

ひずみゲージを用いた路面電車の混雑状況計測および混雑情報提供効果計測*

石田東生**、熊谷靖彦***、赤羽弘和****、中村文彦*****、小川博之*****
 By Haruo ISHIDA**, Yasuhiko KUMAGAI***, Hirokazu AKAHANE****,
 Fumihiko NAKAMURA*****, and Hiroyuki OGAWA*****

1. 実験背景と目的

1) 実験の背景

地球環境問題や高齢化社会への対応、コンパクトなまちづくりや中心市街地の活性化等への対応が求められており、LRT等の公共交通機関の速達性や利便性等を向上させ、自動車から公共交通への利用転換を図ることが課題となっている。

本稿では、新たな情報提供を行うことによる公共交通の利便性向上の効果を検証するために、広島市の路面電車を用いて実証実験を行った結果について報告する

2) 実験目的

広島市の路面電車は、広島電鉄によって運行され、軌道線のみの路線長19.0kmで、広島市のデルタ地内を運行している。利用者は一日当たり11万人で、運行本数の最も多い時間帯で30本/時間の高密度運行が行われている。しかし朝夕のピーク時間を中心に、電車の遅れによる特定電車への混雑集中による団子運行が生じている。そこで、電車の混雑情報を電停で事前に表示をして、混雑を分散させ、団子運行の解消を図ることを目的に実証実験を行った。

2. 実験概要

1) 実験箇所

実験箇所は、広島電鉄の軌道部で、近くに商業施設や繁華街、企業がある八丁堀電停の西広島方面において実証実験を行った。

2) 実験日時

2008年2月12日(火)～2月29日(金)

*キーワード: 路面電車、情報提供、実証実験、ひずみゲージ

**工博、筑波大学大学院(茨城県つくば市天王台 1-1-1)

***博(学)、高知工科大学(高知県香美市土佐山田町宮ノロ 185)

****工博、千葉工業大学(千葉県習志野市津田沼 2-17-1)

*****工博、横浜国立大学大学院(横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5)

*****国土交通省都市地域整備局(東京都千代田区霞ヶ関 2-1-3)

3) 広島電鉄における実験内容

①システムの概要

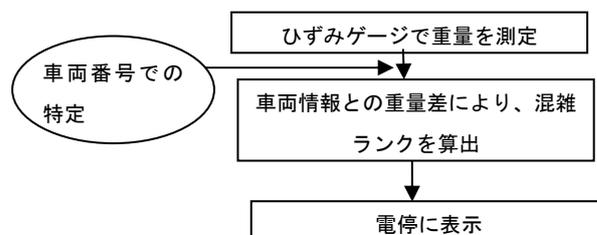


図1 システムの概念図

ひずみゲージにより重量を測定して、車両情報と照合させて、人数(混雑度)に分類する。車種が多岐に渡っているため車両情報との照合は必須である。

②伝達方式

八丁堀電停では、ひずみゲージにより測定する重量データから電車混雑度を算出するとともに、トロコンから電車の系統・行き先、列車位置、車種を把握し、電停に設置した液晶モニターに電車混雑度を表示する。

立町電停では、八丁堀電停及び立町電停に人を配置し、八丁堀電停通過後の電車混雑度等(ひずみゲージにより把握)を情報伝送し、人的に情報表示・消去を行う。

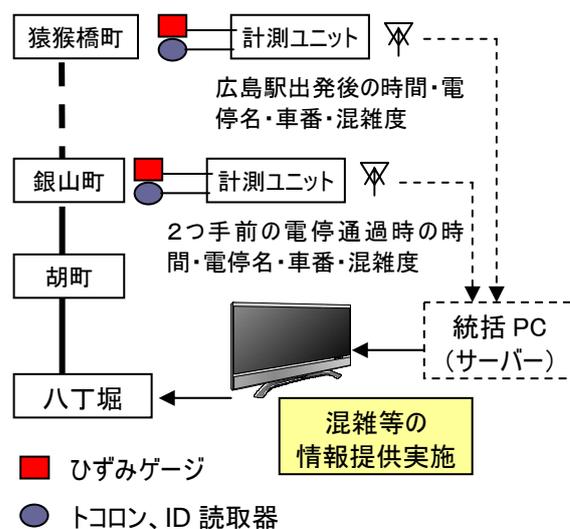


図2 情報提供の概念図

③表示パネル

次に到着する電車（先発）とその次に到着する電車（次発）の電車混雑度、行き先・到着予測時間・車種等の情報を表示する。



図3 八丁堀電停に設置した情報提供盤

④混雑表示ランク

プレ実験での利用者アンケート調査の結果を踏まえ、電車混雑度は『空・やや混・混・満』の4つのランクで表示する。また、ランク別の乗車率の設定にあたっては、ひずみゲージの測定値と実際の乗車人数に多少の誤差が生じるため、誤差の範囲を考慮し、以下の通りとした。

表1 混雑状況の区分

混雑ランク	混雑状況	乗車率	車内のイメージ
空	●座れる状態 ・シート着席が可能 ・立ち客なし	座席数の50%	
やや混	●満席の状態 ・全てのシートが利用 ・立ち客がまばら	定員の80%まで	
混	●やや混雑している状態 ・吊革利用が半数程度	定員の130%まで	
満	●満員の状態 ・全ての吊革が利用 ・相当に混雑している	定員の130%以上	

⑤ひずみゲージ

軌道部に図4のようにひずみゲージを設置した。



図4 ひずみゲージ

ひずみゲージで、車両の通過時に発生するレールのせん断ひずみを測定することにより、車量重量を計測する。

ひずみゲージにより、通過した電車の重量を計測し、本来の空車重量との差を乗車重量とし、一人当たりの体重設定に基づいてを行い、混雑情報として情報提供を行った。

実験中は、電車が電停を発車した直後の位置にひずみを埋設して車両重量の計測を行った。

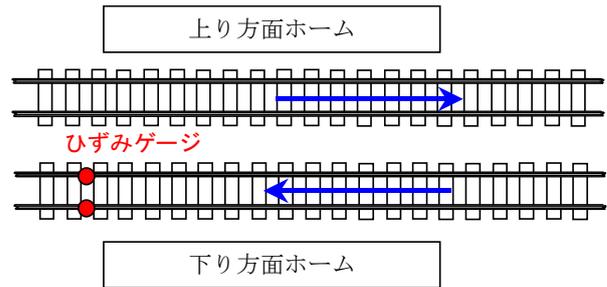


図5 ひずみゲージ設置位置

4) 実験中に実施した調査データ

実験を多角的に分析を行うため、以下の項目についてデータの収集を行った。

①重量データおよび電車位置データ

ひずみゲージ重量の生データとトロコンによる電車位置情報のデータを実験期間全日にわたり収集した。

②利用者へのアンケート調査

電停利用者に対して、実験前および実験中にそれぞれ1回ずつ実施した。

③沿線企業への調査

実験期間中に沿線企業3社にヒアリング調査を実施した。

④運行時間調査

実験期間全日の全列車の運行時間を調査した。

3. 実験の結果

1) 重量検知と実際の重量の関係

調査データのうち、空車重量が計測されている車両について乗車人数と重量との相関分析を行った。その結果、重量（総重量－空車重量）と乗車人数とは、高い相関関係が見られた。この結果から、重量と乗車人数の回帰式は以下のように設定した。

$$y=0.0646x-1.3249 \quad y=\text{重量 (t)} \quad x=\text{乗車人数 (人)}$$

有効サンプル数 N=32 時間内通過サンプル数 N=52

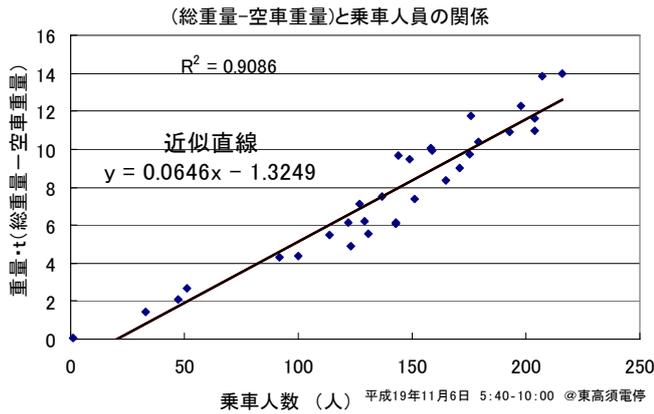


図6 重量と乗車人数の関係

混雑ランクについては、実験計画では当初、「空」のランクを座席数の80%までと設定していたが、システム稼働後に精査した結果、「空」と「やや混」の境界付近において誤差が生じやすいことが判明した。誤差発生の要因としては、連接車や単車などの車両種別によって誤差の範囲が異なることが要因として考えられる。

このため、実験においては、「空」表示の精度をより高めるため、「空」のランクを座席数の50%までに変更したうえで実証実験を実施した。

2) 混雑情報提供による混雑ランクの変化

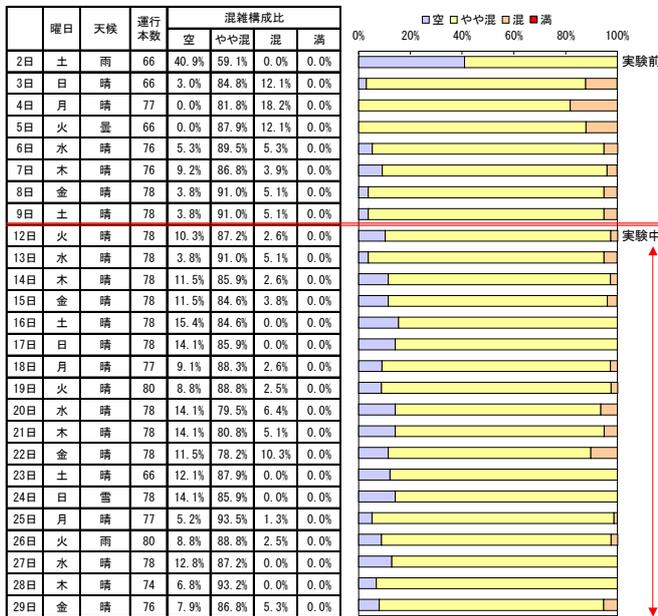


図7 混雑情報提供と混雑ランク

実験前は、空や混・満の電車が多く混雑にばらつきが生じていたが、混雑情報の提供によって、特定の電車への乗車の集中が緩和され混雑緩和が図られた。

ただし、実験中においても曜日や天候による混雑のばらつきは一部で見られる。

3) 利用者の反応

① 改善する場合、必要な情報

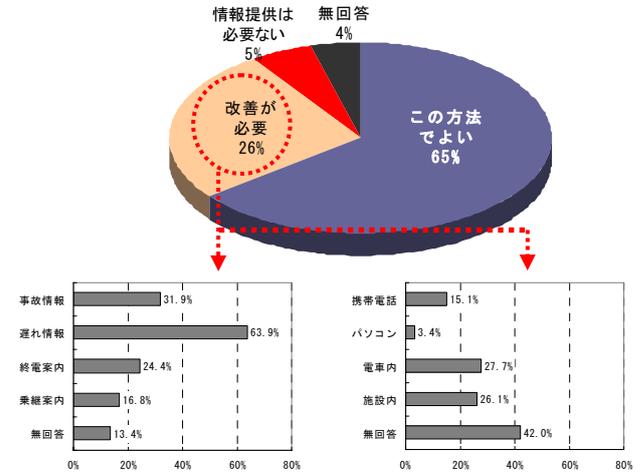


図8 改善に必要な情報のニーズ

実証実験での情報提供方法(停留所での情報提供)にして、利用者アンケートでは回答者の約7割がこの方法でよいとしているが、改善を望む回答者も約3割存在する。改善にあたっては、施設内や携帯電話への情報提供の拡充や電車遅延、事故情報等が要望として挙がっている。

② 利用者の意識・行動の変化

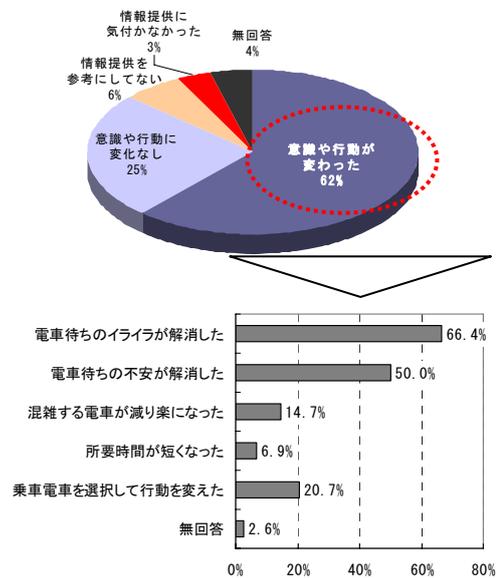


図9 利用者の行動変化

利用者アンケートでは、混雑情報等の提供によって回答者の約6割が路面電車に対する意識や行動が変わり、乗車電車を選択するなど行動変更が行われている。こうした意識・行動の変化は、路面電車の利用頻度が低く、買物や通院・レジャー等で利用する層において多く見られる。

表2 回答者属性による意識・行動変化率(%)

回答者の属性		総回答数	意識・行動が変化した比率
性別	男性	59	72.9%
	女性	120	60.8%
年齢	30歳未満	15	66.7%
	60歳未満	93	64.5%
	60歳以上	68	64.7%
頻度	高頻度利用	120	62.5%
	低利用	58	67.2%
目的	通勤利用	64	57.8%
	買物利用	65	64.6%
	その他利用	51	72.5%
総計		180	64.4%

* 高頻度：週3~4日以上、低利用：週1~2日以下

③利用回数の関係

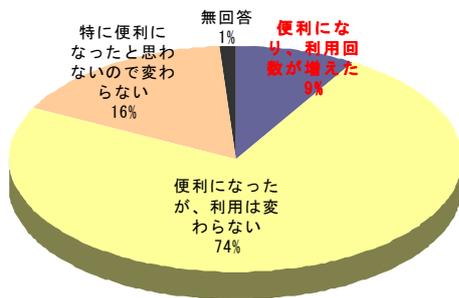


図10 路面電車の利用回数の変化 (N=188)

実験実施により、電停利用者数が増加（平均で約4%）し、また、利用者アンケートでは、利用が増加した層が9%あり、買物目的での利用層からの増加が見られ、路面電車の利用促進が図られた。

4) 電停間の所要時間データ

①八丁堀~紙屋町間の運行所要時間

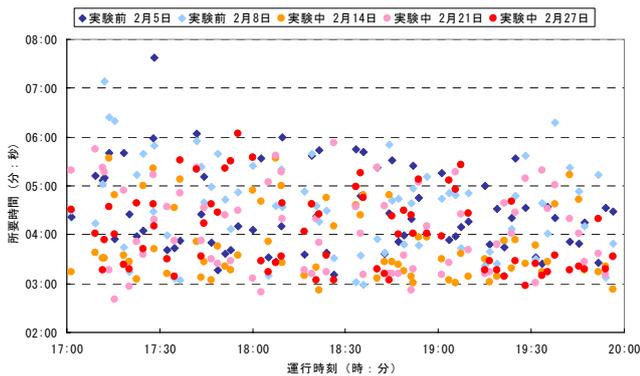


図11 運行所要時間の分布

八丁堀電停から紙屋町交差点までの運行所要時間について、実験前はダイヤに対して大きく遅延が生じていたケースがあったが、実験中は解消され平均所要時間の短縮が見られた。

②八丁堀での乗降時間の変化

実験中の方が、乗車時間の平均が小さくなったため、1車両あたりの乗車時間が短くなった。

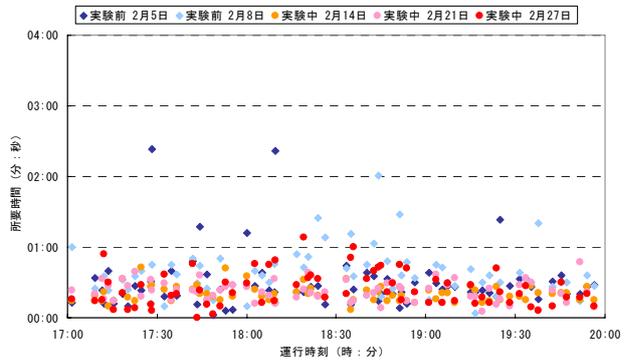


図12 乗降時間の変化

③実験前後の検定結果

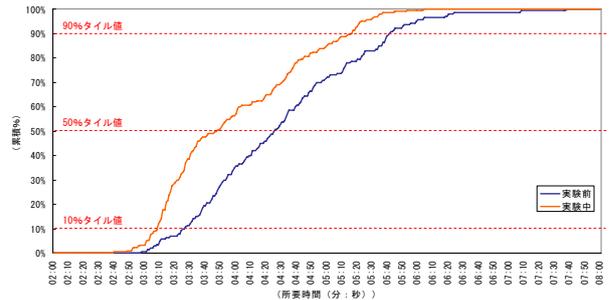


図13 実験前後での広島駅-紙屋町の所要時間の比較

実験中の方が広島駅-紙屋町までの所要時間は20秒程度短縮されたことがいえる。

4. まとめ

広島電鉄市内線電停で接近電車の混雑情報を提供する実験を実施して以下の知見が得られた。①情報提供によって利用者の行動変化によって、混雑の均質化が図られ、所要時間の短縮効果を得ることが出来た。②情報提供により所要時間の短縮効果は得られたが団子運行の解消には、至っていない。③ひずみゲージによる信頼度は±20%程度であり、混雑ランクの境界領域付近においては正確なランクを表示が困難であった。そのため混雑ランクの表示の仕方が今後の課題と考えられる。④今回の実験では、情報提供箇所が2箇所であり、効果は限定的であった。今後は上下方向の両側や鉄道区間においても同様に情報提供を行って、その効果を検証する必要がある。⑤情報提供によって、停留所付近の信頼度の向上が見込まれ乗降時間は短縮され、運行時間の遅れを解消できる一方で、信号待ちによって団子運行が発生している。今後、定時性を維持する運行には、優先信号のような信号制御と連動し、電停以外での停車回数を少なくさせる工夫も今後の課題といえる。

謝辞

実験実施にあたり広島電鉄に多大なるご協力をいただきました。また原稿作成にあたり、株式会社トニーテコンサルタントの星野彰男氏、大田淳氏に協力いただきました。この場を借りて御礼を申し上げます。