

路線バスの到着遅延分布の形状に着目した時間信頼性評価

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○小山 真弘
 芝浦工業大学 正会員 岩倉 成志
 国際興業株式会社 非会員 柳下 浩

1. はじめに

旅行時間信頼性の評価は、旅行時間の平均と分散データによって信頼性を評価するケースが一般的である。しかし、実際に旅行時間の変動は、同じ平均値や分散であっても旅行時間変動の分布形状が異なることが考えられる。歪度指標としての $lskew$ 等も提案されているが、多くの時間信頼性指標は分散指標と類似の特性を示す。また、路線バス等の公共交通はダイヤに基づいて運行しているため、バス停の到着時刻の遅延が発生する。道路交通の時間信頼性評価を単純に応用することはできず、公共交通を対象とした既存研究は道路を対象としたものと比べて、極めて少ない。

本研究の目的は、路線バスを対象にダイヤからの遅れ時間の分布形状に着目して、時間信頼性評価に対する影響を考察することにある。そのため遅れ時間分布に関する SP 調査を行い、路線バス沿線住民のバス到着時刻変動の分布形状に関する選好を分析する。

2. データ概要

2.1. 路線バスの運行実績データ

本研究では、埼玉県内の鉄道駅へアクセスする国際興業株式会社の路線バスの運行実績データを使用し、各停留所のバス到着遅れ時間の算出を行った。対象期間は2014年9月1日～同年11月31日の平日午前中である。当データから、停留所別、バス便別に到着遅れ時間の平均、分散、分布形を表すことができる。これより、到着遅れ時間の分布形は図1に示すように、多様な形状であることが判明している。

2.2. 路線バスの遅れ時間の分布に関する SP 調査

本研究では路線バスの沿線住民に対して、自宅から最寄りの鉄道駅までの交通手段に関するアンケートを実施した。配布対象地域は、2.1で示した運行実績データから、実績の遅れ時間の分布が多様になる浦和駅、武蔵浦和駅、東大宮駅へ向かう3路線を選定した。

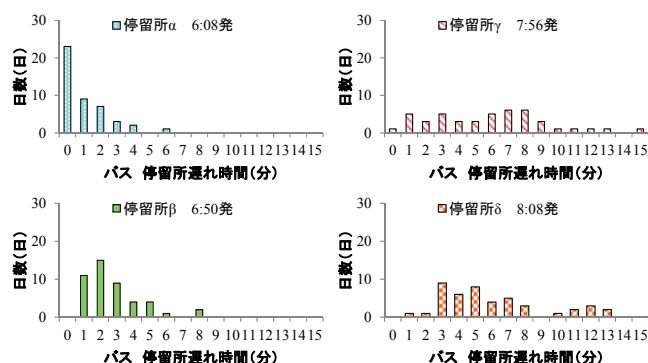


図1 運行実績データから得られる到着遅れ時間分布

表1 SP調査で提示したプロフィール

要因	水準1	水準2	水準3	水準4
分布形	指数	対数正規	混合	一様
平均遅れ時間	1.5分	3分	5.5分	
遅れ時間標準偏差	1.5分	3分		

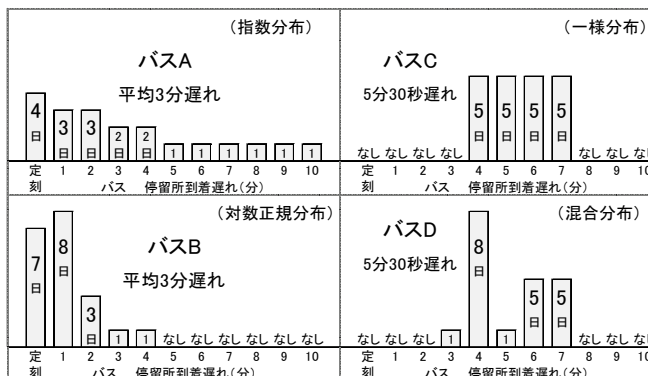


図2 SP調査票で提示したバスの到着遅れ時間分布

アンケートの設定は、自宅から最寄り駅までの交通手段、路線バスの遅れ時間分布に対する選好意識、実際の遅れに対する意識、個人属性等である。調査票は路線バス沿線の各家庭に訪問して手渡しし、また、バス停において利用者に直接配布し、郵送にて回収した。アンケートは2015年2月1日から2月20日までの20日間で3045票配布し、858票（回収率27%）を回収し636票の有効票を得た。

SP調査において提示した遅れ時間分布の要因、水準を表1に示す。調査票で提示した路線バスの到着

キーワード：旅行時間信頼性、分布形、路線バス、SP調査

連絡先：〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5-09c32 TEL: 03-5859-8354 FAX: 03-5859-8401

遅れ時間の分布形状の一例を図 2 に示す。遅れ時間の分布形は、平日 1 ヶ月あたりの遅れ時間分布を仮想的に設定し、各遅れ時間の日数を棒グラフで示した。1 シナリオあたり 4 つの遅れ時間分布を提示し、8 つのシナリオを用いた。なお、運行間隔はシナリオ全て 5 分とし、遅れ時間の分布はある 1 便の到着時刻変動とした。

3. 基礎集計結果

バスの遅れ時間の分布形に対する望ましさを把握するため、SP 調査の回答結果を比較する。各シナリオで最も多く選択された順序付けを表 2 に示す。

被験者は遅れ時間の平均および標準偏差の両方を考慮して、想定可能な順位付けをしていることが分かる。

分布形に着目すると、遅れ時間の平均および標準偏差が同じである場合、概ね指数分布や対数正規分布の順位付けが高くなっている。これは、定刻到着を最頻値にもつ分布形状の選好が強いと考える。

4. SP モデルの構築

本研究では、路線バスの遅れ時間の分布形の違いに対する利用者の選好を把握するため、遅れ時間分布が異なるバスの選択結果について順位 1 位のみを取り扱うロジットモデルと順位データを全て扱ったランクロジットモデルを構築した。

SP 調査の各選択肢の効用関数 V 、ランクロジットモデルにおける順位づけ確率 $P_{(1,2,\dots,H)}$ を以下に示す。

$$V = \alpha DT + \beta DVT + d_E ED + d_L LD + d_M MD + d_C CD$$

$$P_{(1,2,\dots,H)} = \prod_{h=1}^{H-1} \left[\exp(V_h) / \sum_{m=h}^H \exp(V_m) \right]$$

DT : 月間平均遅れ時間 (分), DVT : 月間遅れ時間標準偏差 (分)

ED : 指数分布ダミー, LD : 対数正規分布ダミー

MD : 混合正規分布ダミー, CD : 一樣分布ダミー

$\alpha, \beta, d_E, d_L, d_M, d_C$: 各変数のパラメータ

表 3 にパラメータ推定結果を示す。尤度比はいずれも 0.3 程度を確保でき、いずれのパラメータも有意となった。なお、分布形状ダミーを組み入れない場合も、平均遅れ時間と標準偏差のパラメータは有意に変動せず、分布形状がこれらの変数に独立して選好に影響を与える結果を得ている。

基礎分析では指数分布、対数正規分布が好まれた。ロジットモデルでは指数分布、対数正規分布、混合正規分布、一樣分布の順でパラメータが大きく、ランクロジットモデルでは対数正規分布と混合正規分布でパラメータの大きさが入れ替わる結果となった。

表 2 SP 調査で最も多く順位付けされた組み合わせ

シナリオ	順位	遅延平均	標準偏差	分布形
1	1位	1.45	1.02	対数
2	2位	1.4	1.39	混合
3	3位	3	1.41	一樣
4	4位	3.19	2.59	対数
シナリオ	順位	遅延平均	標準偏差	分布形
1	1位	1.14	1.14	指数
2	2位	1.45	1.02	対数
3	3位	3.3	1.52	混合
4	4位	2.71	2.71	対数
シナリオ	順位	遅延平均	標準偏差	分布形
1	1位	1.45	1.02	対数
2	2位	1.50	1.10	一樣
3	3位	3.07	3.07	指数
4	4位	3.19	2.59	対数
シナリオ	順位	遅延平均	標準偏差	分布形
1	1位	1.14	1.14	指数
2	2位	1.50	1.10	一樣
3	3位	3.3	1.52	混合
4	4位	3.5	2.29	一樣
シナリオ	順位	遅延平均	標準偏差	分布形
1	1位	3	1.05	対数
2	2位	3.5	2.29	一樣
3	3位	5.5	1.12	一樣
4	4位	5.25	1.34	混合
シナリオ	順位	遅延平均	標準偏差	分布形
1	1位	2.71	2.71	指数
2	2位	3.3	1.52	混合
3	3位	4.75	1.26	混合
4	4位	5.25	1.02	対数
シナリオ	順位	遅延平均	標準偏差	分布形
1	1位	3	1.05	対数
2	2位	2.71	1.52	混合
3	3位	5.5	1.12	一樣
4	4位	5.25	1.34	混合
シナリオ	順位	遅延平均	標準偏差	分布形
1	1位	3.05	2.92	混合
2	2位	3	1.41	一樣
3	3位	5.25	1.34	混合
4	4位	5.5	1.02	対数

表 3 SP モデルのパラメータ推定結果

説明変数	Multi Logit Model		Rank Logit Model		
	パラメータ	t値	パラメータ	t値	
α	平均遅れ時間(分)	-1.256	-15.115	-1.196	-27.075
β	遅れ時間標準偏差(分)	-0.564	-5.149	-0.795	-10.547
d_E	指数分布ダミー	1.280	2.979	0.534	4.214
d_L	対数正規分布ダミー	1.062	2.429	0.308	2.237
d_M	混合分布ダミー	0.809	1.925	0.417	3.599
d_C	一様分布ダミー	0.676	1.592	0.164	1.471
自由度調整済尤度比		0.373		0.341	
到着遅れ信頼性比 $RR = \beta/\alpha$		0.449		0.665	
サンプル数		636		636	

よって、利用者に望ましい分布形は、指数分布のような定刻到着がピークとなる分布である。逆に、一樣分布は、平均と分散が同等でも好まれないことが明らかとなった。

また、一樣分布と指数分布のパラメータの差分と、遅れ時間標準偏差のパラメータとを比較すると、一樣分布で運行されることは、標準偏差が 28 秒 (ランクロジット) から 67 秒 (ロジット) 増加することと等価である結果となった。

5. おわりに

時間信頼性の評価において、遅れの分布形状が利用者選好に有意に影響を与えることを明らかにした。

同等の平均値、分散でも指数分布や対数正規分布が好まれる傾向にあり、一樣分布は好まれない傾向にあることを示した。路線バスは道路混雑、信号サイクルの影響で遅れ時間が大きく変動し、団子運転になることで遅れ時間の分布は混合正規分布のように遅れのピークが分散する。到着時刻の変動分布を考慮した時間信頼性評価が実務的にも必要と考える。

今後は、アンケート調査から得た交通手段選択の RP データと、実際のバス遅れ時間や所要時間変動データを用いて、実データによる時間信頼性評価を行う。

【謝辞】

本研究は、科学研究費基盤研究 B (代表: 東京工業大学福田大輔准教授) の研究助成を得て実施している。