

地方部における路線バスの遅延評価に関する研究

早稲田大学大学院 学生会員 ○Wang Huahua

早稲田大学大学院 学生会員 松室 美帆

早稲田大学大学院 正会員 佐々木 邦明

山梨大学大学院 非会員 豊木 博泰

1. はじめに

公共交通のサービスレベルが低い地方部において、自家用車が多く利用され、バスの利用率が非常に低いのが現状である。しかし、地域公共交通は子ども・高齢者や車の運転ができない人にとって重要な役割を果たしていながら、環境に優しい移動手段でもある。また、近年では路線バスにGPS等を設置することにより、バスロケーションシステムとして活用し、同時に運行状況などのデータが収集されているが、それを用いた研究は少ない。そこで、本研究ではそのようなデータを活用し、地方部における路線バスの遅延状況より、バスの時間信頼性を評価する手法を構築することを目的とする。

2. 対象地域と路線の概要

本研究ではバスコンシェルジュシステムによってデータが収集されている山梨県を対象地域とする。山梨県ではバス利用の減少が続いており、2015年には輸送人員がピーク時の約1/7まで縮小している。対象路線は敷島団地発・小瀬スポーツ公園行の山梨交通70系統とする。時間信頼性はネットワークで評価するが、本研究ではまずトライルとして一路線を絞って分析を行う。この路線は全長14,912m、片道52分で、バス停47箇所を含んでいる。平日に7:40-18:15に6便が走行している低頻度の路線である。

3. バス遅延の定義および評価手法

路線バスの遅延は到着時刻と時刻表とのずれと定義されることが多いが、頻度の低いバスでは、出発遅延と走行遅延の二部分に分けられるのである。図3-1に三者の関係を示す。本研究では以下の通りに三者を定義する。

- 1) 出発遅延: 出発バス停でバスが時刻表より遅れてくる時間
- 2) 走行遅延: 乗車区間において、実際の所要時間と

時刻表による所要時間とのずれ

- 3) 到着遅延: バスの到着時刻と到着バス停の時刻表とのずれ

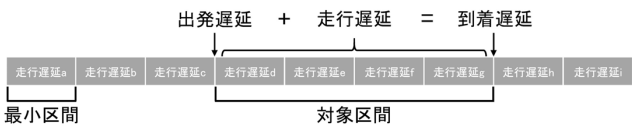


図 3-1 バス遅延の内訳

利用者から見れば、同じバス停で降車して到着遅延が同じであっても、出発遅延と走行遅延の割合の違いによって個人効用が大きく異なるのが考えられる。したがって、本研究ではバスの遅延を「出発遅延・走行遅延・到着遅延」に分けて考察し、各種の遅延が利用者に対する影響を定量的に評価する。

使用するデータは「やまなしバスコンシェルジュ」システムが収集するバスの位置情報に基づく「バス通過時刻データ」である。2018年1年間の平日データのみを抽出し、分析指標として、遅延の大きさを示す「平均値」と遅延時間のばらつきを示す「標準偏差」を用いる。

3.1 出発遅延と到着遅延

出発遅延は出発時刻と時刻表とのずれである。「バス通過時刻データ」には乗降時間がないため、同じバス停に対して、到着・出発が同じである。各バス停での日ごとの発着遅延をバスの通過時刻と時刻表の引き算で算出した。図3-2、3-3に発着遅延の平均値と標準偏差を便ごとに示す。

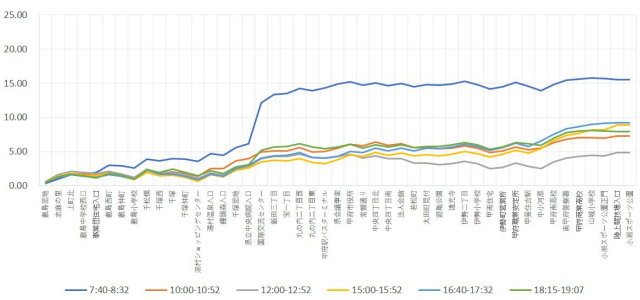


図 3-2 出発・到着遅延の平均値

キーワード 路線バス, 出発遅延, 走行遅延, 到着遅延, 手段選択モデル, バス利用率

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学大学院創造理工研究科社会工学専攻 TEL03-5286-3398

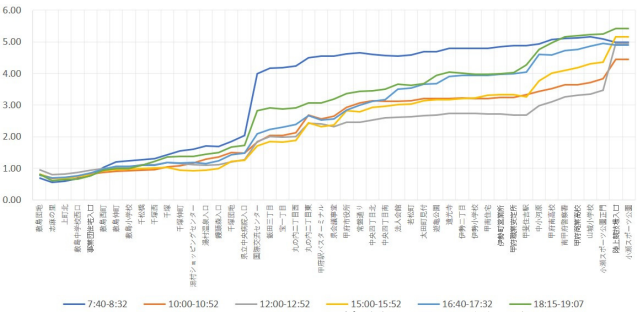


図 3-3 出発・到着遅延の標準偏差

3.2 走行遅延

隣接するバス停の日ごとの走行遅延を区間の実際の所要時間と時刻表による所要時間の引き算で求める。また、任意区間の走行遅延の平均値と標準偏差を得るため、最小区間のそれを確率変数と仮定して計算を行う。算出方法は式 3-1 と 3-2 によって表す。

$$\mu = \sum_{i=1}^n \mu_i \tag{3-1}$$

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \sigma_i^2 \sigma_j^2 \rho_{ij} \tag{3-2}$$

μ_i : 区間 i の走行遅延の平均値 ρ_{ij} : 区間 i と区間 j の相関係数
 σ_i/σ_j : 区間 i/j における走行遅延の標準偏差

3.3 遅延の発生する区間と原因の考察

道路渋滞は主に交差点で発生するので、遅延が大きい区間は交差点を含める区間であると想定されるが、データからは走行遅延がマイナスになっていることから、多くの場合早発にならないように、時刻表には交差点での遅延はすでに考慮されており、区間の規定所要時間を長めに定めている。一方、交差点を含める区間の一つ手前の区間において、走行遅延が大きいことがデータからわかる。それは次の区間の交差点での渋滞の緩和に起因すると言えよう。

4. データによる検証

以上の分析に基づき、「平成 17 年甲府都市圏パーソントリップ調査」のデータを用いて遅延指標の影響を検証する。

4.1 遅延指標と手段分担モデル

本研究では車と路線バスの 2 手段を選択肢とする手段選択ロジットモデルを構築する。なお、車にはタクシー、ハイヤー、貨物車も含む。対象路線沿いに属するゾーンを発着としているサンプルを 385 件抽出し、車とバスの分担率がそれぞれ 80%, 20%となる。式 4-1, 4-2 に車とバスの効用関数を示す。なお、バスの利用が少ないため、今回のパラメータの推定にはバスの利用を全部抽出した上で、バスの分担率が 20%となるように車の利用をランダムに抽出した。推定用のサンプルの比率を変更しているため、推定後に

定数項の修正を行う。

$$U_{car} = Available_{car} * (t_1 * Time_{car} + \alpha) \tag{4-1}$$

$$U_{bus} = Available_{bus} * (t_1 * Time_{bus} + d_1 * E_{delay} + d_2 * V_{delay}) \tag{4-2}$$

$t_1/d_1/d_2$: 所要時間/遅延の平均/分散のパラメータ α : 定数項

パラメータの推定結果を表 4-1 に示す。今回のサンプルで計算した結果、以下のことがわかった。

- 1) 出発・到着遅延モデルにおいて、遅延の分散がバス利用者にとって不効用になっている
- 2) 走行遅延モデルにおいて、所要時間と遅延平均が不効用となっており、遅延平均の 1 分の増加は所要時間 2.75 分の増加に相当する

表 4-1 パラメータの推定結果

変数	出発遅延		走行遅延		到着遅延	
	parameter	t 値	parameter	t 値	parameter	t 値
t1	0.05	1.92	-0.28	-2.87	0.06	2.18
d1	0.28	1.25	-0.77	-2.17	1.76	2.27
d2	-0.25	-1.78	1.12	2.94	-0.64	-2.81
α_{car}	3.10	4.07	4.64	6.82	15.07	2.04
α_{bus}	-0.90	--	-0.90	--	-0.90	--
修正済 p^2	0.676		0.712		0.684	

4.2 遅延指標と利用率

遅延指標とバスの利用率との相関関係を分析した結果を表 4-2 に示す。到着遅延の p 値が有意水準を超えるため棄却する。出発遅延の平均と分散が負の値になっており、指標が大きいほど、利用率が低くなる。「バスがいつも遅れてくる」ことが利用率を低減させる上に、遅延のばらつきが大きいほど、待ち時間が不安定になり、利用者にとってスケジュールが成り立ちにくくなる。しかも、出発が遅れると到着にはさらなる遅れが出ることが一般的に考えられるので、出発遅延が利用率に与える影響が大きいと言えよう。

表 4-2 遅延指標と利用率の相関関係(有意水準 : $p<0.05$)

	出発遅延		走行遅延		到着遅延	
	平均	分散	平均	分散	平均	分散
相関係数	-0.63	-0.72	0.23	0.27	0.50	0.49
p 値	0.019	0.006	0.045	0.024	0.058	0.064

5. おわりに

本研究では、地方部における路線バスの遅延を「出発遅延・走行遅延・到着遅延」に分けて評価する手法を提案した。また、PT 調査のデータを用いて各種の遅延が利用者に対する影響を定量的に評価した。今後は異なるデータを用いて検証することや多手段選択モデルを構築することが必要である。

参考文献

- 1) 山梨県,「山梨県バス交通ネットワーク再生計画」, 山梨県, p.18, 2017
- 2) 山梨県,「甲府都市圏の人の働き~平成 17 年甲府都市圏パーソントリップ調査結果から~」, 2008
- 3) 土木学会(1995)「非集計行動モデルの理論と実際」, pp.123-143, 技報堂