

# 鉄道利用者の所要時間分布の特性分析

高浪裕三<sup>1</sup>・杉山茂樹<sup>2</sup>・藤生慎<sup>3</sup>・高田和幸<sup>4</sup>

<sup>1</sup>学生非会員 東京電機大学理工学部理工学科建築・都市環境学系（〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂）  
E-mail: 09rg052@ms.dendai.ac.jp

<sup>2</sup>学生会員 学士（工学） 東京電機大学理工学研究科デザイン工学専攻（〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂）  
E-mail: 11rmk22@ms.dendai.ac.jp

<sup>3</sup>学生会員 修士（工学） 東京大学大学院学際情報学府（〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1）  
E-mail: fujiu@iis.u-tokyo.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 博士（工学） 東京電機大学建築・都市環境学系（〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂）  
E-mail: takada@g.dendai.ac.jp

近年、所要時間の信頼性評価に対する関心が高まっている。これまでの研究の多くは、自動車の所要時間信頼性に焦点を当てたものであり、鉄道の所要時間信頼性に関する評価事例は限定的であった。そこで本研究では、鉄道利用者の所要時間信頼性に対する評価について調査・分析を行った。

鉄道利用者は、鉄道による遅延を経験的に認知し、理想的な所要時間から予め余裕を持った所要時間を想定しており、その所要時間分布は正規分布に従うと考えられていたが、実際に証明されていない。本研究では、個人レベルでの所要時間分布はどのようになっているかを分析した。

**Key Words :** 所要時間信頼性, 認知所要時間, 理想所要時間, 所要時間分布

## 1. はじめに

時間厳守性が世界から高く評価されていた日本の鉄道ではあるが、国土交通省が調査した鉄道事故統計によると、ここ5年間、鉄道事故発生件数は増加傾向にあり、首都圏における列車の遅延本数は、2009年度には4万本を超える状況となっている。

軌道系交通機関のサービスの特徴である「時間厳守性」が確保されなければ、利用者は一定時間の遅延を見込んで出発時刻を決定せざるを得ず、交通所要時間の増大という点で不便を被ることになる。そのため、今後は「所要時間信頼性」を向上させるための取り組みが必要となると考えられる。

このような背景を踏まえ、本研究では、鉄道利用者が移動に際して見積もっている認知所要時間と、時間厳守性が保たれた際の理想所要時間を個人ごとに推計する手法を構築し、鉄道利用者に対して実施した調査データを用いて、所要時間分布の特性分析を試みた。

## 2. 既往研究の整理

道路交通においては、出発時刻選択行動の分析を通して所要時間信頼性の評価を行った研究は多くあ

り、整理すると、「平均一分散アプローチ」あるいは「スケジューリングアプローチ」といった共通するモデリングが図られている。

平均一分散アプローチでは、所要時間を、その平均と標準偏差の線形和で表現している。これは、利用者が所要時間の長さとはらつきをトレードオフ関係として据えていると解釈できるモデルである。Small<sup>1)</sup>, Nolandら<sup>2)</sup>, Brownstoneら<sup>3)</sup>は、所要時間の変動（不確実性）が確率分布に従うと仮定して、最適出発時刻を求めている。

一方、スケジューリングアプローチでは、決まった時刻までに目的地に着かなければならないという到着時刻制約を持つ所要者が、早着・遅着によって被る不効用を最小にしようとして出発時刻を決定するということを考慮してモデリングが行われている。

近年、Fosgerauら<sup>4)5)</sup>は、これら2つのアプローチを統合した新たなモデリングの方法を開発した。この統合アプローチモデルでは、スケジューリングアプローチタイプの不効用関数を定義し、所要者の最適化行動を据えている。また、到着時刻制約を必要としないため、分析上の汎用性が高いとされる。福田ら<sup>6)</sup>は、平均一分散アプローチ並びにスケジューリングアプローチに関する既往研究のレビューを行い、統合アプローチによる時間信頼性価値推計の可能性について考察を行っている。

一方、鉄道利用者の出発時刻の選択について、家田ら<sup>7)</sup>は、都市鉄道の混雑不効用や、起床時刻の不効用、余暇減少不効用などの変数から出発時刻選択モデルを構築している。岩倉ら<sup>8)</sup>は、ピーク需要分散策を念頭に置き、実務での分析に即した時刻別需要予測モデルの構築を試みている。金子ら<sup>9)10)</sup>は、遅延による影響を考慮した出発時刻選択行動モデルを構築している。しかし、現況の再現には改善の余地が残されている。

以上、道路と鉄道の出発時刻選択に関する既往研究、および所要時間の信頼性評価に関する既往研究について整理した。新たに考慮すべき事項として、個人の属性によって到着時間の分布形に違いが生じるといえることがある。そこで本研究では、鉄道利用者の認知所要時間と理想所要時間の差を求めるために、アンケート調査によりサンプルを収集した。それを用いて鉄道利用者の個人毎の所要時間分布形を分析し、検証することとした。

### 3. アンケート調査の概要

近年、インターネット・モニター調査は、サンプル数確保や回答結果の信頼性が高いなどの利点から信頼できる調査手法として確立されつつあり、総務省による調査においても利用されている。

そこで本研究では、株式会社マクロミルの調査モニターを活用して、鉄道の利用状況に関するアンケート調査を実施した。調査対象者は、首都圏の1都3県（東京・神奈川・千葉・埼玉）に居住する15歳以上の有職者（パート・アルバイトを含む）とした。調査は、平成24年3月28、29日の2日間で計1418サンプルの回答を得た。

本研究では、図-1に示すアンケート調査で得られた、通勤で使用する路線、認知所要時間、鉄道利用者が複数回の移動を行った際の到着時刻の変動に関する質問を行った。

### 4. 所要時間の分布化手法

鉄道利用者が出発時に見積もる余裕時間は、利用者が認識している遅延の遭遇経験や、遅延による損失時間等、様々な条件に依存していると考えられる。

そこで本研究では、アンケートで収集した認知所要時間（乗車駅から降車駅までの移動に要すると認知している時間）より、時刻表に基づく所要時間（理想の所要時間）が、10回中何回早いのか、遅いのか、概ね同じなのかを所要時間差一回数（10回中）を図-2のように表し、所要時間分布のグラフの作成をおこなった。

### 5. 所要時間分布形の分析

**Q1** 出勤時の移動経路(乗車駅・乗り換え駅・降車駅)をお答えください。途中で乗換えている場合には、乗り換え駅についてもお答えください。

【乗車駅について】

鉄道事業者名  (例: JR)  
 路線名  線 (例: 山手)  
 駅名  駅 (例: 池袋)

【降車駅について】

鉄道事業者名  (例: 東急)  
 路線名  線 (例: 田園都市)  
 駅名  駅 (例: すすヶ台)

---

**Q2** Q1で回答した区間を移動するのに、乗車駅から降車駅までのどのくらいの時間がかかると想定していますか。

通常  時間  分くらいかかっている

---

**Q3** Q2で回答した時間よりも短い時間で移動できるのは10回のうち何回ですか。また長く時間がかかるのは10回のうち何回ですか。

Q2の時間通りに移動できるのは、10回のうち  回  
 Q2の時間よりも短く移動できるのは、10回のうち  回  
 Q2の時間よりも時間がかかるのは、10回のうち  回

図-1 アンケート調査（一部抜粋）

		所要時間						
		~-10分	-10~-5分	-5~-2分	-2~2分	2~5分	5~10分	10~分
サ ン プ ル N O.	1	0	0	2	3	0	0	5
	2	0	0	0	10	0	0	0
	3	0	0	0	10	0	0	0
	4	0	0	1	7	0	2	0
	5	0	1	1	4	2	0	2
	6	0	0	2	3	0	5	0
	7	0	0	1	2	1	5	1
	8	0	3	0	0	2	3	2
	9	0	0	0	6	2	1	1
	10	0	0	0	8	1	0	1
...	...	...	...	...	...	...	...	
1416	0	0	0	9	0	1	0	
1417	0	2	1	2	0	3	2	
1418	0	0	0	6	1	2	1	

図-2 所要時間の分布（一部抜粋）

所要時間の分布がどのような形状になっているかを調査するため、いくつかのグループに分けてどのような分布になっているかの確認を行った。

分類方法は、両端以外のどこかで最大値をとり、末広がりになっていくものなら正規分布タイプ、最大値から遅延方向に減ってゆくものは指数分布タイプ、最大値から遅延方向に増えてゆくものは漸次増加分布タイプ、回答がどこかに10回偏っているものは時間不動タイプ、回答した回数がすべて同じならば一様分布、それら以外の分類できないものを分類不可タイプ、と分類した。また、回答数が10回中と少数かつ限定されているため、分布の途中で0が現れている分布についても、他の点で0以外を回答していれば何らかの分布タイプに当てはまるようにした。

結果、図-3のように6つのタイプに分類でき、それぞれの分布の個数（タイプ名右側、個数/分母）が得られた。またほとんどの分布形では早着回数が1回以上ある人は非常に少なかったが、またほとんどの分布形では早着回数が1回以上ある人は非常に少なかったが、漸次増加分布タイプについては、タ

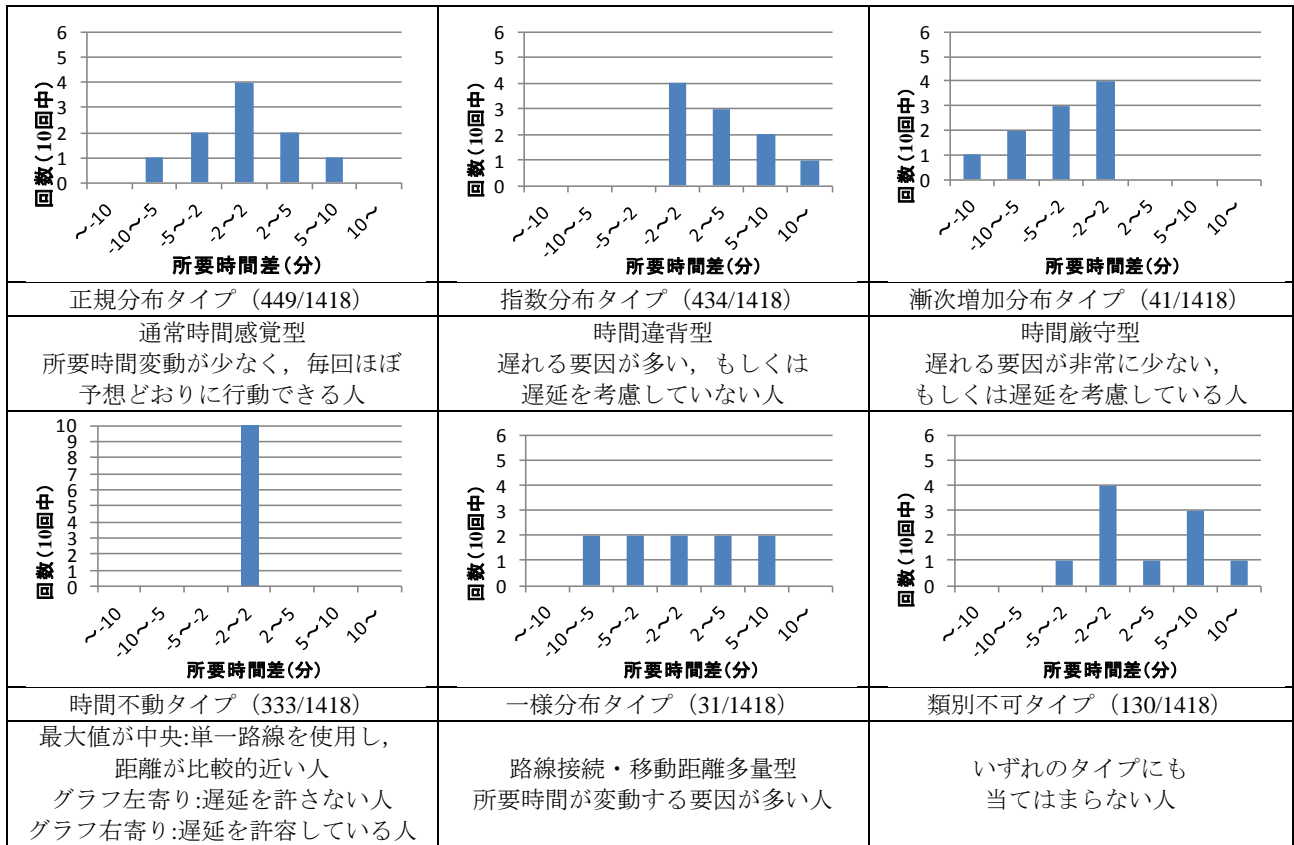


図-3 所要時間の分布

タイプの26%に10回中1回も遅延が起こっていなかった。

以上の結果を踏まえて、正規分布タイプと指数分布タイプについて、それぞれ適合度検定 ( $\chi^2$ 検定) を行なった。その結果、正規分布であるという有意性が95%以上のサンプルは全体の約1%であった。一方、指数分布であるという有意性95%以上のサンプルは0%であった。以上の結果から、有意性のあるサンプルはほとんど得られなかった。回答の制限によってパターンが限られている事に加え、検定する点が正規分布で最大7点、指数では最大4点と非常に少なかったため、図-4のように検定によって有意性の有無を確認することが困難であった。

## 6. まとめ

本研究では、鉄道利用者の所要時間の分布を6つのパターンに分類した。また、正規分布型と指数分布型に分類されたものについてそれぞれ適合度検定を実施した。その結果、統計的に有意である分布はほとんど存在しないことが明らかとなった。

今後の展望として、本研究で作成した6つの分布タイプに合わせて出発時刻選択行動モデルの推定を行う。

### 参考文献

1) K. A. Small, : The scheduling of consumer activities : work trip,

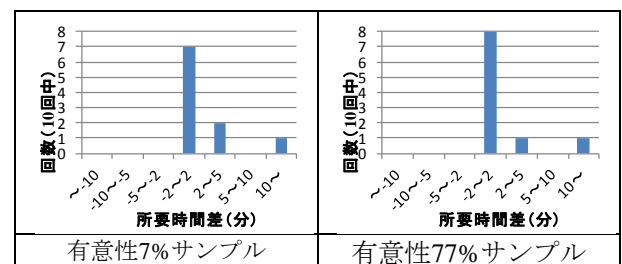


図-4 指数分布タイプの検定結果の例

- American Economic Review, 72(3), pp.467-479, 1982.
- Robert B. Noland, K. A. Small. : Travel-time uncertainty, departure time choice, and the cost of the morning commute, Transportation Research Record, 1995.
- D. Brownstone, K. A. Small. : Valuing time and reliability: assessing the evidence from road pricing demonstration, Transportation Research Part A, Policy and Practice, 39(4), pp.279-293, 2005.
- M. Fosgerau, A. Karlstrom. : The value of reliability and the distribution of random durations, European Transport Conference, 2007.
- M. Fosgerau, A. Karlstrom. : The value of reliability: Transportation Research Part B, Vol.44, No.1,33-49, 2010.
- 福田大輔, 高橋茜: 旅行時間信頼性の評価: モデリングアプローチのレビューと今後の課題, 土木計画学研究・講演集, No.40, 2009.
- 加藤浩徳, 家田仁: MNLに基づく出発時刻選択モデルを用いた通勤鉄道利用者の列車待ち時間に対する意識限界に関する実証的分析, 土木計画学研究・論文集, Vol.20, No.3, pp.523-530, 2008.
- 岩倉成志, 原田知可子: 都市鉄道のピーク需要分散策を念頭においた時刻別需要予測モデルの研究, 運輸政策研究, Vol.8, No.3, pp.4-15, 2005 Autumn.