

プローブカーデータを用いたバスの運行状況の評価に関する実証的分析

An Empirical Analysis of bus performance with Probe-Car data

安田 幸司*2, 塩土 圭介*3, 吉村 英二*4, 市川 晴雄*5, 浅井 加寿彦*3, 中川 真治*3

By Koji YASUDA*2, Keisuke SHIOJI*3, Hideji YOSHIMURA*4, Haruo ICHIKAWA*5, Kazuhiko ASAI*3, Shinji NAKAGAWA*3

1. はじめに

バス交通は一般的にバスレーンを除いて専用走行空間を持たないという特性より、その挙動は一般車両の多少、路面状態、また乗客の乗降時間などの多様な外的要因に影響される。また、バス運転手が各自に運行時間を調整する場合も多く、運行状態が事業者側、利用者側ともに把握しにくくなっている。その中で、バスの運行実態を把握することは、バスの利便性向上のための方策を検討するうえで重要である。本研究は、バスの定時性に関する情報を事業者側、利用者側に提供するための基礎分析として、GPS から得られた走行軌跡データ（プローブカーデータ）を用いたバスの運行定時性評価に関する実証的分析を行うことを目的とする。

バスの運行実態を捉えるために、これまでバスの運行データを用いた運行時間の変動分析などが行われている。頭川ら¹⁾は、PTPS（公共車両優先システム）において収集された運行データから運行時間の変動に与える影響について分析している。

一方、ここ数年、車両に GPS を搭載した車載機器を設置するだけで簡単に走行時の位置、時刻、速度の計測ができるプローブカーシステムを用いた、運行実態把握の試みが行われている。吉田ら²⁾は、GPS バスロケを利用した走行履歴データ（30 秒毎の等間隔データと地点通過データの 2 種類）を用いて、バ

スの定時性に関する利用者評価を踏まえて旅行速度の変動要因を詳細に分析している。

本研究では、大阪府域で運行されている路線バスから得られた 3 ヶ月間のプローブカーデータを用いて、バスの運行定時性を評価する。さらにプローブカーデータを用いて、バスの利便性向上のため情報提供の一方策について提案する。

2. プローブカーデータの概要

本研究で利用するプローブカーデータは、大阪府域で運行されている路線バスから得られた 3 ヶ月間のプローブカーデータである。

このプローブカーデータは、GPS を搭載したプローブカーシステムによって計測されたデータであり、走行時の位置（緯度・経度）、日時、速度を 1 秒ピッチで計測したものである。

大阪府の一部地域を運行している路線バスの 1 つの系統を対象に、全運行時間帯においてプローブカーデータの計測を行った。

表 - 1 プローブカーデータの概要

項目	内容
データ取得区間	大阪府の一部地域を走行する路線バスの 1 系統区間
データ取得期間	平成 14 年 9 月～11 月（3 ヶ月）
データ記録時間帯	終日（24 時間常時記録可能）
位置情報	緯度・経度
日付	記録日（年月日・曜日）
時刻	記録時刻（時：分：秒）
記録ピッチ	1 秒ピッチ
データサイズ	42 バイト / 1 秒

*1 キーワード：プローブカーデータ, 交通情報, 公共交通運用

*2 正員：(株) 地域未来研究所 大阪事務所・調査研究部
〒540-0024 大阪市中央区南新町 1 丁目 3 番 8 号
tel:06-6947-2623 e-mail: yasuda@issr-kyoto.or.jp

*3 正員：(社) システム科学研究所 調査研究部
〒604-8223 京都市中京区新町通四条上ル小結棚町 428
tel:075-221-3022

*4 非会員：国土交通省 近畿地方整備局 和歌山河川国道事務所

*5 非会員：門真市 理事

3. バスの運行実態の把握

(1) バス停留所到着時刻データの作成

バスの運行定時性を評価するにあたり、本研究では、当該系統におけるバス停留所毎の到着時刻データを作成した。

プローブカーデータは、位置情報として緯度・経度データを持っているため、停留所毎の緯度・経度に対する近接状態をもとにバス停留所毎の到着時刻を抽出した。

具体的には、バス停留所を中心とする半径 25m の円内にバスが入った時刻を当該バス停留所の到着時刻として抽出した。

以下の図は、ある平日の上り方向のバス停留所到着時刻とダイヤ時刻をグラフに示したものであり、最初の停留所で生じた遅れが、次のバス停へと徐々に広がり、ある停留所から遅れの修正が図られている様子が示されている。

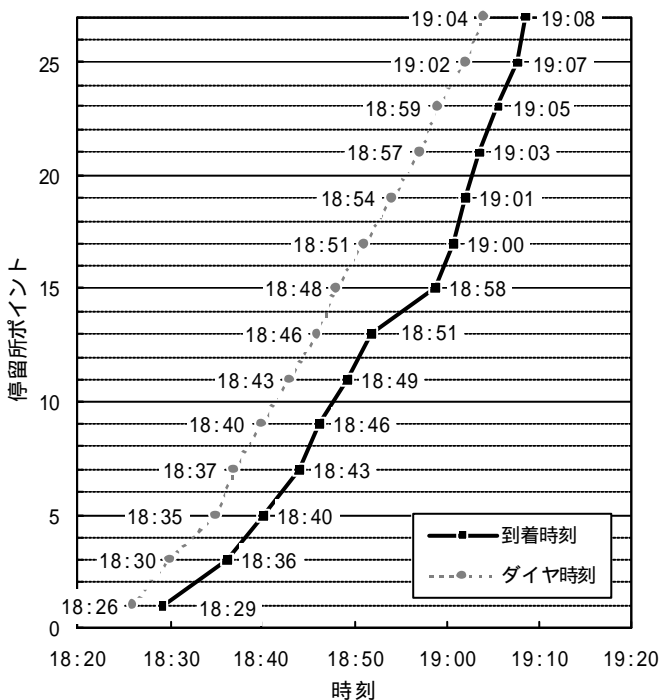


図 - 2 バス停留所別の到着時刻とダイヤ時刻

このようなバス停留所毎の到着状況は、曜日別(平日、土曜日、日曜日・休日) 時間帯別、方向別、天候別(非降雨・降雨)別に集計することにより、曜日、時間帯、方向、天候などの外的要因が運行定時性に与える影響を捉えることができる。

(2) バスの運行実態分析結果と考察

調査対象車両のバス停通過時刻を記録しデータベース化することで、以下の分析が可能となった。

a) 各バス停間曜日別・時間帯別平均所要時間

各バス停間の曜日別・時間帯別の平均所要時間を図示すると例えば図 - 3 のように示される。この区間では、時間帯別・曜日別の所要時間変動はかなり傾向が異なっており、平日上り方向の 9 時台・17 時台や土曜日下りの 15 時台など、所要時間が変動する時間帯が明らかになった。

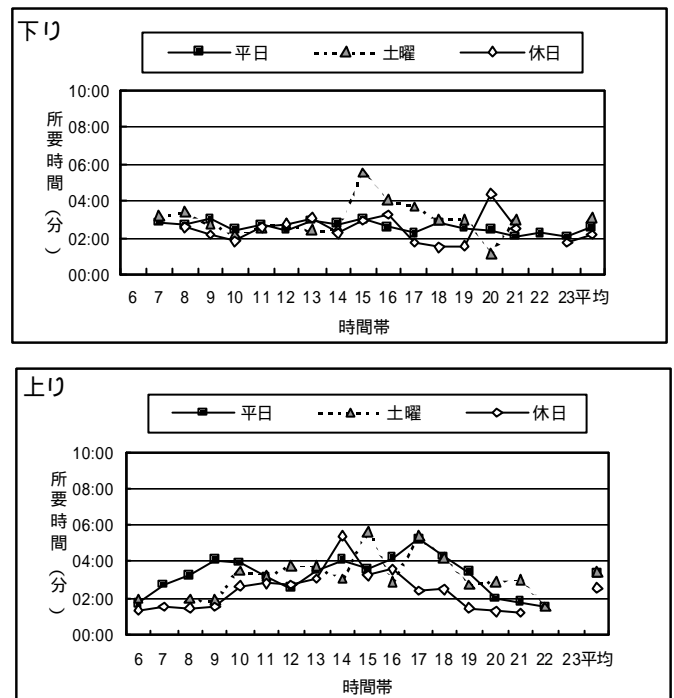


図 - 3 曜日別時間帯別の平均所要時間変動

b) バス停間所要時間の度数分布

さらに、バス停間の所要時間の度数分布を算出し標準偏差や変動係数等を比較することでバス停間の所要時間の信頼性を把握することが可能である。図 - 4 はある区間の所要時間の頻度分布(総数を 100%とした頻度発生率)を示している。この区間の定時(バスダイヤ)の所要時間は 3 分(ただし時間帯により異なる)であるが、この区間では曜日によりかなり定時より早く走行している車両が多いことがわかる。これが遅れを取り戻すための挽回運転か、単なる早発かで評価が分かれることに留意する必要があるが、事業者側が区間別の標準所要時間(ダイヤ)を見直す際の参考として有益な情報となりうる。

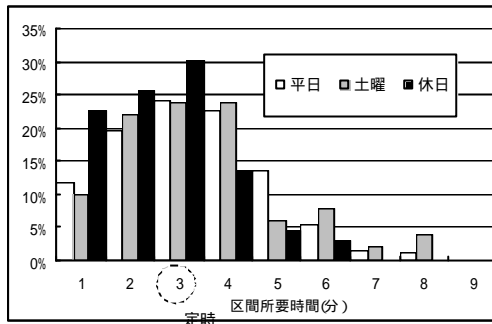
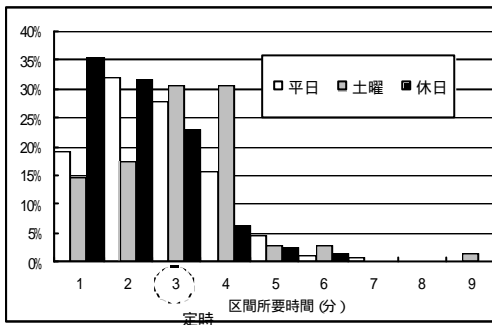


図 - 4 バス停区間の所要時間分布

c) バス停時刻表からの平均遅れ時間

バス利用者にとって、実際のバスの到着時刻がバス停の時刻表からどの程度遅れているかを知ることが最も重要な関心事であると考えられる。図 - 5 は起点から終点までの各バス停における時刻表からの平均遅れ時間を時間帯毎に図示したものである。ある地点から遅れが増大し、終点側では時間帯によって相当の遅れが生じていることがわかる。

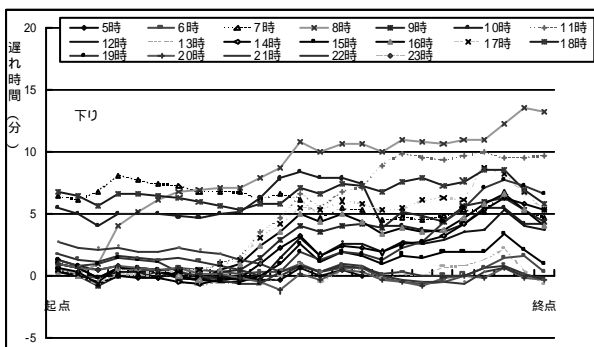
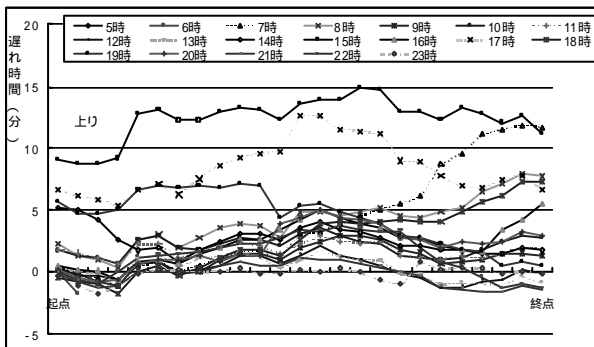


図 - 5 バス停ごと発車時間の時刻表からの遅れ時間 (時間帯平均・平日)

この図から、遅れが生じている地点の把握、時間

帯別の所要時間増大の状況等が把握できる。この例では始発から遅れている時間帯があるが、バスの前便の遅れにより始発発車時刻そのものが遅れている場合もあったためである。

d) バス運行所要時間の信頼性の検討

続いて、バス路線の信頼性を評価するため、バスシステムの起終点間所要時間の散布図を作成した。ここでは、降雨時・非降雨時により所要時間変動に差があるかどうかを検証するため、日別に 1mm 以上の降雨の有無に分けて分析を行った。さらに、曜日・時間帯、降雨の有無による所要時間変動の有意性を確認するための分散分析を行った。

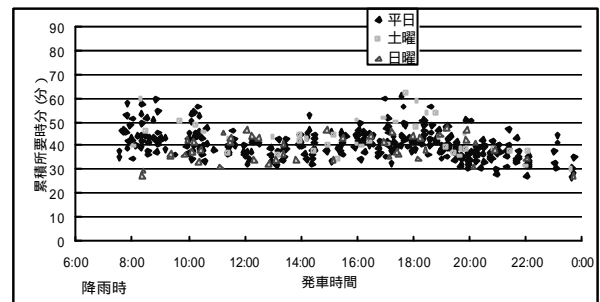
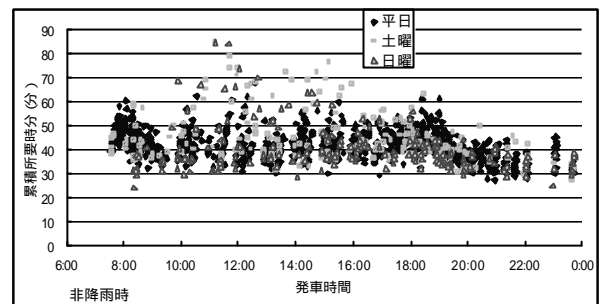


図 - 6 起終点所要時間の始点発車時間毎の散布図 (上り)

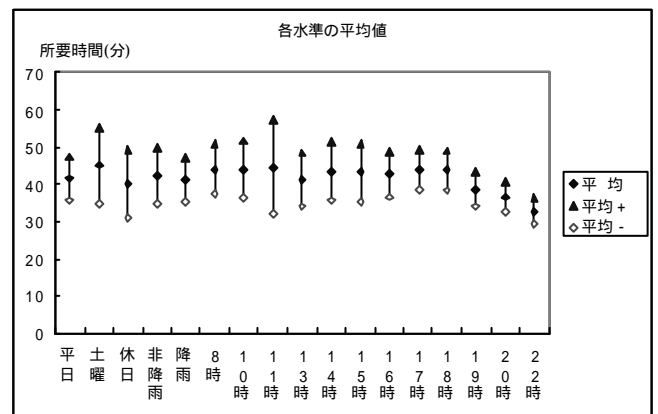


図 - 7 各要因による所要時間の平均値と分散

その結果、時間帯別には有意差が確認され、また夜間の変動が小さく、午前中の所要時間の変動が大きいことから、この系統においては午前中における所要時間変動が特に大きいことがわかる。一方、こ

の系統においては、降雨・非降雨による所要時間の差は有意とならなかった。降雨時が少なかったこともデータ解析に影響を及ぼしていると考えられるが、今後このようなデータを蓄積していくことで、さらなる評価が可能と考える。

4. バスの運行実態情報の活用方策について

バスの運行特性を詳細に捉えることのできるプローブカーデータを用いることにより、バスの運行所要時間が、時間帯や曜日、方向など外的要因から影響を受けている実態を捉えることができる。

バス事業者にとっては、所要時間に影響を及ぼす要因を把握することにより、運行管理、団子運転の見直し、ダイヤの見直し、早発防止対策の検討などが可能となるが、効果的な運行改善と利便性の向上に結びつけることはなかなか容易ではない。

一方、バス利用者にとっては、バスの運行における所要時間の不確実性が利便性の低下を招いているが、生田・中川らの研究³⁾では、バス運行の遅れの実態を認識している利用者ほどバス停留所来停時刻が遅く、実質的な所要時間が小さくなっている実態が示されている。

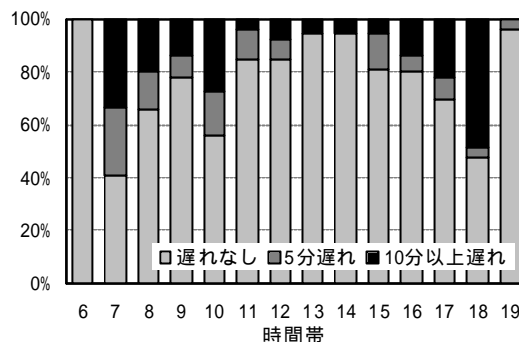
バス利用者にとっても、バスの遅れの詳細な実態、を公開することにより、あいまいな到着時刻に応じた交通行動が可能となり、情報をなにも持たない場合よりも、バス停でのイライラ待ちを軽減することができると考えられる。

図-7は、ある停留所における平日・下り方向における時間帯毎のバス停留所到着時刻の遅れ状況の割合を、非降雨時と降雨時のそれぞれの状況について示したものである。

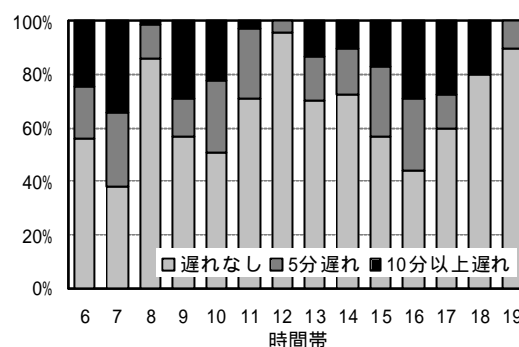
各時間帯の棒グラフは、ダイヤ時刻に対して「0～5分(遅れなし)」、「5～10分(5分の遅れ)の遅れ」、「10分以上遅れ」の3つパターンの各割合を示している。非降雨時、降雨時ともに、朝夕のラッシュ時では遅れの割合が多くなっており、降雨時ではラッシュ以外の時間帯でも遅れの割合が降雨時より比較的高くなっている様子がわかる。

バス利用者にとっては、リアルタイムでのバス近接情報を提供するバスロケーションサービスが望ましいが、蓄積されたプローブカーデータの集計結果から、曜日や時間帯、方向、天候等による遅れの実

態を情報提供することにより、これらの情報を得ていない状況よりも、バス停でのイライラ待ちを軽減できると考えられる。



[平日・下り方向・非降雨]



[平日・下り方向・降雨]

図-7 バス停留所の到着遅延状況

5. おわりに

本研究では、バスから取得されたプローブカーデータを用いてバス運行定時性の評価を行い、曜日や時間帯、方向による運行定時性への影響を捉えることができた。今回の分析には、3ヶ月分のデータを用いて分析を行ったが、プローブカーデータの取得は現在も継続して行われているため、十分なサンプル確保により、運行定時性に影響を及ぼす外的要因をより詳細に捉えることができると考えられる。

今後は、交通量や沿道状況など他の要因からの影響を踏まえた運行定時性の評価を行う。

参考文献

- 1) 頭川正信,高野伸栄,萩原亨:バス運行データを用いた路線バスの運行評価に関する研究,土木計画学研究・講演集 No.21(2),pp.289~292,1998
- 2) 吉田長裕,内田敬,日野泰雄:GPSを活用したバスの定時運行評価に関する事例分析,土木計画学講演集 No.27,2003
- 3) 生田正洋,天野光三,中川大:バスの利便性評価指標と利用者の行動・意識に関する研究,第26回日本都市計画学会学術研究論文集,pp265~270,1991