

# 総列車走行時間に着目した 全国の地域鉄道の運行費用に関する研究

工藤 文也<sup>1</sup>・中川 大<sup>2</sup>・松中 亮治<sup>3</sup>・大庭 哲治<sup>4</sup>

<sup>1</sup>学生会員 京都大学大学院 工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 Cクラスター)  
E-mail:fmy.kudo@urban.kuciv.kyoto-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 京都大学大学院 工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 Cクラスター)  
E-mail:nakagawa@urban.kuciv.kyoto-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 京都大学大学院 工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 Cクラスター)  
E-mail:matsu@urban.kuciv.kyoto-u.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 京都大学大学院 工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 Cクラスター)  
E-mail:tetsu@urban.kuciv.kyoto-u.ac.jp

収入と支出のバランスが取れず厳しい経営状態にある地域鉄道において、サービス水準を維持したまま安全な運行を続けるためには、運送設備や列車本数などの事業者の路線特性に合わせた適正な費用で運行されることが望まれるが、これまでに運行費用と路線特性との関係について十分な説明がされているとは言い難い。そこで本研究では、日本全国の地域鉄道事業者を対象に鉄道の運行費用と路線特性との関係を明らかにすることを目的として、運行費用データおよび路線特性データを収集し、また走行距離だけではなく走行時間も考慮することで、距離および時間の二つの面から運行費用と路線特性の関係性について分析をした。その結果、各費用項目において路線特性が費用水準に統計的有意に影響していることを明らかにした。

**Key Words** : regional railroads, operational costs, total travel time of trains, total travel distance of trains

## 1. はじめに

### (1) 背景と目的

新幹線、在来幹線、都市鉄道に分類されるもの以外の路線は一般に地域鉄道と呼ばれる。地域鉄道のうち、鉄道事業主体が中小民営鉄道および第三セクター鉄道であるものは地域鉄道事業者と呼ばれ、平成27年4月1日現在では全国に95社存在する。地域鉄道を取り巻く環境は非常に厳しく、平成24年度では地域鉄道事業者全91社中69社が赤字を計上しているとの報告がなされている<sup>1)</sup>。

地域鉄道は沿線住民の重要な交通手段となっているが、収入と支出のバランスが取れず厳しい経営状態にある路線が多い。利用者や沿線人口の減少により収入の増加が難しい地域鉄道において、サービス水準を維持した上で安全に運行するためには、運送設備や列車本数などの路線特性にあわせた適正な費用で運行することが望まれる。しかしながら、地域鉄道の運行費用と路線特性との関係

についてはこれまで十分に説明されているとは言い難い。

そこで本研究では、平成23年度において日本全国に存在する地域鉄道事業者を対象に、事業者間で運行費用に関する比較分析をした上で、運行費用と路線特性との関連を明らかにすることを目的とする。まず、分析するにあたり、平成19年度～平成23年度の運行費用データを調査することで、費用項目別に地域鉄道の運行費用の現状について把握する。そして、地域鉄道事業者の運行費用の相違がどのような要因から生じているかを、設備数や車両数、列車本数などの定量的な指標と、鉄道事業者、軌道事業者といった事業者分類を用いて分析することで明らかにする。さらに本研究では、評価指標として一般的に用いられる距離単価(車両走行キロあたり費用)に加え、列車の走行時間を指標に用いることで、時間単価(車両走行時間あたり費用)が運行費用を分析する上で有効であるかという点についても考察する。

## (2) 既往研究のレビューと本研究の特徴

地域鉄道の運行費用に着目した研究として、藤山ら<sup>2)</sup>、大井<sup>3)</sup>、西藤ら<sup>4)</sup>のものがあげられる。藤山らは、大都市高速鉄道と地方旅客鉄道を対象とした合計84社を対象に線路保存費、電路保存費、車両保存費、運転費、運輸費の各直接営業費用について、鉄道の技術要因に着目し、重回帰分析により各費用の回帰式の推定を試みている。大井は、トランス・ログ型可変費用関数の推定と分析を通じて、地域鉄道では平均的に見て可変費用の最小化が達成されているとみなせること、および第三セクター鉄道は民営鉄道よりも人件費を中心として費用水準が低い傾向にあることを明らかにしている。西藤らは財務指標と輸送量やサービス水準、経営環境などのデータをもとに、クラスター分析によって第三セクター鉄道41社をグループ化し、それぞれのグループについてその特徴の考察をしている。上記に挙げた研究においては列車の走行時間については考慮されておらず、また地域鉄道の運行費用に影響を及ぼす要因について十分な解明がなされていない。

また、鉄道以外の公共交通の運行費用に着目した研究として、乗合バス事業者の費用関数を推定し、営業収入の実績値をもとに収益率の評価をしている徳永ら<sup>5)</sup>の研究、コミュニティバスの運行事業者と自治体の契約方式、運行経費の積算方法等の違いが運行経費、運賃収入、収支率等にもたらす違いについて定量的に明らかにした中山ら<sup>6)</sup>の研究などが挙げられる。

以上の既往研究に対する課題点をふまえると、本研究の特徴としては、地域鉄道事業者の運行費用について網羅的に調査し、事業者別に比較している点、設備や列車の運行に関する路線特性データを収集し、運行費用との相関について分析している点、研究対象となるすべての事業者において平日・土休日の運行ダイヤの別や運行区間を考慮した年間列車走行時間を集計し、算出した時間あたり運行費用について分析している点が挙げられる。

## 2. 対象路線とデータベース構築についての概要

### (1) 対象路線と事業者の分類について

本研究では2014年4月1日時点で国土交通省が分類している地域鉄道事業者91社に加え、十和田観光電鉄(2012年4月1日鉄道線廃止)をあわせた92社を地域鉄道事業者として定義する。ただし、鋼索鉄道線を有する事業者については、鋼索鉄道線に関する項目は集計に含めない。

事業者の分類については、鉄道事業法に則り普通鉄道を運営する事業者を鉄道事業者、軌道法に則り路面鉄道を運営する事業者を軌道事業者として定義する。具体的には『鉄道要覧』<sup>7)</sup>を参照し、鉄道(普通鉄道)に分類され

ている事業者を「鉄道事業者」、軌道に分類されている事業者を「軌道事業者」として分類する。また、鉄道事業者を列車の動力方式によって電化と非電化に分類する。本研究では『鉄道要覧』を参照し、動力の項目で「電気」と記載されている鉄道事業者を「電化鉄道事業者」、「内燃」と記載されている鉄道事業者を「非電化鉄道事業者」として分類する。さらに、『鉄道要覧』における種別の項目で「第2種開業線」と記載されている区間を運行する事業者を「第2種鉄道事業者」として分類する。運行路線全線が第2種開業線である事業者は「上下分離事業者」として別途分類する。以上の定義により、電化鉄道事業者48社、非電化鉄道事業者38社、軌道事業者10社に分類され、うち第2種鉄道事業者が10社(上下分離事業者は6社)となる。

### (2) データベースの構築

運行費用のデータベースは『鉄道統計年報』<sup>8)</sup>より作成する。異常値の確認と運行水準の平均化のため、計5年分のデータを抽出する。同一事業者において鉄道、軌道で集計が分かれている場合は、それぞれ別に集計する。本研究に関連して収集したデータを表-1に示す。車両走行キロについては『鉄道統計年報』において「旅客車」の項目に含まれる数値を抽出し、「自己車両自線走行キ

表-1 本研究で収集したデータ一覧

種類	項目	出典
運行費用	線路保存費[千円]	鉄道統計年報(H19-23)
	電路保存費[千円]	
	車両保存費[千円]	
	運転費[千円]	
	運輸費[千円]	
	保守管理費[千円]	
	輸送管理費[千円]	
	案内宣伝費[千円]	
	厚生福利施設費[千円]	
	一般管理費[千円]	
	諸税[千円]	
	減価償却費[千円]	
	修繕費[千円]	
事業者規模	営業キロ(旅客)[km]	鉄道統計年報(H19-23)
	駅数(箇所)	鉄道統計年報(H23)
輸送作業量	車両走行キロ[千 km]	鉄道統計年報(H19-23)
	列車走行キロ[千 km]	鉄道統計年報(H19-23)
走行時間	年間総列車走行時間[時間]	駅すばあと時刻表 <sup>9)</sup>
列車本数	年間総旅客列車本数[本]	駅すばあと時刻表 <sup>9)</sup>
	年間総貨物列車本数[本]	JR 貨物時刻表 <sup>10)</sup>
線路設備	複線区間営業キロ[km]	鉄道要覧 <sup>7)</sup>
	隧道延長[km]	鉄道統計年報(H23)
	橋梁延長[km]	鉄道統計年報(H23)
電路設備	自動閉塞方式営業キロ[km]	鉄道統計年報(H23)
車両	旅客車両数[両]	鉄道統計年報(H23)
旅客運輸	有人駅数(箇所)	事業者ウェブページ

ロ・他鉄道車両自線走行キロ・自己車両他線走行キロ」を区別した上で、その総和を集計する。

(3) 総列車走行時間の算出についての概要

『駅すばあと』<sup>9)</sup>時刻表から対象とする地域鉄道事業者が運営する路線内で発着・通過する列車の1日あたりの走行時間の総和(停車時間含む)を平日・土休日等の運行ダイヤを区別した上で算出し、日数を乗じて総列車走行時間を算出する。対象日数は2011年4月1日から2012年3月31日の366日間とする。算出式を式(1)に示す。算出式における添字の*i*は事業者の別、*j*は運行ダイヤの別、*k*は列車運用の別を表す。換算時刻は0時0分を0分、23時59分を1,439分として定義したものである。

$$time_i = \sum_j \left\{ day_{i,j} \cdot \sum_k \frac{(arr_{i,j,k} - dep_{i,j,k})}{60} \right\} \quad (1)$$

ただし、

- time*: 総列車走行時間[h]
- day*: ダイヤパターン毎の運行日数
- arr*: 列車が終着駅に到着・通過する換算時刻[*min*]
- dep*: 列車が始発駅を発車・通過する換算時刻[*min*]

(4) 距離単価・時間単価の算出

a) 距離単価の算出

車両走行キロあたり費用(距離単価)については車両走行キロを用いて、式(2)に従って算出する。算出式における添字の*i*は事業者の別、*y*は対象年度を表す。

$$CPD_i = \frac{\sum_y cost_{i,y}}{\sum_y dist_{i,y}} \quad (2)$$

ただし、

- CPD*: 車両走行キロあたり費用[円/両・km]
- cost*: 費用[千円]
- dist*: 車両走行キロ[km]

また、車両保存費のみ「自己車両自線走行キロ+自己車両他線走行キロ」(自社車両)の値を使用し、それ以外の項目では「自己車両自線走行キロ+他鉄道車両自線走行キロ」(自社線内)の値を使用した。

b) 時間単価の算出

(3)で述べた総列車走行時間は列車単位での算出をしているため、車両数も反映されている車両走行キロとの

整合性が取れないという問題点がある。そこで、式(3)を用いて、総列車走行時間の値を補正する。算出式における添字の*i*は事業者の別を表す。

$$T_i = time_i \cdot \frac{ckt_i}{vkt_i} \quad (3)$$

ただし、

- T*: 車両走行時間[h・両]
- time*: 総列車走行時間[h]
- ckt*: 車両走行キロ[km]
- vkt*: 列車走行キロ[km]

算出した車両走行時間を階級別に集計した事業者数の分布を図-1および図-2に示す。車両走行キロの値についてはa)で述べたように車両保存費とその他の費用で取り扱いが異なるため、自社線内および自社車両の2つの値について車両走行時間を算出している。

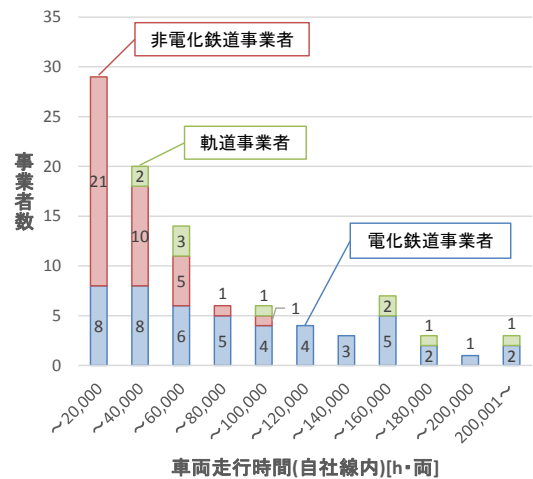


図-1 車両走行時間(自社線内)の階級別の事業者数

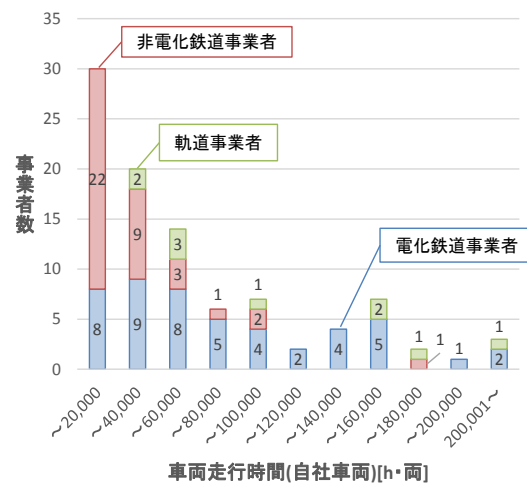


図-2 車両走行時間(自社車両)の階級別の事業者数

時間あたり運行費用(時間単価)については車両走行時間を用いて、式(4)に従って算出する。算出式における添字の*i*は事業者の別、*y*は対象年度を表す。

$$CPT_i = \frac{\sum_y (cost_{i,y} \cdot 1,000)}{\sum_y T_{i,y}} \quad (4)$$

ただし、

- CPT: 車両走行時間あたり費用[円/両・km]
- cost: 費用[千円]
- T: 車両走行時間[h]

また、列車走行キロを総列車走行時間で除することで「表定速度」を算出した。表定速度の階級別の事業者分布を図-3に示す。軌道事業者は併用軌道区間を有し走行速度が抑えられている環境にあることが原因で、表定速度が低い傾向にあると考えられる。

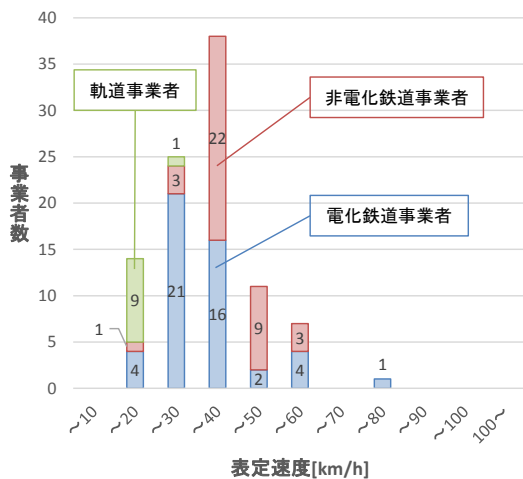


図-3 表定速度の階級別の事業者数

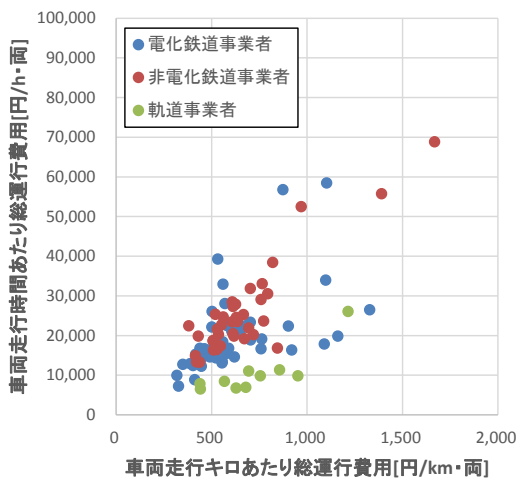


図-4 総運行費用における距離単価と時間単価の関係

### 3. 総運行費用および費用の構成比に関する分析

#### (1) 総運行費用に関する基礎分析

本研究では鉄道事業会計規則に記載されている勘定項のうち、線路保存費、電路保存費、車両保存費、運転費、運輸費、保守管理費、輸送管理費、案内宣伝費、厚生福利施設費、一般管理費、諸税、減価償却費を運行費用として取り扱い、上記各費用の総和を「総運行費用」とする。また『鉄道統計年報』に記載されている「営業費合計(諸税・減価償却費を除く)内修繕費」を「修繕費」とする。

総運行費用における距離・時間単価の関係を表す散布図を図-4に示す。また、総運行費用と修繕費を距離単価で見たときの関係を表す散布図を図-5に、時間単価で見たときの関係を表す散布図を図-6に示す。図-4において特異値を持つ事業者は見受けられるが、電化鉄道事業者、非電化鉄道事業者の間で大きな差は見られず、電化・非

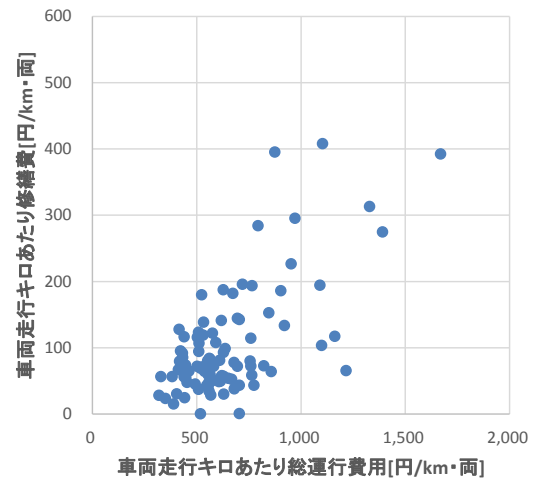


図-5 距離単価で見た総運行費用と修繕費の関係

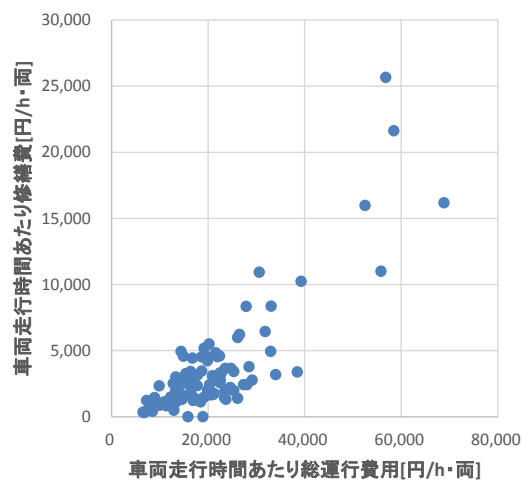


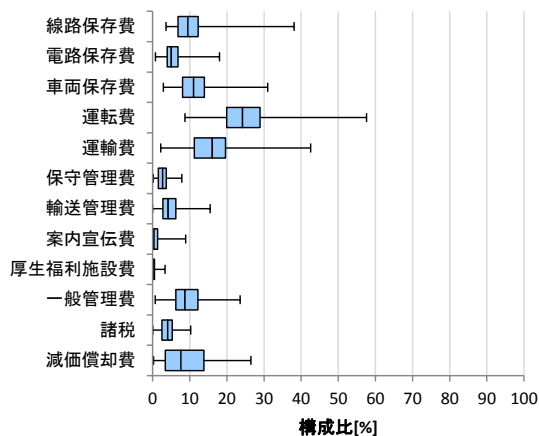
図-6 時間単価で見た総運行費用と修繕費の関係



電化によって総運行費用が大きく変わることはないと考えられる。軌道事業者は距離単価で見ると、鉄道事業者と大きな差が見られないが、時間単価で見ると総運行費用が低い傾向にある。また、図-5、図-6をみると総運行費用の距離・時間単価が高い事業者は修繕費の距離・時間単価が高い傾向が見られる。地域鉄道は軌道、車両が老朽化している事業者が多く、維持管理費用が大きな負担になっていると考えられる。

(2) 構成比についての分析

各費用項目(合計)の5年総和を、総運行費用(合計)の5年総和で除することで、各費用項目が総運行費用に占める割合、すなわち構成比を算出する。また、算出した構成比をもとに箱ひげ図を作成し、地域鉄道事業者の構成比の傾向について考察する。ただし、線路保存費、電路保存費、車両保存費、運転費、運輸費の5項目で未記載



※箱ひげ図の箱の部分の中心線は中央値を表し、箱の左端は第1四分位数、右端は第3四分位数を表す。

図-7 各費用の構成比の事業者別の分布

項目のある事業者は含めない。

構成比の事業者分布を表す箱ひげ図を図-7に示す。多くの事業者で運転費が構成比として最も高く20~30%程度であることが読み取れ、運輸費も含めて考えると、地域鉄道事業者においては旅客輸送に関する費用の支出割合が大きいと考えられる。線路保存費、電路保存費、車両保存費といった運送設備や車両の維持補修に関する費用については、旅客輸送に関する費用よりも構成比が低い傾向にあることが読み取れる。しかし、線路保存費、電路保存費、車両保存費が構成比として最も高い事業者も見られ、このような事業者においては維持補修に関する費用が大きな負担になっていると考えられる。

4. 運行費用に影響を及ぼす要因の分析

本章では『鉄道統計年報』に運送費として記載されている項目のうち、構成比が高い線路保存費、電路保存費、車両保存費、運転費、運輸費の5費用について、距離・時間単価に影響を及ぼす要因の分析をする。分析手法には重回帰分析を用いる。重回帰分析は説明変数と目的変数の関係を明確化し、各説明変数と目的変数との相関を分析することを目的とする。重回帰分析を実施するにあたっては変数減増法により、全説明変数が5%有意となるまで繰り返し計算を実行する。また、軌道事業者は前章で述べたように時間単価、表定速度が一律して低く、また併用軌道区間が多数を占める、隧道が殆ど無いなど、費用構造や路線環境が鉄道事業者と比較して大きく異なると考えられる。したがって、重回帰分析においては軌道事業者を除き、鉄道事業者のみで実施する。本研究で設定した説明変数一覧を表-2に示す。

表-2 本研究で設定した説明変数一覧

説明変数	定義
非電化ダミー	「非電化鉄道事業者」に分類される事業者を1、それ以外を0としたダミー変数。
第2種ダミー	「第2種鉄道事業者」に分類される事業者を1、それ以外を0としたダミー変数。
上下分離ダミー	「上下分離事業者」に分類される事業者を1、それ以外を0としたダミー変数。
複線率	複線区間/営業キロ。
隧道比	隧道延長/営業キロ。
橋梁比	橋梁延長/営業キロ。
自動閉塞式ダミー	自動閉塞式を採用している事業者を1、それ以外を0としたダミー変数。
営業キロあたり車両数[両]	車両数/営業キロ。
営業キロあたり駅数[箇所/km]	駅数/営業キロ。
営業キロあたり有人駅数[箇所/km]	有人駅数/営業キロ。
表定速度[km/h]	列車走行キロ/年間総列車走行時間。
平均駅間距離[km/箇所]	営業キロ/(駅数-1)。
1日平均列車本数[本/日]	年間総列車本数/運行日数。
特急ダミー	自社線内のみを走る特急列車を運行している事業者を1、それ以外を0としたダミー変数。
直通特急ダミー	他社線に直通する特急列車を運行している事業者を1、それ以外を0としたダミー変数。
直通ダミー	他社線に直通する普通・快速列車を運行している事業者を1、それ以外を0としたダミー変数。
1日平均自社貨物本数	年間総貨物列車本数(自社)/営業日数。
1日平均他社貨物本数	年間総貨物列車本数(他社)/営業日数。

(1) 線路保存費

重回帰分析の結果を表-3に示す。決定係数は距離単価よりも時間単価のほうが高い。表-3より「上下分離ダミー」および「1日平均他社貨物本数」が距離・時間単価と強い相関を持つことがわかる。また、距離・時間単価の関係を表す散布図を図-8に示す。図-8より他社貨物が通過する事業者と上下分離事業者において、距離・時間単価が高い傾向にあることがわかる。他社貨物列車の通

表-3 線路保存費における重回帰分析結果

説明変数	距離単価 偏相関係数	t値	時間単価 偏相関係数	t値
サンプル数:84				
非電化ダミー				
上下分離ダミー	0.495	5.025 **	0.445	4.414 **
複線率	0.230	2.092 *	0.325	3.057 **
隧道比				
橋梁比				
表定速度	-0.248	-2.264 *		
1日平均列車本数	-0.370	-3.514 **	-0.381	-3.660 **
特急ダミー				
直通特急ダミー				
直通ダミー				
1日平均自社貨物本数				
1日平均他社貨物本数	0.565	6.055 **	0.685	8.351 **
決定係数		0.637		0.743

\*\*:1%有意, \*:5%有意

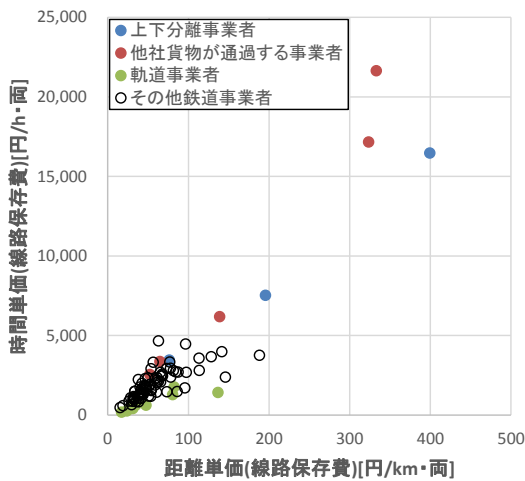


図-8 線路保存費における距離・時間単価の関係

表-4 線路保存費における重回帰分析結果(一部事業者除去後)

説明変数	距離単価 偏相関係数	t値	時間単価 偏相関係数	t値
サンプル数:76				
非電化ダミー			0.253	2.215 *
複線率				
隧道比	0.262	2.301 *	0.397	3.675 **
橋梁比				
表定速度	-0.430	-4.041 **		
1日平均列車本数	-0.396	-3.659 **	-0.348	-3.150 **
特急ダミー				
直通特急ダミー				
直通ダミー				
1日平均自社貨物本数				
決定係数		0.241		0.360

\*\*:1%有意, \*:5%有意

過本数が多い事業者は並行在来線が主を占める。並行在来線はJR在来幹線時代からの高規格の運送設備を継承しているため、他の地域鉄道事業者と比較して維持補修費用が高い傾向にあると考えられる。また、旅客列車に加えて貨物列車が多く通過することで、設備の劣化の進行が早く維持補修の頻度が高い可能性があることも考えられる。上下分離方式を導入している事業者は運送設備を自治体や大規模鉄道事業者が管理している場合が多く、運行事業者の走行実態に沿わない精到な整備により費用水準が高い可能性が考えられる。

特異値が重回帰分析の結果に影響している可能性があるため、他社貨物列車の通過がある事業者および上下分離方式を導入している事業者を除いて重回帰分析を実施した結果を表-4に示す。こちらも決定係数は距離単価よりも時間単価のほうが高い。距離・時間単価と「隧道比」に正の相関が見られる。隧道が多い事業者は維持補修に困難が伴うと考えられるため、距離・時間単価が高い傾向にあると考えられる。また、距離・時間単価と「1日平均列車本数」に負の相関がある。これは線路保存費が固定費であると考えた場合に列車本数が多いほど単価が下がるためと考えられる。さらに、距離単価と「表定速度」に負の相関がある。表定速度が高い事業者は路線環境が良く、維持補修に困難が伴わないため、距離単価が低い傾向にあると考えられる。そして、時間単価と「非電化ダミー」に正の相関がある。非電化鉄道事業者は電化鉄道事業者と比較して車両走行時間が少ないため、車両の走行時間あたりで見ると単価が高くなる傾向があると推測される。

(2) 電路保存費

距離・時間単価の関係を表す散布図を図-9に、重回帰

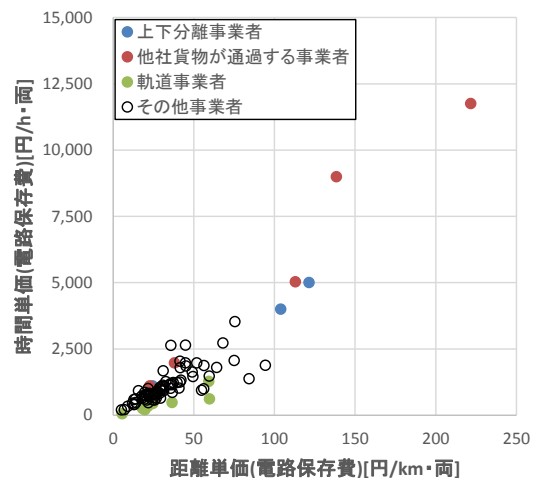


図-9 電路保存費における距離・時間単価の関係

分析の結果を表-5に示す。決定係数は距離単価よりも時間単価の方が高い。表-5からは線路保存費と同様に「上下分離ダミー」および「1日平均他社貨物本数」が距離・時間単価と強い相関を持つことがわかる。また、図-8からも線路保存費と比較すると差は小さいが、他社貨物列車の通過がある事業者と上下分離事業者において、距離・時間単価が高い傾向にあることがわかる。こちらも線路保存費と同様に電路設備の規格や設備の劣化の早さ、および走行実態に沿わない精到な整備が原因によるものと考えられる。また、距離・時間単価ともに「自動閉塞式ダミー」が弱い正の相関を示している。自動閉塞式はJRや大手民鉄などの大規模鉄道事業者で一般的に用いられており、高度な信号設備を必要とする閉塞方式である。したがって、高度な信号設備を有する事業者が距離・時間単価が高い傾向にあると考えられる。

(1)と同様に特異値が重回帰分析の結果に影響していると考えられるため、貨物列車の通過がある事業者および上下分離方式を導入している事業者を除いて重回帰分析を実施したところ、表-6に示す結果を得た。こちらも決定係数は距離単価よりも時間単価の方が高い。距離・時間単価と「非電化ダミー」に負の相関が見られる。非電化鉄道事業者は走行電力供給用の架線を補修する必要がないため、鉄道事業者と比較して距離・時間単価ともに低い傾向にあると考えられる。また、時間単価と「平均駅間距離」が正の相関を示している。駅間距離が長い路線ほど信号などの電路設備が多く必要であるため、時間単価が高くなると考えられる。また、一部事業者の除去後は距離・時間単価ともに「自動閉塞式ダミー」の有

表-5 電路保存費における重回帰分析結果

説明変数	距離単価 偏相関係数 t値		時間単価 偏相関係数 t値	
非電化ダミー				
上下分離ダミー	0.433	4.267 **	0.456	4.528 **
自動閉塞式ダミー	0.248	2.277 *	0.245	2.234 *
平均駅間距離			0.335	3.141 **
1日平均列車本数				
特急ダミー				
直通特急ダミー				
直通ダミー				
1日平均自社貨物本数				
1日平均他社貨物本数	0.687	8.411 **	0.822	12.732 **
決定係数	0.637		0.822	

\*\* : 1%有意, \* : 5%有意

表-6 電路保存費における重回帰分析結果(一部事業者除去後)

説明変数	距離単価 偏相関係数 t値		時間単価 偏相関係数 t値	
非電化ダミー	-0.274	-2.437 *	-0.280	-2.479 *
自動閉塞方式ダミー				
平均駅間距離			0.392	3.612 **
1日平均列車本数				
特急ダミー				
直通特急ダミー				
直通ダミー				
1日平均自社貨物本数				
決定係数	0.063		0.137	

\*\* : 1%有意, \* : 5%有意

意性が失われている。これは他社貨物列車の通過がある全ての事業者において自動閉塞式が採用されているため、その影響を受けた結果になっていたものと考えられる。

(3) 車両保存費

重回帰分析の結果を表-7に示す。決定係数は距離単価よりも時間単価の方が高い。距離・時間単価と「非電化ダミー」に正の相関が見られる。これは非電化鉄道事業者においては内燃動車の維持補修に費用が必要となっているため、距離・時間単価が高い傾向にあると考えられる。また、距離・時間単価と「直通特急ダミー」に正の相関が見られる。これは他社線に直通する特急車両を所有している事業者は直通運転に必要な機器の維持補修費用が多くかかるため、距離・時間単価が高い傾向にあるものと考えられる。さらに、時間単価と「1日平均列車本数」に負の相関が見られる。これは車両保存費が固定費であると考えた場合に列車の本数が多いほど単価が下がるためと考えられる。

(4) 運転費

重回帰分析の結果を表-8に示す。決定係数は距離単価よりも時間単価の方が高い。距離・時間単価と「非電化ダミー」に正の相関が見られる。非電化鉄道事業者は長距離路線が多く、電化鉄道事業者と比較して乗務員の拘束時間が長くなるため、人件費単価が高くなる傾向にあると推測される。次に「表定速度」は距離単価に負の相関、時間単価に正の相関が見られる。まず、距離単価について整理する。同じ距離を列車が走る場合、表定速度が低いほど所要時間が多くかかるため、距離単価あたりの運転士の人件費が高くなると考えられる。一方、時間単価で整理すると、同じ時間を列車が走る場合、表定速

表-7 車両保存費における重回帰分析結果

説明変数	距離単価 偏相関係数 t値		時間単価 偏相関係数 t値	
非電化ダミー	0.394	3.907 **	0.285	2.695 **
営業キロあたり車両数				
1日平均列車本数			-0.273	-2.570 *
特急ダミー				
直通特急ダミー	0.262	2.469 *	0.476	4.899 **
直通ダミー				
1日平均自社貨物本数				
決定係数	0.198		0.351	

\*\* : 1%有意, \* : 5%有意

表-8 運転費における重回帰分析結果

説明変数	距離単価 偏相関係数 t値		時間単価 偏相関係数 t値	
非電化ダミー	0.382	3.769 **	0.458	4.691 **
表定速度	-0.387	-3.827 **	0.420	4.218 **
1日平均列車本数				
特急ダミー				
直通特急ダミー				
1日平均自社貨物本数				
決定係数	0.199		0.375	

\*\* : 1%有意, \* : 5%有意

度が低いほど走行距離が短くなるため、動力費を含む経費が低くなる傾向にあると考えられる。

距離・時間単価と表定速度の関連性については人件費の距離・時間単価の関係を表す散布図である図-10、経費の距離・時間単価の関係を表す散布図である図-11からも確認できる。図10においては表定速度が低い軌道事業者の距離単価が高い傾向にあり、また図-11においては表定速度が低い軌道事業者の時間単価が低い傾向にあることがわかる。

(5) 運輸費

運輸費における重回帰分析の結果を表-9に示す。決定係数は時間単価よりも距離単価のほうがやや高い。表-9からは距離・時間単価ともに「第2種ダミー」と正の相関があり、また、距離・時間単価の関係を表す散布図を図-12に示す。また図-12からも第2種鉄道事業者に分類される事業者が距離・時間単価において高い傾向にあるこ

とがうかがえる。運行区間に第2種鉄道事業区間が含まれる事業者は、該当区間の線路使用料を、設備を管理する事業者を支払う必要がある。線路使用料は運輸費として勘定されるため、第2種鉄道事業区間を持つ事業者が距離・時間単価が高い傾向にあると考えられる。

特異値が重回帰分析の結果に影響していると考えられるため、第2種鉄道事業者に分類される事業者を除いて、重回帰分析を実施したところ、表-10に示す結果を得た。こちらも決定係数は時間単価よりも距離単価のほうがやや高い。「営業キロあたり有人駅数」は距離単価と正の相関がある。これは有人駅の割合が高いほど駅員の人件費が必要となるためであると考えられる。また、時間単価において「直通特急ダミー」も正の相関が見られる。これは他社線への連絡運輸に関する費用が運輸費として

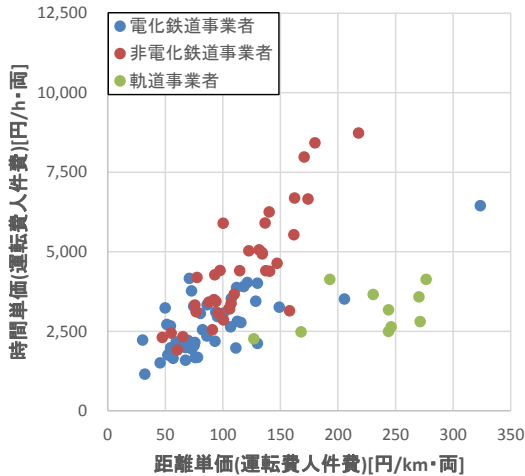


図-10 運転費(人件費)における距離単価と時間単価の関係

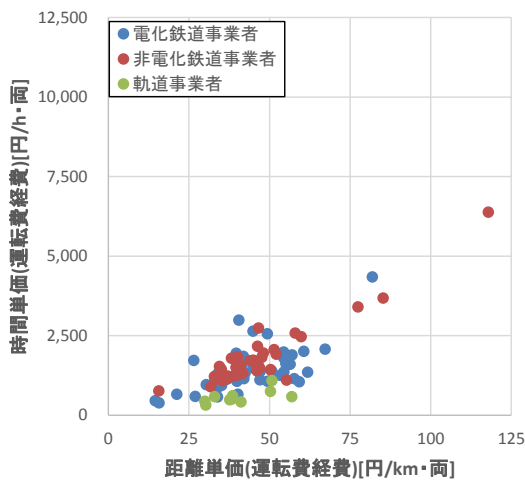


図-11 運転費(経費)における距離・時間単価の関係

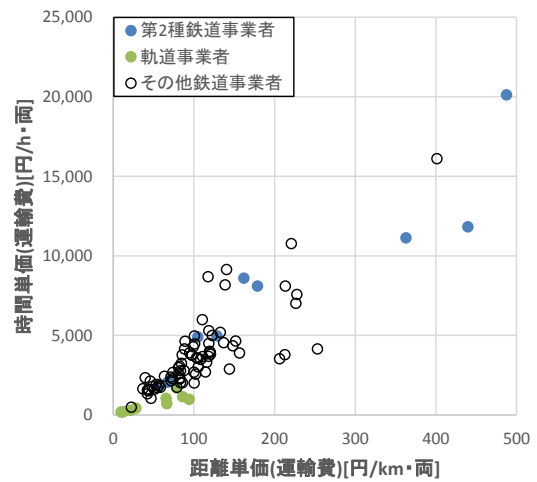


図-12 運輸費における距離単価と時間単価の関係

表-9 運輸費における重回帰分析結果

説明変数	距離単価 偏相関係数	t値	時間単価 偏相関係数	t値
サンプル数: 85				
非電化ダミー				
第2種ダミー	0.486	4.974 **	0.434	4.341 **
営業キロあたり駅数				
営業キロあたり有人駅数	0.332	3.150 **		
1日平均列車本数	-0.265	-2.457 *	-0.268	-2.505 *
特急ダミー				
直通特急ダミー			0.236	2.190 *
直通ダミー	-0.230	-2.111 *		
1日平均自社貨物本数				
決定係数		0.250		0.217

\*\*: 1%有意, \*: 5%有意

表-10 運輸費における重回帰分析結果(一部事業者除去後)

説明変数	距離単価 偏相関係数	t値	時間単価 偏相関係数	t値
サンプル数: 75				
非電化ダミー				
営業キロあたり駅数				
営業キロあたり有人駅数	0.348	3.176 **		
1日平均列車本数				
特急ダミー				
直通特急ダミー			0.285	2.539 *
直通ダミー				
1日平均自社貨物本数				
決定係数		0.109		0.069

\*\*: 1%有意, \*: 5%有意



勘定されるためであると考えられる。一方、特異値の除去後では「1日平均列車本数」の有意性が失われている。これは第2種鉄道事業者に分類される事業者のうち、特に上下分離方式で運行している事業者では列車の本数が少ない傾向にあるため、その影響を受けていたものと考えられる。

## 5. まとめ

本研究では、地域鉄道の運行費用に影響を与える要因について、従来用いられてきた車両走行キロに加えて総列車走行時間を指標に用いることで、距離単価と時間単価の2つの面から分析をした。以下でその得られた知見について述べる。

- 総運行費用においては電化鉄道事業者、非電化鉄道事業者の間で大きな水準の差は見られず、電化・非電化によって総運行費用が大きく変わることはない。軌道事業者は距離単価で見ると、鉄道事業者と大きな差が見られないが、時間単価で見ると総運行費用が低い傾向にある。
- 総運行費用の距離・時間単価が高い傾向にある事業者は修繕費の距離・時間単価も高い傾向が見られ、これらの事業者においては維持補修費用が大きな負担になっていると考えられる。
- 地域鉄道事業者においては運転費、運輸費といった旅客輸送に関する費用の支出割合が大きい、線路保存費、電路保存費、車両保存費といった運送設備や車両の維持補修に関する費用が構成比として最も高い事業者も見られ、このような事業者においては維持補修に関する費用が大きな負担になっていると考えられる。
- 線路保存費、電路保存費では、他社貨物列車が通過している事業者と上下分離方式を導入している事業者が距離・時間単価ともに高い傾向にある。
- 車両保存費では、非電化鉄道事業者や他社線と直通する特急列車を運行している事業者ほど距離・時間単価が高くなる。
- 運転費では、表定速度が高い事業者ほど距離単価

の値は低くなるが、逆に時間単価の値は高くなる。また、非電化鉄道事業者は距離・時間単価ともに高い傾向にある。

- 運輸費では、第2種鉄道事業者が距離・時間単価ともに高い傾向にある。それ以外の事業者では営業キロあたりの有人駅数が多い事業者ほど距離単価の値が高い傾向にある。

また、線路保存費、電路保存費、車両保存費、運転費の4項目において、距離単価よりも時間単価の方が帰帰式の精度が良いという結果が得られた。特に運転費などの人件費が大きく関わってくる項目については、時間単価で考えた方がより実態に近い分析が可能であると考えられる。したがって、鉄道の運行費用を分析するにあたって、列車の走行時間に注目することは有効な手段であると考えられる。

## 参考文献

- 1) 国土交通省：地域鉄道対策，国土交通省ウェブページ，[http://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo\\_tk5\\_000002.html](http://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo_tk5_000002.html)，2015年7月31日最終閲覧。
- 2) 藤山智浩，松永千晶，大枝良直，角知憲：年度別変動を考慮した鉄道の直接運賃費の検討，鉄道力学論文集 シンポジウム発表論文 第5号，pp.1-6，2001。
- 3) 大井尚司：第三セクター地方鉄道の費用構造に関する計量分析，交通学研究 No.50，pp.99-108，2007。
- 4) 西藤真一，飯田牧代，渡邊亮：経営環境からみた第三セクター鉄道—クラスター分析による検討—，関西学院大学産研論集 No.35，pp.19-29，2008。
- 5) 徳永幸之，千田篤史：乗合バス事業における経営環境と経営指標の変化分析，土木計画学研究・論文集 Vol.24 No.4，pp.723-730，2007。
- 6) 中山偉人：運行事業者の違いと自治体の費用負担に着目したコミュニティバスの運行費用に関する研究，土木学会論文集 D3 Vol.68 No.5，I\_1357-I\_1362，2012。
- 7) 国土交通省鉄道局：平成23年度鉄道要覧，2011。
- 8) 国土交通省鉄道局：鉄道統計年報，平成19年度～平成23年度版
- 9) ヴァル研究所：駅すばあと時刻表，CD-ROM，2011。
- 10) 鉄道貨物協会：JR貨物時刻表，2011。

(?年?月?日受付)

## OPERATIONAL COSTS OF RURAL JAPANESE RAILWAYS; CONSIDERING INDIVIDUAL TRAVEL TIME OF TRAINS

Fumiya KUDO, Dai NAKAGAWA, Ryoji MATSUNAKA and Tetsuharu OBA