

鉄道の所要時間信頼性の経済価値の 推計手法に関する研究

山本貴大¹・杉山茂樹²・藤生慎³・高田和幸⁴

¹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:09rg079@ms.dendai.ac.jp

²学生会員 学士（工学） 東京電機大学大学院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:11mk22@ms.dendai.ac.jp

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

⁴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、旅行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、自動車の旅行時間信頼性に焦点を当てたものであり、鉄道の旅行時間信頼性に関する評価事例は限定的であった。

本研究では、鉄道利用者に対して、所要時間、費用、所要時間変動の3つのサービス水準の異なる2つのプロフィールから1つを回答してもらう質問をいくつか実施した。また、回答結果からサービス水準の異なる2つのプロフィールのどちらを選択するかについての2肢選択モデル（以下、鉄道サービス選択モデル）の推定を行い、鉄道利用者の鉄道サービスに影響を与える要因を明らかにした。最後に、推定結果から鉄道利用者の所要時間信頼性の経済価値の推計を行った。その結果、費用差が大きくなるほど、人々は費用の安いほうを選択する確率が高くなることはわかった。

Key Words: 所要時間信頼性, 認知所要時間, 鉄道サービス, *sp*実験, 鉄道サービス選択モデル

1. はじめに

これまで、日本の鉄道は世界から時間厳守性が世界から高く評価されているが、近年、状況は変化しているようだ。国土交通省の鉄道事故統計によると、ここ5年間、鉄道事故の発生件数は増加の傾向にあり、首都圏における列車の遅延本数は2009年度に、4万本を超える。

軌道系交通機関のサービスの特徴である「時間厳守性」が保たれなければ、利用者は予め一定時間の遅延を見込んで出発時刻を決定せざるを得なくなり、所要時間の増大という不便を強いられることになる。そのため、今後は「旅行時間信頼性」を向上させるための取り組みが必要であると考えられる。

これまで筆者らは、鉄道遅延に伴う損失時間の推計、損失時間削減に対する支払意志額モデルの開発、所要時間の不確実性を考慮した出発時刻決定行動の分析を進めてきたが、所要時間信頼性¹⁾の経済価値については評価しておらず、今後考慮することは意義

があることであると考えられる。そこで、本研究では鉄道利用者に対して、所要時間、費用、所要時間の変動（信頼性）の3つの鉄道サービスの異なる2つのプロフィールの1つを回答して頂く調査をいくつか実施した。回答結果からサービス水準の異なる2つのプロフィールのどちらを選択するかを表現した2項ロジットモデル（以下、鉄道サービス選択モデル）の推定を行い、鉄道利用者の鉄道サービスに影響を与える要因を明らかにした。最後に、推定結果から鉄道の所要時間信頼性の経済価値の推計を行った。

2. 既往研究

道路交通においては、出発時刻の選択行動に関する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見受けられる。これらの文献は、「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-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ば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ら²⁾、Nolandら³⁾、Brownstoneら⁴⁾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到着しなければならないという到着時刻制約を持つ利用者が、早着・遅着によって被る不効用を最小にするように出発時刻を決定するという事を考慮してモデリングが行われている。近年、Fosgerauら⁵⁾⁶⁾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、利用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⁷⁾は、平均-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は、家田ら⁸⁾が、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リングを行っている。岩倉ら⁹⁾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¹⁰⁾¹¹⁾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が、現況の再現には改善の余地が残されている。

その他、鉄道の所要時間信頼性を評価した既往研究に、Smallら¹²⁾、Careyら¹³⁾、Higginsら¹⁴⁾、Reitveldら¹⁵⁾があるが、詳細は高田ら¹⁶⁾に記載されている。なお、これら4編は、通常時の所要時間の信頼性に焦点を当てた研究である。

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。その結果、考慮すべき事項は、費用や所要時間など個人にとって重視する項目は異なるということである。そこで本研究では、鉄道利用者の出発時刻に係るデータをアンケート調査により収集し、鉄道利用者の選好のプロファイルと、モデリングを通じて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。調査概要を表-1に示す。調査

表-1 アンケート調査概要

| | |
|------|--|
| 調査日時 | 2012年3月28日(水)~29日(木) |
| 調査方法 | インターネット・モニター調査 |
| 調査対象 | 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) |
| 調査項目 | (1) 認知所要時間 (2) 個人属性(性別、年齢、職業) (3) 鉄道サービス水準に関する選好意識に関する質問 |
| 標本数 | 1418名 |

表-2 回答者の特性

| 属性 | 内訳 | 標本数 | 割合 |
|----|-----------|-----|-----|
| 性別 | 男 | 881 | 62% |
| | 女 | 533 | 38% |
| 年齢 | 10代 | 1 | 0% |
| | 20代 | 196 | 14% |
| | 30代 | 483 | 34% |
| | 40代 | 452 | 32% |
| | 50代 | 211 | 15% |
| | 60代 | 68 | 5% |
| | 70代 | 3 | 0% |
| 職業 | 公務員 | 54 | 4% |
| | 経営者・役員 | 32 | 2% |
| | 会社員(事務系) | 571 | 40% |
| | 会社員(技術系) | 337 | 24% |
| | 会社員(その他) | 230 | 16% |
| | 自営業 | 48 | 3% |
| | 自由業 | 23 | 2% |
| | 専業主婦(主夫) | 0 | 0% |
| | パート・アルバイト | 119 | 8% |
| | 学生 | 0 | 0% |
| | その他 | 0 | 0% |
| 無職 | 0 | 0% | |

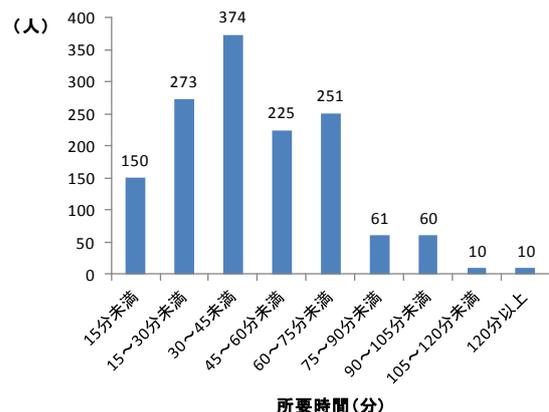


図-1 認知所要時間分布

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。調査日時は、平成24年3月28、29日の2日間で計1418名から回答して頂いた。なお本研究の分析に用いた有効回答サンプル数

は 1414 名である。回答者の特性を表-2 に示す。

4. データの特性

鉄道利用者の認知所要時間の分布を図-1 に示す。30～45 分未満の割合が最も多いことが見て取れる。また、認知所要時間の平均値は約 42 分であった。

第 10 回大都市交通センサス(2007 年)によると、首都圏(東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県)の 1 日当たりの通勤・通学定期利用者数は約 950 万人¹⁷⁾であり、平均移動時間は約 68 分である。

駅までの所要時間を考慮すると、今回の平均値に近い値となる。

5. SP 実験について

SP 実験は、Pim¹⁸⁾や Gerard De Jong¹⁹⁾ 明らかにしており、手法も既に確立されている。よって、本研究では SP 実験により行った。

所要時間は、選択実験内のデータに連動しており、本研究で行った SP 実験に用いたプロフィールを図-2 に示す。本研究では図-2 のようなケース 1 とケース 2 の二つの鉄道サービス水準の異なるプロフィールを用意し、回答して頂いた。項目は、鉄道サービスを(1)所要時間、(2)所要時間の変動、(3)費用の差などの観点から評価し、どちらかのサービスを選択するかを調査した。

3つの属性の区分を表2に示す。3つの属性と区分から、直交計画法により5つの組み合わせを設定した。問いに対する全ての組み合わせが以下に示す表-3である。

6. 通勤時の鉄道サービス選択モデルの推定

(1) 鉄道サービス選択モデルの推定

本章では、サービス水準の異なる2つのプロフィールのどちらを選択するかについての2肢選択モデルの推定を行った。モデルの説明変数には、費用、所要時間変動などの「鉄道サービス水準」、「時間の増加分/認知所要時間」、時間変動の標準偏差/認知所要時間、「費用/認知所要時間」を用いた。パラメータの推定結果を表-4に示す。モデルの説明力を表す尤度比、的中率はそれぞれ0.255、76.8%であった。個々のパラメータの統計的有意性を表すt値は「費用」、「所要時間変動の標準偏差」についてはいずれも1.96以上であり、95%有意であることが確認できた。

次に、個々のパラメータが、鉄道サービス水準の選択にどのような影響を及ぼしているかについて考察する。「費用」のパラメータは負であり、費用差が大きくなるほど、人々は費用の安いほうを選択する確率が高くなることはわかる。「所要時間変動の

標準偏差」のパラメータは負であり、所要時間の変動の差が大きくなるほど、人々は所要時間の変動の少ないほうを選択する確率が高まることわかる。

(2) 所要時間信頼性の経済価値について

推定結果から「所要時間変動の標準偏差」と「費用」のパラメータの推定値を用いて、鉄道利用者の所要時間信頼性の経済価値の推計を行った。その結果、所要時間変動に対する支払意志額は2,228円/分であった。

ケース1またはケース2のどちらが良いかを選択してください。

Q14

| 所要時間: T分 | 所要時間: T+5分 |
|--|---|
| 所要時間の変動 | 所要時間の変動 |
| <ul style="list-style-type: none"> ・ T-10分 ・ T-10分 ・ T分 ・ T+10分 ・ T+10分 | <ul style="list-style-type: none"> ・ T分 ・ T+5分 ・ T+5分 ・ T+5分 ・ T+10分 |
| 追加費用: | 追加費用: |
| 200円 | 0円 |
| ケース1 | ケース2 |

図-2 SP 実験のプロファイル(一部抜粋)

表-3 3つの属性の区分

| 属性 | 区分 |
|------------|----------------------------------|
| 所要時間(分) | T, T+1, T+5 |
| 所要時間の変動(分) | T-5, T-2, T, T+2, T+5, T+7, T+10 |
| 追加費用(円) | 0, 50, 200 |

表-4 設問によるプロフィール

| 質問 | NO | 所要時間(分) | 所要時間変動(分) | 費用差(円) |
|----|----|---------|---------------------------|--------|
| 1 | 1 | T | T-2, T, T, T+2 | 200 |
| | 2 | T+5 | T, T+5, T+5, T+5, T+10 | 0 |
| 2 | 3 | T | T-5, T, T, T+5 | 50 |
| | 4 | T+1 | T-10, T-5, T+5, T+5, T+10 | 0 |
| 3 | 5 | T | T-10, T-10, T, T+10, T+10 | 200 |
| | 6 | T+5 | T+3, T+5, T+5, T+5, T+7 | 0 |
| 4 | 7 | T | T-2, T, T, T+2 | 50 |
| | 8 | T+1 | T-10, T-5, T+5, T+5, T+10 | 0 |
| 5 | 9 | T | T-10, T-10, T, T+10, T+10 | 200 |
| | 10 | T+5 | T, T+5, T+5, T+5, T+10 | 0 |

表-5 鉄道サービス選択モデルの推定結果

| 説明変数名 | パラメータ | T値 |
|----------------|---------|-------|
| 時間変動の標準偏差(分) | -0.0673 | -5.71 |
| 費用(円) | -0.150 | -2.14 |
| 想定時間/認知所要時間 | 0.0689 | 0.309 |
| 時間変動の標準偏差/所要時間 | -0.356 | -1.40 |
| 定数項 | -1.06 | -11.1 |
| サンプル数 | 1414 | |
| 尤度比 | 0.255 | |
| 的中率 | 76.8% | |

7. まとめ

本研究では、鉄道サービス選択モデルの推定を行い、鉄道利用者の鉄道サービスに影響を与える要因を明らかにした。その結果、費用差が大きくなるほど、人々は費用の安いほうを選択する確率が高くなることはわかった。最後に、推定結果から鉄道の所要時間信頼性の経済価値の推計を行った。所要時間の変動の差が大きくなるほど、人々は所要時間の変動の少ないほうを選択する確率が高まることがわかった。また、「所要時間変動の標準偏差」と「費用」のパラメータの推定値を用いて、鉄道利用者の所要時間信頼性の経済価値の推計を行った。その結果、所要時間変動に対する支払意志額は2, 228円/分であった。

本研究の今後の課題としては、個人の異質性を考慮した鉄道サービス選択モデルの構築を行う必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 加藤浩徳: 通勤目的交通における交通時間と交通時間節約価値との関係 - 東京圏都市鉄道経路選択行動データを用いた事例分析 -, 都市計画・別冊・都市計画論文集, Vol. 41, No. 3, pp. 85-90, 2006.
- 2) K. A. Small, : The scheduling of consumer activities: work trip, *American Economic Review*, 72(3), pp. 467-479, 1982.
- 3) Robert B. Noland, K. A. Small. : Travel-time uncertainty, departure time choice, and the cost of the morning commute, *Transportation Research Record*, 1995.
- 4) 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.
- 5) M. Fosgerau, A. Karlstrom. : The value of reliability and the distribution of random durations, *European Transport Conference*, 2007.
- 6) M. Fosgerau, A. Karlstrom. : The value of reliability: *Transportation Research Part B*, Vol. 44, No. 1, 33-49, 2010.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 金子雄一郎, 曾山禎彦, 加藤浩徳: 列車の遅延を考慮した都市鉄道利用者の出発時刻選択行動に関する分析, *土木計画学研究・講演集*, No. 41, 2010.
- 11) 金子雄一郎, 曾山禎彦, 加藤浩徳: 都市鉄道の遅延に対する利用者の認知状況と交通行動への影響—東京圏を対象として—*運輸政策研究*, Vol. 14, , No. 2, , pp. 26-33, 2011
- 12) Terence C. Lam and Kenneth A. Small : The value of time and reliability: measurement from a value pricing experiment, *Transportation Research Part E*, 37, pp. 231-251, 2001
- 13) Terence C. Lam and Kenneth A. Small and Carey, M : Reliability of Interconnected scheduled service, *European Journal of Operations Research*, 79, pp. 51-72, 1994.
- 14) Higgins, A. , Kozan, E. : Modeling train delays in urban networks, *Transportation Science*, 32, pp. 346-357, 1998.
- 15) Rietveld, P. , Bruinsma, F. R. and Van Vuuren, D. J. : Coping with unreliability in public transport chains: A case study for Netherlands, *Transportation Research Part A*, 35, pp. 539-559, 2001.
- 16) 高田和幸, 吉澤智幸: 鉄道事故に伴う旅客の損失時間の推計手法に関する研究, *土木計画学研究・論文集*, Vol. 22, pp. 863-868, 2005.
- 17) 国土交通省: 大都市交通センサス首都圏報告書, 2007
- 18) Pim Warffemius, Dutch valuation study: current status, *KiM Netherlands Institute for Transport Policy Analysis*
- 19) Gerard De Jong , Yinyen Tseng , Maroco Kouwenhoven , Erik Verhoef , John Bates :The Value of Travel Time and Travel Time Reliability , 2007
(2012. 8. 3受付)