

路面電車の停車時間の実態調査

—都市交通システムの利便性向上のために—

An Observation of the Stopping Time of Tram

-For Some Improvement in the Availability of Urban Transportation System-

藤井 憲男^{1*}, 曾田 英夫², 宇都宮 浄人³

Norio Fujii¹, Hideo Soda², Kiyohito Utsunomiya³

白井 誠一⁴, 山田 明德⁵, 小山 徹⁶

Seiichi Shirai⁴, Akinori Yamada⁵, Toru Koyama⁶

¹株式会社ニコンシステム, ²あいおい損害保険株式会社, ³一橋大学経済研究所,

¹Nikon Systems Inc., ²Aioi Insurance Co.Ltd., ³Hitotsubashi University,

⁴埼玉大学経済学部, ⁵埼玉大学経済学部, ⁶埼玉大学地域共同研究センター

⁴Saitama University, ⁵Saitama University, ⁶Cooperative Research Center,Saitama University

Abstract

In urban transportation system, overall speed of tram is rather slow. By our observation; (1) Every rider spends at least 2 seconds to pay one's fare at stations, (2) Traffic signals exist every 163 meters and 30% of them make trams stop.

To increase the overall speed of trams; (1) Fare system and its paying method must be simplified, (2) Let the riders get on and off at plural doors simultaneously and check their tickets by themselves, (3) Traffic signals must be controlled systematically to reduce the stop signals for trams. These ways and means will increase the overall speed of them by more than 30%.

Key Words: Tram, Overall speed, Fare system, Paying method, Traffic signal

1. はじめに

かつて、路面電車は都市交通の重要な手段であり市民の足であった。しかし、日本では1960年代後半から衰退の一途をたどった。赤字を解消できずに政策的に廃止に追い込まれたことは事実であるが^[1]、マイカーの爆発的な増加による道路混雑により、当時の路面電車が必ずしも利用しやすい、便利な存在ではなかったことも否定できない。特に、その「表定速度^(*)」は利用意欲を減退させるに十分

な「遅さ」であった^[2]。

ところで、今日、環境維持の観点から、欧米では現代技術によるLRT^(*)の新設が盛んであり、日本においても漸く路面電車の活用/復活/LRT化が話題にのぼっている。本研究では、路面電車がLRT化された場合でも、それが活用されるための必須条件である「表定速度の向上」について、日本各地の路面電車の現状を計測し、分析と考察をおこなう。

* 〒336-0022 浦和市白幡 3-1-9, 2-607

電話/Facsimile : 048-863-9457

E-mail : EZK03047@nifty.ne.jp

(*) ある列車の起点から終点までの距離を全所要時間で除した速度を表定速度という。全所要時間には駅での停車時間や交差点での信号待ち時間も含まれる。

(*2) LRT (Light Rail Transit) とは、現代の最新技術を駆使して利用しやすく、高速化した軌道系の中量輸送機関である。必要に応じて路面併用軌道と専用軌道を使い分ける。

2. 研究の内容

現状、日本の路面電車の表定速度は、13km/h 前後である。これは自転車なみであり、将来を考えると、とても都市交通機関として市民に支持されるものとはいえない。せめて、20km/h 程度の表定速度が欲しい。すなわち、全所要時間を縮めなければならない。

ところで、全所要時間は

$$(\text{全所要時間}) = (\text{走行時間}) + (\text{停車時間})$$

で構成される。

走行時間の短縮には、加減速度の増大、最高速度の増大が考えられる(*3)。しかし、立ち席客の存在を前提としている日本では、加減速度を無闇に増大させるわけにはいかない。最高速度の増大は、路面併用軌道では自動車と同程度の50km/h程度に抑えざるを得ず、かつ、停留所間隔の短い路面電車では最高速度で走行する距離が短いため、1km/h程度の向上であり、これだけではさほど大きな効果にはならない(*4)。

一方、停車時間は

(停車時間) = (停留所での客扱い時間) + (交差点での赤信号停車時間) である。

走行中に無駄な停車を強いられた場合は、停車している時間のみならず、減速と加速に要する時間(約12秒)も併せて無駄になる(*5)。したがって、停車時間を縮めることだけでなく、利用者に関わりの無い停車回数を減らすことが必要となる。

そこで、停車時間と停車回数の実態を計測し、その特徴を探ることとする。

(*3) 軌道法により最高速度は40km/hに制限されている。

(*4) 熊本市交通局9700型の性能を例にとると、停留所間隔=400m、客扱い時間=30秒とした場合の計算では；最高速度が40km/hの場合の表定速度は18.4km/h、最高速度が50km/hの場合の表定速度は19.4km/hである。もしも、赤信号で20秒停車した場合は；

最高速度が40km/hの場合の表定速度は13.0km/h、最高速度が50km/hの場合の表定速度は13.1km/hに低下する。すなわち、最高速度制限の緩和より、停まらずに走れることの方が効果は大きい。

(*5) 熊本市交通局9700型の性能を例にとると、40km/hで走行している電車が減速(減速度=4.6km/h/s)して一旦停止し、加速(加速度=2.5km/h/s)して再度40km/hに達するまでの時間と、その時走行するのと同距離を40km/hのまま通過する時間とを比較すると、前者の方が12.3秒余計にかかる。

3. 計測の方法

「停留所での客扱い時間」については、特定の停留所で、到着する列車ごとに、運賃收受側の扉について、原則として開扉時間とその間に乗車(降車)した利用者数を計測し、列車ごとの利用者一人あたりの客扱い時間を算出した。

計測対象とした路面電車を【Table 1】に示す。客扱い時間の長短は運賃の收受時間に依存すると考えられ、各種の形態を網羅するようにした。

【Table 1 : 計測対象路面電車】

路線名	均一/ 区間	大人運賃 (円)	備考
札幌市交通局	均一	170	
函館市交通局	対キロ	200, 220, 240, 250	
東京都交通局	均一	160	
名古屋鉄道	均一*	170	*郊外直通は区間制
岐阜市内線			
阪堺電軌	区間	200, 290	
岡山電軌	均一*	100*, 140	*特定範囲は100円
広島電鉄	均一*	150	*郊外直通は区間制
広島市内線			
長崎電軌	均一	100	
熊本市交通局	区間	130, 150, 180, 200	
土佐電鉄	均一*	100*, 180	*郊外直通は区間制
高知市内線			*特定範囲は100円

注：運賃收受のタイミングは東京都交のみ乗車時、他は降車時。

各路面電車の運賃規則と運賃收受方式の主たる特徴を以下に記す。対キロ制であるのは函館市交、区間制であるのは阪堺電軌と熊本市交、他は均一運賃であるが、岐阜市内、広島市内、高知市内は郊外線との直通の場合に区間制をとっている。なお、岡山電軌、高知市内には100円の特定区間が存在する。

運賃収受のタイミングは東京都交のみ乗車時支払いであり、他は降車時に支払う。長崎電軌を除いて、いずれも車内に両替機が設置されており、現金で支払う場合は、予め両替をしておくことが必要である。

また、「交差点での赤信号停車時間」については、一定区間の路面電車に実際に乗り、その区間内に存在する交通信号の件数、その内赤信号が現示されて停車した件数とその総時間を測定した。（一部では、当該区間内の全停留所での客扱い時間総和（客扱い総時間）とその時の総人数を併せて計測した。）

なお、計測は対象路面電車には一切知らせずに、本報告の著者である6名が交替でおこなった。

4. 計測結果

(1) 客扱い時間

客扱い時間の計測結果を【Table 2】に示す。ここでは、列車ごとの一人あたり客扱い時間について、計測対象列車数で平均した値を「平均時間」とし、これの大きい順に並べてある。なお本表の「平均客数」は、列車ごとの客扱い人数について、計測対象列車数で平均した値である。

ここで、広島市内では車掌側での客扱い（接続車の場合）を運転士側での客扱いと区別するため、長崎電軌では2個所で計測した結果が異なる（有意水準95%で検定した結果）ため、また、高知市内においては運賃金額と支払い方が異なる3箇所を、それぞれ別行に掲載した。

平均時間の大小に関しては、運賃制度その他の要

素を元に、以下のように解釈できる。

一般に運賃均一制をとっている路線の平均時間が短くなっており、区間制（対キロ制）をとっている阪堺電軌、熊本市交、函館市交は平均時間が長くなっていることが判る。岐阜市内については、郊外から直通で到着する利用者が多いため、実質的には均一制ではなくなっていると観察された。

また、一般に、両替をおこなうと時間がかかることが観察された。特に、平均時間が2秒台である広島市内、岡山電軌、長崎電軌は運賃金額の関係から、金種とコイン数が少なくて済む効果（例えば、熊本市交の運賃180円の場合は100円硬貨1枚と50円硬貨1枚と10円硬貨3枚との計3種5枚が必要だが、長崎電軌では100円硬貨1枚で済む）が出ていると思われる（【Table 3】）。

【Table 3：客扱い時間とコイン枚数／金種の関係】

路線名	平均時間 (秒)	均一/ 区間	コイン枚数／金種
岐阜市内	9.20	均一*	4/3
阪堺電軌	6.23	区間	2/1, 7/3
熊本市交	5.14	区間	4/2, 2/2, 5/3, 2/1
高知市内SH	4.34	均一*	1/1, 5/3
函館市交	4.11	対キロ	2/1, 4/2, 6/2, 3/2
東京都交	3.26	均一	3/3
高知市内H	3.17	均一*	5/3
高知市内SK	3.15	均一*	1/1
札幌市交	2.98	均一	4/3
広島市内D	2.84	均一*	2/2
岡山電軌	2.76	均一*	1/1, 5/2
長崎電軌T	2.70	均一	1/1
長崎電軌N	2.12	均一	1/1
広島市内C	2.08	均一*	2/2

注：路線名は一部省略して記載。

【Table 2：客扱い時間計測データ】（路線名は一部省略して記載）

路線名	計測した停留所	平均時間 (秒)	標準偏差 (秒)	分散	歪度	最大値 (秒)	最小値 (秒)	標本数 (列車)	平均客数 (人/列車)
岐阜市内	新岐阜駅前	9.20	13.67	186.87	3.08	51.00	2.50	12	6.7
阪堺電軌	住吉	6.23	5.76	33.16	2.71	24.00	2.33	24	3.9
熊本市交	辛島町	5.14	8.05	64.66	4.46	40.00	1.86	21	7.7
高知市内SH	播磨屋橋（棧橋線）	4.34	2.04	4.18	0.75	8.00	2.00	13	4.2
函館市交	函館駅前	4.11	5.76	1.04	0.76	6.33	2.50	16	14.2
東京都交	町屋駅前	3.26	1.24	1.53	-0.37	5.73	0.62	20	15.4
高知市内H	播磨屋橋（伊野・後免線）	3.17	1.23	1.74	2.05	7.50	1.88	20	5.6
高知市内SK	高知駅前（棧橋線）	3.15	1.64	2.68	6.24	6.80	2.00	7	6.7
札幌市交	すすきの、西4丁目	2.98	0.33	0.11	1.42	3.76	2.47	15	35.5
広島市内D	紙屋町（運転士側）	2.84	1.04	1.09	2.18	6.50	1.64	22	14.5
岡山電軌	岡山駅前	2.76	0.96	0.91	1.17	5.20	1.70	20	18.1
長崎電軌T	築町	2.70	0.67	0.45	0.66	4.00	1.61	24	12.8
長崎電軌N	長崎駅前	2.12	0.49	0.24	0.86	3.27	1.44	23	16.3
広島市内C	紙屋町（車掌側）	2.08	0.35	0.12	0.18	2.58	1.65	6	25.8

なお、高知駅前（高知市内 SK；棧橋線）では、棧橋線だけの運賃は 100 円、他線区からの乗客は播磨屋橋で乗換時に運賃支払いが済んでいるため、降車が比較的スムーズにおこなわれていた。

岡山電軌では、運賃箱は運転士の背後（車体中心線上）に設置してある。こうすると、両替や支払いに手間がかかって運賃箱の前に立ち止まっている乗客があっても、後続の利用者の道は塞がれず、すり抜けて運転士に直接支払って降車できてしまい、降車が極めてスムーズにおこなわれる（岡山電軌には島式ホームの停留所が存在し、乗降は車体の左右両側で行なわれるため、運賃箱は車体中心線上に設置するようになったものと思われる）。他路線ではすべて、運賃箱は運転士の斜め後ろで、降車扉の傍に設置してある。この場合、運賃箱の前に立ち止まる乗客がいると、後続の乗客は道を塞がれて降りられない。運賃箱の設置位置には一考の必要がある。

また、岡山駅前（岡山電軌）は降車専用の広いプラットフォームがあり、降車した利用者が滞留することがないため、降車が極めてスムーズに行われている。同様なことは、築町（長崎電軌）に比較して長崎駅前（長崎電軌）にも言える。築町については、乗換のために希望者には乗換え券を発行している。このための時間も客扱い時間を長引かせているのであろう。

東京都交では乗車時支払いのため、車内が混雑していると、乗客は支払いを終えても、運賃箱の前から進めない。したがって、後続の利用者はプラットフォームで待つことになる。これは、上記と逆の場合である。

岐阜市内、阪堺電軌、熊本市交では、降車客が少ない停留所で、停車してから席を立て降車扉に向かうような乗客が目立った。また、運転士への質問が長引いている乗客も散見された。このような場合、その乗客に関わる客扱いが開扉時間を延長してしまい、統計上の客扱い平均時間と分散が大きく表れている。降車客がある程度多ければ、このような乗客があっても、その時間に他の乗客が降車するので、平均時間への影響は小さい。すなわち、全体の効率向上のためには、ある程度の降車客が必要である。

広島市内（車掌側）については、平均時間が短い

だけでなく、分散も極めて小さい。これは、乗客の運賃支払い行為に関して、車掌がアシストしていることによると考えられる。車掌の存在価値は極めて大きい。ワンマン運転が一般的である今日では特殊ケースではあるが、乗客が殆ど立ち止まらずに降車している様子を見ると、これが究極の最短所要時間と考えられる。

なお、東京都交のみプラットフォームが高く、車両と同一平面でスムーズに乗降できる。本計測では最小値の 0.62 秒としてあらわれているが、平均値で見ると他路線と変わらない。広島市内、熊本市交の低床車も同様の目的であるが、その効果はサンプルが少ないため分からなかった（*6）。

結論として、本計測では、最短でも（降りるだけでも）一人あたり 2 秒かかることが判った。

(*6) 「列車ごとの一人あたり客扱い時間」の最短は東京都交の 0.62 秒（8 秒で 13 人が乗車している）であった。これは、始発電車の場合であって、利用者は電車が折り返してくるのを待つ間に運賃支払いの準備をしており、乗車後の車内での移動にも支障がない状態であった。このケースのような条件であれば、「段差が無いことにより乗降をスムーズにする効果」が明確に発揮されると考えられる。ステップのある車両の乗降に時間がかかっていることは間違いないが、低床車の導入の目的を客扱い時間の短縮に限るならば、これまでに記述したような問題の解決を同時に図っておかないと、その効果は小さいであろう。

(2) 赤信号停車時間

信号待ち時間等に関する路線ごとの計測結果を【Table 4】に、信号間隔、赤信号遭遇確率、信号待ち時間割合等の計算結果を【Table 5】に示す。

信号の平均間隔は最短で 135m、最長でも 193m であり、平均すると 163m である。この距離は徒歩 2 分程度に相当する。

更に、その信号の中で、赤信号に遭遇する確率は 30% 以上である。すなわち、信号約 3 件に 1 件の割合で赤信号に遭遇していることになる。ということは、約 500m ごとに停車させられていることになる（各 1 往復（広島市内のみ 2 往復）の平均値）。

【Table 4 : 信号待ち時間等計測データ】

路線名	計測区間	営業 キロ (km)	全所要 時間 (秒)	表定 速度 (km/h)	全信号 件数 (件)	赤信号 件数 (件)	信号待 総時間 (秒)	乗客数 (人)	客扱い 総時間 (秒)	信号待 時間の 割合	客扱い 時間の 割合	走行時間 の割合
岡山電軌	岡山駅前→東山	3.0	813	13.3	17	5	168	13	55	0.207	0.068	0.726
岡山電軌	東山→岡山駅前	3.0	753	14.3	17	3	138	16	47	0.183	0.062	0.754
岡山電軌	岡山駅前→清輝橋	2.1	674	11.2	13	3	158	16	39	0.234	0.058	0.708
岡山電軌	清輝橋→岡山駅前	2.1	584	12.9	13	3	133	16	54	0.228	0.092	0.680
熊本市交	熊本駅前→健軍町	8.7	2400	13.1	45	13	503	69	262	0.210	0.109	0.681
熊本市交	健軍町→熊本駅前	8.7	2400	13.1	45	13	432	65	230	0.180	0.096	0.724
熊本市交	辛島町→上熊本	2.9	900	11.6	15	3	48	37	119	0.053	0.132	0.814
熊本市交	上熊本→辛島町	2.9	780	13.4	15	3	59	19	32	0.076	0.041	0.883
長崎電軌	正覚寺下→赤迫	7.3	2040	12.9	44	12	352	52	131	0.173	0.064	0.763
長崎電軌	赤迫→正覚寺下	7.3	2100	12.5	43	13	312	122	281	0.149	0.134	0.718
長崎電軌	蛍茶屋→石橋	3.5	1080	11.7	25	8	245	55	150	0.227	0.139	0.634
長崎電軌	石橋→蛍茶屋	3.5	1320	9.5	25	8	268	63	126	0.203	0.095	0.702
高知市内	鏡川橋→知寄町三丁目	6.3	1871	12.1	38	9	265	45	186	0.142	0.099	0.759
高知市内	知寄町三丁目→鏡川橋	6.3	1766	12.8	38	10	331	53	200	0.187	0.113	0.700
高知市内	高知駅前→棧橋通五丁目	3.2	980	11.8	23	6	262	19	49	0.267	0.050	0.683
高知市内	棧橋通五丁目→高知駅前	3.2	943	12.2	23	6	260	19	48	0.276	0.051	0.673
広島市内	広島駅前→己斐	5.4	1860	10.5	40	15	558	—	—	0.300	—	—
広島市内	己斐→広島駅前	5.4	1800	10.8	40	15	528	—	—	0.293	—	—
広島市内	広島駅前→己斐	5.4	1980	9.8	40	17	683	—	—	0.345	—	—
広島市内	己斐→広島駅前	5.4	2160	9.0	40	15	593	—	—	0.275	—	—

注：路線名は一部省略して記載。

【Table 5 : 信号間隔, 赤信号遭遇確率と時間待ち割合】

路線名 (計測区間)	信号 間隔 (m)	赤信号 確率	信号待ち 時間割合
岡山電軌 (岡山駅前-東山)	176	0.235	0.195
岡山電軌 (岡山駅前-清輝橋)	162	0.231	0.231
広島市内 (広島駅前-己斐)	135	0.395	0.312
長崎電軌 (正覚寺下-赤迫)	166	0.172	0.160
長崎電軌 (蛍茶屋-石橋)	140	0.333	0.214
熊本市交 (建軍町-熊本駅前)	193	0.289	0.195
熊本市交 (上熊本-辛島町)	193	0.200	0.064
高知市内 (高知駅前-棧橋五丁目)	139	0.261	0.271
高知市内 (知寄町三丁目-鏡川橋)	166	0.250	0.164
平均	163	0.301	0.216

(信号間隔) = (計測区間の営業キロ) / (全信号件数)
(赤信号確率) = (遭遇した赤信号の件数) / (計測区間内の全信号件数)
(信号待ち時間割合) = (信号待ちの総時間) / (計測区間の全所要時間)

注：路線名は一部省略して記載。

また、信号待ち総時間の全所要時間に対する割合は0.216であった。すなわち、全所要時間の約20%が信号待ち時間であった。

5. 「表定速度」を向上させる方法

以上の結果と分析を踏まえて、表定速度の向上を図る方法を以下で考察する。

(1) 運賃制度の単純化と支払い手続きの簡素化

運賃収受は乗車時ではなく降車時におこなう方が

よい。停留所へ駆けつけた利用者は、コインを用意できていないので、支払うのに時間がかかる。降車時であれば、車内で予め運賃相当額のコインを用意しておける。

何よりも両替に時間がかかっている。両替をなくすためには支払い時の金種を減らせばよい。広島市内、岡山電軌、長崎電軌、高知市内（高知駅前）に見られるように、この効果は大きいと思われる。

根本的には、乗車区間ごとに運賃が異なるのではなく、「この電車は〇〇円」と運賃を一種類にする（均一制）ことがわかり易い。更には、長崎電軌のように「100円」としてしまえば、「コインひとつ」で、単純化されわかり易くなる。

しかし、「全線100円」の実現はそう簡単ではない。両替がやむを得ないとすれば、乗客には降車時以前に両替をしてもらった方がよい。せっかく両替機があっても、運転士の居る車両前部のものだけを使用可能とし、車両後部のものは使用禁止にしている場合がある（札幌市交、函館市交、東京都交、高知市内等）。これは、両替行為を降車時におこなわせることになり、客扱い時間を長くしてしまう。一方、岡山電軌、広島市内では、車両後部の両替機もいつでも利用できる。これにより、予め両替をしておき、

降車に備えることができている。

運賃箱の構造にも考えるべきことはある。一般に、運賃の支払いと両替では、現金を投入する口が異なる。近年はこの他にカードが存在しており、その投入口が従前の運賃箱に単純に付加されており、更にいくつかの表示も増加しているため、見た瞬間に全ての投入口の用途と全ての表示の意味を理解することが困難なものが存在する（【Fig. 1】を参照）。

また、なぜか日本では乗車券の事前購入が普及していない。運賃の関係で金種が多くなっても、あらかじめ停留所でゆっくりと購入できれば、降車時の両替で時間を取られるケースは少なくなるであろう。あるいは、プリペイドカードの普及を図るべきであろう。

(2) 多扉同時客扱いと改札省略

計測から明らかなように、客扱いは一人あたり最短でも2秒かかる。乗客が乗務員の前を一系列縦隊に

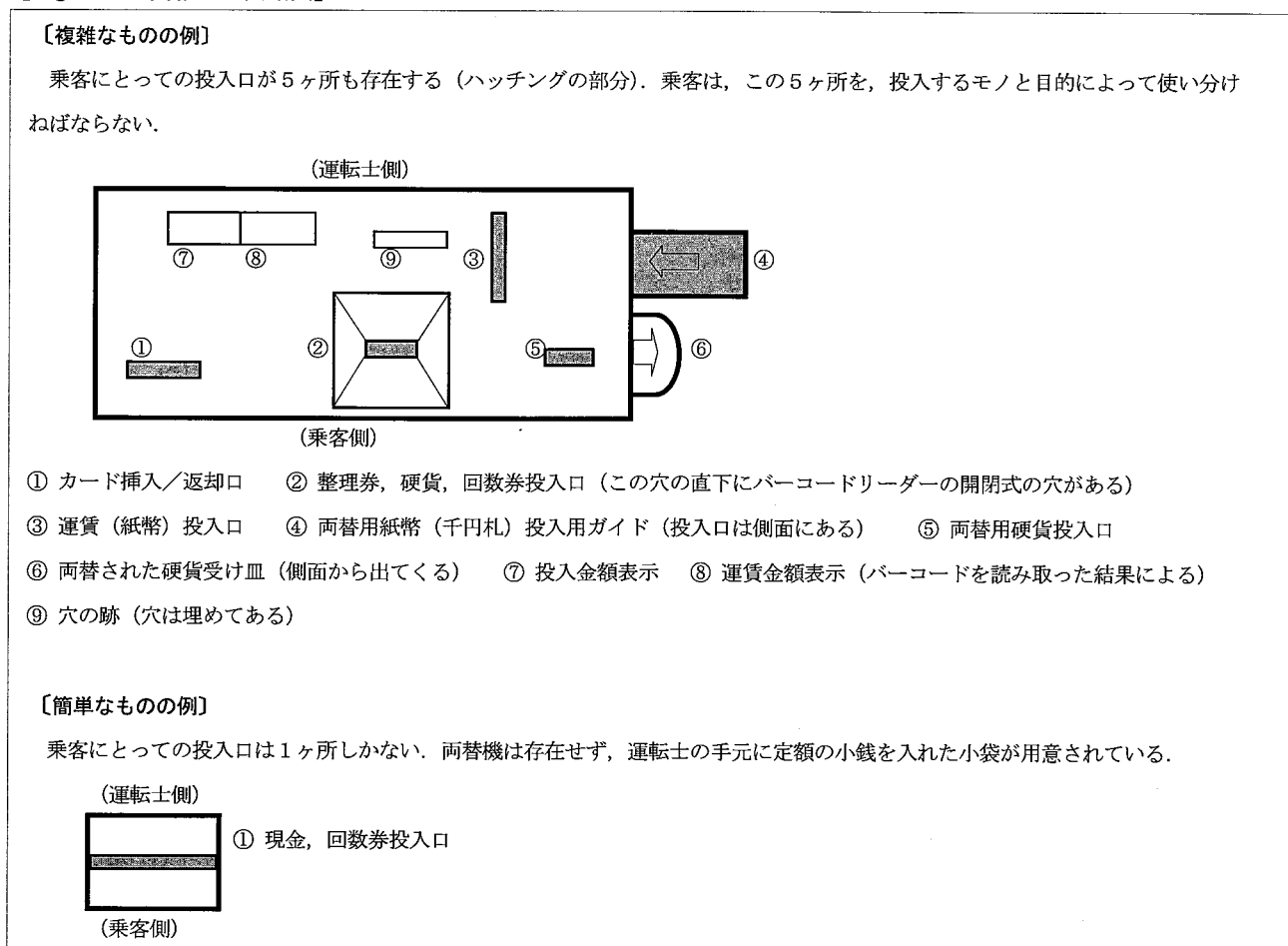
なって通過するのに、一人2秒かかるのであれば、利用者が増加すればその分だけ時間がかかり表定速度は低下する。利用者が多くなると、それに比例して時間がかかるようになるのでは、構造的に根本的な間違いがあるように思われる。

客扱い時間を短縮するには、「一系列縦隊」をやめなければならない。すなわち、複数人が同時に乗降できるような、多扉同時客扱いが必須である。その場合、多扉で同時に運賃收受ができるように、車両側での改札の機械化を図るか、プラットフォームでの改札とするか、運賃收受そのものを省略するかである。いずれにせよ無人改札となるので、利用者の相互監視の普及と高額な罰金制度を同時に導入する必要がある^[3]。

(3) 赤信号件数の減少

赤信号を待つ時間が全所要時間の約20%であり、中には30%を越すケースがあることから、遭遇する

【Fig. 1 : 運賃箱の上面略図】



赤信号の件数とその待ち時間を減少させることは必須である。交差点そのものは減少させられないであろうから、信号件数は減らせなくても、制御方法を工夫して赤信号遭遇確率を減少させる必要がある。

従来の「電車優先信号」は、交差点に電車が接近すると、その電車の進行方向の青信号時間を延長して、電車が停車しないでよいようにするものである。しかし、電車の本数が多くなると頻繁に青信号時間延長となり、対向する交通は麻痺する。したがって、電車も停めざるを得ないが、同一電車ばかり停車させられることのないようにきめ細かく制御しなければならぬ。

例えば、停留所間の信号は電車優先とするが、停留所の前方直近の信号は電車の客扱いと同期させて赤信号現示とし、その赤信号時間に客扱い時間を吸収させるように制御する。こうしても、電車が往来する頻度が高くなれば、対向の交通は支障される。そこで、電車の運行間隔を適度にあけるようにする。そうすると、多数の系統が走行する線区では、系統ごとの運行間隔が間延びすることになる。この不便は、複数系統を連結して1列車として運行し、必要な地点で解結することで解消できる。現代の自動解結技術（と総括運転技術）を使用すれば、困難なことではない。むしろ、列車長を30mに制限している軌道法の緩和が必要になる。

停留所間隔は300m～400mであるから、計測時に遭遇した赤信号間隔と大体同じになる。よって、うまく制御できれば、停留所以外での赤信号は排除できる。全部は排除できなくても、現状の20～30%位までには減少させられるであろう。

(4) 見込める効果

以上の考察を元に、具体的な事例を検討した。共通の方法として以下の①～③を適用し、さらに④、及び①の代りに①'を適用した場合も計算した。

① 客扱い扉を増加させ3個所にする。これにより客扱い総時間を1/3に短縮する。

② 遭遇する赤信号件数を減少させ1/4にする。これにより、減速と加速に要する1件あたり12秒の無駄時間を排除する。

③ ②により、信号待ち総時間を1/4に短縮する。

④ 最高速度を50km/hとする。これにより、表定速度が1km/h向上する。

①' 客扱い時間を一人あたり2秒とし、かつ、3扉で扱うものとする。

ここでの具体的なデータは、計測結果の1往復の平均値（広島市内のみ2往復の平均値）を使った。

<例1> 岡山市内「岡山駅前－東山 (3.0km)」

全所要時間=783秒、表定速度=13.8km/h

① 客扱い総時間 = 51秒→17秒；34秒短縮

② 赤信号件数 = 4件→1件；36秒短縮

③ 信号待ち総時間=153秒→38秒；115秒短縮

以上から、総計185秒短縮できるので、全所要時間は598秒となり、

表定速度=18.1km/h、31%の向上が図れる。なお、④によりさらに1km/h向上すれば、表定速度=19.1km/h、38%の向上となる。

①'を採用すると、利用者数=15人であるから、客扱い時間=15/3*2=10(秒)となり、①よりもさらに24秒短縮される。この結果では

表定速度=19.8km/h、43%の向上となる。

<例2> 広島市内「広島駅前－己斐 (5.4km)」

全所要時間=1950秒、表定速度=10.0km/h

ここでは、客扱い関係のデータがないので、赤信号関係のみに着目した。また、2往復の平均値を元にした。

② 赤信号件数 = 16件→4件；144秒短縮

③ 信号待ち総時間=591秒→148秒；443秒短縮

以上から、総計587秒短縮できるので、全所要時間は1363秒となり、

表定速度=14.3km/h、43%の向上が図れる。なお、④によりさらに1km/h向上すれば、表定速度=15.3km/h、53%の向上となる。

以上の方法で【Table 4】に示した路線に、①②③を適用した結果を【Table 6】に示す。これによれば、表定速度は概ね30%の向上が見込める。

【Table 6 : 表定速度向上の事例 (本文方法①②③による)】

路線名	対象区間	営業キロ (km)	現状の計測結果					改善 (①②③による) 後の状態						
			全所要 時間 (秒)	表定 速度 (km/h)	客扱い 総時間 (秒)	赤信号 件数 (件)	信号待 総時間 (秒)	全所要 時間 (秒)	表定 速度 (km/h)	表定速 度向上 率 (%)	客扱い 総時間 (秒)	赤信号 件数 (件)	赤信号 無駄時間 (短縮秒)	信号待 総時間 (秒)
岡山市内	岡山駅前-東山	3.0	783	13.8	51	4	153	598	18.1	31	17	1	(36)	38
岡山市内	岡山駅前-清輝橋	2.1	629	12.0	47	3	146	465	16.3	36	16	1	(24)	37
熊本市交	熊本駅前-健軍町	8.7	2400	13.1	246	13	468	1804	17.4	33	82	4	(108)	144
熊本市交	辛島町-上熊本	2.9	840	12.4	76	3	54	725	14.4	16	25	1	(24)	14
長崎電軌	正覚寺下-赤迫	7.3	2070	12.7	206	13	332	1574	16.7	31	67	4	(108)	83
長崎電軌	蛸茶屋-石橋	3.5	1200	10.5	138	8	257	844	14.9	42	46	2	(72)	65
高知市内	高知駅前-棧橋通五丁目	3.2	962	12.0	49	6	261	709	16.2	35	16	2	(24)	65
高知市内	知寄町三丁目-鏡川橋	6.3	1819	12.5	193	10	298	1397	16.2	30	64	3	(84)	89
広島市内	広島駅前-己斐	5.4	1950	10.0	—	16	591	1363	14.3	43	—	4	(144)	148

注：路線名は一部省略して記載。

【Table 7 : 表定速度向上の事例 (本文方法①' ②③④による)】

路線名	対象区間	現状	改善後	
		表定 速度 (km/h)	表定 速度 (km/h)	表定速 度向上 率 (%)
岡山市内	岡山駅前-東山	13.8	19.8	43
岡山市内	岡山駅前-清輝橋	12.0	17.4	45
熊本市交	熊本駅前-健軍町	13.1	18.7	43
熊本市交	辛島町-上熊本	12.4	15.5	25
長崎電軌	正覚寺下-赤迫	12.7	17.8	40
長崎電軌	蛸茶屋-石橋	10.5	16.0	52
高知市内	高知駅前-棧橋通五丁目	12.0	17.3	44
高知市内	知寄町三丁目-鏡川橋	12.5	17.6	41
広島市内	広島駅前-己斐	10.0	15.3	53

注：路線名は一部省略して記載。

また、①の代りに①' を適用し更に②③④を適用した結果を【Table 7】示す。これによれば、表定速度は概ね 40%以上の向上が見込め、全ての事例が 15km/h を超える。

6. まとめ

路面電車の表定速度を改善するために、停車時間の短縮に着目して、現状を計測し、その結果を踏まえていくつかの改善案を提示し、効果を算出した。改札方法の簡略化、多扉同時客扱い、交通信号（赤信号）の制御方法の改善が、表定速度を 30%以上向上させる効果があることが導かれた。

日本でも（なかんずく、さいたま市でも）LRT 導入の気運が高まっている^[4]が、実用的な都市公共交通機関とするには、「停車時間を短くすることと、可能な限り停車しないようにすること」を構造的、

かつシステマティックに実現することが必須である。

表定速度の向上のためにさらに考慮すべきこととしては、短かすぎる停留所間隔の適正化^[5]、複数列車が同時に客扱いてできるようなプラットフォームの有効長延伸、低床車による乗降時の段差の解消、雨天時に乗降客が滞留しないですむようなプラットフォームの上屋の整備等、大小様々な問題が残っている。これらを含めて、今後、さらに、都市交通システムの利便性向上のための具体的な方法についての研究を進めてゆきたい。

◆本研究は平成 11~12 年度文部科学省科学研究費補助金 No. 11680438 によった。

【参考文献】

- [1] 藤井憲男, 稲葉順之, 小山徹「路面電車ネットワークの歴史的変遷に関する考察」『交通権』交通権学会, No. 16, pp. 37-46, 1998 年
- [2] 藤井憲男「京都市電廃止過程の都市交通システムの考察」『鉄道史学』鉄道史学会, No. 7, pp. 17-25, 1989 年
- [3] 西村幸格, 服部重敬「信用乗車方式」『都市と路面公共交通』学芸出版社, pp. 202-205, 2000 年
- [4] 小山徹, 田中義政「埼玉新都心に LRT の導入を考える」『社会科学論集』埼玉大学経済学会, No. 99・100, pp. 55-63, 2000 年
- [5] 宇都宮浄人「LRT に関する一考察 - 郊外に広がる世界の LRT -」『JARTS』海外鉄道技術協力協会, No. 165, pp. 24-31, 2000 年