

臨時列車と定期列車における乗車率の偏りを踏まえた 旅客の列車選択行動に関する分析

奥田 大樹* 保木本 晟也* 稲場 亘*

Analysis and Verification of Passengers' Train Choice Behavior Considering the Imbalance in Load Factors between Extra and Regular Trains

Daiki OKUDA Seiya HOKIMOTO Wataru INABA

On high-grade lines served by Shinkansen or limited express trains, the load factor of extra trains is often significantly lower than that of regular trains, even when the level of service is comparable. This study conducted a basic investigation into passengers' train choice behavior, as it is considered a potential factor contributing to this imbalance. Firstly, a comparative analysis of booking curves for extra and regular trains was conducted to identify passengers' train choice patterns. Secondly, based on the identified choice patterns, two hypotheses regarding the relationship between load factor disparity and passenger choice behavior were formulated under different assumptions. Finally, the validity of these hypotheses was verified using actual choice behavior data obtained from an on-board questionnaire survey conducted on a certain high-grade line.

キーワード：優等列車，臨時列車，乗車率の偏り，予約曲線，限定合理性

1. はじめに

新幹線をはじめとする優等列車の運行ダイヤの基本計画には、毎日決まった時刻に運行される定期列車に加えて、日々の旅客需要の変動に応じて柔軟に設定することが可能な予定臨時列車（以下、単に「臨時列車」とする）も存在する。これら臨時列車は、通常よりも旅客需要の増加が見込まれる日・時間帯に設定されており、定期列車における過度な混雑の発生や旅客需要の逸失を防ぐ役割を果たしている。

臨時列車の具体的な運行日は、突発的に設定される場合を除き、運行日の1か月以上前に作成される、四半期ごとの臨時列車計画に基づき決定される。そのため、運行が設定された臨時列車の指定席券は、同日に運行される定期列車と同様に、運行日の1か月前から発売が開始される。また、切符販売サイトや乗換案内アプリ等においても、定期列車と同様に検索することが可能であり、車両や車内設備、輸送サービスの内容についても、原則として定期列車と同等の水準が確保されている。そのため、同時時間帯に運行している臨時列車と定期列車は、旅客にとって大きな違いが無い選択肢であると言え、それらの乗車率にも大きな差は生じないと考えられる。しかし現実には、同時時間帯の定期列車と比較して、臨時列車の乗車率が想定外に低くなる（以下、「乗車率の偏り」とする）ケースがしばしば確認されており、その結果、定期列車における過度な混雑の発生や旅客需要の逸失の防止といった目的が、十分に達成されない場合がある。

一般的には旅客は列車を自由に選択できるため、乗車率の偏りは、旅客の列車選択に関する特性が一因となって発生している可能性が高いと考えられる。そのため、臨時列車設定の目的を十分に達成することができる質の高い臨時列車計画を作成するには、その特性を明らかにすることが必要不可欠である。

以上のような背景の下、本研究では、まず、ある地域の優等列車路線（以下、「A路線」とする）を対象に、臨時列車と同時時間帯の定期列車における予約曲線を比較分析し、それぞれの列車に対する旅客の選択

* 情報通信技術研究部 情報解析研究室

傾向の違いを把握した。予約曲線とは、指定席券の発売期間中における指定席の累積予約率の推移を表すものである。次に、その結果を踏まえ、旅客の列車選択行動の特性に関する仮説を、異なる前提条件に基づく二通りの形で構築した。最後に、A 路線の営業列車内でアンケート調査を実施して、旅客の列車選択行動の実態に関するデータを収集し、それに基づき構築した仮説の妥当性を検証した。そして本報では、文献 1 および文献 2 をもとに、一部を加筆・修正した内容を紹介する。

2. 旅客の列車選択の特性に関する分析と仮説の構築

2.1 A 路線における運行条件の概要

日時や区間によって差はあるものの、A 路線における 1 時間当たりの運行本数は、上下線ともに 2~4 本である。列車の系統には、運行区間内の主要駅だけに停車する最速達タイプ、運行区間内の主要駅とそれに次ぐ準主要駅に停車する速達タイプ、および運行区間内の全ての駅に停車する各駅タイプの 3 系統が存在する。また、A 路線には相互直通路線が存在し、最速達タイプは全列車が、速達タイプは一部がその路線に乗り入れている。各駅タイプは A 路線のみでの運行となっている。

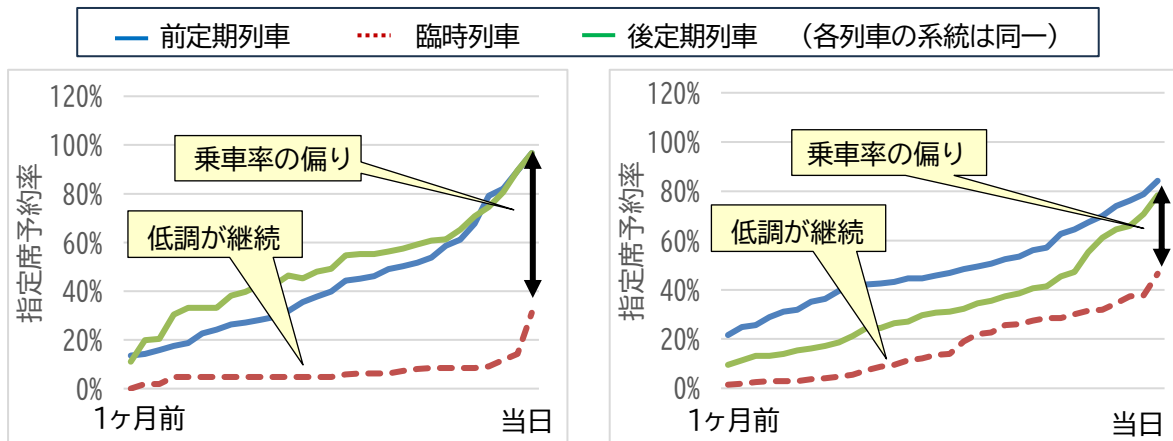
定期列車の系統構成は、速達タイプ、各駅タイプ、最速達タイプの順に多い。一方で、臨時列車の系統構成は速達タイプ、最速達タイプ、各駅タイプの順に多く、各駅タイプについてはほとんど設定されていない。また、臨時列車の系統が最速達タイプもしくは速達タイプである場合に、その前後を走る定期列車が両方とも各駅タイプであるケース、つまり、臨時列車と前後両方の定期列車の間で輸送サービス水準に大きな差があるケースは、一部の特異なケースを除いて存在しない。また、臨時列車の運行が連続するケースも、一部の特異なケースを除いて存在しない。

2.2 A 路線における臨時列車と定期列車の予約曲線の比較分析

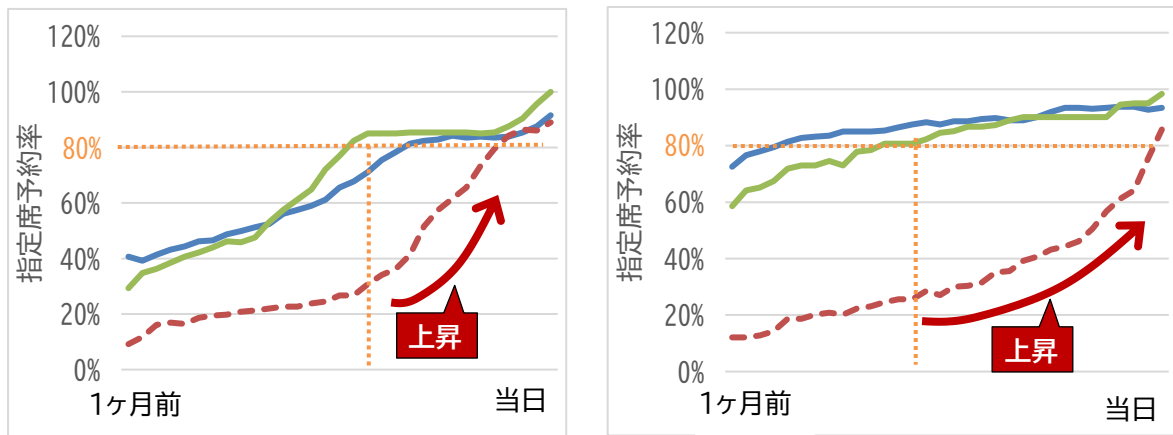
A 路線における 2015 年 3 月 14 日~2020 年 2 月 28 日(災害の影響で運行が制限されていた期間を除く)までの指定席券の販売実績データを用いて、期間中に運行されていた各列車の予約曲線を作成した。対象期間中に運行された臨時列車は、上りが 2,488 本、下りが約 3,439 本であり、それらの約 80%は土・日・祝日に設定されていた。

ここでの分析における乗車率の偏りを、臨時列車とその前後を走る輸送サービス水準に差の無い定期列車(以下、「前後定期列車」とし、それぞれを区別する場合には「前定期列車」と「後定期列車」とする)のいずれか一方以上との間で、最混雑区間における乗車率が 30%以上開いている場合と定義すると、その発生率は上りで約 18% (448 本)、下りで約 15% (516 本)となる。そして図 1 は、乗車率の偏りが発生していたケースと発生していなかったケースにおいて、臨時列車と前後定期列車の予約曲線を比較した一例である。なお、比較した各列車の列車系統は全て同一である。

指定席券の発売開始からしばらくの間は、いずれのケースともに、定期列車と比較して臨時列車の予約率の伸びが鈍いことが分かる。そして偏りが発生していたケースでは、その傾向が運行当日まで継続した結果が、乗車率の偏りという形で顕在化したと考えられる。一方、偏りが発生していなかったケースでは、前後定期列車の予約率が 80%を超えた頃から臨時列車の予約率が上昇し、運行当日にまでに前後定期列車の予約率に追いついたことで、結果として乗車率の偏りが発生しなかったと考えられる。このような動きは、定期列車で希望する指定席(例えば窓側の席)を確保できなかった旅客が、次善策として同時間帯の臨時列車を選択したことによるものと考えられ、このような選択行動が実際に発生していることは、中川³⁾の研究でも指摘されている。



(a) 乗車率の偏りが発生していたケース



(b) 乗車率の偏りが発生していなかったケース

図1 臨時列車と前後定期列車の予約曲線の比較事例

2.3 旅客の列車選択の特性に関する仮説

新幹線をはじめとする優等列車では、旅客需要を的確に捉えた輸送サービスを提供するべく、年に1回程度のダイヤ改正が実施されており、これを補完する形での日常的な調整も行われている。そのため、日常的に旅客需要が高まる時間帯には、輸送サービスの根幹を担う定期列車が設定され、臨時列車はこれら列車の合間での設定となっているケースが多いと言える。ただし、各駅における臨時列車と前後定期列車の出発時刻の差は、区間による違いはあるものの、概ね数分から十数分の範囲に収まっていることから、各時間帯の旅客にとって、当該時間帯に設定されている臨時列車と前後定期列車は、同等の選択肢として認識されているとして差し支えないと考えられる。

一般的な離散選択行動の分析と同じく、旅客が完全合理的な個人であると仮定すれば、旅客は各列車の輸送サービス等の情報を熟知したうえで、自身にとって最も都合が良い(効用が最大となる)列車を、首尾一貫した判断基準に基づき矛盾なく選択していたことになる。そしてこの前提の下で、2.2節で示した予約曲線の比較分析の結果を解釈すると、定期列車を選択した旅客は、同時帯に設定されていた輸送サービス水準に差が無い臨時列車も選択可能な状況の中で、定期列車を選好したということになる。つまり、旅客が臨時列車よりも定期列車を選好することに繋がる、輸送サービス以外の何らかの要素が存在し、それが乗車率の偏りを発生させたと考えられることができる。以降では、これを仮説1とする。

一方で、現実の人間の意思決定には、自身の認知能力等の限界に起因する限定合理性⁴⁾が存在し、選択問題の単純化や思考の簡略化など、完全合理性を前提とした意思決定とは一致しない側面が見られる場合がある⁵⁾⁶⁾⁷⁾。このことは様々な実証的研究によって示されており、交通分野においても、例えば柴田⁸⁾らは、

幹線旅客の限定合理性を考慮した交通機関選択モデルを構築し、完全合理的な個人を前提とした場合のモデルよりも高い推計精度を実現している。昨今では、入力された出発時刻等の条件に基づいて該当列車をリストアップできる乗換案内サイト等が普及しており、多くの旅客が列車探索にこれらを利用している。この時、旅客の列車選択が限定合理的であるならば、図2に示すように、「列車を1本ずつ評価し、満足できる輸送サービス条件を満たす列車が見つかった時点で選択する」といった、効用最大化ではなく満足化原理に基づいた選択（以下、「逐次選択」とする）を行う旅客が、一定数存在すると考えられる。先述したとおり、旅客需要の高まる時間帯に合わせて定期列車が設定されている場合、乗換案内サイト等で検索された列車リストの中でトップに位置する列車、すなわち、旅客の目に最初に留まりやすい列車は、定期列車である可能性が高いと言える。そして、旅客が逐次選択で列車を選択している場合には、最初に目についた定期列車の輸送サービス条件が満足水準を満たしていれば、その前後に輸送サービス水準に差が無い臨時列車が設定されていたとしても、それらは認識されることなく定期列車が選択されることになる。つまり、臨時列車が選択肢として認識されないまま定期列車が選ばれるという選択行動が繰り返されることで、結果として定期列車に需要が集中し、乗車率の偏りが発生したと考えることができる。これを仮説2とする。

以上のとおり、旅客の列車選択行動の特性について、異なる前提条件に基づく二通りの仮説を構築したが、いずれの仮説が妥当であるかは、輸送実績データ等から判断することはできない。そこで、旅客の列車選択行動の実態を把握するべく、A路線の旅客を対象とした車内アンケートを実施し、得られたデータを分析することで、どちらの仮説が妥当であるかを検証することとした。

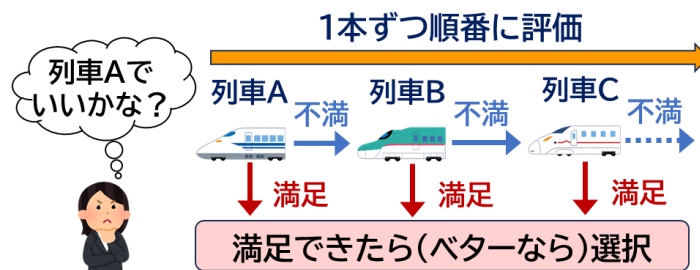


図2 旅客による限定合理的な列車選択の例（逐次選択）

3. 旅客の列車選択行動に関する仮説の検証

3.1 車内アンケートの実施概要と旅客の基本属性

2023年3月18日、19日、および21日に、A路線で運行された臨時列車と、それら列車の前後定期列車の車内で実施した。主な調査項目は表1に示すとおりである。配布した調査票は、臨時列車が2,046票、定期列車が6,956票の計9,002票で、回収された回答は臨時列車が556票（回収率27%）、定期列車が1,917票（回収率28%）の計2,473票であった。このうち、回答内容に不備や矛盾の無かった有効回答は、臨時列車が430票（有効回答率77%）、定期列車が1,403票（有効回答率74%）であり、以降の分析では、この有効回答のみを用いる。

図3は、回答者の性別および年齢層の分布を、列車種別（定期列車と臨時列車）ごとに示すものである。なお、性別と年齢について「答えたくない」とした回答者は、集計から除外している。臨時列車と定期列車ともに、旅客の男女比はほぼ半々であった。また、年齢層の分布についても大きな差は無く、20~49歳と50~64歳の世代による利用が中心であった。

表1 車内アンケートにおける主な調査項目

個人属性 (性別, 年齢, 居住地など)
当日の移動 (移動区間, 移動目的, 切符購入箇所など)
乗車した列車の種別に対する認知状況 ・臨時列車に関する認知の実態 ・列車種別の認知の実態と列車選択の関係性
列車選択プロセスの実態 ・切符購入前における列車選択状況の実態 ・列車の選択方法の実態

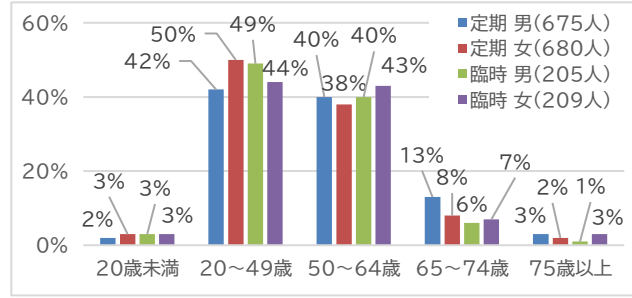


図3 列車種別ごとの回答者の性別と年齢層の分布

3.2 旅客の列車種別に対する認知の実態

本節では、旅客の列車種別に対する認知の実態に関する調査結果を示す。表2は、自身が乗車した列車の種別に対する認知を質問した結果であり、臨時列車ではほぼ全ての旅客が、定期列車では60%弱の旅客が、列車の種別を認識していなかったことを把握した。そして、種別を認識していなかった旅客には、事前にそれが分かっていた場合の列車選択についても質問した。表3はその結果を示すものであるが、その場合でも同じ列車を選ぶとした旅客が、臨時列車と定期列車ともに90%以上を占めていたことを把握した。また、種別を認識していた旅客には、自身が乗車する列車の種別について希望があったかどうかを質問した。表4はその結果を示すものであるが、特に希望はなかったとした旅客が、臨時列車と定期列車ともに80%以上を占めていたことを把握した。

表2 乗車した列車の種別に対する認知

種別に対する認知 (サンプルサイズ)	定期旅客 (1,403)	臨時旅客 (430)
認識していた	44%	5%
認識していなかった	56%	95%

表3 種別を事前に認識していなかった旅客が事前に認識していたと仮定した場合の列車選択

選択する列車 (サンプルサイズ)	定期旅客 (782)	臨時旅客 (409)
同じ列車を選ぶ	92%	94%
別の列車を選ぶ	4%	2%
その他	4%	4%

表4 種別を事前に認識していた旅客の列車種別に対する希望

希望の種別 (サンプルサイズ)	定期旅客 (621)	臨時旅客 (21)
定期列車を希望	16%	9%
臨時列車を希望	0%	5%
特に希望はなかった	82%	86%
その他	2%	0%

以上の結果は、旅客は各列車の輸送サービス等の情報を熟知しているとした完全合理性の前提を否定するものと言える。このことから、旅客が定期列車を選好していた背景に、輸送サービス以外の要素が存在するとは考えにくく、すなわち仮説1は成り立たないと判断するのが妥当と言える。なお、表2に示したとおり、定期列車旅客の40%強は、乗車した列車の種別を認識していたと回答しているが、これら旅客の他の設問に対する回答を見る限り、臨時列車を修学旅行向けの団体列車やダイヤ乱れ時などに突発的に設定される列車等と誤解していた旅客、つまり、臨時列車に乗車していたにも関わらず、定期列車に乗車したと誤認していた旅客が、一定程度含まれていると推察される。

3.3 旅客の列車選択の実態

本節では、旅客の列車選択の実態に関する調査結果を示す。表5は、切符購入時までにおける旅客の列

車選択状況を質問した結果であり、臨時列車と定期列車ともに、乗車時刻などの希望条件のみを決めていた旅客が半数以上であったことを把握した。

希望条件のみを決めていた旅客には、切符購入時における具体的な列車の選択方法についても質問した。表 6 はその結果を示すものであるが、「列車を 1 本ずつ評価して、満足できる条件の列車が見つかったらそれを選ぶ」という、図 2 で示した逐次選択を採用していた旅客が、臨時列車と定期列車ともに約半数を占めていたことを把握した。残りの約半数の旅客は、「いくつかの列車の中から、一番良いと思う列車を選んだ」という多肢選択を採用していたが、このような選択の分析には、完全合理性を前提とした選択モデルを適用することが一般的である。しかし、例えば表 2 で示したように、これら旅客の多くも、自身が乗車した列車の種別を認識していなかったことなどから、輸送サービス等を熟知したうえでの選択ではなかったと考えられる。よって、これら旅客による列車選択にも、限定合理的な側面が存在していたと考えられる。

表 5 において、切符購入時よりも前に乗車希望の列車を決めていた旅客には、各列車の輸送サービス等の情報検索にどのようなツールを用いたか、および第 2 希望以降の列車の選択実態についても質問した。表 7 は前者の結果を示すものであるが、臨時列車と定期列車ともに、旅客の大半は乗換案内サイト（およびそれに準じるもの）を用いていたことを把握した。そして表 8 は後者の結果を示すものであるが、旅客の約半数は、第 2 希望以降の列車は特に探索していなかったことを把握した。旅客が逐次選択を採用していたと仮定すれば、乗換案内サイト等でリストアップされた列車の中から、条件に満足できる列車が見つかった時点で選択が終わるため、第 2 希望以降の列車は存在しないこととなる。よって、切符購入前に乗車希望の列車を決めていた旅客についても、その半数程度は逐次選択で列車を選んでいただと考えられる。

以上の結果は、多くの旅客の列車選択において、程度の差こそあれ限定合理的な側面が存在していたことを示しており、乗車率の偏りを発生させる要因の一つであったと考えられる。よって、仮説 2 は妥当であると考えられる。

表 5 切符購入時までにおける旅客の列車選択状況

列車選択状況 (サンプルサイズ)	定期旅客 (1,403)	臨時旅客 (430)
事前に決まっていた	38%	29%
乗車時間など希望条件のみ決まっていた	53%	58%
その他	9%	13%

表 6 希望条件のみ決めていた旅客の列車選択方法

列車選択方法 (サンプルサイズ)	定期旅客 (744)	臨時旅客 (387)
列車を 1 本ずつ評価して、満足できる条件の列車があれば選択	49%	48%
いくつかの列車を比較して一番良いと思う列車を選択	46%	44%
その他	5%	8%

表 7 情報探索に用いたツールの相対度数

探索ツール (サンプルサイズ)	定期旅客 (540)	臨時旅客 (125)
乗換案内サイト	88%	88%
鉄道時刻表	6%	6%
過去の利用経験	4%	0%
その他	2%	6%

表 8 第 2 候補以降の列車の選択状況

第 2 候補以降の列車 (サンプルサイズ)	定期旅客 (540)	臨時旅客 (125)
決まっていた	36%	38%
探していなかった	49%	50%
候補となる列車は無かった	6%	7%
その他	9%	4%

4. おわりに

本研究は、新幹線等の優等列車において乗車率の偏りをもたらす旅客の列車選択の特性を明らかにすることを目的として、まず、A 路線で運行された臨時列車と前後定期列車における予約曲線の比較分析を実施した。そして、乗車率の偏りが発生していたケースとしていなかったケースの双方において、旅客は定期列車を選択する傾向が強いこと、および前後定期列車で希望座席の購入謝絶に遭遇する旅客が出始めると、次善策として臨時列車を選択する旅客が増加する実態が確認された。次に、予約曲線の比較を通じて把握した旅客の選択傾向の実態に基づき、旅客の列車選択が完全合理的である場合と限定合理的な側面を含む場合の二通りの仮説を構築した。最後に、A 路線で実施した車内アンケートの結果に基づく検証によって、一定数の旅客が逐次的に列車を選択していることが確認されるなど、旅客の列車選択行動には限定合理的な側面が存在し、その影響で乗車率の偏りが発生したとする仮説が妥当であることを確認した。

今後は、まず、限定合理的な旅客の列車選択を表現可能な列車選択モデルを、ランダム効用最大化モデルの理論に基づき構築する。このモデルは、意思決定者の選択行動が完全合理的であることを前提としているが、意思決定者の認知ミス等によって発生する効用の誤差項を考慮したものとなっており、その中に、意思決定者の限定合理的な選択の影響も含まれているとすれば、列車選択モデルの構築に適用可能と言える。そして、旅客に対する質の高い輸送サービスの提供を実現するべく、旅客の列車選択モデルに基づいた臨時列車計画の妥当性を評価可能な手法の構築を目指す。

謝 辞

A 路線での車内アンケートの実施にあたっては、当該路線を管理する鉄道事業者に多大なるご協力を頂いた。ここに厚く謝意を表する。

文 献

- 1) 奥田大樹, 保木本晟也, 稲場亘: 優等列車の臨時列車と定期列車の間で発生する乗車率の偏りに関する一考察, 土木学会第 79 回 年次学術講演会講演概要集, ROMBUNNO.IV-110 (WEB ONLY), 2024
- 2) 奥田大樹, 保木本晟也, 稲場亘: 臨時列車と定期列車の間に発生する乗車率の偏りを踏まえた旅客の列車選択に関する基礎的検討, 鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL2024) 講演概要集, 2024
- 3) 中川伸吾, 柴田宗典, 深澤紀子: 潜在的な需要を考慮した席種別の需要推計モデルと乗車人数推定シミュレーション, 情報処理学会研究報告, Vol. 2016-ITS-64, No.13, 2016
- 4) Simon, H. A.: Reason in Human Affairs, Stanford University Press, Stanford, California, 1983.
- 5) 中山昌一朗: サイモンの限定合理性とプロセス記述: 土木計画へのインプリケーション, 土木学会論文集 D3, Vol.68, No.5, pp.I_523-I_539, 2012
- 6) 小林潔司, 松島格也: 限定合理性と交通行動モデリング: 研究展望, 土木学会論文集, Vol.2001, No.688, pp.5-17, 2001
- 7) 森川高行, 倉内慎也: 合理選択の拡張とモデリングへのインプリケーション, 土木学会論文集, Vol.2002, No.702, pp.15-29, 2002
- 8) 柴田宗典, 内山久雄: 幹線旅客の交通機関選択行動における意思決定プロセスのモデル化に関する研究, 土木計画学研究・論文集, 26 巻, pp.457-468, 2009