

# 地方都市におけるバスの定時性走行に関する基礎研究

\*長岡技術科学大学 正会員 佐野可寸志  
○京王バス東(株) 正会員 須賀由美子  
長岡技術科学大学 正会員 松本 昌二

## 1. はじめに

バスのサービスレベルを決定する要因としては、運行頻度や、旅行時間、運賃、利用者の最寄りのバス停留所までの距離などが挙げられるが、運行時刻の定時性も重要な要素である。しかし、道路渋滞やその他様々な道路・交通もしくは天候条件の影響を受け、定時性を確保した運行は容易ではない。近年発展が著しい情報インフラを活用することにより、バスの定時性を確保し、サービスレベルを向上させることが期待されているが、情報システムを導入することによる効果を定量的に把握するためには、乗客の行動分析や、バスの走行に関する調査が不可欠である。そこで、本研究では地方都市（新潟県長岡市）でのバスの運行の実態と、乗客のバス停留所への到着時刻に関する調査を行い、定時性が乗客のバス到着時刻に与える影響の定量的な把握を試みる。

## 2. バスの運行実態

### 2.1 ターミナル到着時刻

バスの遅れの実態を把握するため、多数のバス路線の起終点である長岡駅ターミナルと幾つかのバス停留所において、バスの到着時刻を計測し、バス到着の遅れ時間の分布を求める。路線・バス停留所ごとの遅れの特徴や、原因を特定する。

平成 15 年 9 月 5 日の始発から朝 9 時までに長岡駅大手口バスターミナルに到着した 55 本のバスについて、その遅れを記録した。時間帯ごとの遅れの

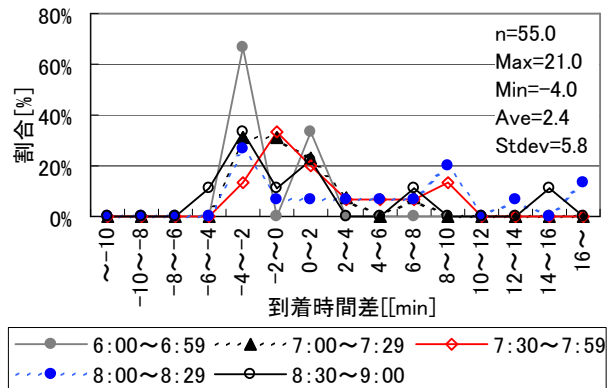


図 1 ターミナル駅でのバス遅れ

分布を図 1 に示す。早朝の時間帯では到着予定時刻より早く到着するバスが多いが、8:00~8:30 をピークに遅れが大きくなり、この時間帯では、70%以上のバスに遅延が生じている。また、路線ごとの平均遅れを分析したが、路線により遅れ時間が大きく異なることが判明した。

### 2.2 バスの停留所到着時刻

駅ターミナルにおける調査から、遅延の大きい時間帯と路線を特定し、それらに対応したバス停留所停留所におけるバスの到着時刻の調査を行った。平成 9 年 9 月 8 日~12 日の平日 5 日間の始発から朝 9 時に、7 路線、8 箇所のバス停留所で実施他結果の一部を図 2 に示す。

調査対象バス停留所の中で、始発地近くである青葉台 2 丁目と長峰団地バス停留所では、5 日間の到着時刻の遅れにほとんど差はない。また時間帯別にみても、平均して 1 分ほどの遅れである。一方、始発地から離れた西中入口と溝橋バス停留所では、5 日間のバスの到着時刻に大きな差があった。ラッシュ時間帯に走行する便の遅れは大きい、同じ便で

Keywords: バス交通, 定時性, 待ち時間, 地方都市

\*連絡先: e-mail: sano@nagaokaut.ac.jp

tel: 0258-47-9616, fax: 0258-47-9650

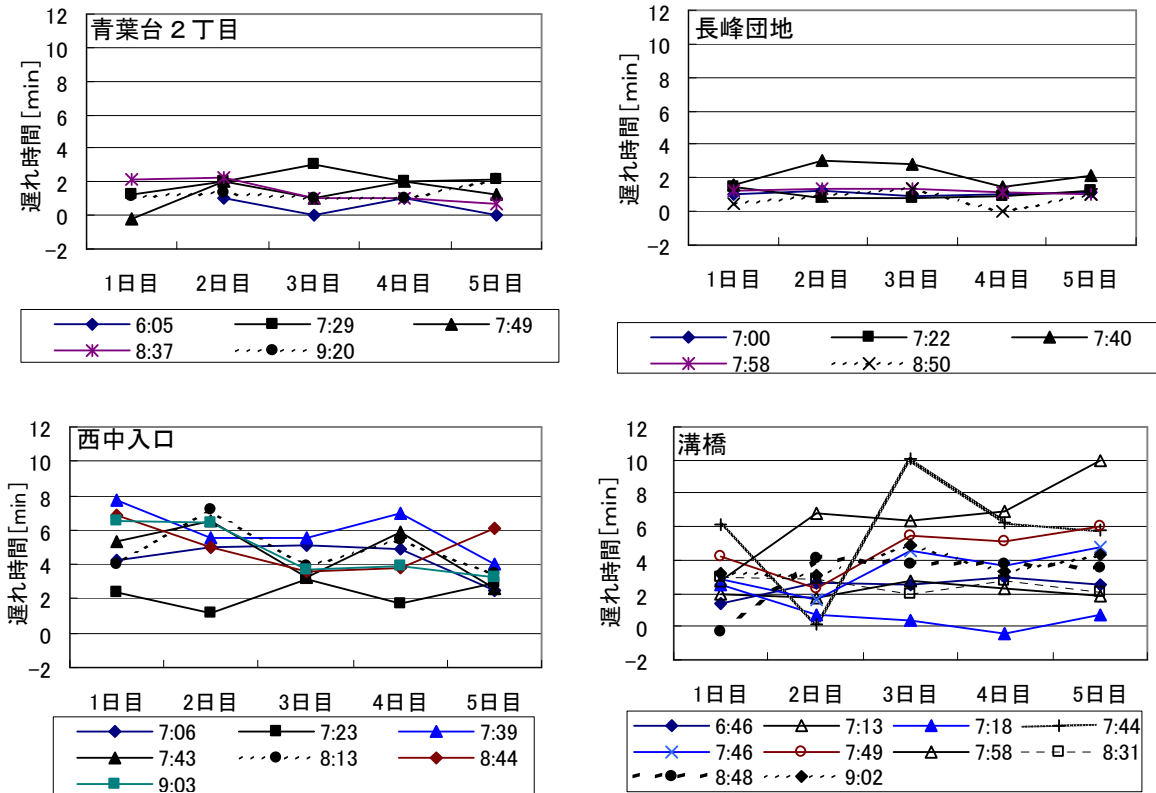


図2 バスの遅れ時間

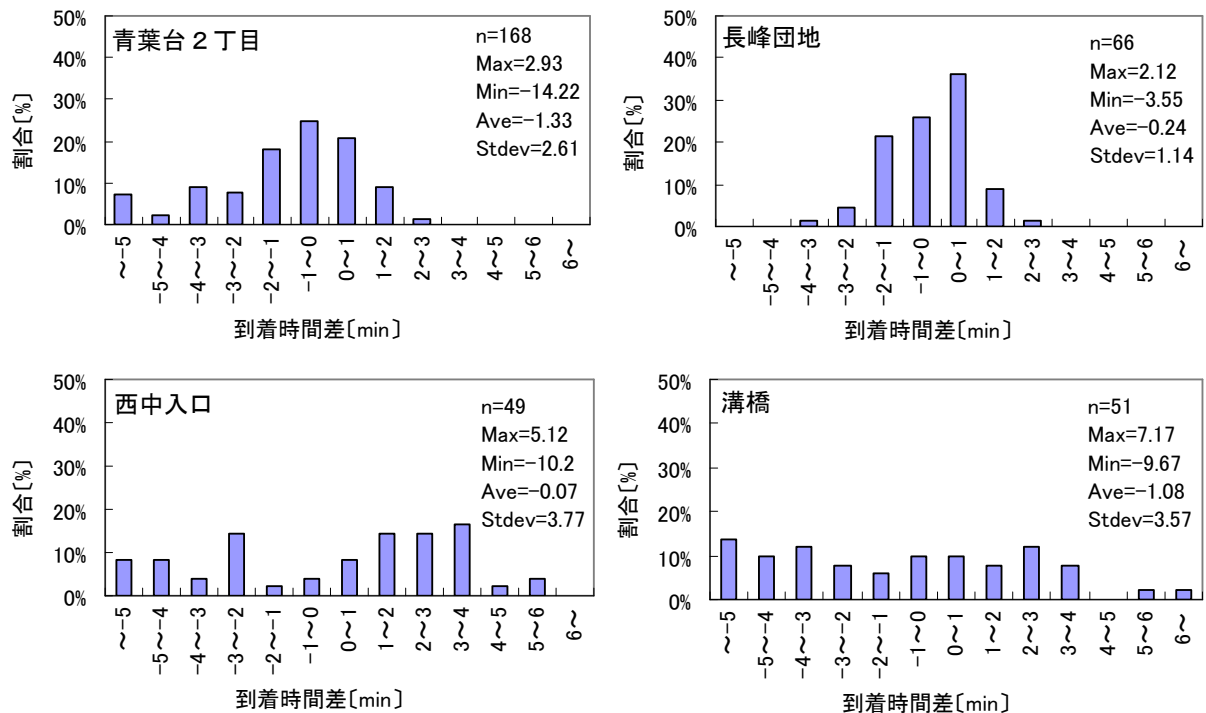


図3 利用者到着時間差

も最大 10 分もの差が生じている例（溝橋バス停留所 7:44 便）もみられた。始発地から離れるに連れて、停留所での乗客の乗降や走行中の渋滞などの影響を受け遅れが生じているが、各バス停留所での時

刻表より早く出発する早発を避けるため、時刻表と平均的なバス到着時刻の乖離が生じている。

### 3. バス利用者の行動実態

### 3.1 利用者のバス停留所への到着時刻

利用者の到着時刻と時刻表のバス到着時刻（ダイヤ時刻）の差を図3に示す。遅れの小さい停留所（青葉台2丁目、長峰団地）では、利用者はダイヤ時刻よりも早く到着し、遅れの大きい停留所（西中入口、溝橋）では早着する利用者層と遅着する利用者層に二極化する傾向がみられた。調査時には乗客の外見も記録しており、その乗客の利用頻度も観測可能であった。遅れの大きい停留所において、高頻度（4日以上）の利用者はダイヤ時刻よりも停留所に到着する時刻が遅く、またそのばらつきも小さい例が多い。高頻度の利用者は、バスの遅れを見越してバス停への到着時刻を調整していると推察される。

### 3.2 バス遅れ時間と利用者待ち時間の関係

バスの遅れ時間と、利用者がバス停留所に到着してからバスが到着するまでの待ち時間の関係を図4に示す。ただしここでのバスの遅れ時間とは、5日間の便ごとの遅れ時間の平均値であり、利用者の待ち時間も各個人の平均値を使用した。当然の結果であるが、バスの遅れ時間が大きくなるほど利用者の待ち時間が大きくなる傾向が確認された。図の斜線上にプロットされたサンプルは、ダイヤと同じ時刻にバス停留所に到着している利用者であり、斜線より下にプロットされた利用者は、バスの到着の遅れを予想して、ダイヤのバス到着時刻よりも遅くバス停留所に到着した利用者である。バスの遅れが小さなバス停留所（青葉台、長峰団地）では、ほぼ全員がダイヤの時刻より早くバス停に到着しているが、バスの遅れが大きなバス停留所では、多くの人がバスの遅れを予想してバス停留所に到着するようにし

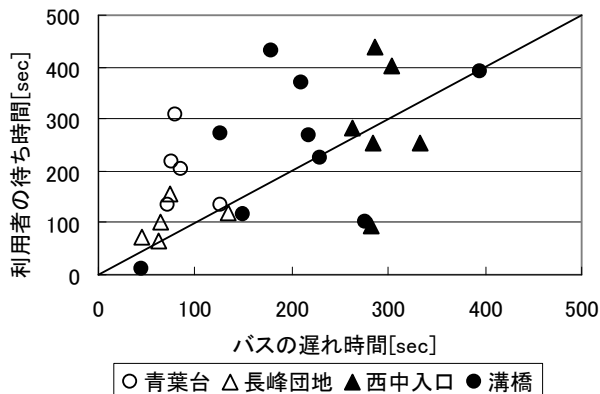


図4 バスの遅れ時間と利用者待ち時間

ている。ただ、どのくらい余裕を持ってバス停留所に到着するかは、バスの遅れだけではなく、バスの運行頻度やトリップ目的等によっても影響されるであろう。

## 4. 待ち時間推計モデル

### 4.1 バス利用者アンケート調査

実態調査を行った停留所のうち傾向が見られた5停留所と、利用者乗降人数の多い停留所の合計14停留所において、平成16年9月8日～10月1日にバス利用者にアンケート調査を行った。アンケート項目は、年齢、性別、職業、自宅住所、勤務先住所、免許書の有無、自家用車の有無、トリップ目的、自宅出発時刻、勤務先始業時刻、利用頻度、利用者が認知しているバスの平均遅れと最大遅れ、出発地から目的地までの交通手段とその所要時間である。利用者の正確な停留所到着時刻を把握するために、利用者が停留所に到着した到着時刻を調査員がアンケート調査票に記録してから利用者に配布した。配布数は264通、回収数は116通、回収率は44%であった。このうち、有効な回答のあった71サンプルを用いて、バス停留所での利用者の待ち時間を非説明変数とする数量化I類分析を行った。

### 4.2 待ち時間推計モデルの構築

#### (1) モデル構造

目的変数は、利用者便益を推計するための待ち時間とし、説明変数はアンケート調査によってえられたデータから有意な変数を選択する。

$$T_{wt} = \sum \beta_i X_i + \beta_0$$

$T_{wt}$ : 利用者の停留所での待ち時間

$X_i$ : 説明変数

$\beta_i$ : 未知パラメータ

#### (2) 説明変数

数量化I類モデルの説明変数として、アンケート調査より得られたデータのうち、性別、年齢層、職業、自動車保有の有無、免許保有の有無などの個人属性をモデルの説明変数とした。停留所までの距離は、利用者の自宅から利用停留所までの距離を算出したものである。またその他の変数として、その乗客が利用する停留所でのバスの遅れはどのくらい

か、運行間隔はどの程度かというバス運行に関する変数を用いてモデルの構築を行う。これらの説明変数の一覧を以下に示す。バスの遅れ時間は、バスが停留所に到着した時刻のダイヤ時刻からの遅れ時間であり、運行間隔は、乗客が乗車する便から次の便までの時間を示す。

$$T_p = \beta_1 S_1 + (\beta_{21} S_{21} + \beta_{22} S_{22} + \beta_{23} S_{23} + \beta_{24} S_{24} + \beta_{25} S_{25}) + (\beta_{31} S_{31} + \beta_{32} S_{32} + \beta_{33} S_{33} + \beta_{34} S_{34} + \beta_{35} S_{35} + \beta_{36} S_{36} + \beta_{37} S_{37} + \beta_{38} S_{38}) + \beta_4 S_4 + \beta_5 S_5 + (\beta_{61} S_{61} + \beta_{62} S_{62} + \beta_{63} S_{63} + \beta_{64} S_{64}) + \beta_7 S_7 + \beta_8 S_8 + \beta_9 S_9 + \beta_{10} S_{10} + \beta_{11} T_1 + \beta_{12} T_2 + \beta_0$$

$T_{wr}$  : 利用者の停留所での待ち時間

$S_1$  : 利用者の性別                       $S_8$  : 乗り換えの有無

$S_2$  : 利用者の年齢                       $S_9$  : 利用頻度

$S_3$  : 利用者の職業                       $S_{10}$  : 自宅から停留所

$S_4$  : 自動車保有の有無                      までの距離

$S_5$  : 免許保有の有無                       $T_1$  : バスの遅れ時間

$S_6$  : 利用目的                       $T_2$  : バスの運行間隔

$S_7$  : 目的地

### (3) パラメータの推定結果

表1に数量化I類分析に置いて有意な変数だけを取り入れた変数増減法による分析結果を示す。各々のパラメータのt値は、十分に高い値で、免許保有ダミーを除いたその他の変数のt値はすべて2.66以上であり、1%有意水準を満たしている。

通院目的、乗り換え、バスの遅れ、運行間隔のパラメータの符号は正となり、これらは利用者のバス停留所での待ち時間を増加させる（利用者のバス停留所への到着時刻を早くする）要因と考えられる。運行間隔が大きくなると乗り遅れたときのリスクが大きくなるので、利用者は早めにバス停留所に到着する傾向がある。バスをアクセス交通手段に利用している乗客も同様の理由で早く来る傾向がある。通院目的の利用者が早めに来るのは、受付時刻に間に合わせようという意識もあるかもしれないが、通院目的の利用者は高齢者が多く、高齢者のリスクをできるだけ少なくしようとする性質によるものとも考えられる。当然のことではあるが、バスの遅れ時間のt値は7.88と非常に高く、標準偏回帰係数の値も最も大き

表1 利用者待ち時間推定モデル分析結果

	変数名	偏回帰係数	標準偏	t値	判定
			回帰係数		
重回帰式	自動車保有ダミー	-127.84	-0.26	3.25	**
	免許保有ダミー	-68.30	-0.18	2.19	*
	通院	323.90	0.40	4.58	**
	乗換ダミー	110.76	0.27	3.62	**
	利用頻度	-40.52	-0.32	3.77	**
	バス遅れ時間	0.61	0.60	7.88	**
	運行間隔	0.02	0.23	3.02	**
精度	定数項	307.17		4.61	**
	決定係数	0.68			
	修正済決定係数	0.64			
	重相関係数	0.82			
分散分析表	修正済重相関係数	0.80			
	要因	偏差平方和	自由度	分散	判定
	回帰変動	1,697,044	7	242,435	**
	誤差変動	804,444	63	12,769	
	全体変動	2,501,488	70		

く、利用者の待ち時間に大きな影響を与えている。

一方、自動車や免許の保有や、利用頻度は、利用者のバス停留所への到着時刻を遅くする要因と考えられる。利用頻度の高い利用者は、バスの遅れを熟知しており、バス停留所に遅く到着する傾向にある。

モデル全体の適合度を示す自由度調整済みの決定係数  $R^2$  の値 0.64 と、十分ではないが、同一の利用者が、同じバスに乗るためにバス停留所に到着する時刻も、かなりばらつきがあることを考慮すると、0.64 という値は満足いくものではないが、それほど悪い結果とも言えない。

### 5. まとめ

バスの運行定時性の向上は、利用者の停留所での待ち時間を減少させることが可能なことを定量的に示すことができた。今後の課題としては、バスの遅れと利用者の到着時刻の関係について調査・分析を進め、より多くのサンプルを確保し、モデルの精度を向上させることが必要である。特に、バス停留所への到着時刻に大きな影響を及ぼすと考えられるバスの到着時刻の変動をモデルに取り込むことは重要である。また、実際に定時性向上のための施策の導入についての具体的な検討と、その費用と効果を評価することが今後の課題となる。