

# 路線バスの遅延時間の分布形状に着目した時間信頼性評価

建設工学専攻  
土木計画学研究

ME14035 小やま みちひろ  
指導教授 小山 真弘  
岩倉 成志

## 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、実際の旅行時間の変動は、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  $\lambda^{skew}$  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。そのため、遅延時間分布の選好に関する SP モデル、交通手段選択に関する RP モデルを構築して、評価を行う。

## 2. データ概要

### (1) 路線バスの運行実績データ

本研究では、埼玉県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～2015年3月31日の平日午前中であり、対象路線は浦和駅、武蔵浦和駅、東大宮駅を発着する3路線である。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) 民間カープローブデータ

本研究では交通手段選択モデルによるバスの時間信頼性評価を行うため、代替交通手段である自動車の旅行時間変動のデータを得た。期間は2015年1月15日～2月15日、地域はさいたま市内のうち(1)で示したバス路線の沿線である。

### (3) 路線バスの遅延時間分布に関する調査

本研究では(1)で示したバス路線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。

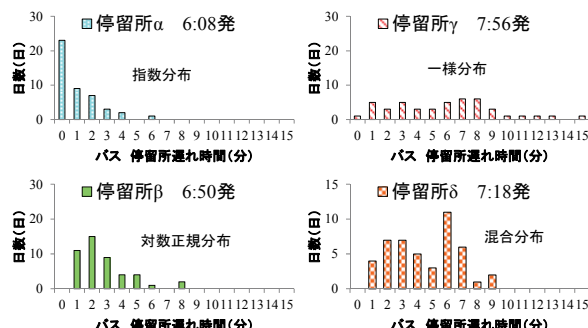


図1 運行実績データから得た到着遅延時間分布

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		

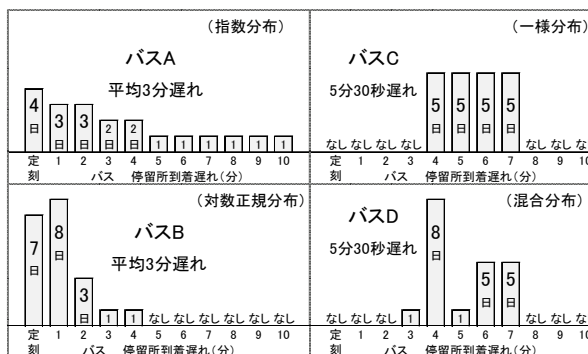


図2 SP調査票で提示した到着遅延時間分布の一例

アンケートの設問は、自宅から最寄り駅までの交通手段、路線バスの遅延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。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、図2のように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. 選好順位の高い分布形状

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た上で、概ね指数分布や対数正規分布を上位に選択している。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. 遅延時間分布に関する選好モデルの構築

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、遅延時間分布が異なるバスの選択について順位 1 位を選択結果とするロジットモデルを構築した。

ロジットモデルは、遅延時間分布を各統計分布で近似した結果を用いたダミー変数モデル(式[1])と Johnson  $S_B$  分布で近似して分布のパラメータを代入した Johnson  $S_B$  分布モデル(式[2])の構築を試みた。各選択肢の効用関数  $V_i$ 、選択確率  $P_i$ 、Johnson $S_B$  分布の分布関数  $F(x)$  を以下に示す。

$$V_i = \theta_\mu DT + \theta_\sigma DVT + d_E ED + d_L LD + d_M MD + d_C CD \quad [1]$$

$$V_i = \theta_\mu DT + \theta_\gamma(\gamma \times \delta) + \theta_\lambda \lambda \quad [2]$$

$$P_i = \exp(V_i) / \sum_{k=1}^4 \exp(V_k) \quad [3]$$

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

$ED \sim CD$ : 各分布形状のダミー変数

$\theta_\mu, \theta_\sigma, d_E, d_L, d_M, d_C$ : 各変数のパラメータ

$$F(x) = \Phi\left[\gamma + \delta \log \frac{z}{1-z}\right] \quad z = \frac{x - \xi}{\lambda} \quad [4]$$

$\Phi[\cdot]$ : 標準正規変数

$\gamma, \delta, \lambda, \xi$ : Johnson  $S_B$  分布パラメータ

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モデルも、平均遅れ時間と標準偏差のパラメータは有意な違いはなく、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。

ダミー変数モデルでは指数分布、対数正規分布、混合正規分布、一様分布の順でパラメータが大きく、Johnson  $S_B$  分布モデルでは歪度×尖度のパラメータが正に有意となり、定刻発が多く遅延時間幅が短い分布が好まれる結果となった。

また、図 3 は遅延時間の平均 3 分、標準偏差 3 分の混合分布から平均 2 分標準偏差 2 分の混合分布、対数正規分布、指数分布へ変化したとき、各モデル

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	シナリオ	順位	遅延平均	標準偏差	分布形
オ1	1位	1.45	1.02	対数	オ5	1位	3	1.05	対数
	2位	1.4	1.39	混合		2位	3.5	2.29	一様
	3位	3	1.41	一様		3位	5.5	1.12	一様
	4位	3.19	2.59	対数		4位	5.25	1.34	混合
オ2	1位	1.14	1.14	指数		オ6	1位	2.71	2.71
	2位	1.45	1.02	対数	2位		3.3	1.52	混合
	3位	3.3	1.52	混合	3位		4.75	1.26	混合
	4位	2.71	2.71	指数	4位		5.25	1.02	対数
オ3	1位	1.45	1.02	対数	オ7	1位	3	1.05	対数
	2位	1.50	1.10	一様		2位	2.71	2.71	指数
	3位	3.07	3.07	指数		3位	5.5	1.12	混合
	4位	3.19	2.59	対数		4位	5.25	1.34	混合
オ4	1位	1.14	1.14	指数	オ8	1位	3.05	2.92	混合
	2位	1.50	1.10	一様		2位	3	1.41	一様
	3位	3.3	1.52	混合		3位	5.25	1.34	混合
	4位	3.5	2.29	一様		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	ダミー変数モデル		Johnson SBモデル	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値
$\theta_\mu$ 平均遅延時間(分)	-1.26	-15.11	-1.50	-16.54
$\theta_\sigma$ 遅延時間標準偏差(分)	-0.56	-5.15		
$d_E$ 指数分布ダミー	1.28	2.98		
$d_L$ 対数正規分布ダミー	1.06	2.43		
$d_M$ 混合分布ダミー	0.81	1.93		
$d_C$ 一様分布ダミー	0.68	1.59		
$\theta_\gamma \delta$ 歪度×尖度			0.33	5.41
$\theta_\lambda$ 遅延時間幅(分)			-0.10	-3.97
自由度調整済 尤度比	0.373		0.373	
サンプル数	636		636	

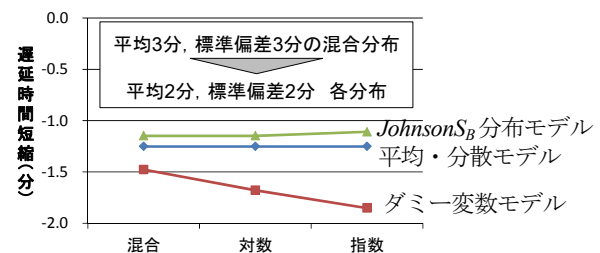


図 3 各モデルによる効用値の違い

各分布の効用値の変化を比較した。効用値は平均遅延時間の短縮分に換算している。従来の平均・分散モデルでは分布の違いによって効用値に差を算出できないが、ダミー変数モデルでは混合分布と指数分布とで平均遅延時間 0.4 分の差に相当することが分かった。Johnson  $S_B$  分布モデルではほとんど変わらない結果となった。Johnson  $S_B$  分布の適用上、指数分布の遅延時間幅が長く推計されることが影響していると考えられる。

### 5. おわりに

時間信頼性の評価において、遅延時間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、混合分布、一様分布は好まれない傾向にあることを示した。今後、運行実績データと民間カープローブデータを用いた交通手段選択モデルによる時間信頼性評価についても進めていく。