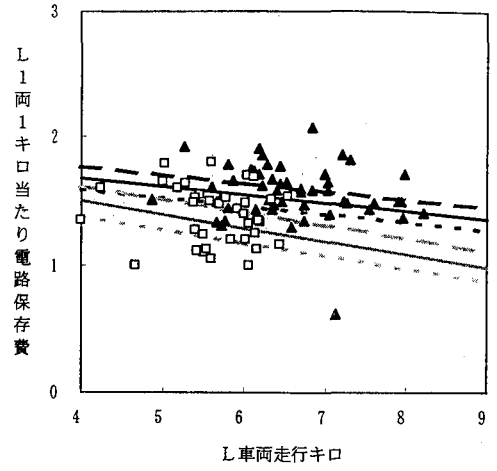


図-8 電路保存費 (電化非電化で分類)

れぞれの直線を図-8に示す。電路保存費は生産量の車両走行キロには無関係であることがわかる。電路保存費は変電所数に特に関係があり、また自動装置や集中制御に関係があることより、固定費に依存することが大きいと考えられる。電路システムはこのような固定費によるものが大きい性質があると考えられるので妥当であろう。問題となるのはそういう設備がその鉄道事業者において妥当なのかということである。

4. 考察

各費目それぞれについて分析を行ったが、有意性の高い結果はほとんど得ることができなかった。大規模生産と小規模生産の特徴が鉄道においては表現できていないことが分かる。すなわちこれによると鉄道事業においては、自動化の効果が明確でない、生産量によらず固定的費用が支配的であるなど、技術的な性格が費用に反映されない構造の存在がうかがわれる。

参考文献

- 1) 運輸省鉄道局監修：平成9年度鉄道統計年報
- 2) 運輸省鉄道局監修：平成10年度鉄道要覧