

バス専用レーン施策実施が バス旅行時間信頼性に及ぼす影響分析

武政 和成¹・嶋本 寛²

¹学生会員 宮崎大学修士課程 大学院工学研究科 (〒889-2192 宮崎市学園木花台西1-1)
hh13027@student.miyazaki-u.ac.jp

²正会員 宮崎大学准教授 工学部社会環境システム工学科 (〒889-2192 宮崎市学園木花台西1-1)
shimamoto@cc.miyazaki-u.ac.jp

全国的にバスの利用者が減少しているが、その一因旅行時間信頼性の悪化が挙げられる。宮崎市の中心部において、バスの定時性向上を目的に2016年2月からバス専用レーンが本格実施された。本研究では、交通系ICカード利用履歴データを用いてバス専用レーン規制の本格実施前後の旅行時間信頼性を面的に比較することにより、バス専用レーン規制の効果を検証する。検証にあたり、より多くのバス停間の旅行時間を算出するため、ICカードデータから利用したバス車両の推定手法も提案した。

分析の結果、バス専用レーン導入により一部のバス専用レーン区間の旅行時間信頼性が向上することが確認され、またバス専用レーンを含まない区間も含めたその他の区間においても、バス専用レーン実施により旅行時間信頼性は悪化しないことが確認された。

Key Words : bus exclusive lane, travel time reliability, IC card data, data matching

1. はじめに

公共交通の利用促進が叫ばれているが、特に地方都市において自家用車の利用が増える一方で、公共交通の利用者数は減少の一途を辿っている。公共交通のうち、道路上を走行するバスの利用者が減少する一因として、渋滞に起因する旅行時間信頼性の悪化が挙げられる。旅行時間信頼性の向上を目的としたバスレーン規制は全国の自治体において実施されており、一定の効果をあげている。しかしながら、バス専用レーン区間において自動車による渋滞が激化し、また自動車利用者がこの渋滞を避けるために経路変更を行うため新たな渋滞箇所が発生することも想定され、このためバス専用レーン規制区間外においては、バスがこれらの渋滞に巻き込まれるためバス専用レーン導入によりかえって旅行時間信頼性が悪化することも考えられる。バス専用レーン施策の効果・影響を評価するにあたり、自動車交通に及ぼす影響を評価することももちろん重要であるが、少なくともバス専用レーン導入によってバスの旅行時間信頼性がどの程度改善されたかを定量的に評価することが必要であるといえる。その際、前述したようにバス専用レーン導入によって専用レーン区間外のバスの旅行時間信頼性が悪化することが懸念されることから、バス専用レーン区間外も含

めた、面的なバスの旅行時間の変化を評価することが肝要であるといえる。

バスの旅行時間信頼性を面的に評価するためには、大量の旅行時間データが必要となるが、情報通信技術の進展にともない利用可能となったバスプローブデータや交通系 IC カード (以下、IC カードとする) データ等のいわゆる交通ビッグデータを活用することにより比較的 low cost で入手可能となっている。特に地方都市においては GPS ロガーを搭載したバスの比率は少ないものの、多くの都市において IC カードの導入が進んでおり、この利用履歴データを活用することで、より多くの都市で旅行時間データを簡便に入手できることが期待されている。

以上を踏まえて、本研究では従前のバス優先レーン規制を見直し、2016年2月から朝夕の1時間をバス専用レーン規制への変更を行った宮崎市を対象に、バス専用レーン規制前後のバスの旅行時間信頼性の変化を面的に分析することにより、バス専用レーン規制の影響を評価することを目的とする。バス旅行時間は IC カードデータから算出するが、第3章で述べるようにどのバスに乗車したかに関する情報が記録されていないため、利用実績のあるバス停間の旅行時間しか算出できない。本研究で用いたデータ形式に依存するものの、IC カードデータから利用したバス車両を推定し、より多くのバス停間の旅

行時間を算出できるようにした点も、本研究の貢献の 1 つである。

本論文の構成は以下の通りである。まず第 1 章では研究の背景と目的を述べた。第 2 章で既往研究を整理する。第 3 章で分析対象地域と分析に使用する IC カードデータの概要を述べるとともに、IC カードデータから任意のバス停間の旅行時間を推定する方法を示す。次いで第 4 章でバス専用レーン導入がバスの旅行時間信頼性に及ぼす影響を分析する。最後に、第 5 章で本研究の結論と今後の課題を述べる。

2. 既往の研究の整理

本研究では、前述したように交通系 IC カードデータを用いるが、近年は交通系 IC カードが普及したことにより多様なデータが入手可能となった。プライバシーの問題やシステム上の問題から一部の情報が欠損しているという問題点を有しているものの、交通系 IC の利用履歴データを活用することにより、戦略レベル (Strategic-level)、戦術レベル (Tactical-level)、運用レベル (Operational-level) の 3 つの目的から、様々な分析が可能である¹⁾。

交通系 IC カードデータを用いた研究として、嶋本²⁾らは、交通系 IC カードデータを用いてロンドンの地下鉄とバスで料金支払い形態と利用者の利用回数の変動を分析している。さらに、近藤³⁾らは、公共交通の運賃制度が利用者の旅行時間と滞在時間に及ぼす影響を分析している。他にも、西内⁴⁾らは、公共交通の利用者の行動パターンの日々の変動を分析し、中村⁵⁾らは、大規模商業施設開業が交通行動と消費行動に与える影響を分析している。本研究のような公共交通の旅行時間に関する研究に関して、Emo⁶⁾らは、交通系 IC カードデータを用いてソウルの地下鉄とバスの定時性を分析し、旅行時間信頼性が悪化する箇所と乗客数が増加する箇所を比較し、旅行時間信頼性が悪化する箇所は乗客数が増加しており、この箇所ではサービスレベルを向上させる必要性を指摘している。さらに、Uniman⁷⁾らは、交通系 IC カードデータを用いて旅行時間を算出し、95%タイル値と 50%タイル値やバッファタイムなどの指標を用いて、その信頼性を評価し、旅行時間を向上することで大幅にサービスレベルが改善できることを指摘している。折部⁸⁾らは、バスプローブデータを用いて、曜日別や時間帯の遅延状況を分析している。その結果、朝と夕方遅延のばらつきが大きくなり、バス旅行時間信頼性が悪化することを明らかにしている。さらに、折部⁹⁾は交通系 IC カードデータのみを用いてバスの旅行時間信頼性評価を行うことを念頭に、IC カードデータから計算される旅行時間のバイ

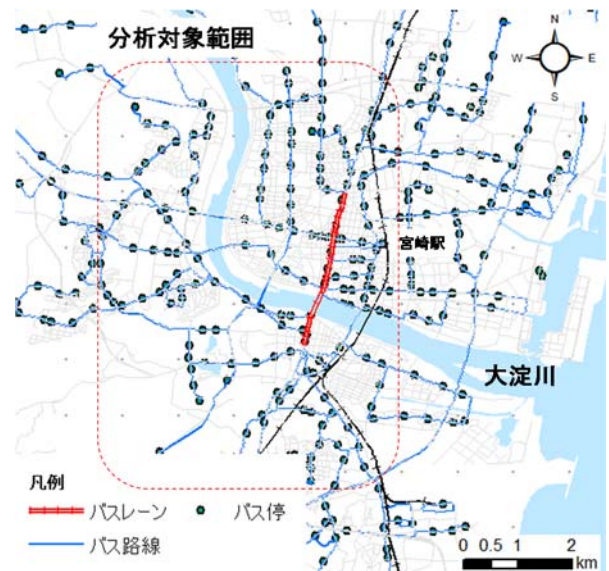


図-1 バス専用レーンの位置関係

アスを補正する方法を提案している。

交通系 IC カードに関するこれらの研究が示すように、旅行時間信頼性は乗客にとって大きな要素であると考えられるが、これらの研究は平常時の日々の変動を分析したものであり、バス専用レーン導入前後でバス専用レーン実施区間以外も分析対象としてバス停間のバス旅行時間を比較したものはないといえる。

3. 分析対象地域およびデータ概要

(1) 分析対象地域の概要

本研究では、2016 年 2 月から市内中心部においてバス優先レーン規制を変更し、バス専用レーンが本格実施された宮崎市を対象にする。分析対象地域におけるバス専用レーンの位置関係を図-1 に、変更前後におけるバス専用レーン規制の概要を表-1 に示す。図-1 において赤い実線はバス専用レーン規制が実施された区間を示しており、赤い点線は分析対象範囲である。なお、図中において大淀川より北側においては片側 3 車線のうち 1 車線がバス専用レーン化されたのに対し、大淀川よりも南側は片側 2 車線のうち 1 車線がバス専用レーン化されている点に注意が必要である。

表-1 バス専用レーン規制変更の概要

	バス専用レーン	バス専用レーン
曜日	平日・土曜日	平日のみ
時間	7:00~9:00 17:00~19:00	7:30~8:30 17:30~18:30
区間	図-1 に示す一部区間短縮	

表-2 データ項目と宮崎県内全域の平日のデータ件数(件)

データ項目	
乗車日	乗車時刻
乗車バス停	降車時刻
降車バス停	バス系統番号

宮崎県内全域の平日のデータ件数(件)			
	2015年2月	2016年1月	2016年2月
朝	28,912 (9.44%)	11,688 (8.86%)	8,758 (8.46%)
夕	17,617 (5.75%)	6,734 (5.11%)	4,723 (4.56%)
全体	306,172	131,870	103,464

(2) 分析データの概要

前述したバス専用レーン導入がバスの旅行時間に及ぼす影響を、宮崎交通(株)が発行するICカード「バスカ」を用いて分析する。分析データの概要を表-2に示す。データ件数は、2016年になると減少しているが、これは2015年11月から2016年3月までの移行期間を経て全国共通のICカードに切り替えが行われたため、独自のICカードから全国共通のICカードに切り替えた乗客がいたためであると考えられる。また、バス専用レーンが実施されている時間帯に限ると、データ件数は限られているといえる。

データ記録項目は、乗車日、路線番号および乗降バス停および時刻であるが、当該路線のうち何番目のバスを利用したかに関する情報(以下、便番号とする)はわからない。したがって、利用されたバス停間の旅行時間は容易に算出可能であるが、便番号に関する情報もわかれば同一のバス車両を利用した他のICカードデータと組み合わせることにより、より多くのバス停間の旅行時間を算出できるようになる。便番号の推定アルゴリズムは次節で述べる。

(3) 便番号およびバス停間旅行時間推定アルゴリズム

本節では、ICカードの乗車、降車記録データから便番号の推定を行うアルゴリズムの説明を行う。なお、以下における「系統」は、ICカードに記録された路線番号に加えて、始発バス停から終点バス停までの方向も区別したものを表している。また、当該系統におけるバスの便数 R ならびに、それらの始発バス停の定刻出発時刻 T_1^r ($r = 1, 2, \dots, R$)は既知であるものとし、さらに当該系統が停車するバス停 BS_n ($n = 1, 2, \dots, N$)およびバス停 BS_{n-1} 、 BS_n 間の距離 d_n も既知であるとする。

Step1 データソート

ICカードの乗車、降車記録データを系統ごとにソートする。

Step 2 系統ごとに以下の操作を行う。

Step2-1 始発バス停の定刻出発時刻の読み取り

$n = 1$ とする。始発バス停 BS_n の定刻出発時刻 T_n^r ($r = 1, 2, \dots, R$)を読み取る。

Step 2-2 バス停 BS_{n+1} の予想到着時刻の更新

一定の速度 v で走行すると仮定して、次のバス停 BS_{n+1} への予想到着時刻を以下の式により求める。

$$T_{n+1}^r = T_n^r + d_n/v \quad (r = 1, 2, \dots, R) \quad (1)$$

Step 2-3 ICカードデータの抽出

バス停 BS_{n+1} を $T_{n+1}^r \pm \rho$ の範囲内に乗車、降車したICカードデータを抽出し、抽出されたICカードデータの時刻の集合を $C_{n+1}^r = \{t | T_{n+1}^r - \rho \leq t \leq T_{n+1}^r + \rho\}$ とする。便番号が r ($r = 1, 2, \dots, R$)のバス停 BS_{n+1} の到着、出発時刻の推定値を、以下のように更新する。

$$\text{到着時刻: } AT_{n+1}^r = \min_{t \in C_{n+1}^r} t$$

$$\text{出発時刻: } DT_{n+1}^r = \max_{t \in C_{n+1}^r} t$$

ただし、 $|C_{n+1}^r| = 0$ のときは、 $AT_{n+1}^r = T_{n+1}^r$ 、 $DT_{n+1}^r = T_{n+1}^r$ とする。

Step 2-4 次バス停への処理

$n < N - 1$ ならば、 $n = n + 1$ 、 $T_{n+1}^r = DT_n^r$ ($r = 1, 2, \dots, R$)としてStep 2-2に戻り、 $n = N - 1$ であればStep 3に進む。

Step 3 終了判定

すべての系統について処理が完了すれば計算を終了し、そうでなければStep 2に戻る。

以上の操作により、ICカードデータにおける便番号の推定を行うと同時に、走行ごとに任意のバス停の到着・出発時刻を推定することができる。このとき、バス停 ij 間の旅行時間を以下の式により推定できる。

$$TT_{ij} = AT_j^r - DT_i^r \quad (i < j, r = 1, 2, \dots, R) \quad (2)$$

ただし、Step 2-2において $|C_{n+1}^r| = 0$ となるバス停、走行の到着・出発時刻はICカードデータを用いずに間接的に推定したものであるため、始発バス停の出発時刻以外は旅行時間の算出に用いないものとする。

(4) 推定アルゴリズムにおけるパラメータの検討

前節で述べた推定アルゴリズムにおいて、Step 2-2で一定と仮定したバスの走行速度 v と、Step 2-3で仮定したICカードデータ抽出閾値 ρ の2つのパラメータを設定す

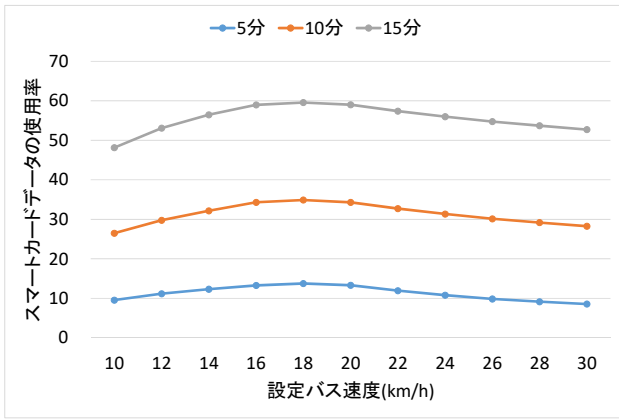


図-2 スマートカードデータ使用率の比較

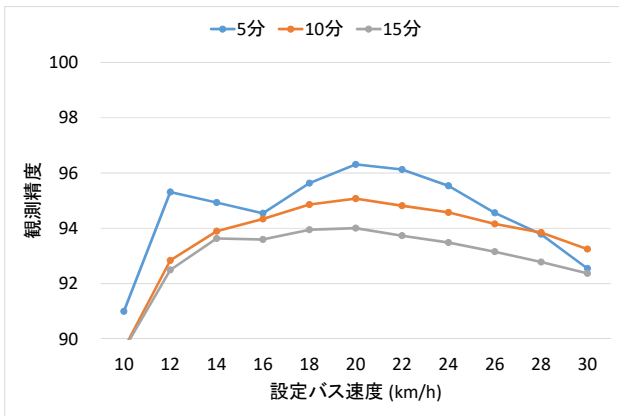


図-3 観測精度の比較

る必要がある。ρを大きな値として設定すれば、より多くの IC カードデータをバス停間の旅行時間の推定に利用することができるが、特に運行頻度の高い系統では IC カードが誤った便番号として推定されることが想定される。そこで、ρを 5 分、10 分、15 分の 3 通りの値を仮定し、またバスの走行速度 v を 10km/h から 30km/h の間を 2km/h 刻みで設定し、これらから推定精度が高いパラメータの組み合わせを採用することにする。

分析に用いた IC カードデータには便番号に関する真値は記録されておらず直接的に推定精度を算出することはできない。そこで、前節におけるアルゴリズムの Step 2-3 において、1 トリップについて $T_{n+1}^r \pm \rho$ の範囲内に含まれるかを乗車、降車の 2 回判定を行っており、便番号が正しく推定されていれば同一 IC カードでは乗車および降車で判定された便番号は一致する点に着目して精度検証を行う。すなわち、本研究では推定精度を $N_{matched} / N_{total}$ として定義する。ただし、 N_{total} は乗車、降車両方の便番号が推定された IC カード件数、 $N_{matched}$ は乗車、降車で判定された便番号が同一である IC カード件数である。なお、本研究では v および ρ を全系統、全区間で一律の値としており、特に後半に停車するバス停では乗車、

降車ともに同一であるが誤った便番号として推定されることにより、本研究で定義した推定精度は過大評価している可能性がある。パラメータの設定方法や推定精度の定義については、今後の課題としたい。

図-2、図-3 にそれぞれ各パラメータの値と推定に用いた IC カードの比率、推定精度を示している。図-2 を見ると、ρ の値を 5 分とすると最大でも 15% 程度のデータしか旅行時間の推定に用いられていないが、15 分にすると最大で 60% 程度のデータが利用されているといえる。なお、推定に用いた IC カードの利用比率は最大でも 60% 程度の値にとどまっているが、宮崎県下すべてを起終点とした IC カードデータを分析に用いたためである。一方、図-3 を見ると、ρ を 15 分に設定した場合の観測精度は 90% 以上と高い値であり、また ρ を 5 分とした場合の観測精度よりも数% 程度しか悪化していないといえる。したがって、推定に用いられるデータの比率と推定精度の両方を勘案して、ρ を 15 分に設定する。さらに、v は推定精度が最大となる 20 km/h に設定する。

4. バス専用レーン施策が旅行時間信頼性に及ぼす影響分析

本章では、第 3 章で述べた推定アルゴリズムにおける、式(2)で定義した旅行時間を用いて、バス専用レーン導入がバスの旅行時間に及ぼす影響を面的に分析する。

(1) 分析条件

前章で示した推定アルゴリズムを用いて系統ごとにバスの旅行時間を推定したのち、通過する経路が共通の系統を集約し、次節で選定するバス停間の旅行時間情報を

表-3 各区間の区間長およびデータ件数

区間	距離 (m)	データ件数		
		2015 年 2 月	2016 年 1 月	2016 年 2 月
1	603	191	86	59
2	603	603	79	47
3	1638	38	20	16
4	1017	162	91	76
5	1017	132	31	22
6	833	23	10	10
7	1273	48	27	17
8	612	60	22	22
9	612	149	32	20
10	3900	43	33	33

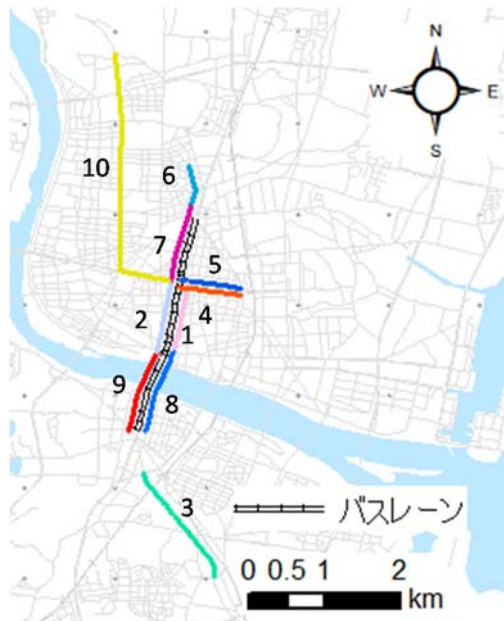


図-4 分析対象区間の位置

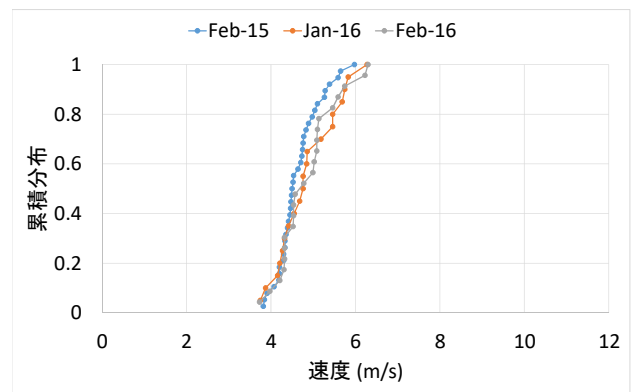
プールした。なお、朝のバス専用レーン実施時間帯である 7:30 から 8:30 の間に分析対象地域を通過した車両のみを対象とした。そして、プールしたデータを 1 ヶ月単位にわけ、累積分布図により信頼性の変化を分析する。なお、推定アルゴリズムにおいて乗車及び降車が異なる便番号として推定された IC カードデータに関しては、乗車に関する情報の方が精度が高いと考え、乗車バス停と時刻に関する情報のみを旅行時間の推定に用いた。さらに、推定された旅行時間が 0 やマイナスのものは明らかに矛盾しているため、分析対象から除外した。

(2) 分析対象バス停ペアの選定

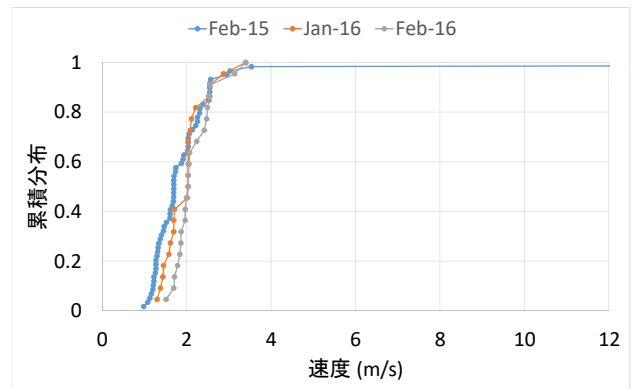
分析対象バス停ペアは、i) 交通信号による影響を受けないようある程度距離が離れている、ii) 旅行時間が多く推定されている、iii) バス専用レーン区間を含む区間と含まない区間の両方を選定する、という観点から図-4 に示す 10 のバス停ペア（以下、区間とする）を選定した。表-3 に各区間の区間長および推定された旅行時間件数を示す。前述したように、分析対象地域において 2015 年 11 月から 2016 年 3 月までの移行期間を経て、独自の IC カードである「バスカ」から、全国共通の IC カードに切り替えが行われたため、特に 2016 年の件数が少なくなっている。そのため、上述した選定基準の ii) に関しては、全期間において旅行時間が 10 件以上推定されていることを条件とした。

(3) 区間ごとの旅行時間信頼性の経時的比較

本節では、前節で選定した区間ごとにバス専用レーン実施前後の旅行時間信頼性を比較する。なお、区間ごとに区間長が異なるため、以下の分析では速度に基準化して分析を行う。図-5 に区間 3 および区間 8 の速度の累積



区間3



区間8

図-5 区間 3 および区間 8 の速度の累積分布

分布を示したものである。区間 3 においては、全期間ともに速度の 100% タイル値は 6m/s (=21.6km/h) 程度であるが、区間 8 において 2015 年 2 月のみ速度の 100% タイル値は大きな値となっている。これは、区間 8 においては、運行頻度の高い系統も含まれているため、前章で述べた推定アルゴリズムで正しく車両を推定されていないためであると考えられる。したがって、推定された全旅行時間データを用いて評価する場合、累積確率が 100% に近い速度ほど過大評価する可能性があるといえる。

したがって、以下では区間ごとに速度の累積分布から $10 \times k\%$ タイル値 ($k = 1, 2, \dots, 9$) を算出し、その累積分布を評価する。図-6 に結果を示す。片側 2 車線の道路にバス専用レーンが導入された区間 9 においては、バス専用レーン導入後の 2016 年 2 月ではすべての % タイル値の速度が向上していることがわかる。また、その反対側に位置する区間 8 においても、2016 年 2 月の 10~40% タイル値と 80% タイル値以上の速度が大きくなっていることから、バス専用レーン導入により旅行時間信頼性が向上しているといえる。一方、バス専用レーンの区間外に位置する区間 6 においては、2016 年 2 月の 10~60% タイル値の速度が小さくなっており、バス専用レーン導入により旅行時間信頼性が悪化しているといえる。また、片側 3 車線の道路にバス専用レーンが導入された区間 7 に

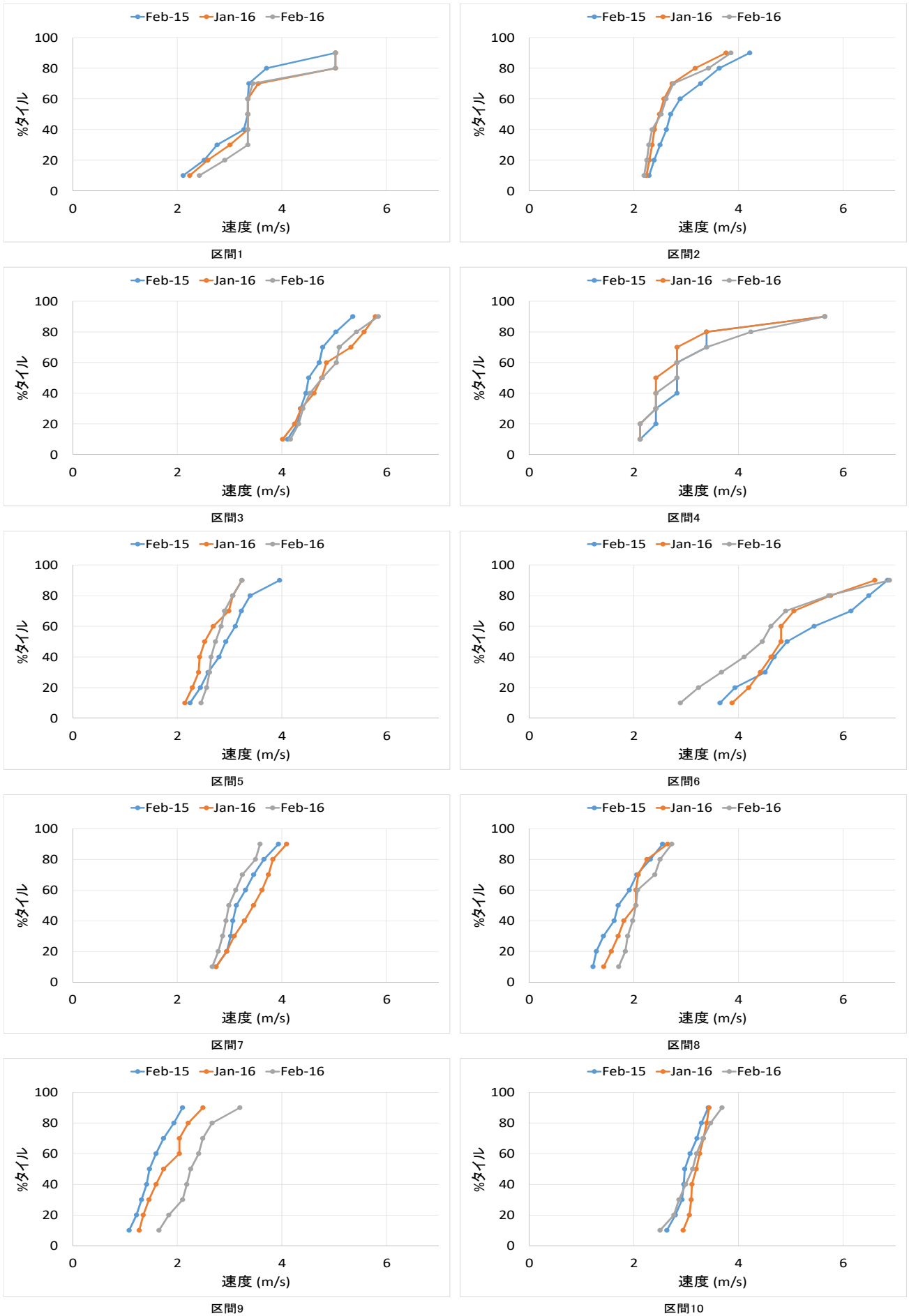


図-6 %タイル値の分布

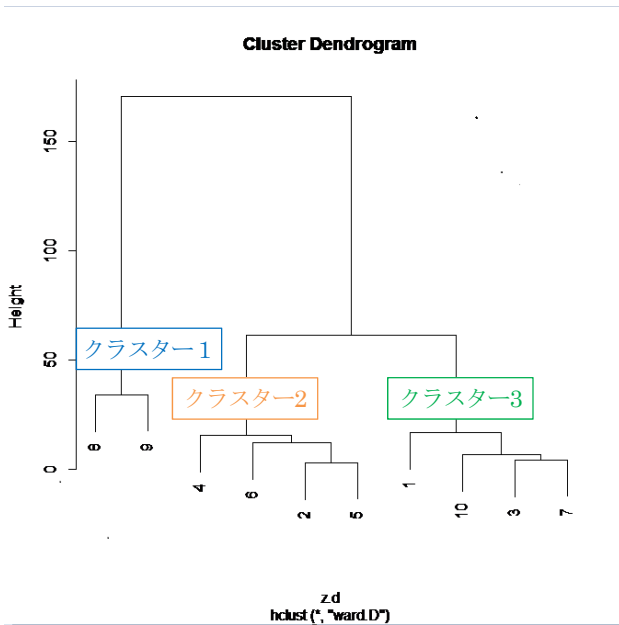


図-7 デンドログラム

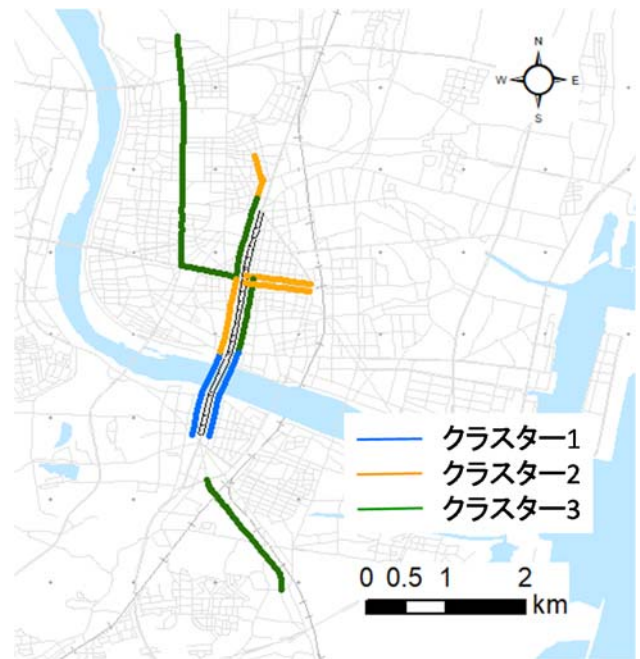


図-9 各区間が属するクラスターの位置

においても 2016 年 2 月の旅行時間信頼性が悪化している。当該区間は片側 3 車線あるためバス専用レーン導入前もバスの遅延は顕著化しておらず、旅行時間信頼性が悪化したのはバス専用レーンとは別の要因があると思われる。なお、その他の区間ではバス専用レーン実施により旅行時間信頼性が大きく悪化していないといえる。

(4) 旅行時間信頼性の変化に着目した区間の類型化

次に、旅行時間信頼性の変化に着目して区間を類型化し、グループごとの特徴を分析する。図-6 を見ると、道路構造等の要因により区間ごとのバスの平均速度が異なっているが、速度データそのものを用いて類型化すると、バス専用レーン以外の要因に起因する平均速度が影響を及ぼすと考えられる。そこで、平均速度の違いによる影響を排除するために、2016 年 1 月および 2 月の速度の各

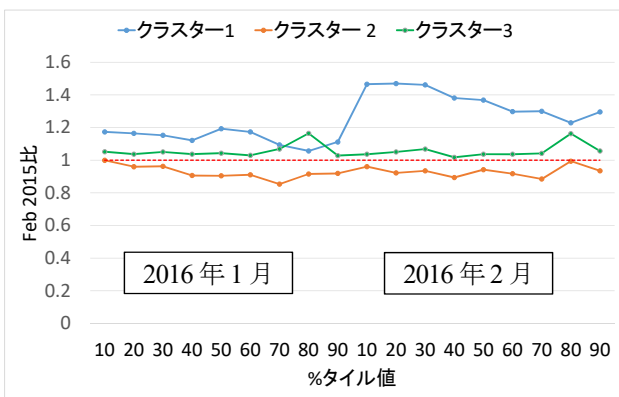


図-8 2015 年 2 月比の速度パーセンタイル値

パーセンタイル値を 2015 年 2 月のそれで基準化した値を説明変数にして類型化を行う。類型化には階層クラスター分析法を適用し、またクラスター形成にはワード法を、クラスター間距離は平方ユークリッド距離を用いた。図-7 に示すデンドログラムを参考に、以下ではクラスター数を 3 として分析をすすめる。

図-8 に各クラスターにおける、2015 年 2 月の速度パーセンタイル値を基準とした 2016 年 1 月および 2 月の速度パーセンタイル値の比率を示す。図中において、縦軸の比率が 1.0 を上回れば速度が増加していることを意味している。クラスター 1 においては、バス専用レーン規制が導入された 2016 年 2 月に比率が増加しており、特に低いパーセンタイル値における増加率が大きいことがわかる。したがって、クラスター 1 ではバス専用レーン実施にともない旅行時間信頼性が向上したといえる。一方、クラスター 2 および 3 においては、2016 年 1 月から 2 月の間で速度パーセンタイル値の比率に大きな変化はなく、両クラスターともバス専用レーン実施によっても旅行時間信頼性は大きく変化していないといえる。また、クラスター 2 の速度パーセンタイル値の比率は 1.0 を下回っており、クラスター 3 のそれは 1.0 を上回っていることから、両クラスターは 2015 年 2 月から 2016 年の速度分布の変化によって分類されたといえる。

図-9 に各区間が属するクラスターを示す。バス専用レーン実施にともない旅行時間信頼性が向上したクラスター 1 は、片側 2 車線の道路にバス専用レーンが導入された区間が該当していることがわかる。また、クラスター 2 および 3 はこれら以外の区間に分布しており、片側 3

車線の道路にバス専用レーンが導入された区間では旅行時間信頼性の向上効果は見られなかったものの、バス専用レーン外の区間においても旅行時間信頼性が低下することはなかったといえる。

5. 結論

本研究では、交通系 IC カード「バスカ」のデータを用いて 2016 年 2 月に実施されたバス専用レーン規制前後のバスの旅行時間信頼性を評価し、その影響を面的に分析した。分析に用いた IC カードは乗降バス停および乗降時刻に関する情報は記録されているものの、乗車した便番号が記録されていないため、より多くのバス停間の旅行時間を算出できるよう、便番号の推定ならびに系統内の任意のバス停間旅行時間を計算するアルゴリズムを考案した。その上で、バス専用レーンを含む区間と含まない区間の両方を分析対象区間として選定し、旅行速度の累積分布の比較を行った。その結果、バス専用レーン導入により一部のバス専用レーン区間の旅行時間信頼性が向上することが確認され、またバス専用レーンを含まない区間も含めたその他の区間においても、バス専用レーン実施により旅行時間信頼性は悪化しないことが確認された。

最後に今後の課題を述べる。便番号および区間の旅行時間の推定にあたり、全系統、全区間で一律のパラメータを設定したが、道路構造や系統ごとの運行頻度に応じて設定すれば推定精度が向上すると考えられる。また、本研究ではバス専用レーン導入前後に着目した旅行時間信頼性評価を行ったが、道路構造などそれ以外の要因と得られた結果との関係性についても分析する余地があるといえる。

謝辞：分析に用いた IC カードデータは宮崎交通株式会社より提供を受けたものである。ここに記し、感謝の意を示します。

参考文献

- 1) Kurauchi, F. and Schmocker, J.-D.: Public Transport Planning with Smart Card Data, *CRC Press*, Chapter 1, 2017
- 2) 嶋本寛, 北脇徹, 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, 土木計画学講演集, Vol70, No.5, I_605-I_610, 2014.
- 3) 近藤 篤史, 嶋本 寛: IC カードデータを用いた公共交通の運賃制度と乗客行動の関係性分析, 土木学会論文集, Vol.72, No.5, I_653-I_660, 2016.
- 4) 西内裕晶, 轟朝幸: IC カード DESUCA を用いた公共交通利用者のトリップパターンの変動に関する分析, 第 10 回 ITS シンポジウム 2011, CD-ROM, 2011.
- 5) 中村菜都美, 中村俊之, 宇野伸宏, 嶋本寛: 交通系 IC カード情報を活用した大規模商業施設開業に伴うインパクト分析, 第 47 回土木計画学研究発表会・講演集, CD-ROM, 2013.
- 6) Eom, J. K., Choi, M. H. and Lee, J., "Evaluation of Metro Service Quality using Transit Smart Card Data", the 91st Annual Meeting Compendium of Papers, Transportation Research Board, 2012.
- 7) Uniman, D. L., Attanucci, J., Mishalani, R. G. and Wilson, N. H. M., "Service Reliability Measurement Using Automated Fare Card Data", *Journal of Transportation Research Record*, 2143, pp. 92-99, 2010.
- 8) 折部雄太, 藤原章正, 張峻屹, 力石真, 瀬谷創: 路線バスの旅行時間信頼性とその影響要因に関する基礎的研究, 第 53 回土木計画学研究発表会・講演集, CD-ROM, 2016.
- 9) 折部雄太, 力石真, 瀬谷創, 藤原章正: バスプローブ及び公共交通 IC カードを用いた旅行時間信頼性の面的評価, 第 55 回土木計画学研究発表会・講演集, CD-ROM, 2017.

(2017.???)受付

EVALUATION OF THE EFFECT OF INTRODUCING BUS EXCLUSIVE LANE ONTO TRAVEL TIME RELIABILITY OF BUSES

Kazuaki TAKEMASA and Hiroshi SHIMAMOTO