

GPSを活用したバスの定時運行評価に関する事例分析*

A Case Study on Time-Reliability Evaluation of Bus Transportation by using GPS*

吉田 長裕**・内田 敬***・日野 泰雄****

By Nagahiro YOSHIDA**・Takashi UCHIDA***・Yasuo HINO****

1. はじめに

路線バスの多くは、道路渋滞などによって定時性確保が困難な状況にあり、バスの信頼性低下の主要な要因の一つとなっている。この問題を解決するために、PTPSやバス優先・専用レーンなどのバス優先施策を導入し、所要時間の短縮化を図るなどの対策が行われている。利用者から求められるバスの時間信頼性は定時運行と密接な関係にあるが、実際には様々な道路・交通条件などの影響を受けるため、定時運行の確保は容易ではない。従来、運行データを用いて所要時間の変動要因が分析されてきたが、近年、運行状況を詳細に把握するための道具として、GPSを用いたバスロケーションシステムが全国で活用されており、車載装置から得られる走行位置や時刻情報などの運行実績に基づいて、バス運行に関する詳細かつ客観的な分析・評価が可能となってきている。そこで本研究では、バスの時間信頼性を左右する要因とその程度を明らかにするために、京都府木津南地区で行われた直通バスITS社会実験を事例として、バスの定時性に関する利用者評価を踏まえ、GPSバスロケから得られた運行履歴データを用いて旅行速度の変動要因を分析することとした。

バス ITS 社会実験は、自動車から公共交通へ交通手段の転換を促すために、GPS を利用したバスロケーションシステムによってリアルタイムにバス運行情報を提供するもので、その有効性や情報内容・提供方法の検証を行うことを目的としたものである。木津南地区では、既存のバス路線が渋滞で遅れたりするなどの理由から、バスサービス水準が低下していたため、住民ニーズに基づいて、新規直通バスを試験的に導入することになった。直通バスは、京都府南西部に位置する相楽郡木津町の梅美台ニュータウンと、近鉄高の原駅間（路線距離約 8.5km）を結ぶ路線（バス停数 12（図-1））で、全路線長の約半分は京奈和自動車道を通行するため、正規所要時間約 21 分、平均時速 24.3km と通常の路線バスに比べて比較的高速な運行が可能となっている。



図-1 木津南直通バスのルート図

2. 社会実験と分析データの概要

(1) 社会実験の概要

2002年11月から3ヶ月間実施された木津南直通

*キーワード：バス交通，定時性評価，交通計画

** 正員，博(工)，大阪市立大学大学院 工学研究科
(大阪市住吉区杉本3-3-138, TEL:06-6605-2731,
FAX:06-6605-3077, E-mail:yoshida@civil.eng.osaka-cu.ac.jp)

*** 正員，博(工)，大阪市立大学大学院 工学研究科
(大阪市住吉区杉本3-3-138, TEL:06-6605-3099,
FAX:06-6605-3077, E-mail:uchida@civil.eng.osaka-cu.ac.jp)

**** 正員，工博，大阪市立大学大学院 工学研究科
(大阪市住吉区杉本3-3-138, TEL:06-6605-2730,
FAX:06-6605-3077, E-mail:hino@civil.eng.osaka-cu.ac.jp)

(2) 分析データの概要

1) 利用者調査

平成14年11月18日～24日の計7日間、バス利用者を対象に、OD調査ならびにバス車内配布・郵送回収によるアンケート調査を実施した。主な設問内容は、直通バスの利用状況、総合評価や項目別満足度、改善要望などであり、期間中のべ545人の乗客に対して255票を配布し、161票（回収率63%）を回収した。

2) 運行履歴データ

本研究で使用した運行履歴データには、表-1 に

示す項目が含まれており、30秒ごとに走行位置を記録した等間隔データと、路線上に設けられた地点を通過したときに記録されるサインポスト（以下SP）データの2種類が存在する。SPデータは、概ねバス停毎に対応するように予め設定されたサインポスト（GPSの感度を考慮して半径約50mの円）を通過したときに記録される。本研究ではこのSP通過時刻を用いて、時刻表に基づいたバス停発車時の遅れ時間や総/区間所要時間などを算出し、分析することとした。バスは朝6時から夜10時まで平日23往復、休日15往復を運行しており、実験期間中（92日間）の総運行本数は3688便である。そのうち、欠落データを除いた3486便（95.8%）の194,932レコードを分析対象とした。

表-1 運行履歴データの概要

項目	説明
車体番号	車体番号（3台）
時刻	記録時刻
路線コード	上り、下りの区別
位置情報	緯度・経度（分解能0.6秒）
ログ種別	30sec：等間隔、SP：サインポスト
通信状態	衛星補足個数の判定

3. バス利用者評価と所要時間の変動要因

(1) 利用者評価

直通バスの利用者評価を項目別にみたところ（図-3）、運行速度や始発・終発時刻、鉄道との接続性、運賃で不満の割合がやや高いことがわかる。一方、バスの定時性に関わる項目では、時間信頼性は9割弱が概ね満足としているのに対して、運行速度の評価は必ずしも高くなかった。これはとくに、上りでは早発防止のためにバス停で時間調整している影響が大きいと考えられるが、旅行速度は道路・交通状況によっても変化していると考えられるため、客観的な運行実績を詳細にみていくこととした。

(2) 総所要時間の分布

運行履歴データからは、正確な出発時刻を把握することが困難なため、起点の最寄りSP（時刻表との差は1分以内）と終点SPの時刻差から総所要時間を算出し、その分布を方向別にみた（図-4、図-5）。これをみると、所要時間は下りでは平均約17分、上

りでは平均約19分と、いずれも時刻表に定められた正規所要時間に比べて1~3分程度短い。また、上下の平均値の違いは、実走行距離や交差点右左折回数などの差が関連しているものと考えられ、その標準偏差は約1~1.5分程度であることから、総所要時間の変動幅は概ね±3~5分（6σ）に収まっている。

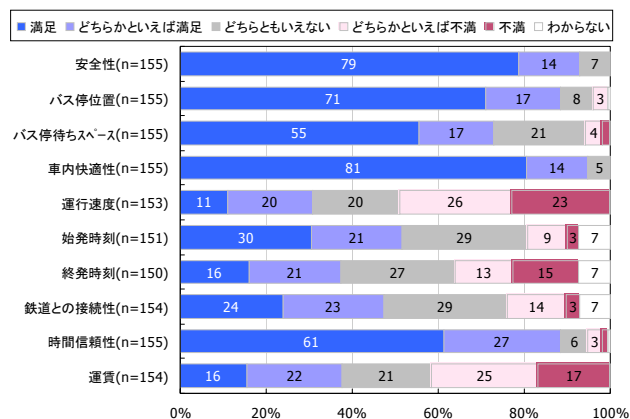


図-3 直通バスに関する項目別満足度

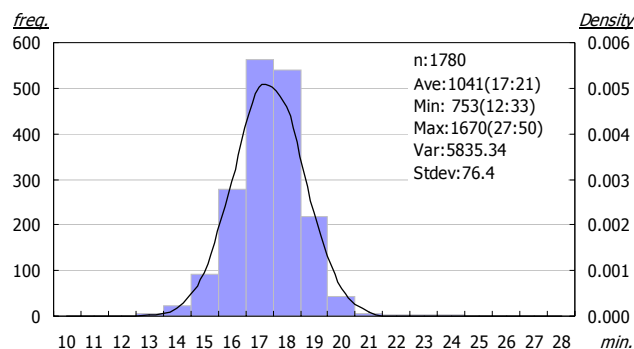


図-4 所要時間の分布（下り）

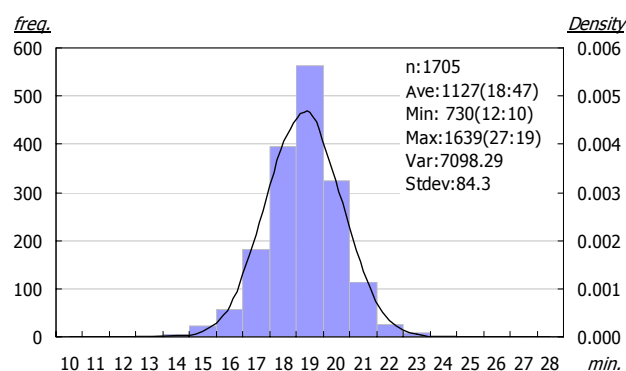


図-5 所要時間の分布（上り）

(3) 発着遅れ時間と総所要時間の関係

出発バス停における発遅れ時間と総所要時間の関係をみたところ（図-6、図-7）、とくに上りでは発遅れ時間が増加するにつれて総所要時間が短くなる傾向がみられた。これは、発車が遅れた場合には、バスドライバーが速度を高めながら時間を調節して

いるためと考えられる。とくに住宅地から駅に向かう上りでは、駅到着時刻が利用者の時間信頼性を左右するため、ドライバーは路線に含まれる所要時間の増分要因を運行速度の調節によって相殺する傾向が強いものと考えられる。一方、下りでは到着時刻の制約がそれほど大きくないことから、発遅れ時間と総所要時間との間には明確な傾向がないものと考えられる。同様に、到着バス停における着遅れ時間と総所要時間の関係をみたところ、上下ともに正の強い相関が認められ、所要時間に応じて到着時刻が変化していることがわかった。

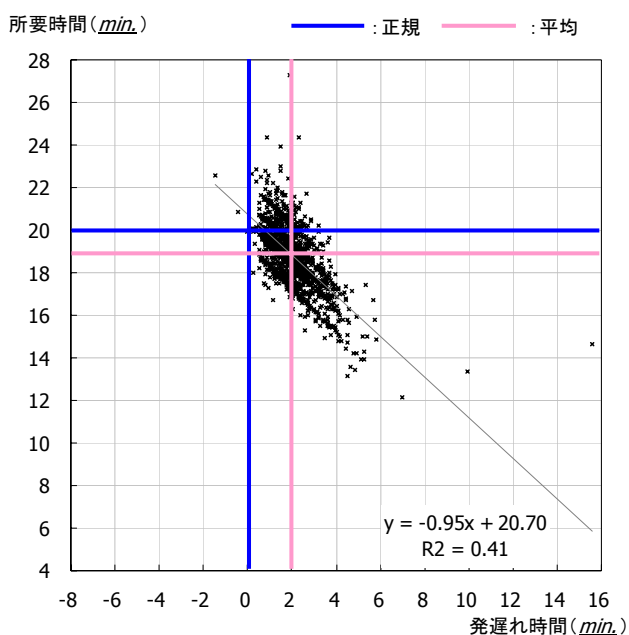


図-6 発遅れ時間と所要時間の関係（上り）

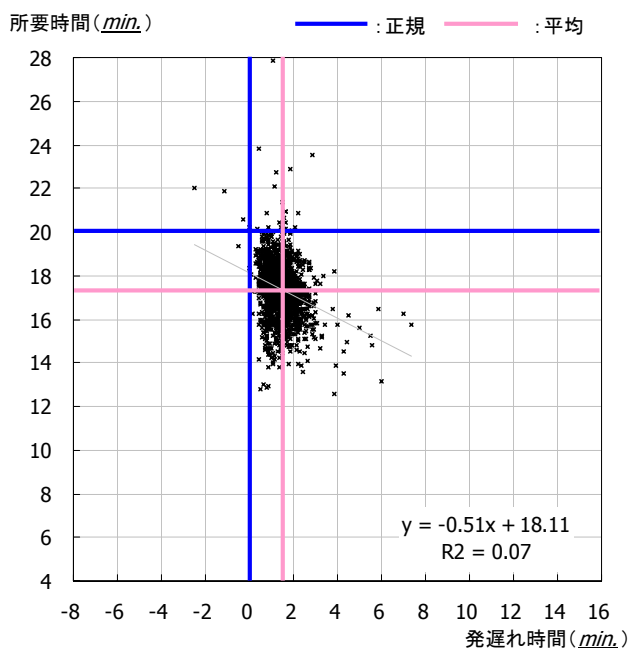


図-7 発遅れ時間と所要時間の関係（下り）

(4) 区間所要時間の変動要因の把握

路線上の詳細な所要時間の変動要因を概観するために、等間隔データをGIS上でプロットし1秒メッシュ毎にカウントしたところ（図-8）、信号交差点やバス停で山が高く、高速道路区間では相対的に山が低い。プロット数の大小は、特定地点の走行に要する時間の程度を表していることから、道路・交通条件やバス乗降、料金所、信号交差点などによる所要時間への影響程度を確認でき、木津南直通バスでは、とくに信号交差点の通過に要する時間が総所要時間の変動に最も影響を及ぼしていると推察できる。

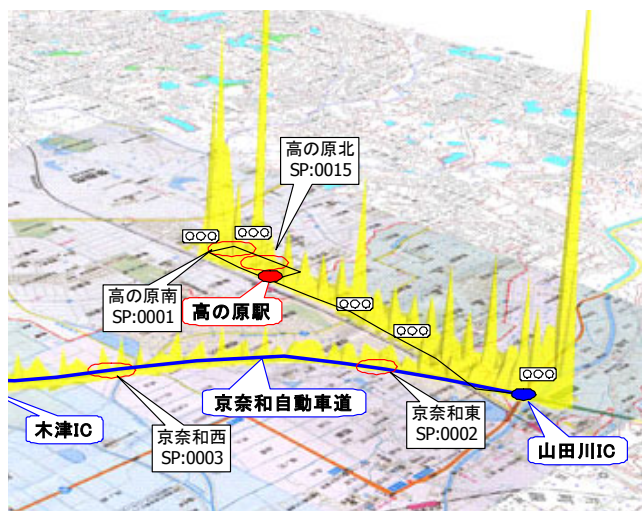


図-8 所要時間の変動要因

(5) 発時刻別の総所要時間変動

道路混雑による総所要時間への影響をみるために、発時刻別に平均値と散布度を算出したところ（図-9）、朝夕のピーク時間帯では時間が若干長くなっており、また標準偏差（分散）も大きい。このことから、道路混雑による影響も少なからず存在していると考えられる。

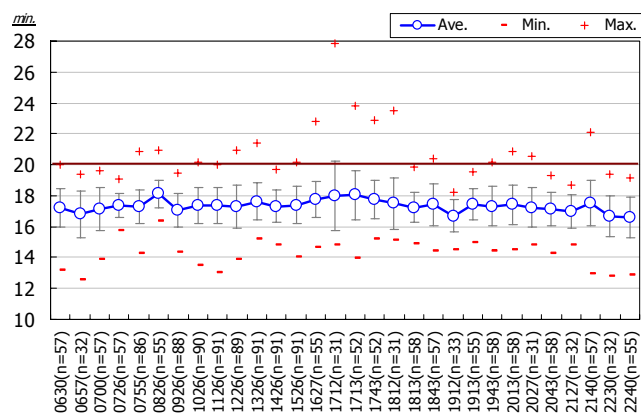


図-9 発時刻別の平均総所要時間と変動（下り）

4. 旅行速度の要因分析

所要時間を左右する要因の影響程度を明らかにするために、旅行速度に関する重回帰分析を行った。

(1) 分析に用いた変数の概要

分析に用いた説明変数を表-2に示す。被説明変数である区間旅行速度は、SP区間毎の所要時間と距離から算出し、各区間に含まれる道路・交通条件を表す変数については、現地調査、GISの解析結果を与えた。また、ドライバーの運転特性や道路区間の混雑度は、上り/下りで異なると考えられることから、クロス変数を用いることとした。

表-2 説明変数の一覧

変数	説明
方向	上り：0、下り：1
発時間	始発バス停を発車する時間。時間変動に伴う道路混雑の影響を表す
平・休ダミー	平日と休日（土・日・祝）差を表す。平日：0、休日：1
発遅れ	始発バス停の最寄り SP 通過時刻から算出。ドライバーの心理的影響を表す
高速道路比	道路区間延長に占める高速道路延長の比。0 は全区間一般道、1 は全区間高速道を表す
赤信号現示比	区間に含まれる信号交差点の赤信号現示比を表す。複数の信号がある場合は乗算している。信号のない区間では0となる
バス停乗降客数比	旅客乗降による時間ロスを表す。OD 調査結果からバス停ごとに乗降客数比を用いた。
交差点右折ダミー	信号なし交差点の右折に要する時間ロスを表す。右折なし：0、右折あり：1
料金所ダミー	料金所による時間ロスを表す。料金所なし：0、料金所あり：1
時間調整バス停ダミー	早発防止のために要した時間ロスを表す。時間調整バス停なし：0、時間調整バス停あり：0

(2) 分析結果

分析の結果を見ると（表-3）、まず、下りに比べて上りの係数が大きいことがわかる。これは、駅到着時刻の制約を満たすためのドライバーの心理的な影響と考えられ、発遅れの係数が上りの場合に大きいことからその傾向を読みとれる。時間帯の比較では、ピーク時間帯に係数が相対的に小さくなっており、道路混雑の影響といえる。一方、バス走行条件に関わる変数では、とくに信号や交差点右折、料金所の有無によって旅行速度が大きく低下している。これらの結果から、バスドライバーは時間信頼性を満たすために、旅行速度の低下をもたらす様々な外的要因を考慮しながら定時性確保に務めており、所要時間の変動を抑える走行環境の改善が、利用者の時間信頼性を高める上で重要であるといえよう。

表-3 重回帰分析結果

変数	係数	標準化係数	t 値	p 値
下り×6 時	-0.949	-0.010	-2.196	0.028
下り×7 時	0.070	0.001	0.196	0.845
下り×8 時	-1.364	-0.021	-3.790	0.000
下り×9 時	-0.652	-0.008	-1.668	0.095
下り×10 時	-0.464	-0.006	-1.192	0.233
下り×11 時	-0.450	-0.006	-1.155	0.248
下り×12 時	-0.441	-0.006	-1.130	0.259
下り×13 時	-0.912	-0.011	-2.342	0.019
下り×14 時	-1.230	-0.016	-3.162	0.002
下り×15 時	-0.532	-0.007	-1.373	0.170
下り×16 時	-1.307	-0.013	-3.024	0.003
下り×17 時	-1.468	-0.018	-3.725	0.000
下り×18 時	-0.903	-0.014	-2.491	0.013
下り×19 時	-1.182	-0.019	-3.280	0.001
下り×20 時	-0.628	-0.010	-1.752	0.080
下り×21 時	-0.541	-0.007	-1.385	0.166
下り×22 時	-0.957	-0.012	-2.449	0.014
上り×6 時	2.813	0.028	5.962	0.000
上り×7 時	3.123	0.062	8.012	0.000
上り×8 時	3.655	0.057	8.949	0.000
上り×9 時	2.871	0.027	5.884	0.000
上り×10 時	3.225	0.038	7.291	0.000
上り×11 時	3.300	0.040	7.493	0.000
上り×12 時	3.607	0.044	8.255	0.000
上り×13 時	2.974	0.035	6.657	0.000
上り×14 時	3.023	0.035	6.669	0.000
上り×15 時	3.483	0.040	7.676	0.000
上り×16 時	3.378	0.038	7.445	0.000
上り×17 時	2.406	0.024	5.091	0.000
上り×18 時	2.380	0.037	5.719	0.000
上り×19 時	2.506	0.040	6.037	0.000
上り×20 時	2.660	0.042	6.404	0.000
上り×21 時	2.353	0.029	5.281	0.000
上り×22 時	2.675	0.034	6.041	0.000
下り×発遅れ	0.010	0.040	6.813	0.000
上り×発遅れ	0.034	0.192	33.178	0.000
平・休ダミー	0.395	0.014	4.384	0.000
高速道路比	23.475	0.613	137.055	0.000
赤信号現示比	-11.279	-0.273	-74.016	0.000
バス停乗降客数比	-37.084	-0.068	-19.828	0.000
交差点右折ダミー	-10.006	-0.151	-39.803	0.000
料金所ダミー	-14.858	-0.314	-82.399	0.000
時間調整バス停ダミー	-11.394	-0.427	-68.155	0.000
定数項	31.102		94.913	0.000
R2	0.575			
修正 R2	0.575			
F 値	1425.549			0.000

5. おわりに

本研究ではGPSバスロケの運行履歴データを用いて、バスの定時性評価を行った。GPSバスロケは、利用者への情報提供だけでなく、運行パフォーマンス評価にも活用でき、バスの時間信頼性の向上に向けた対策を検討する上でも有効といえる。

謝辞：

GPS バスロケシステムは木津南バス ITS 社会実験の一部として構築・運用された。同システムの構築に当たっては社会実験実行委員会ならびにワーキングメンバーに多大なるご協力・ご意見を頂いた。またリオスコオペレーション（株）、（株）地域・交通計画研究所のスタッフには共に苦勞をして頂いた。ここに記して感謝の意を表したい。