

乗車人数の計量分析による日本と英仏の路面電車(LRT)の比較

Comparative Analysis of Demand for Trams (Light Rail) between Japan and Britain/France

繁田慶一**・松本昌二***・佐野可寸志****

Keiichi Shigeta**・Shoji Matsumoto***・Kazushi Sano****

1. はじめに

近年、諸外国では路面電車・トラムが見直され、LRTの名称の下で新たな交通機関としての役目を担うようになってきている。日本においても、路面電車の再評価や超低床の新型車両導入などが行われているが、新路線の建設は未だ実現しない上、多くの都市では乗客数が減少し、不採算のために路線が縮小されるケースも見受けられる。

そこで本研究では、日本の19都市で運行されている路面電車21路線について、沿線、運行、路線データを取得し、主に乗車人数を計量的に分析する。さらに、イギリス、フランスで運行されているトラム(LRT)について同様な分析を行い、日本と英仏との比較検討を行うことを目的とする。

日本の路線としては、平成17年現在運行されている21路線(平成17年3月31日に廃線となった岐阜市内軌道線、美濃町軌道線を含む)を対象とし、主に鉄道統計年報のデータ(平成12年度)を使用した。¹⁾²⁾英仏の路線としては、フランス14路線、イギリス5路線、アイルランド2路線を対象として、文献よりデータ(2002-2003年)を収集した。³⁾

2. 日本の旅客需要の分析

(1) 乗車人数

走行キロと乗車人数の関係を平成2~14年まで4年おきで示すのが図-1である。直線の傾きから、全路線において、走行キロが乗車人数に与える影響が時系列的に減少していることがわかる。大津市においては時系列の減少が大きい。

*キーワード：公共交通、鉄道、交通需要

**長岡技術科学大学大学院(長岡市上富岡町)

***正員, 工博, 長岡技術科学大学環境・建設系(長岡市上富岡町, TEL:0258-47-9615, shoji@nagaokaut.ac.jp)

****正員, 工博, 長岡技術科学大学環境・建設系(長岡市上富岡町, TEL:0258-47-9616, sano@nagaokaut.ac.jp)

広島市内、長崎市、都電荒川線、世田谷線では、走行キロに対して乗車人数がより多い傾向が見られる。広島市内線は日本最大の規模を持つ路面電車であり、沿線には生活関連施設、観光施設が多く立地し、利便性が高く、広島市内の主要な交通手段として利用されている。長崎市内線は市内の主な交通手段として利用されており、100円の均一制料金で、大変安価なために利用者が多いと考えられる。

平均往復運行間隔と乗車人数の関係を図-2に示す。運行間隔が短いほど乗車人数が多い傾向がみられ、その傾向は間隔が短いほどに強まる。万葉線、岐阜市内線の2路線の運行間隔が長くなっている。また広島市内線、荒川線では運行間隔に対して乗車人数が特に多い傾向がみられるが、それぞれ路線規模の多さ、人口密度の高さが効いていると考えられる。

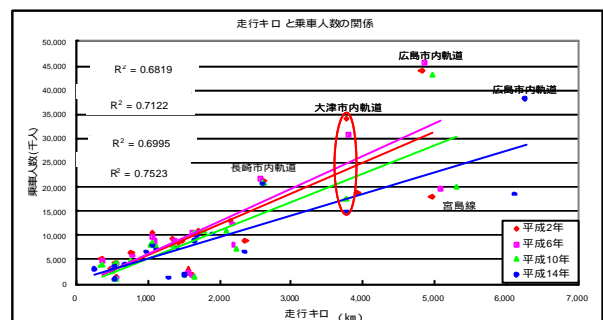


図-1 走行キロと乗車人数の関係(平成2~14年)

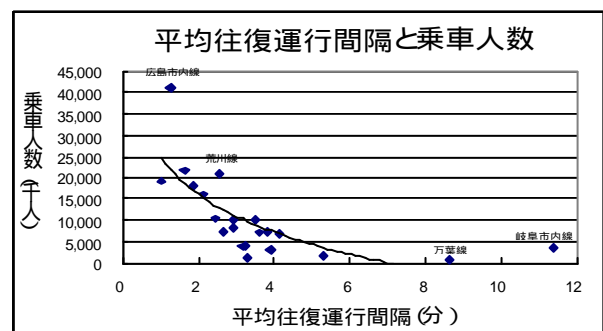


図-2 平均往復運行間隔と乗車人数の関係

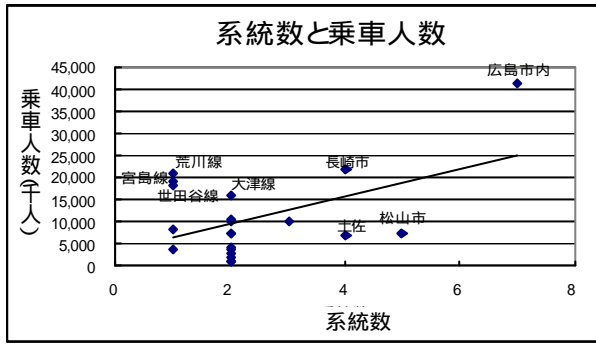


図-3 路線系統数と乗車人数の関係

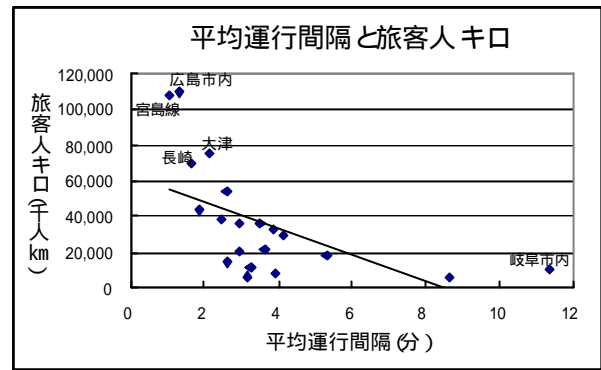


図-4 平均運行間隔と旅客人キロの関係

表-1 乗車人数の重回帰分析出力結果

モデル1	乗車人数 (千人/年)				
	説明変数	係数	標準化係数	t値	
n = 21	路線距離 (km)	188.929	0.113	0.979	
R2 = 0.843	平均運行間隔 (分)	-551.395	-0.138	1.093	
調整済R2 = 0.776	系統数	1800.506	0.284	2.183	
	DID人口密度 (人/km ²)	0.810	0.170	1.073	
	(定数)	-2936.199		-0.469	
	ダミー変数		係数	標準化係数	t値
	東京ダミー	11392.734	0.360	2.270	
	広島、長崎ダミー	14724.623	0.555	4.360	

表-2 旅客人キロの回帰分析結果

モデル1	旅客人キロ (千人km)				
	説明変数	係数	標準化係数	t値	
n = 21	路線距離 (km)	1754.456	0.321	2.784	
R2 = 0.870	平均運行間隔 (分)	-2949.355	-0.224	-1.985	
調整済R2 = 0.814	DID人口密度 (人/km ²)	2.454	0.157	1.082	
	平均運賃 (円/km)	-41.807	-0.167	-0.167	
	(定数)	-686.184		-0.031	
	ダミー変数		係数	標準化係数	t値
	東京ダミー	16510.008	0.159	1.107	
	広島、長崎ダミー	56078.834	0.643	5.597	

系統数と乗車人数の関係を図-3に示す。全国の路線は主に1~2系統が多いものの、系統数が多い路線ほど乗車人数が多い傾向がみられる。広島市内線においては7系統と多く、乗車人数多い傾向がみえる。

路線別乗車人数を被説明変数として重回帰分析を行った結果を表-1に示す。説明変数を路線距離 (km)、平均運行間隔 (分)、路線系統数、DID人口密度 (人/km²)、ダミー変数 (東京都2路線、広島市内線、宮島線、長崎市内線を1、その他を0) とし、決定係数はR²=0.843、自由度調整済R²=0.776を得た。変数の符号をみると、平均運行間隔がマイナス、路線距離、系統数、DID人口密度はプラスとなっており、変数の中で系統数のt値が2.183と高く、5%有意となっている。この重回帰式から路面電車の路線網を多くすることにより、利用者数の増加が見込めることが言える。

(2) 旅客人キロ

旅客人キロに影響する要因を探るため、平均運行間隔と旅客人キロの関係を図-4に示す。ここでも乗車人数と同様に、広島市内線が他の路線よりも大きい傾向がみられる。

旅客人キロを被説明変数として重回帰分析を行った結果を表-2に示す。説明変数を路線距離、平均運行間隔、DID人口密度、平均運賃、ダミー変数 (東京都の2路線、広島、長崎の路線を示す) とし、決定係数R²=0.870、調整済R²=0.814が得られた。変数の符号をみると、平均往復運行間隔、平均運賃がマイナスとなっており、運賃の影響は小さい。路線距離、DID人口密度の符号はプラスであり、路線距離のt値が高く有意となっている。

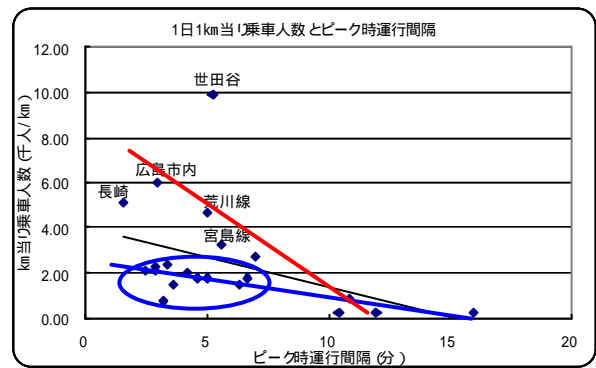


図-5 ピーク時運行間隔と1日1km当り乗車人数

表-3 1日当り乗車人数の回帰分析結果 (日本)

モデル1	1日当り乗車人数 (千人/日)				
	説明変数	係数	標準化係数	t値	
n = 21	1km当り路面電車数 (台)	8.113	0.523	3.933	
R2 = 0.746	系統数	9.170	0.527	3.900	
調整済R2 = 0.683	(定数)	-25.195		-2.195	
	ダミー変数		係数	標準化係数	t値
	東京ダミー	38.952	0.449	3.131	
	広島、長崎以外ダミー	-2.831	-0.055	-0.390	

表-4 1日1km当り乗車人数の回帰分析結果 (日本)

モデル1	1日1km当り乗車人数 (千人/日) 広島、長崎				
	説明変数	係数	標準化係数	t値	
n = 21	ピーク時運行間隔 (分)	-0.347	-0.557	-2.977	
R2 = 0.741	系統数	0.087	0.057	0.344	
調整済R2 = 0.676	(定数)	4.997		3.155	
	ダミー変数		係数	標準化係数	t値
	東京ダミー	3.975	0.524	3.106	
	広島、長崎以外ダミー	-1.800	-0.400	-2.210	

この重回帰式から、路線が長く、運行間隔が短いほど旅客人キロの増加につながる事がいえる。

(3) 1日1km当たり乗車人数

後述するように英仏との比較を行うために、1日当たり乗車人数、1日1km当たり乗車人数を算出し、それらを被説明変数とした重回帰分析を行う。表-3、表-4は、それぞれ1日当たり乗車人数、1日1km当たり乗車人数の推定結果である。ここで、東京ダミー変数(東京2線は1、その他0)、広島・長崎以外ダミー変数(広島・長崎線は0、それ以外は1)を導入している。両方のダミー変数が0のとき、広島市内・宮島線・長崎市内線の推定結果を示すように設定している。例えば、1日1km当たり乗車人数とピーク時運行間隔の関係を示すのが図-5であり、広島市内・宮島線・長崎市内線が直線関係にあることがわかる。

3. 日本と英仏との比較分析

(1) 乗車人数による日本と英仏の比較

日本の路線全てとフランス、イギリスの路線を対象として比較検討を行う。まず図-6は、駅間距離と表定速度の関係について比較している。英仏では駅間距離が長いほど表定速度が速いという相関が強くみられる。日本では専用軌道を走行する路線(宮島線、大津市内線)に

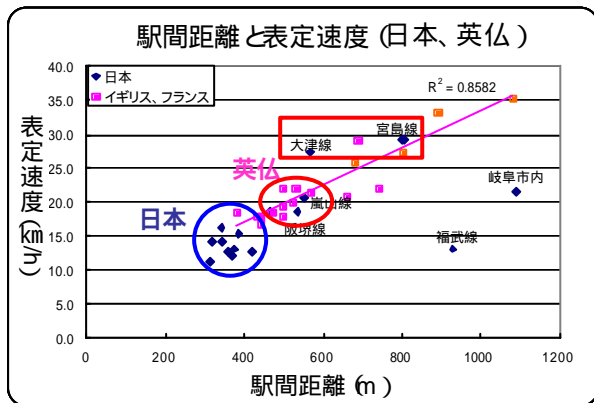


図-6 駅間距離と表定速度の関係

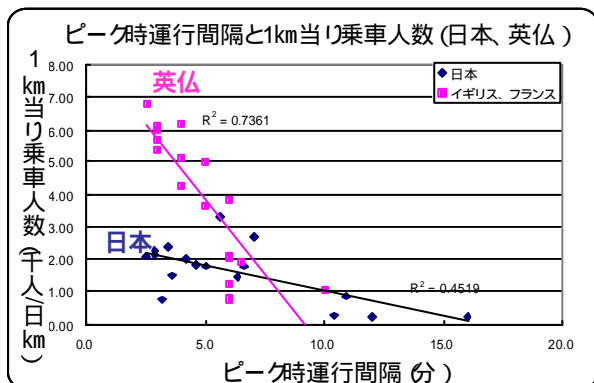


図-7 ピーク時運行間隔と1km当り乗車人数の関係

おいては表定速度が速くなっているが、多くの路線では駅間距離が表定速度にあまり影響しておらず、駅間距離400m前後、表定速度15km/h前後に分布している。また、フランスの路線の多くは専用、併用に関わらず、表定速度が20km/h前後と速い。

図-7は、ピーク時運行間隔と1日1km当り乗車人数の関係を比較している。ピーク時運行間隔が短いほど乗車人数が多くなる傾向は共通しているけれども、英仏の路線では直線勾配が日本よりはるかに急であり、運行間隔が短いほど1日1km当り乗車人数という原単位が増加している。

(2) 弾性値による日本と英仏の比較

フランス、イギリスの路線を対象として、1日当たり乗車人数、1日1km当り乗車人数を被説明変数とした重回帰分析を行い、前述した日本の路線との比較検討を行う。日本と英仏とで共通な説明変数を使用し、弾性値による比較ができるように考慮している。

表-5は1日当り乗車人数の重回帰分析の推定結果である。説明変数は1km当り路面電車数、駅間時間、400m圏域人口とし、ダミー変数としてIDFダミー(イルドフランス)、イギリス郊外路線ダミー(クロイドン、シェフィールド、マンチェスター、ノッティンガム)、ストラスブル・ダミーを導入した。決定係数 $R^2=0.871$ 、調整済 $R^2=0.761$ を得ている。1km当りの路面電車数のt値が3.590と高く、日乗車人数の要因として強い影響を与えている。

表-6は、1日1km当り乗車人数の推定結果を示す。説明変数はピーク時運行本数、駅間距離とし、ダミー変数としてIDFダミー、イギリスの郊外路線ダミー、ストラスブル・ダミーを導入している。決定係数 $R^2=0.928$ 、調整済 $R^2=0.898$ が得られた。変数の中でピーク時運行本数のt値が4.256と高く、1km当り乗車人数の要因として強い影響を与えている。

表-5 1日当り乗車人数の重回帰分析出力結果(英仏)

モデル1	フランス、イギリス 平日1日当り乗車人数(千人/日)		
	説明変数	係数	標準化係数t値
n = 6 R2 = 0.871 調整済 R2 = 0.761	1km当り路面電車数(台/km)	28.033	2.103 3.581
	駅間時間(分)	30.860	0.264 0.187
	400m圏域人口(千人)	0.467	0.626 2.132
	(定数)	-76.435	-1.677
	ダミー変数	係数	標準化係数t値
	IDFダミー	-70.720	-1.338 -2.526
	UKダミー	40.621	0.901 3.093
	Strasbourgダミー	21.888	0.414 2.817

表-6 1日1km当り乗車人数の重回帰分析出力結果(英仏)

モデル1	フランス、イギリス 1日1km当り乗車人数(人/日km)		
	説明変数	係数	標準化係数t値
n = 5 R2 = 0.926 調整済 R2 = 0.898	ピーク時運行本数(本/h)	0.204	0.438 4.256
	駅間距離(m)	-0.006	-0.504 -5.318
	(定数)	0.455	4.238
		ダミー変数	係数
	IDFダミー	3.455	0.476 5.902
	UKダミー	-0.015	-0.003 -0.027
	Strasbourgダミー	0.692	0.095 1.118

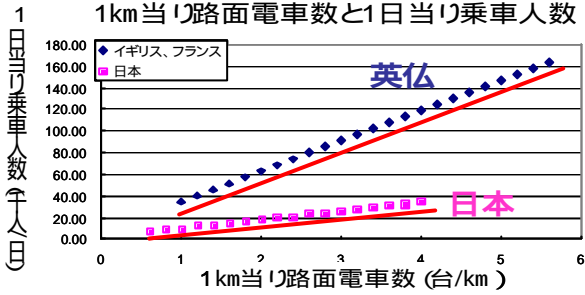


図-8 1km当り路面電車数と乗車人数

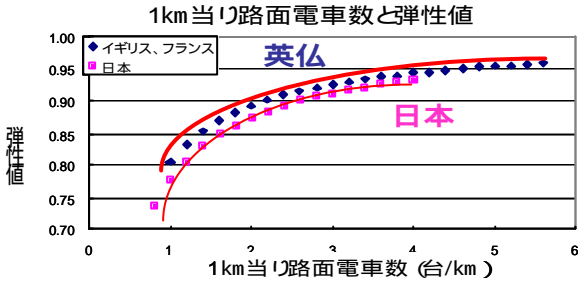


図-9 1km当り路面電車数に対する弾性値

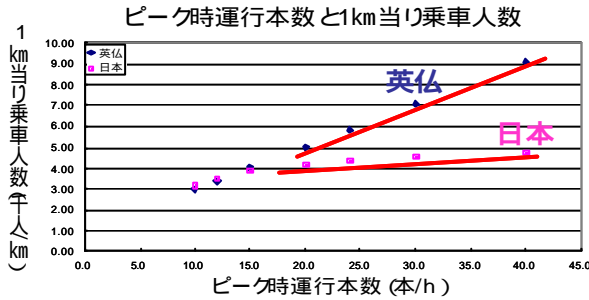


図-10 ピーク時運行本数と1km当たり乗車人数

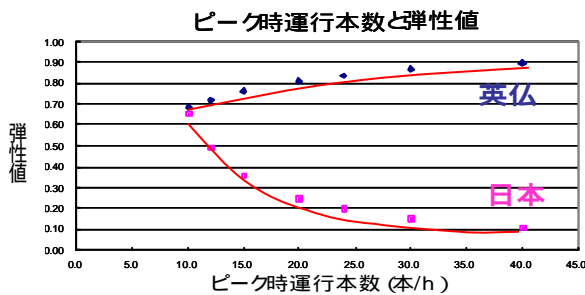


図-11 ピーク時運行本数に対する弾性値

1日当たり乗車人数の回帰分析結果(表-3(日本)と表-5(英仏))を使用して、図-8は1km当り路面電車数増加による日乗車人数の増加傾向、図-9はその弾性値変化を示す。グラフをみると、1km当り路面電車数増加による乗車人数の増加傾向は明らかに英仏が高くなっている。しかし、弾性値は共に増加して1に漸近し、大きな差が見られないで、わずかながら日本が小さい値となっている。

次に、1日1km当たり乗車人数の回帰分析結果(表-4

(日本)と表-6(英仏))を使用して、図-10はピーク時運行本数増加による1日1km当り乗車人数の増加傾向を、図-11はその弾性値変化を示す。グラフをみると、ピーク時運行本数が増加することで乗車人数原単位は増加しているが、英仏の増加傾向が運行本数20本から日本よりも大きくなっている。弾性値をみると、英仏ではわずかな増加傾向を示し1に漸近するが、日本の路線において逆に減少し0.1に漸近する傾向がみられる。

4.まとめ

日本の主に併用軌道を通る路線では表定速度が遅いが、主に専用軌道を走行する路線においては、路線距離にもよるが、表定速度が速くなっている。イギリス、フランスの路線においては、併用軌道であっても表定速度が20km/h前後と速くなっている。この状況においては運行頻度をあげることにより、1日当り乗車人数、1日1km当り乗車人数の弾性値に増加がみられた。日本と英仏の路線の比較において、1日当り乗車人数では共に運行頻度の増加による弾性値の増加がみられたが、1km当り乗車人数では英仏の路線のみ弾性値が増加している。1日1km当り乗車人数の弾性値が増加するということは、単に乗車人数が多くなるだけでなく、トリップ長が長くなることであり、英仏においては全線にわたって利用者数が増加することを意味している。

参考文献

- 1) 国土交通省鉄道局監修:平成2~14年度 鉄道統計年報.
- 2) 総務省統計局:我が国の人口集中地区、人口集中地区別人口・境界図.
- 3) South Yorkshire Passenger Transport Executive. Comparative Performance Data from French Tramways Systems, Final Report. December 2003. Egis Semalty Ltd. & Faber Maunsell.