

ICカードデータによる熊本市電利用者の行動特性分析とダイヤ編成への活用

森田 琢雅¹・溝上 章志²・中村 嘉明³

¹学生会員 熊本大学大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1)

E-mail:166d8833@st.kumamoto-u.ac.jp

²正会員 熊本大学教授 大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1)

E-mail:smizo@gpo.kumamoto-u.ac.jp

近年、地方では公共交通利用者数の減少による事業者の赤字経営が問題となっている。また多くの利用がある都市部の公共交通でも、渋滞緩和や乗換の待ち時間調整などの課題は尽きない。より正確で詳細な公共交通の利用実態の把握、問題の原因発見や運行の見直しが必要とされている。

本研究では熊本市電を対象に、ICカードデータを利用して、利用者特性分析と実績ダイヤの作成・分析を行った。具体的には、クラスター分析による利用者の分類と定期券購入前後での利用変動の分析、ダイヤ編成支援システムとの結合による実績ダイヤの作成、問題点の考察を行った。

Key Words : smart card data, Kumamoto city tram, trip behavior, cluster analysis, actual diagram

1. はじめに

以前より、日本では自動車の分担率が上昇し、公共交通の利用者数は減少している。これにより大気汚染や交通渋滞、公共交通事業の赤字経営等、様々な社会的な問題が発生している。公共交通の利用減少の負のサイクルを止めるため、事業者は利用者にとって便利で定時性や信頼性の高い公共交通サービスを提供することはもちろん、需要の変動や利用特性を正確にとらえ、それに応じた適切なサービスをいかに設計するかが求められている。しかし長年行われている乗客のカウント調査やアンケート調査では、ある特定の日のデータや、少数一部の利用者の回答しか把握できないといった問題がある。

一方、公共交通の乗車券としての交通系ICカードの利用は急速に進んでおり、その発行枚数、利用可能地域は年々増加している。国土交通省の発表¹⁾によると、平成28年現在では1億枚を超えるカードが発行されており、旅客交通サービスレベルの向上や訪日外国人旅行者2,000万人に向けた取り組みの一環として、平成32年の東京オリンピック開催までに全国で相互利用可能な交通系ICカードをすべての都道府県で使えるようにするという目標も定めている。これにより、各鉄道会社には大量の利用履歴データが収集、蓄積されており、今後もデータ数は増加していくことが予想されている。熊本市でも平

成26年3月に全国相互利用可能なICカード「でんでんnimoca」を熊本市電に、平成27年4月に熊本地域振興ICカード「くまモンのIC CARD」を路線バス・電鉄電車に導入した。

本研究では、市電で導入されている全国相互利用ICカードの利用履歴データを用いて、市電利用実態の把握と非集計型クラスター分析による利用者の分類、定期券購入による利用変動の分析を行う。さらに電車遅延の原因究明やダイヤ編成支援への最初のステップとして、任意の日のデータを集計して実際の運行ダイヤを作成し、問題点や改善点を示すことを目的とする。



図-1 熊本市電路線図

2. 利用データの概要

(1) 本研究で用いるデータ

2014年4月1日から2015年3月31日までの1年間、熊本市交通局に蓄積された全国相互利用のICカード処理データは、ICカードとしての登録処理、乗車情報のない乗降処理、エラー処理らを除くと約20万枚による約170万の処理があった。本研究では、この内の乗降処理データ約165万サンプルで分析を行う。

(2) カード属性

データ項目の「カードID」から、全10種類の全国のICカードが識別できるようになっている。本研究では、利用者がどの種類のカードを所持するかは利用者がどの地域で生活しているかに起因すると考え、カードの販売地域によって、表-1に示すようにカード属性を大きく3つに分類した。図-2にカード属性毎の利用回数と利用人数を示す。利用者1人あたりの年間利用回数（利用回数/利用人数）が最も多いのはnimocaで24.0回/人、次が九州圏内で7.81回/人、九州圏外は少なく、3.64回/人であった。九州圏外の1人あたりの利用回数が少ないのは、遠方から熊本市にきた人が多く含まれていることに起因すると考えられる。図-3は年間利用回数50回以下の利用者の分布と各カード属性の全利用者に対する累積比率を示している。年間で1-2回の利用しかしていない利用者は137,567人で全体の65%にもなり、その内の7割（98,234人）は九州圏外が占め、来訪者の割合が多いことは明らかである。しかし表-2を見て分かるように、年回利用回数が

表-1 ICカードから得られるデータの内容

	内容
期間	2014年4月1日～2015年3月31日
有効処理	1,707,103回
有効乗降処理	1,652,648回
出現カード枚数	209,494枚
データ項目	カードID, 利用日時(分単位まで), 乗車電停, 降車電停, 乗車人数, 車両番号, 系統 等
処理種類	購入, 乗降車, チャージ, 返却 等

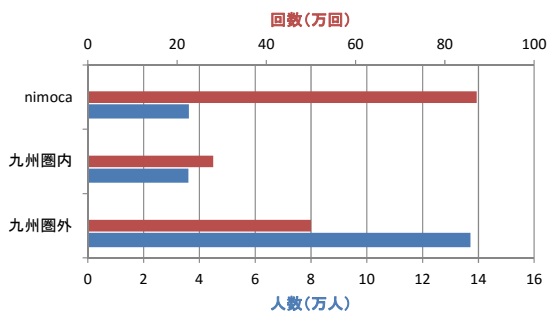


図-2 カード属性別年間の利用者数と利用回数

多い九州圏内・九州圏外も少数ではあるが存在する。この事は、カード属性のみで利用者を分類することができないことを表している。そのため、4章でクラスター分析を行い、利用者の分類を行っている。

(3) 曜日・時間帯

図-4は年間の曜日別1日あたりの利用回数を示している。休日には平日に比べ利用者数が減少しているが、これはnimocaの利用者の減少に起因していることが分かる。

図-5, 図-6は平日、休日の時間帯別の1日あたりの利用回数をカード属性毎に示している。平日では、nimocaによる7時～9時頃の短時間高密度な朝ピークが、16時～20時頃の長時間低密度な夕方ピークが見て取れる。また、夕方ピーク時間帯の17時頃に利用者数が一度減少しているが、これは16時頃の学生の下校と18時頃の社会人の帰宅の時間帯にギャップがあることが原因であると考えら

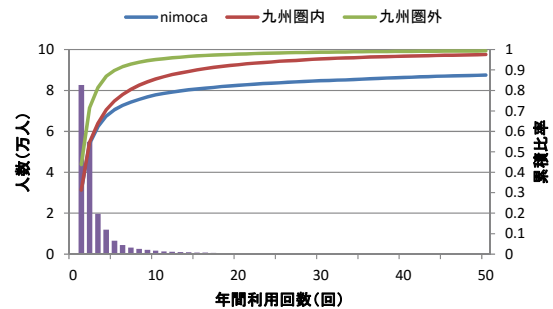


図-3 年間利用回数の分布と累積比率

表-2 カード属性別高回数利用者の分布

年間利用回数	nimoca	九州圏内	九州圏外
201~250	668	47	39
251~300	326	21	29
301~350	109	19	14
351~400	55	13	9
401~450	38	7	5
451~500	12	4	4
501~550	5	3	0
551~600	2	0	0
601~682	2	0	0

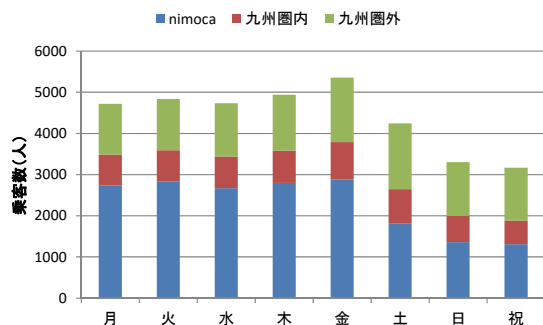


図-4 曜日別1日あたりの利用回数

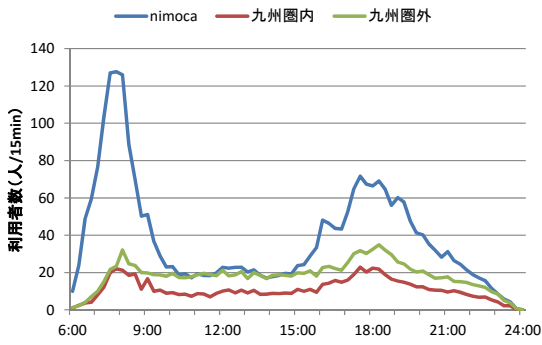


図-5 時間別1日あたりの利用回数(平日)

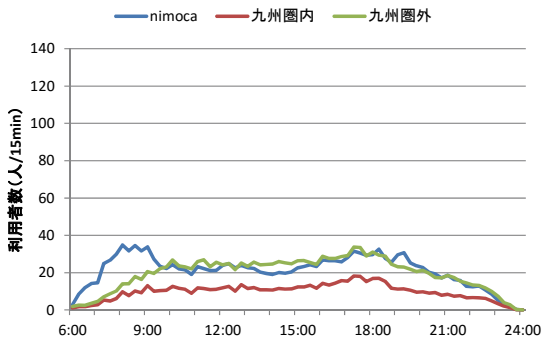


図-6 時間別1日あたりの利用回数(休日)

れる。休日については、nimocaによる朝ピークが若干見られるが、九州圏内、九州圏外と同様に、1日を通して時間的偏りなく利用されていることが分かる。

3. 実績値との差

熊本市電での運賃の支払い方法はICカードでの支払いだけでなく、現金による支払いや運転手への乗車券等の提示といったものもあることから、ICカードデータもサンプルデータである。そのため実際の利用状況とICカードから得られる限定的な情報との違いを把握する必要がある。ここではまず、熊本市交通局が毎年実施している市電乗降調査を基に、実際の電停間ODを推定し、ICカードデータから得られるODとの間にどれほどの違いがあるのか、第4回熊本都市圏パーソントリップ調査(以下PT調査)を比較対象に分析した。

(1) 実績値の推計

熊本市交通局が2014年10月の平日に実施した、全数抽出の停留所別乗降人員数調査(電停毎の乗降者数)と約20%抽出の路線別OD調査(電停間乗客数)をもとに、路線別電停間ODを電停毎の乗降者数に一致するようにフレーター法を用いて修正し、電停間ODの実績値を推計した。

(2) PT調査との比較

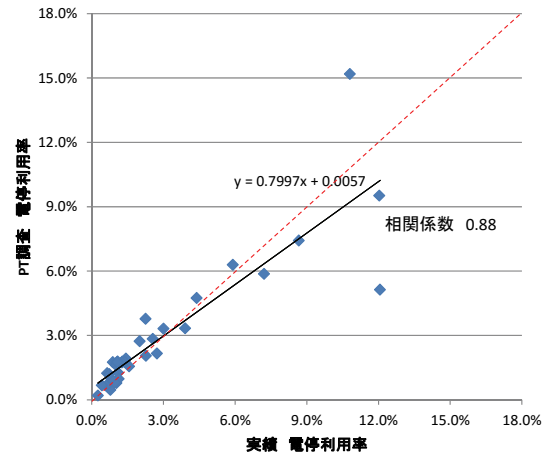


図-7 現実とPT調査データの電停利用率の分布

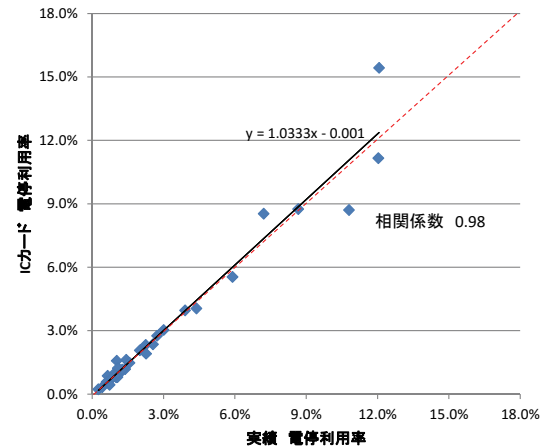


図-8 現実とICカードデータの電停利用率の分布

市電の電停間OD交通量は、PT調査から抽出した市電利用者を電停間で集計して求めることもできるが、元々、公共交通利用者のサンプル数が少ないために、現実との差が大きいことが問題視されていた。ICカードのデータはPT調査よりもサンプル数が飛躍的に増大するために、より現実に近い電停間ODを取得できると考えられる。

図-7、図-8は、(1)で推定した電停間ODを現実の実績ODと考え、PT調査データとICカードデータから得られる、全35電停の電停利用率の分布をそれぞれ示している。電停利用率とは、電停での乗車人数と降車人数の平均の全利用者数に対する比である。PT調査を先験とした場合は、電停利用率の相関係数は0.88で、高い相関なもの、線形近似直線を見てみると利用率が低い電停で過大に、利用率が高い電停で過小に推計されることが分かる。これに対してICカードを先験とした場合では、相関係数が0.98となり非常に強い相関となる。近似直線を見ても、再現性が高いことが分かる。またそれぞれの電停利用率の差からF検定を行うと、F値は4.37となり、2つの分布には有意な差があった。よって、2つのデータには違いがあり、PT調査のデータよりもICカードデータの方が現実を正確に推計できることが分かった。

(3) 誤差とICカードの利用率

10月の平日のすべてのICカード利用データから得られる、平日1日あたりの電停間利用者数の平均値を分子に、(1)で求めたODの実績値を分母にし、各OD間のICカード利用率を表したものが図-9である。ただし信頼性が低いデータを除くため、実績利用者数が10人に満たない電停間のデータは除いている。

全利用者数に対するICカードの利用率は約15.6%で、利用者の6~7人に1人がICカードを利用していることになる。これは予想よりかなり低い利用率であったが、月日が経つにつれてカードの処理回数は増えている傾向があるため、ICカードの利用率はさらに増加することが期待できる。事実、2015年3月の平日の有効乗車データ(237,516回)を利用すると利用率は27.5%にまで上がる。

電停ごとの利用率特性を見てみると、最もICカードの利用率が高かった電停は慶徳校前(発22.1%, 着25.3%)で、二本木口(発21.9%, 着18.9%), 熊本駅(発20.4%, 着19.4%), 新水前寺駅前(発18.8%, 着18.0%)がそれに続いている。最も利用率が低かった電停は本妙寺入口(発10.3, 着8.4%)であった。

電停間ごとの利用率特性を見てみると、最も利用率が高い電停間は二本木口ー熊本城で84%(9.00/10.73), 次が洗馬橋ー新水前寺駅前で60%(9.23/15.33), 新水前寺ー洗馬橋58%(6.45/11.09), 熊本駅前ー味噌天神前52%(6.23/12.08), 交通局前ー新水前寺駅前51%(7/13.81)などの順であった。しかしこれらは、平日一

日当たり10人以上の条件はクリアしているとはいえ、利用者数そのものが少ない電停間ばかりであり、利用者が多い電停間では15%~30%程度の範囲に分布している。

4. 利用者の行動特性

ICカード1枚ごとにデータを集計することで、利用者の利用特性や利用変動を分析することができる。本章では、クラスター分析による利用者の分類と定期券サービス開始による利用回数の変化についての分析を行った。

(1) クラスター分析による利用者分類

特別な連休のない2015年2月1日~2015年2月28日の4週間の期間に乗車した35,670人の利用者を、行動特性によって分類することを目的として、表-3を変数とした非階層的クラスター分析を行った。その際まず階層的クラスターリングを行い、各クラスターで特徴が現れ、且つできるだけ多く分類できるクラスター数を考察した(図-10)。その結果クラスター数を6つに決め、非階層的クラスターリングを行った。表-4は各クラスターに属する利用者の人数とクラスター毎の各変数の平均値を示している。

それぞれのクラスターについて分析する。クラスター毎の特徴を簡潔にまとめたものとして、朝ピーク利用率と夕方ピーク利用率の分布と、平日利用率と休日利用率

	健軍町	健軍校前	商業高校前	新水前寺駅前	水道町	熊本城	辛島町	熊本駅前	田崎橋	洗馬橋	段山町	本妙寺入口上熊本駅前	O
健軍町		9 5 9	6 18 8 5 15	19 10 9 12 10	12 10 12 14			17 11 25 12 15 10		14		13	12.3
健軍文番前				29 4 18 12	17 11 5 8							31	13.8
勤植物園入口				5 21 5 24 6 15	13 9 24 18				21				13.7
健軍校前	4			14 17 14 14 14 12	13 18 43 14				17				15.5
市民病院前	13			22 8 18	9 16 19	15 30 21 13		17 2	18				16.2
八丁馬場	4			9	17 18 11 4								13.4
商業高校前	11			36	7 16 20	15 8 9			3				17.2
市立体育館前	8			33	30 12 13	7 17 20		7					15.1
水前寺公園	8 4			13	5 13 11 8 15 22			4	19				13.7
国府	12		10 20	4	21 12	11 17 23 12				7			14.2
新水前寺駅前	15 36 11 24 26	19 23 29 42 3		16 33 22	16 16 19 21	32 18 11	8 1		58		4	5 16	18.8
味噌天神前	11	8 13	8 4	8	26 17 15 11			8 16				0	13.5
交通局前	10	8 12	9 12 12 11	51	39 15 13 9			14 16		12			14.6
九品寺交差点	14 18 15 27 10		5 36 14 5	18 5	19 17 7 14 9			14 20		7 4			15.7
水道町	9 18 11 21 16		19 13 8 14 17	19 16 31	7 8 13 9			23 12 20 15		9			14.9
通町筋	13 16 18 10 18	14 12 8 20 13		13 12 8 8		15 11	7 9 9 12 19	9 8 16 10 17 7				7 9 16	13.9
熊本城	11 19 16 13	10 22 11 5		15 7 27		14	7 9 29 18 17 6	10 13 12 12				6 6	14.5
花畑町	15 15 7 29 9	7 12 23 8 33		20 23 14 21	5		9 13 22 25				8	3 7 24	16.8
辛島町	13 15 39 17 15	29 19 11 7 12		17 7 14 10 6	9 8 7		15 17 28 22 31 11			14 13 15 17	17 9 9 13		15.2
慶徳校前	26			26	10 7	14 11 10		29					22.1
河原町	21	5		16	10 12	27 5 9 20		26					15.7
呉服町			9	14	9 8 10	12 14 36 7		26					14.9
紙園橋					7 5	14 14 6 14							12.8
熊本駅前	18	8 8 16	13 18 10	9 52 36 20 17	23 18 15 22		34 35 32 11						20.4
二本木口	13				9 11	25 84 21	18						21.9
田崎橋	10	9 11		2		10 18 17 17	3	5					11.8
西辛島町			7	17		7					3	18	13.9
洗馬橋	20			60	8 10	5 11 6 14						14 13 19	16.7
新町			1	9	8	15 17 21 10			5			5 5	11.2
蔚山町	9				14	7 19 21 27			26			3 2 12	14.6
段山町	20	20			25	23			7 4 2			4	15.3
杉塚	0								4				14.1
本妙寺入口	1				9 11	5 7 10			12 6		1	0	10.3
県立体育館前									5				10.0
上熊本駅前	17			17 4 13 14 20	13 15 13 12				28 31 6 7 18				16.0
D	13 20 14 17 16	14 18 14 13 13	18 13 14 16 14	15 14 15 16	25 17 14 17 19 19 13	15 19 12 13 13	13 8 13 16						15.6

図-9 電停間毎のICカード利用率 (%)

表-3 クラスタ分析の変数

変数	説明
カード属性	全国相互利用のカードの種類
利用回数	期間中の乗車回数
平日利用率	平日 1 日あたりの利用回数
休日利用率	休日 1 日あたりの利用回数
朝ピーク利用率	平日 7:00~9:00 の利用率
夕方ピーク利用率	平日 16:00~20:00 の利用率

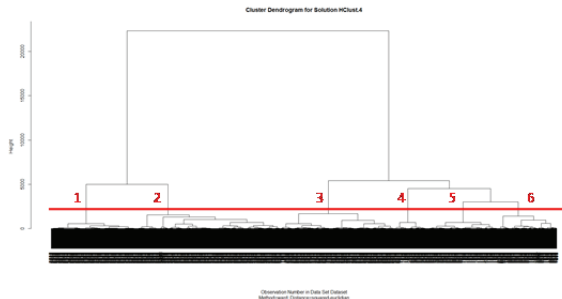


図-10 デンドログラム

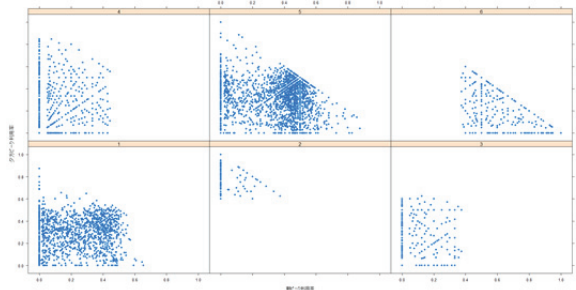


図-11 各クラスターにおける朝ピーク利用率と夕方ピーク利用率の分布

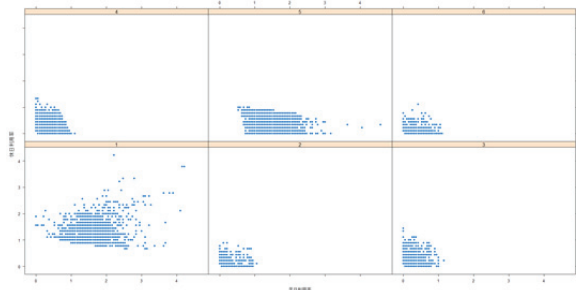


図-12 各クラスターにおける平日利用率と休日利用率の分布

の分布をクラスター別に示したものを、図-11、図-12として添付する。クラスター1は、カード属性ではnimocaが大半を占め、利用回数、平日利用率だけでなく休日利用率も最大であり、朝ピーク利用率と夕方ピーク利用率もある程度大きな値を示している。クラスター5はクラスター1に良く似ているが、休日利用率が低くなっている。さらに朝ピーク利用率・夕方ピーク利用率はクラスター1に比べて大きくなっている。以上の事をふまえると、クラスター1は平日の通勤、通学の利用と共に、休日の利用も多い定期的な日常利用者、クラスター5は特に通勤、通学での定期的な利用しているが、休日はあまり利用していない日常利用者であると考えられる。クラスター4はnimocaと九州圏内のみで構成されているが、利用回数は3.13回にとどまっている。通勤、通学では利用していないが、時々利用する熊本市内在住の利用者と、対象期間中に熊本市を訪れた九州圏内に在住の来訪者と考えられる。クラスター3は九州圏外のみで構成されており、利用回数も2.34回と低いことから、対象期間中の九州圏外からの来訪者と考えられる。クラスター2とクラスター6はカード属性の割合がばらけており、どちらも半数以上が九州圏外であり、利用回数はそれぞれ1.78回と3.20回である。クラスター2は夕方ピーク利用率が0.95で非常に高く、朝ピーク利用率が0.01で非常に低い。数回の利用がほとんど夕方ピークの時間に該当した利用者で、毎回夕方のラッシュ巻き込まれている利用者である。クラスター6は逆に朝ピーク利用率が0.71と高く、利用のほとんどが朝のラッシュに巻き込まれている利用者である。

以上のようなクラスター毎の特徴を表-5にまとめる。

(2) 定期券サービスの開始による行動変動

でんでんnimocaには2014年10月以降、定額料金の前払いで市電のどの区間にも乗り放題の定期券機能をつけることが可能になった。このサービスの利用によって生じた利用者の行動変化の分析として、平日、休日別に利用率の変化を分析する。

表-4 クラスタ分析の結果

	クラスター					
	1	2	3	4	5	6
該当者数	1,325	7,138	12,226	10,277	2,101	2,693
nimoca	1,240	1,022	0	4,862	1,892	551
九州圏内	40	1,831	0	5,415	124	607
九州圏外	45	4,285	12,226	0	85	1,535
利用回数	43.53	1.78	2.34	3.13	32.66	3.20
平日利用率	1.65	0.06	0.08	0.11	1.56	0.13
休日利用率	1.36	0.06	0.09	0.11	0.32	0.07
朝ピーク利用率	0.23	0.01	0.01	0.02	0.36	0.71
夕方ピーク利用率	0.29	0.95	0.14	0.18	0.32	0.13

表-5 各クラスターにおける行動特性

クラスター	該当者数 構成比	特徴
クラスター1	1,325 人 3.71 %	平日休日共に高頻度で利用している。休日にも通学・通勤をしているが、通勤・通学以外でも利用。
クラスター2	7,138 人 19.96 %	数回の利用はほぼ夕方ピーク時。毎回ラッシュや遅延に乗り合わせている可能性が高い。
クラスター3	12,226 人 34.19 %	九州圏外からの熊本来訪者。朝ピーク時と夕方ピーク時には利用していない。
クラスター4	10,277 人 28.74 %	対象期間に利用した熊本県内・九州圏内に在住の利用者。朝ピーク時の利用はほとんどない。
クラスター5	2,101 人 5.88 %	平日は高頻度で利用。休日の利用もあるがほとんどは平日の通勤・通学での利用。
クラスター6	2,693 人 7.53 %	数日の利用があり、多くが朝ピーク時に利用。夕方ピーク時の利用はほとんどない。

2015年10月1日～2015年10月31日の1ヶ月間に、利用中のでんでんnimocaカードに定期券機能を追加した利用者190人を対象に、定期券購入日から前後1ヶ月間ずつの平日、休日の1日あたりの利用回数の変動数の分布を図-13に示す。平日、休日の利用頻度について、1.0回/日を境に、それ以上を高頻度、以下を低頻度と仮定し、タイプA：平日低頻度・休日低頻度、タイプB：平日高頻度・+休日低頻度、タイプC：平日低頻度・休日高頻度、タイプD：平日高頻度・休日高頻度の4種類に分類した。図-13では各利用者の定期券購入前のタイプ別に分布の色とマークを変えている。全体の利用回数は平日平均が1.25回/日、休日平均が0.61回/日増加した。タイプAであった利用者は、平日平均が1.40回/日、休日平均が0.68回/日増加した。このタイプの利用者は、通勤、通学に市電を利用していなかった低頻度の利用者であると考えられるが、定期券を購入したことによって、平日の通勤、通学での市電利用が増えたり、休日の仕事や外出にも市電を利用するようになったことが考えられる。タイプBであった利用者は、平日平均が0.18回/日、休日平均が0.12回の増加にとどまった。このタイプは以前から平日に高頻度で利用しており、休日の利用頻度が少なかったグループであり、定期券購入によって休日にも市電を利用するようになるということも容易に想像できたが、一概にそうとは言えないことが分かった。タイプCであった利用者は、今回存在しなかった。タイプDであった利用者は5人のみで、平日平均が0.20回/日、休日平均は0.11回/日のみ増加した。このタイプの利用者は、定期券購入前から平日、休日ともに高頻度で利用していた利用者であるため、大きな変化は見られない。

定期券購入前後の各タイプの人数の推移を表-6に示す。

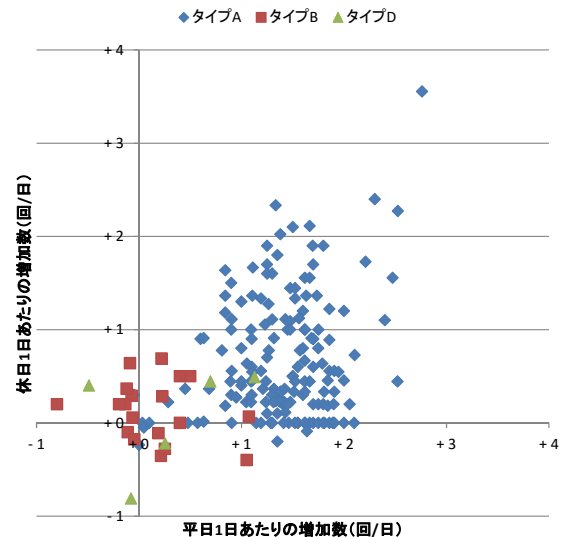


図-13 定期券購入者の購入前後の利用回数変化

表-6 定期券購入前後の各タイプの人数変動

		購入後				合計
		A	B	C	D	
購入前	A	18	97	6	45	166
	B	1	17	0	1	19
	C	0	0	0	0	0
	D	0	1	1	3	5
	合計	19	115	7	49	190

タイプAは147人減少、タイプBは96人増加、タイプCは0人から7人に増加、タイプDは44人増加した。定期券購入後、休日高頻度であるタイプCとタイプDになった利用者の91% (51人/56人) が、定期券購入前にタイプAであった利用者であることから、定期券サービスの効果によって休日の利用回数が増加したといえるのは、通勤、通学に市電を利用していなかった利用者（タイプA）のみであるということが分かった。

5. 実績ダイヤ

(1) ICカードデータによる問題の分析

車両のGPSデータや速度データなどがあれば、遅延や渋滞がいつどこで起こっているのかは分析できるが、乗客数のデータと組み合わせない限り、遅延の原因まで考慮して分析することは困難である。その点ICカードデータを集計して車両の軌跡を追っていくと、実際の遅れと

乗客数変化の相互的な分析が比較的容易に行えることが分かる。本研究ではその先駆けとして、ICカードの乗降時刻データから実際の運行状況を観測して時刻表ダイヤに重ねることで、実際の運行状況の可視化、乗客の数と電車の遅延の関係の分析などを行い、従来では発見できなかった新たな問題の発見を試みる。

(2) ダイヤ編成支援システム

バス・鉄道のダイヤ編成支援システムは、数多くの会社によって製作、販売、運用が行われている。本研究では、今回必要な実際の運行実態を時刻表ダイヤに重ねる機能を持つ、フリーのダイヤ編成支援システム「その筋屋」を使用して以後の分析を行う。実際の運行状況をダイヤで示した実績ダイヤでは、電停間の乗車人数が少ないほど寒色を、多いほど暖色を示すように設定している。

(3) 実績ダイヤの分析

ここでは2015年2月19日（木）のA系統上下線の朝と夜の計6時間の実績ダイヤを可視化し分析を行う。この日の天候は午前中が曇り時々晴れ、午後は晴れ、最高気温は6.4℃で、例年と比べて寒い日であった。

図-14は9:00~12:00の実績ダイヤを示している。ここでは、9:10健軍町発の下り電車の味噌天神前から水道町の区間で最も多くの乗客28人が乗車している。これは、前の電車の4分間の早発により、間隔が10分間空いたことが影響したと考えられる。また、10時前後の上り電車では熊本駅前から辛島町の区間で、電車が特に密になり、団子運行が起きていることが分かる。電車1台ごとの乗客数は少なく、混雑は緩和できているが、1台の電車の少しの遅延が全体の大きな遅延を発生させる危険性が高いことが分かる。

図-15は18:00~21:00の実績ダイヤを示している。こ

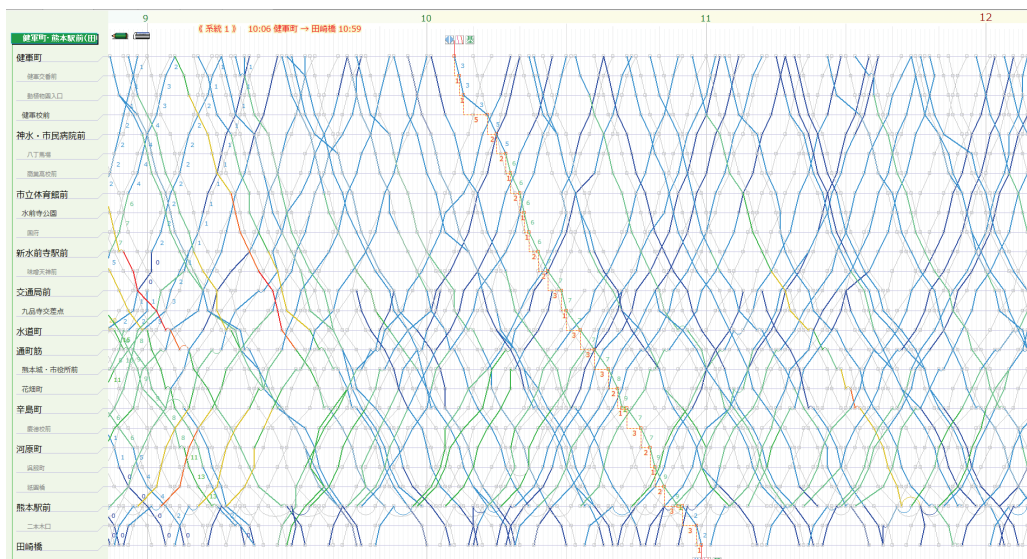


図-14 2015年2月19日（木）9:00~12:00の実績ダイヤ

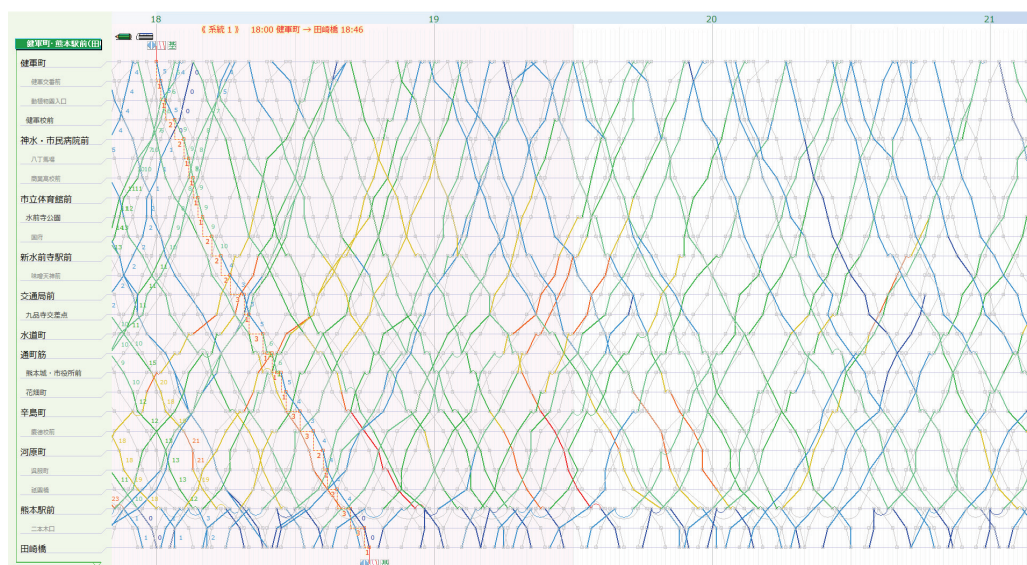


図-15 2015年2月19日（木）18:00~21:00の実績ダイヤ

では、17:36田崎橋発の上り電車が8分遅れ、18:01田崎橋発の上り電車が7分遅れを起こしている。この時間帯は夕方ピークの時間帯にあたり、どの電車でも多くの乗客がみられるが、下り方向での大きな遅延は起こっていない。別の日で下り電車の遅延が起こっている場合をみると、その多くの原因は、1つ前の上り電車の到着遅れによる下り電車の発車遅れの場合であった。

(4) 実績ダイヤ分析の可能性

実績ダイヤの分析を進めると、様々な事ができることが考えられる。ここではその一例を示したい。

4章で行ったクラスター分析による利用者の分類分けの結果を反映して、クラスター毎に外来者や日常利用者等と定義し、電車毎の外来者数や日常利用者数のばらつきを可視化することを試みた。図-16はクラスター1（日常利用者）、図-17はクラスター3（来訪者）だけを抽出した実績ダイヤの縮小したものである。明らかにそれぞれが乗車している車両が異なることが分かる。

その他にも複数日の実績ダイヤを重ねることができれば、ダイヤのスジ1本毎に遅延する確率などの可視化を行い、スジ一本一本の評価、時刻表の問題点発見や時刻表そのものの評価、さらにはダイヤ編成補助への活用も期待できると考えている。

6. おわりに

本研究では熊本市電を対象に、まずICカードデータが実際の利用状況を再現するツールとしてふさわしいことをPT調査データと比較することで示し、このデータから利用実態の分析及び利用者の特性分析、さらに実績ダイヤの可視化による運行分析を行い、問題点の考察を行った。

本研究の分析で明らかになったことと今後の課題を以下にまとめる。

- 1) 乗降数カウント調査を基に実際の電停間ODを推計して、PT調査データ、ICカードデータそれぞれと比較した結果、ICカードデータの方が現実の再現性が高いことを明らかにした。
- 2) 2014年10月の時点での乗客のICカード利用率は約15.6%で、月日が経つごとに増加していると考えられるが、電停間毎に大きなばらつきがあり、拡大するにはそれを加味する必要があり、困難である。
- 3) カードの販売場所による分類で、利用回数などの大まかな特徴を捉えることができるが、それだけで利用者の利用特性を説明するには問題がある。
- 4) 10月からの定期券サービスの開始によって、nimocaの利用者数、1人あたりの利用回数は急激に増加したと考えられる。また、5月、8月、3月には大型連休の影響

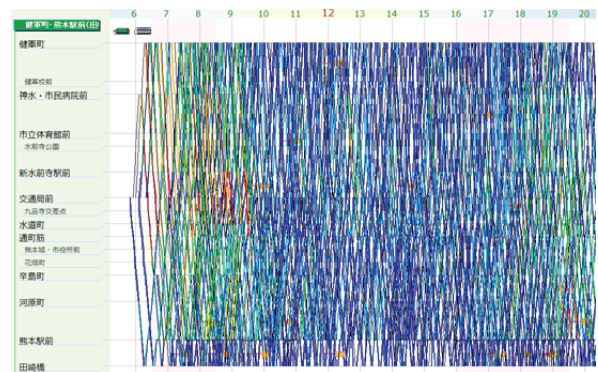


図-16 クラスター1（日常利用者）の実績ダイヤ

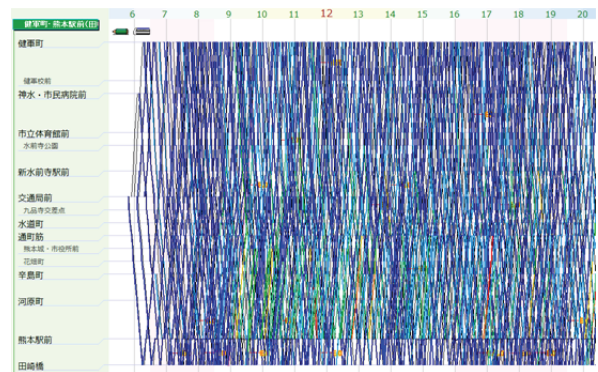


図-17 クラスター3（来訪者）の実績ダイヤ

と考えられる来街者の増加が観測された。

- 5) 市電の利用者数は平日では金曜日が最も多く、月曜日が最も少ない。休日になると利用者数は大きく減少するが、これは熊本市に住む人の利用減少による影響であると考えられる。
- 6) 市電の朝ピークは7時～9時頃に短時間高密度で、夕方ピークは16時～20時頃に長時間低密度で起こっており、それぞれ異なる対応が必要であると考えられる。また、夕方のピーク時間中17時前後で一時的な利用者数の減少が起こっている。
- 7) 市電利用者を利用特性別に6つに分類すると、高頻度利用者が2つに、低頻度利用者が4つに分類され、それぞれの特徴を捉えることができた。
- 8) 10月に定期券購入した利用者は、平均で平日1.25回/日、休日0.61回/日利用頻度が増加した。また、休日の利用頻度が大きく増加した利用者は、大半が通勤、通学で市電を利用していなかった利用者である。
- 9) 実績ダイヤ図の可視化から分析を行い、各時間帯の電車の早発や、前を走る電車の遅れによる団子運行、電車の到着遅れによる次の運行始発の遅れなどの問題がいくつか起こっているかの分析を行えた。
- 10) 今の可視化システムでは、ICカード利用者の乗降車がなかった電停での電停通過の時刻データがないため、所要時間を仮定して可視化するしか方法がなく、これを

改善する必要がある。

11) 可視化による時刻表の問題発見には、数日間の調査データを重ねて可視化する機能が必要であり、これができることでダイヤ編成補助への活用の可能性が大きくなる。

謝辞：本研究を進めるにあたり、ご多忙の中貴重な時間を割いてご指導していただきました溝上章志教授に心より感謝申し上げます。また、貴重なデータを提供していただいた熊本市交通局の方々には、この場を借りて深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省：交通系ICカードの普及・利便性拡大に向けた取組，2015.
- 2) 湧口清隆：交通分野の電子カード・データの活用方法：世界各地の事例から，運輸政策研究，Vol.14, No.2, pp48-49, 2011.
- 3) Pellertier,M.,Trépanier,M,and Morency,C. : Smart card data use in public transit : A literature review, Transportation Research Part C, Vol.19, pp.557-568, 2011.
- 4) 松本浩和, 石神孝裕, 石井良治, 原田知可子, 牧村和彦, 岩本武範：交通系ICカードデータを用いたバスの潜在的利用者の抽出方法の検討，土木計画学研究・講演集，Vol.51, CD-ROM, 土木学会，2015.6
- 5) 西内裕品, 轟朝幸：交通マーケティング手法検討のためのICカードデータを活用した利用者行動特性の把握，土木学会論文集F3(土木情報学)，Vol.68, No.2, II_8-II_17, 2012.
- 6) 北脇徹, 嶋本寛, 宇野伸宏, 中村俊之：ICカードデータを用いた公共交通利用者の行動変動分析，土木計画学研究・講演集，Vol.47, CD-ROM, 土木学会，2013.6.
- 7) 熊本市交通局HP：<http://www.kotsu-kumamoto.jp/>
- 8) えきから時刻表：<http://www.ekikara.jp/top.htm>
- 9) 国土交通省気象庁「過去の気象データ検索」：<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etm/index.php?sess=6ef525a9cdef28cea634ce58ca736e68>

(2016. 7. 27 受付)

ANALYSIS OF TRAM USERS' BEHAVIOR AND EVALUATION OF OPERATION BY USING SMART CARD DATA

Takumasa MORITA and Shoshi MIZOKAMI

Use of the smart card when getting on public transportation, is increasing. Therefore a great deal of data is accumulated. The study which analyze using these data is receiving a lot of attention. There are many analysis of the public transportation users' behavior all over the world.

In this study, I use smart card data in Kumamoto tram. The purpose of this study is three. The first one is an analysis of the actual use state. The second one is an analysis of the characteristic of user. The third one is analysis of the visualization of actual diagram.