

大都市圏における鉄道輸送サービスと 沿線居住意向の関係の考察

渡邊 拓也¹・深澤 紀子²・奥田 大樹³・鈴木 崇正⁴

¹正会員 (公財) 鉄道総合技術研究所 情報解析研究室 (〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38)
E-mail: watanabe.takuya.42@rtri.or.jp

²正会員 (公財) 鉄道総合技術研究所 情報解析研究室 (〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38)
E-mail: fukasawa.noriko.11@rtri.or.jp

³正会員 (公財) 鉄道総合技術研究所 情報解析研究室 (〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38)
E-mail: okuda.daiki.67@rtri.or.jp

⁴正会員 (公財) 鉄道総合技術研究所 情報解析研究室 (〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38)
E-mail: suzuki.takamasa.91@rtri.or.jp

鉄道事業者は自社線沿線の居住者を維持・増加させるための一つの方策として、輸送サービスの向上施策に取り組んでいるが、路線の輸送サービスと沿線への居住意向との関係に着目した研究は見当たらない。そこで本研究では、その関係を定量的に考察することを目的とし、都市鉄道を利用可能な大都市圏の居住者を対象に、鉄道輸送サービスと沿線への居住意向等について問うアンケート調査を実施した。調査で収集したデータに対してコンジョイント分析を適用し、輸送サービスごとの沿線居住意向への影響を定量化した。その結果から、居住意向に与える影響を、複数の輸送サービス間で定量的に比較できることを確認した。また、居住地域や鉄道利用頻度などの利用者の属性によって、居住意向を向上させる輸送サービスに違いがあることを示した。

Key Words: level of service, residential location preference, urban railway, conjoint analysis

1. はじめに

人口減少時代に突入し、働き方の変化や今後の自動運転技術の進展等により鉄道による移動ニーズのさらなる縮小が予想されるなど、わが国の鉄道事業者を取り巻く状況はより一層厳しくなると考えられる。そこで鉄道事業者は今後も安定的に需要を獲得することを目的として、主に都市鉄道沿線地域を対象に、路線沿線に居住することに価値を感じさせるような沿線まちづくりを推進して、沿線居住者の維持・増加を図っている¹⁾²⁾。その一環として、鉄道事業者は新駅設置や新型車両の投入などの設備投資をはじめ、ダイヤ改正による利便性の向上など多岐にわたる輸送サービス向上施策を実施している。

鉄道路線の輸送サービスが、利用者の満足度や需要に与える影響について分析した研究事例は数多く存在する。櫛谷ら³⁾は、東京都心から放射状に伸びる路線を5方面に分類し、方面別の鉄道サービスに関する満足度評価について分析した。日野ら⁴⁾は、首都圏の鉄道路線を対象

に、顧客満足を形成するサービスをサービス提供の場と提供の手段に分類し、その評価構造について分析した。武藤ら⁵⁾は、複数の鉄道駅を利用できるような鉄道競合地域において、各駅の輸送サービス水準を含めた駅の魅力度が駅ごとの需要に与える影響をモデル化した。秋山ら⁶⁾は、都市鉄道の需要に影響を与える要因として、鉄道輸送サービスと地域別の人口や就業者数などの都市活動をあげ、それらを説明変数とした重回帰分析により需要を推計するモデルを開発した。ただし、これらの研究では、沿線への居住という観点での検討はなされていない。居住の観点では、長尾ら⁷⁾が鉄軌道の運行頻度と駅周辺の人口分布の経年変化について分析をしているが、地方都市を対象とした検討に留まっている。

そこで本研究では、大都市圏居住者を対象として、鉄道路線の輸送サービスと鉄道路線沿線への居住意向に着目し、それらの関係性について考察を行った。具体的には、鉄道路線の輸送サービスと沿線居住意向に関するアンケート調査を実施し、沿線居住意向に影響を及ぼす輸

送サービスについて、統計分析やモデル構築を通して定量的な考察を行った。

第 2 章では、既往研究の整理と本研究の進め方について述べる。第 3 章では、本研究の調査内容において要となる仮想選択調査の設計方について整理する。第 4 章ではデータ収集のために実施したアンケート調査について述べる。第 5 章では、調査で取得したデータに対して適用した分析手法について述べる。第 6 章では、収集したデータに対してコンジョイント分析を適用した結果を示すとともに、居住意向に影響を及ぼす輸送サービスについて考察する。第 7 章で本研究のまとめと今後の課題を述べる。

2. 既往研究の整理と本研究の進め方

(1) 居住地選択行動に関する既往研究

居住地選択行動のモデル化に関する研究の蓄積は豊富であり、その多くが期待効用理論に基づくものである⁸⁾。居住地選択の説明要因として、山崎ら⁹⁾は身近な生活施設への近接性や交通手段へのアクセス重視度などを、西山ら¹⁰⁾は施設充実度、交通利便性、住宅ステータスなどをあげているように多岐にわたっている。これら既往研究からも、最寄りの鉄道路線の利便性が居住地選択要因の一つであると考えて相違ないが、それ以外の要因も決して少なくない。さらに、実際の居住地選択行動は転居を伴う。世帯の住み替えによる便益が存在している¹¹⁾ことから、住み替えを考慮した居住地選択行動における意思決定プロセスはより複雑である。したがって、居住地選択行動に対して沿線鉄道路線の輸送サービスについてのみ着目したい場合、RP 調査に基づくことは現実には困難である。

(2) 調査方法と分析手法

SP 調査に基づく居住地選択行動を扱った研究例は多数ある⁸⁾¹⁰⁾¹²⁾ことから、本研究でも SP 調査により、鉄道路線沿線への居住意向と輸送サービスの定量的な関係性を明らかにするためのデータを収集することとした。本研究では、居住意向に影響を与える鉄道輸送サービスそれぞれの影響の強さに関心があるため、収集したデータに対してコンジョイント分析を適用することとした。

コンジョイント分析は、複数の要素で構成される製品などの嗜好を把握する目的で、要素ごとの嗜好を定量的に評価するのが困難な場合に、全体の評価を行うことで、その結果から各要素の嗜好を推計する統計的方法である。手法の適用例は、交通機関選択¹³⁾、過疎集落の交通サービス¹⁴⁾、都市公園の経済的評価¹⁵⁾、ソフトウェア開発のプロジェクト評価¹⁶⁾、農業経営¹⁷⁾など、交通分野を含め

幅広い分野に存在している。

本研究においては、被験者に対して様々な輸送サービスをもった仮想的な鉄道路線を複数提示し、それら路線に対する選好を調査することにより、個別の輸送サービスが評価にどの程度影響を及ぼしているかを明らかにすることとした。その際には、自宅最寄りの鉄道路線の輸送サービス以外の要素は一切変化しないという前提の下に、調査を行う必要がある。データの収集には web アンケート調査を活用した。

3. 仮想選択調査の設計

今回の調査は、現実には存在しない仮想的な鉄道路線の沿線についての居住意向を問うものである。その仮想的な鉄道路線は、列車本数や速達列車の有無などの複数の輸送サービスに関する属性を持つ。各輸送サービスについて、様々な水準の組み合わせにより仮想的な鉄道路線を表現した。コンジョイント分析において、被験者に提示する選択肢をプロフィールといい、本研究ではこの仮想的な鉄道路線が持つ輸送サービスの組み合わせのことを指す。

コンジョイント分析を適用するためのデータの測定方法にはいくつかの方法があり、被験者が妥当な判断を出来るかどうかなどを考慮して、その方法を決定する。今回は、提示した二つのプロフィールから好ましい一方を選択してもらおう一対比較法を用いる。本章では、一対比較法を用いた調査の設計について述べる。

(1) 提示するプロフィール

a) 属性（輸送サービス）の設定

評価の対象としたい輸送サービスはプロフィールに必ず盛り込む必要がある。しかし、提示する輸送サービスの種類が多くなりすぎると、被験者が各選択肢を適切に認知出来なくなる可能性がある。そこで、佐藤ら¹⁸⁾による最適な提示属性数の検討、深澤ら¹⁹⁾による鉄道輸送サービスの重要度評価に関する検討、さらに鉄道事業者が輸送施策で改善しうるサービスかどうかを考慮して、本研究では表-1 に示す 9 つの輸送サービスをプロフィールに盛り込む属性として採用した。

小規模な遅延の発生頻度とラッシュ時間帯の混雑の状況については、鉄道事業者が直接的に設定できる属性ではないが、前者は列車ダイヤの設定や他路線等との相互直通運転の有無、後者は新型車両の導入や時差通勤態勢に向けた各種サービスの充実化など、鉄道事業者による輸送施策に影響を受ける要素であると考えて採用した。

表-1 調査で設定した属性と水準

属性		水準数	水準
1	快速列車などの速達タイプの列車の有無	4	①速達タイプの列車があり、最寄り駅には全て、もしくは大半停車する ②速達タイプの列車があり、最寄り駅にはそのうち半分程度停車する ③速達タイプの列車はあるが、最寄り駅には全く停車しない ④各駅停車の列車しかない
2	都心の大規模ターミナル駅までの直通運転	2	①あり ②なし
3	有料着席サービス(列車)の有無	2	①あり ②なし
4	小規模な遅延による目的地への到着時刻の数分の遅れの発生頻度	4	①1ヶ月に1回程度 ②2週間に1回程度 ③1週間に1回程度 ④ほぼ毎日
5	よく行く目的地に移動する際の、最寄り路線部分の片道運賃	5	①〇〇円(現状より2割増) ②〇〇円(現状より1割増) ③〇〇円(現状のまま) ④〇〇円(現状より1割引) ⑤〇〇円(現状より2割引)
6	よく行く目的地に移動する際の、最寄り路線部分の所要時間	5	①〇〇分(現状より2割増) ②〇〇分(現状より1割増) ③〇〇分(現状のまま) ④〇〇分(現状より1割減) ⑤〇〇分(現状より2割減)
7	自宅最寄り駅への終列車の到着時刻	6	①午後11時30分 ②午前0時00分 ③午前0時30分 ④午前1時00分 ⑤午前1時30分 ⑥午前2時00分
8	ラッシュ時間帯の1時間あたりの停車本数(片方向あたり)	8	①4本(15分間隔) ②6本(10分間隔) ③8本(7~8分間隔) ④10本(6分間隔) ⑤12本(5分間隔) ⑥15本(4分間隔) ⑦20本(3分間隔) ⑧30本(2分間隔)
9	ラッシュ時間帯の混雑の状況	5	①席が半分程度埋まる ②席が全て埋まり、つり革・手すりはほぼあいている ③席もつり革・手すりも全て埋まる ④折りたたむなど無理をすれば新聞を読める ⑤電車が揺れるたびに体が斜めになって身動きできず、手も動かさない

b) 各輸送サービスの水準の設定

細かく水準を設けた場合に被験者がどの程度各水準を弁別できるか、鉄道事業者が輸送施策で改善しうるサービスかどうかなどについての検討を通して、表-1に示すように水準を設定した。このとき、各属性の現実的な変動幅を少し上回る範囲が両端となるように設定した。

例えば終列車の到着時刻については、「午後11時30分頃」から「午前2時00分頃」までの6水準を提示することとした。都市部において、郊外の駅への終列車到着時刻は、早くても午前0時頃、遅い路線では午前1時半頃である。そこで、提示する水準としては現実よりも早いものと遅いものを設定し、これを被験者の区別しやすさを考慮して30分おきに区分した。

また、都市部の鉄道では日常的に混雑が生じているため、ラッシュ時間帯において混雑が無く、着席が日常的に可能な路線は少ないと思われる。そこで、ラッシュ時間帯の混雑の状況については、提示する混雑率の下限として、着席が可能な水準を設けることにした。上限については、国土交通省による混雑度の目安²⁰⁾における最高の250%を反映させた。この値は、国土交通省発表の2018年度の都市鉄道の混雑率調査結果²¹⁾において、最も混雑していた東京メトロ東西線の木場・門前仲町間(7:50~8:50)の199%よりも大きな値である。

c) プロファイルの作成

調査では表-1にまとめた水準をランダムに持つプロファイルを複数作成し、それを被験者に提示する必要がある。調査に必要なプロファイルの数を抑制するため、直行表を用いて、64通りのプロファイルを作成した。

(2) サンプルサイズの検討

一対比較法は、被験者にとって判断が容易であるという長所がある一方、統計分析に足る判断回数が非常に大きくなるという欠点がある。そのため必要なサンプルサイズに関する十分な検討が必要である。

コンジョイント分析に必要なサンプルサイズについては、これまでも多くの議論がされており、いくつかの基準²²⁾²³⁾²⁴⁾が提示されている。本研究では、その中でも最も厳しい基準である、宋・善教²⁵⁾による「全ての水準が500回以上出現」という基準を参考にする。この基準によれば、本研究において必要な総提示回数は3,800回程度となる。1人の被験者に10回の仮想選択を行わせる場合、被験者数は380で良い。ただし、属性ごとの分析を行う際には、属性ごとに分割した後の提示回数が3,800を超えている必要があるため、より多くの被験者が必要になる。

(3) 仮想選択場面の状況設定

今回の調査では、被験者に「自宅最寄りの鉄道路線の輸送サービス以外の要素は一切変化しない」ということを確実に想起してもらう必要がある。自宅周辺の地域の住みやすさや、駅周辺の公共施設・商業施設の多さ、通勤・通学先へのアクセスなどについては不変であって、最寄り鉄道路線だけが異なる状況になるような場面を想定させなければならない。

ただし、そのような土地は現住地以外には存在し得ず、調査で提示する仮想的な鉄道路線の沿線に転居することを想定させる場合、仮定が多くなり、被験者が妥当な回

答をすることが出来なくなる可能性がある。そこで自宅や地域、駅周辺は全くそのままに、最寄り鉄道路線の輸送サービスだけが変化する、という状況を想定し回答してもらうことで、居住意向に影響を及ぼす鉄道輸送サービスを評価することとした。

4. アンケート調査によるデータの収集

(1) 調査項目

調査では、被験者に対して一対のプロファイル（仮想的な鉄道路線）を提示し、沿線への居住意向が高い路線を尋ねた。この選択調査を一人の被験者に対して、10 回繰り返した。なお、これに加え、性別・年齢などの個人属性や、普段の鉄道の利用頻度、仮想選択で提示した 9 つの属性に関する自宅の最寄り鉄道路線・最寄り駅の状態についても尋ねた。

今回の調査は、2020 年以降に世界規模で発生した新型コロナウイルスの感染拡大後に実施したが、調査ではこの影響を除外するため、感染拡大前の自身の状況を想定して、回答をしてもらった。

(2) 調査対象者

今回の調査は、自宅最寄りの鉄道路線の輸送サービスの違いが居住意向に及ぼす影響について問う調査であることから、鉄道が身近にあり、各家計において居住場所に関する意思決定権を有している人であることが望ましい。さらに被験者は、最寄り鉄道路線の利便性が居住地決定に影響を及ぼすと考える者である必要がある。

調査では、現在の居住環境とは異なる環境についての居住意向を問う。そのため、現住地から転居する可能性、または転居意向を全く持っていない場合、調査項目に対して適切に回答できない可能性がある。

また、鉄道輸送サービスに対する重要度・満足度評価は、地域によって異なることが示されている¹⁹⁾。

以上の検討により、①都市近郊鉄道が通過する、埼玉県・千葉県・東京都・神奈川県内の関東圏 144 市区町村、滋賀県・京都府・大阪府・奈良県・兵庫県・和歌山県内の関西圏 96 市町村に居住していること、②鉄道を年数回程度以上利用していること、③年齢が 18 歳以上で高校生でないこと、④5 年後の居住地が現住地と異なる可能性が少しでもある、または現住地から引っ越しをしたいと少しでも思っていること、⑤転居先に関して重視する項目（複数選択）について「最寄り駅を通る鉄道路線の利便性（列車本数など）」を選択することの 5 条件をスクリーニング条件とした。

今回のアンケート調査の実施は web 調査会社に委託した。被験者は、その web 調査会社に登録されているモニ

ターのうち、上記のスクリーニング条件に合致する者とした。

(3) 調査の実施と回答の収集

今回の調査では、スクリーニング調査と本調査は、2020 年 12 月 1 日～3 日の 3 日間で一続きで実施された。最終的に、関東圏から 2,383 人、関西圏から 2,329 人の、合計 4,712 人から回答を得た。各被験者には仮想的な鉄道路線に対する選好評価を 10 回実施したため、評価についての取得サンプルサイズは、47,120 (=4,712×10) である。

5. 分析の方法

(1) 効用関数の推定方法

この研究におけるコンジョイント分析では、ロジットモデルによる推定を行った。調査において、被験者は 2 つの仮想的な鉄道路線から、沿線に居住するのに好ましいと思う鉄道路線を選択する。路線 i, j の 2 路線から、路線 i を選択する確率は、

$$\Pr(i \text{ を選択}) = \frac{\exp(V_i)}{\exp(V_i) + \exp(V_j)} \quad (1)$$

と書ける。ここに、 V_i は路線 i の効用の確定項である。

今回の分析における効用の確定項は、提示する仮想的な鉄道路線が持つ各輸送サービスのパラメータの線形和とする。コンジョイント分析に用いる効用関数の形式にはいくつかあり、属性の値に対して効用が単調に増加または減少するベクトルモデル、属性のある値で効用が最大になるように効用関数が上に凸になっているアイデアポイントモデル、属性がある値の前後で急激に効用が変動する場合や属性が離散的である場合にも対応できる折れ線モデルなどがある¹⁹⁾。ベクトルモデルを用いる場合、変数の値とそれに対応する効用が線形の関係にあることを仮定することになる。しかし、商品の実際の品質と消費者が知覚する品質には差があり、さらに品質と顧客満足度の関係も単純な線形の関係とは限らない²⁰⁾ため、輸送サービス水準と居住意向の関係も線形であるとは限らない。

そこで本分析における効用関数には、現象に対して柔軟なフィッティングが可能である折れ線モデルを、全ての属性に対して仮定する。折れ線モデルの場合、輸送サービス s ($\in S$) の水準 t ($\in T_s$) が仮想的な路線 k で提示されるときに $D_{st}^{(k)}=1$ 、提示されないときに $D_{st}^{(k)}=0$ をとるダミー変数を用いると、路線 k の確定効用 V_k は、輸送サービス s の水準 t のパラメータ β_{st} を用いて、

$$V_k = \sum_{s \in S} \sum_{t \in T_s} \beta_{st} D_{st}^{(k)} \quad (2)$$

と表すことが出来る。

パラメータ推計は最尤推定により行う。分析に用いる選択問題のサンプルサイズ（被験者数×繰り返し回答数）を N とし、選択問題 n ($=1, \dots, N$) において提示される 2 つの路線のうち、被験者が選択した路線を C_n 、選択しなかった路線を Z_n と記すと、尤度 $L(\beta)$ は、

$$L(\beta) = \prod_{n=1}^N \frac{\exp(V_{C_n})}{\exp(V_{C_n}) + \exp(V_{Z_n})} \quad (3)$$

と表すことが出来る。これを最大にするような β が、求めるべきパラメータである。

(2) 部分効用値と相対重要度

パラメータ β の大小が、輸送サービスの各水準が線区価値に及ぼす影響の大きさを示しており、属性間においても相対的に比較が出来るものである。分析結果の表現には様々な方法があるが、今回はコンジョイント分析を行った結果の解釈を行う際に一般的な、部分効用値と相対重要度と呼ばれる指標を用いる²⁶⁾²⁷⁾。

部分効用値は、各属性において全ての水準のパラメータの合計が 0 になるように平行移動させるゼロ和制約を適用して表現する。ゼロ和制約適用後の平行移動した後のパラメータの値を部分効用値という。相対重要度は、今回設定した水準において各属性が線区価値に及ぼす影響の最大幅を比較する指標である。属性ごとの部分効用値の最大値と最小値に着目し、その差（レンジ）を算出する。全ての属性のレンジを算出して合計し、各属性のレンジが、合計レンジのどれだけの割合を占めているかを計算したものが相対重要度である。これらの値の算出手順を図-1 に示す。分析の結果はこれらの指標に基づいて考察する。

なお、連続量を持つ属性の相対重要度は、水準の設定に大きく影響を受ける。極端な水準を設ければ、相対重要度がその分大きくなる。また、相対重要度は、各属性で部分効用値が最大・最小を示す水準以外が考慮されな

いことに留意する必要がある。

(3) 妥当性の検証

モデル全体の当てはまりを示す指標として、自由度調整済み尤度比（McFadden の決定係数） $\bar{\rho}^2$ を用いる。この値は、計算されたパラメータベクトル β と、全てのパラメータが 0 である零ベクトル $\mathbf{0}$ を用いて、

$$\bar{\rho}^2 = 1 - \frac{\ln L(\beta) - \text{size}(\beta)}{\ln L(\mathbf{0})} \quad (4)$$

と定義される。ここに、 $\text{size}(\beta)$ はパラメータの数（今回は全水準数－属性数）である。 $\bar{\rho}^2$ は、1 に近いほどモデルの適合度が良いことを示す指標である。十分に高い適合度を持つとされる値の閾値には、0.2~0.4 が広く用いられる²⁸⁾。

また、コンジョイント分析の特徴である複数仮説の同時検証を統計的に検定するために必要なサンプルサイズの基準として、仮想選択において各水準が被験者に 500 回以上選択される²⁹⁾ というものがある。

今回は、これら 2 つの基準により妥当性を検証する。

6. コンジョイント分析の結果と考察

前章で説明した方法によって収集したデータに対し、コンジョイント分析を適用した。関東圏と関西圏それぞれで分析を適用した地域別の分析、現在の鉄道利用頻度別の分析、現在の有料着席サービスの利用頻度別の分析についての、結果と考察を本章で示す。

効用関数のパラメータ推計には、統計解析ソフトウェア R(64bit) version 3.6.3²⁹⁾ の survival パッケージ version 3.2.7³⁰⁾ における logit 関数を用いた。

(1) 地域別の分析

鉄道輸送サービスに対する重要度・満足度評価は、地

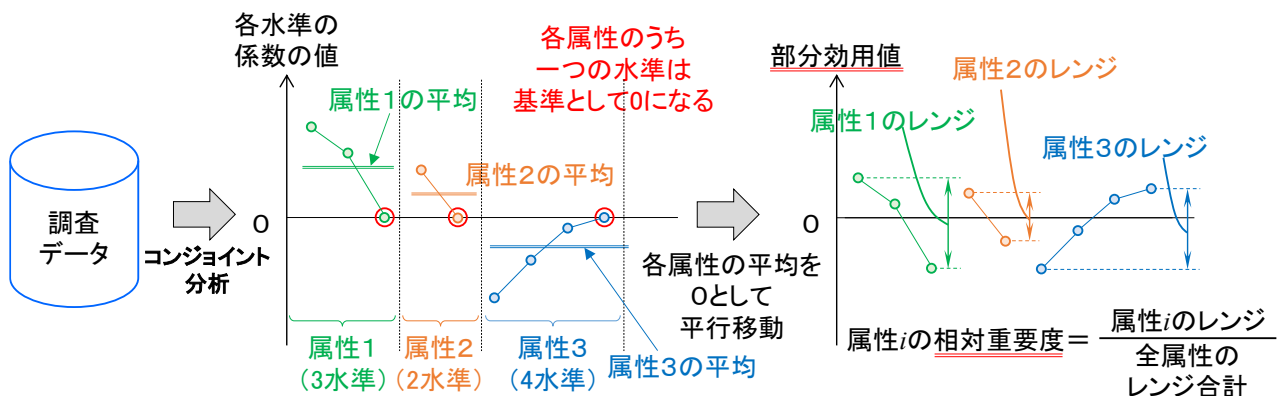


図-1 部分効用値と相対重要度の算出手順

域によって異なることが示されている¹⁹⁾ことから、関東圏 2,383 人、関西圏 2,329 人、それぞれから収集したデータに対して、別々にコンジョイント分析を適用した。部分効用値と相対重要度を折れ線グラフにして表現した結果を図-2 に示す。

グラフは横軸に属性ごとに各水準を並べ、縦軸に部分効用値をとったものである。属性の下部に示した数値は相対重要度を表している。

a) 分析結果の妥当性

モデル全体の当てはまりを示す自由度調整済尤度比 ρ^2 はそれぞれ 0.1684 (関東) , 0.1576 (関西) と計算された。今回のモデルの自由度調整済尤度比は、基準²⁸⁾となる 0.2 を下回っているが、仮想選択状況による調査では、被験者にとっては現実ではない状況を想像させた場合、適合度が低く出てしまうこともある³¹⁾。

また、今回選択された水準のなかで最も回数が小さかったのは、ラッシュ混雑の「身動き不能」の 3,049 回であり、これは基準²⁸⁾となる 500 回を超えている。

自由度調整済尤度比が十分高くないために、結果の解釈にあたっては留意が必要であるものの、鉄道の輸送サービスが線区価値に及ぼす影響に関して、コンジョイント分析を適用することが出来ると考えられる。

b) 各属性の相対重要度

各属性の相対重要度を比較すると、関東圏、関西圏ともに「ラッシュ時の混雑」が最も高く、「有料着席サービスの有無」が最も低いという結果となった。今回の調査で設定した水準における輸送サービスの変化の場合、居住意向に与える影響は「ラッシュ時の混雑」が最も大

きく、「有料着席サービスの有無」が最も小さいことが示された。

「ラッシュ時の混雑」に続いて、相対重要度が大きかったのは、関西圏では「片道運賃」「速達列車」「遅延」の順であるのに対して、関東圏では「ラッシュ時運行本数」「片道運賃」「速達列車」の順であった。このように、地域によって居住意向に影響を及ぼす鉄道輸送サービスが異なることが示された。

c) 各水準の部分効用値

属性ごとの部分効用値の分布を見ると、輸送サービスの利便性が相対的に高いと考えられる水準は部分効用値が概ね大きく、利便性が低いと考えられる水準は部分効用値が概ね小さくなっている。

「速達列車」属性について考察する。各水準の部分効用値は、最寄り駅に大半が停車する場合は 0.357、およそ半分程度停車する場合は 0.227、停車しない場合は -0.276、そもそも速達列車が路線にない場合は -0.309 であった。速達列車が最寄り駅に半分程度停車する場合と、全く停車しない場合で、部分効用値に大きく差が生じていることから、必ずしも全ての速達列車が最寄り駅に停車しなくとも、一部が停車するならば、居住意向への負の影響はそれほど大きなものにはならないと考えられる。また、速達列車が最寄り路線に存在はするけれども最寄り駅に停車しない場合と、そもそも速達列車が存在しない場合では、ともに部分効用値は平均を大きく下回る負値でそれほど変わらず、最寄り駅への停車が、居住意向への影響という観点からは重要であると考えられる。

各水準内の部分効用値の分布に着目すると、ほとんど

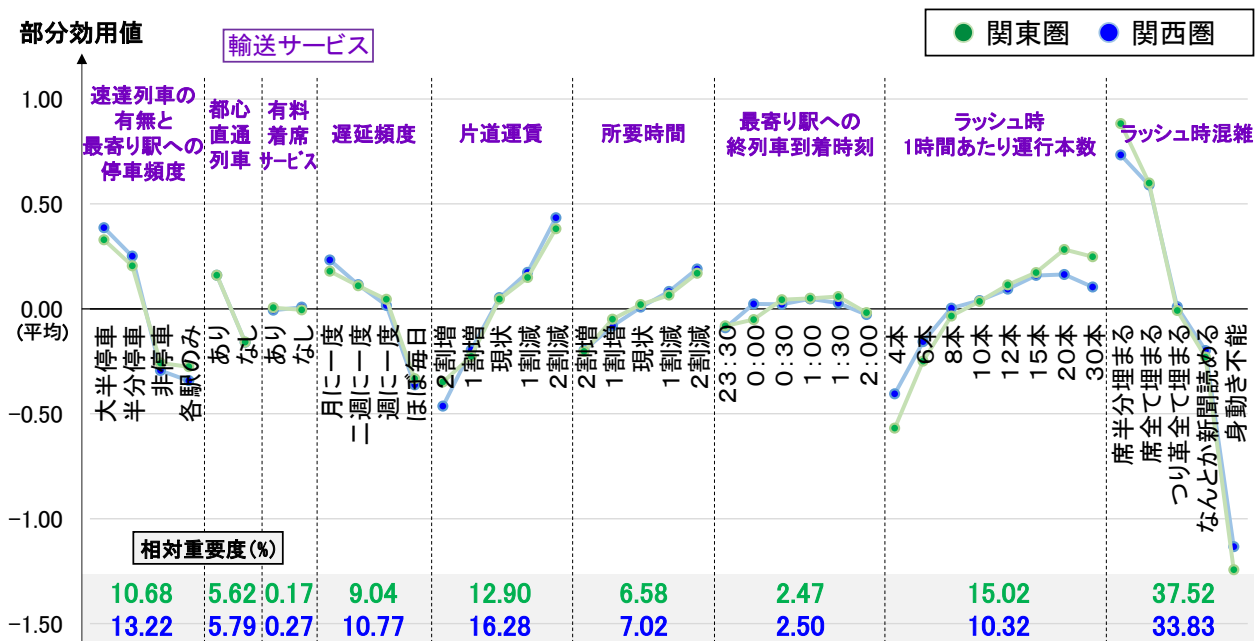


図-2 地域別のコンジョイント分析の結果

の属性で、輸送サービスの利便性と部分効用値の関係は単調増加、もしくは単調減少になっている。しかし「終列車到着時刻」と「ラッシュ時運行本数」については、その傾向を示さなかった。鉄道利用の利便性のみで考えると、「終列車到着時刻」は遅いほど、「ラッシュ時運行本数」は多いほど、輸送サービスの利便性は高いものと考えられる。しかし、「終列車到着時刻」は午前1時00分の部分効用値が最も高く、そこから遅くなるにつれて部分効用値は低下しており、全体として上に凸の傾向を示している。同様に、ラッシュ時運行本数についても、1時間あたり20本の水準までは運行本数が増加するにつれて部分効用値が増加しているが、1時間あたり30本の水準では、20本のときよりも部分効用値が低くなっている。

この傾向は、沿線に住みたいかどうかという観点で考えた場合に、終列車の到着時刻が遅かったり、ラッシュ時の運行本数が1時間に30本もあつたりするような賑やかすぎる路線の沿線には住みたいくないという気持ちを反映したものであると考えられる。このような特徴は、鉄道利用の利便性を評価する分析では見受けられないものであると思われる。

両地域の結果が顕著に異なる箇所に着目する。「終列車到着時刻」属性について、午前0時以外の水準の部分効用値にはそれほど差がないが、午前0時ちょうどの水準の部分効用値は、関西圏では0.023であるのに対して、関東圏では-0.052であった。これは、自宅最寄りの路線に求める終列車到着時刻について、関西圏では午前0時ちょうどであればそれほど不満でないのに対して、関東

圏では午前0時ちょうどでは不満を抱く人が比較的多く、午前0時30分頃まで列車がないと十分でないと考えている人が多いと解釈できる。

同様に、「ラッシュ時運行本数」属性についても、1時間あたりの運行本数が8~15本の場合には、両地域の部分効用値にはそれほど差がないものの、それらより多い場合にも少ない場合にも差が生じている。このことは、1時間あたりの運行本数について、多い場合に十分だと考える本数や、少ない場合に不満を抱き始める本数の境界に、両地域で差があることを示唆するものである。

(2) 鉄道利用頻度別の分析

続いて、現在の鉄道の利用頻度による分析結果の違いを考察する。週3回以上鉄道を利用している被験者を「よく利用する」グループ2,898人、それ以外を「あまり利用しない」グループ1,814人に分類し、それぞれについてコンジョイント分析を適用した。その結果を図-3に示す。自由度調整済尤度比は「よく利用する」グループ、0.1635、0.1636であり、モデルの適合度としては、地域別の分析とそれほど変わらない結果となった。また、各水準が選択された回数で最小のものは、いずれも500を超えており、サンプルサイズは十分であったと考えられる。

各属性の相対重要度を比較すると、「速達列車」「都心直通」「片道運賃」などの属性について、「よく利用する」グループよりも「あまり利用しない」グループのほうが大きくなっていることは興味深い。また、各水準

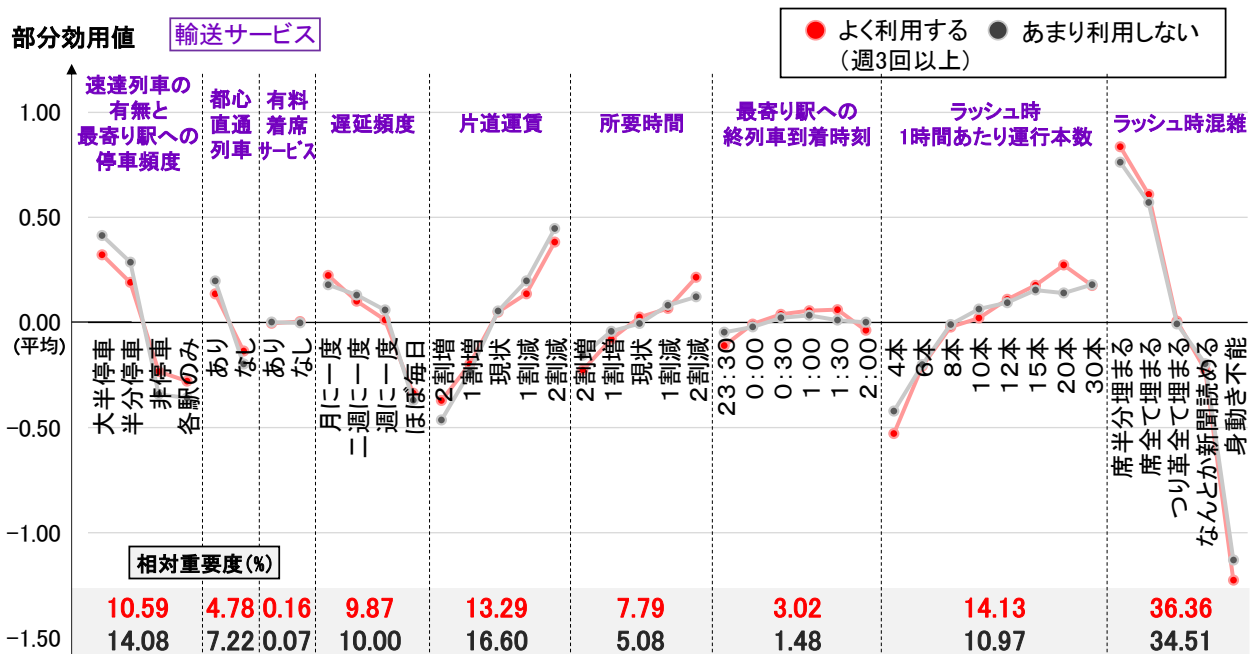


図-3 鉄道の利用頻度別のコンジョイント分析の結果

の部分効用値について、両グループで分布の形はそれほど変わらないものの、「ラッシュ時運行本数」属性の運行本数が多い箇所で見受けられる。「よく利用する」グループでは運行本数の水準が 20 本から 30 本になるにつれて部分効用値が低下しているのに対して、「あまり利用しない」グループではその低下が見られない。この低下の傾向は、全サンプルに対する分析でも、地域別の分析でも見受けられたものであり、賑やかすぎる路線の沿線には逆に居住したくないという気持ちが反映されたものではないかと考察した。このような低下が見られないということは、運行本数が多すぎることに對する負の感情を持っていないということになる。運行本数が非常に多い路線では列車も混雑していることが多く、このような列車を利用することは不快であるが、鉄道をそれほど利用しない人にとってはこの不快な気持ちがそれほど大きくないことによるものと推察される。ただし、「ラッシュ時混雑」属性の部分効用値からは、2つのグループに顕著な違いが見られなかった。

(3) 有料着席サービス利用頻度別のコンジョイント分析の適用結果

自宅の最寄り鉄道路線の有料着席サービスを「よく利用する」「ときどき利用する」と回答した 271 サンプル、それ以外の「ほとんど利用しない」「全く利用しない」「最寄り路線には無い」と回答した 4,441 サンプルにセグメントし、それぞれについてコンジョイント分析を適用した結果を図-4 に示す。「利用する」グループでは、各水準が選択された回数で最小のものが 500 を下回って

おり、十分なサンプルサイズを確保できていないため、この分析結果は、あくまで傾向を把握するための補助的な位置付けとしたい。

この結果において顕著なのは、「有料着席サービスの有無」属性の相対重要度が 3.94%とこれまでの分析結果と比較して大きな値になっていることである。それに加え、これ以外の全ての分析条件では、有料着席サービスの項のパラメータが統計的に有意ではなかったが、この分析条件では有意となった (p 値=0.0002)。

サンプルサイズが十分に大きくないことから、分析結果の係数が安定していないのは明らかであるものの、「片道運賃」属性において、運賃が増加してもそれほど部分効用値が低下していなかったり、速達列車の有無の影響が大きかったりと、有料着席サービスを普段から利用する人の特徴として直感に合う結果を示した。

(4) 全体的な分析結果の傾向について

前節までに示した分析条件以外にも被験者属性によって様々な被験者の分類を行い、コンジョイント分析を適用した。その結果、被験者が置かれている状況や現在の利用傾向が、部分効用値に対して影響を及ぼしていることがわかった。例えば、現住地の最寄り路線のラッシュ時混雑の程度が、身動き不能であると回答したサンプルのみを対象にした分析では、「ラッシュ時混雑」の相対重要度が 30%を下回った (29.13%)。これは、有料着席サービスの利用頻度でセグメントして分析した結果から見られた傾向にも合致するものである。

ただし、相対重要度は水準の設定に大きく依存する指

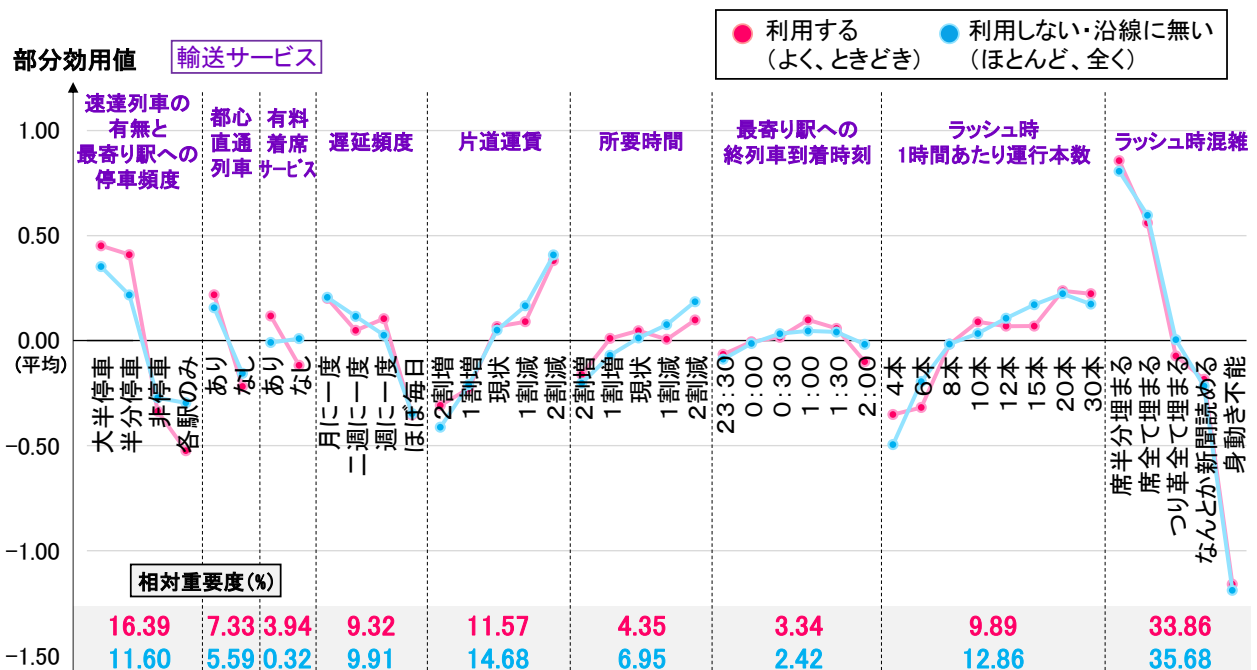


図-4 有料着席サービスの利用頻度別のコンジョイント分析の結果

標である。そのため、相対重要度の値そのものを比較する際には、設定された水準が現実的な想定によるものかどうかについてを検討した上で、議論をしなければならない。

(5) 属性間の居留意向への影響の定量的な比較

コンジョイント分析で算出した各属性の部分効用値を比較することで、直接的には金銭単位で評価できない属性の価値を、金銭単位に換算して評価を行うことが出来るようになる。

今回は計算例として、ラッシュ時運行本数の変化を片道運賃の変化割合に換算することを考える。効用関数に折れ線モデルを仮定しているため、属性の値によっても、別の属性が 1 単位変化した場合の属性の変化量は異なるものとなる。

ラッシュ時運行本数について部分効用値の分布をみると、1 時間あたりの運行本数が 30 本のときを除けば、本数が増えるに従って部分効用値の変化量が小さくなっていることがわかる。そこで、運行本数について逆数をとることで、運転間隔 (分) に変換すると、1 時間あたり 4 本から 20 本の間に限っては、部分効用値と運転間隔がほぼ線形の関係にあると見做せる (図-5)。この部分に関して、回帰分析を適用すると、運転間隔 (分) の係数が -0.0697、切片が 0.4671 と推計でき、決定係数が 0.9961 と極めて高い数値となった。すなわち、ラッシュ時の 1 時間あたりの運転本数が 4 本から 20 本の路線では、運転間隔が 1 分短縮するごとに部分効用値が 0.0697 上昇すると計算できる。

ここで計算された値を、片道運賃の変化割合に変換することを試みる。運賃が現状から 1 割減少することの部分効用値の増分は 0.103 であるから、これを 0.0697 で割

ることにより、運転間隔 1.48 分に相当すると計算できる。

また、この変換は運賃以外のサービスに対しても行うことが出来る。例えば「速達列車」属性について、最寄り線区が各駅停車のみの場合は -0.276、最寄り線区に速達列車はあるものの最寄り駅に停車しない場合は -0.258 であることから、その差 0.018 が最寄り路線における速達列車の存在効果であると言える。これを 0.0697 で割ることにより、0.26 分に相当すると計算できる。

ただ、これらの数値は鉄道利用に関しての効用について計算したものではなく、居留意向に対する影響を定量化したものであるため解釈が難しい。例えば、運転間隔と片道運賃の比較例であれば、「最寄り路線のラッシュ時の運転間隔が 1.48 分変化することによるその路線への居留意向の変化は、最寄り路線の片道運賃が 10% 変化することによる居留意向の変化に相当する」ということになる。

7. まとめと今後の課題

本研究では、居留意向に影響を及ぼす都市鉄道の輸送サービスに関する web アンケート調査によって得られたデータに対してコンジョイント分析を適用し、調査で設定した 9 つの鉄道輸送サービスについて、居留意向への影響を定量的に評価した。その結果、今回設定した水準内の変化においては、ラッシュ時の混雑程度が最も居留意向に影響を及ぼしており、有料着席サービスの有無がそれほど影響を及ぼしていないことがわかった。また、地域別の分析結果から、関東圏と関西圏では、各輸送サービスに対する重要度が異なることや、許容できるサービス水準のレベルに違いがある可能性が示唆された。ま

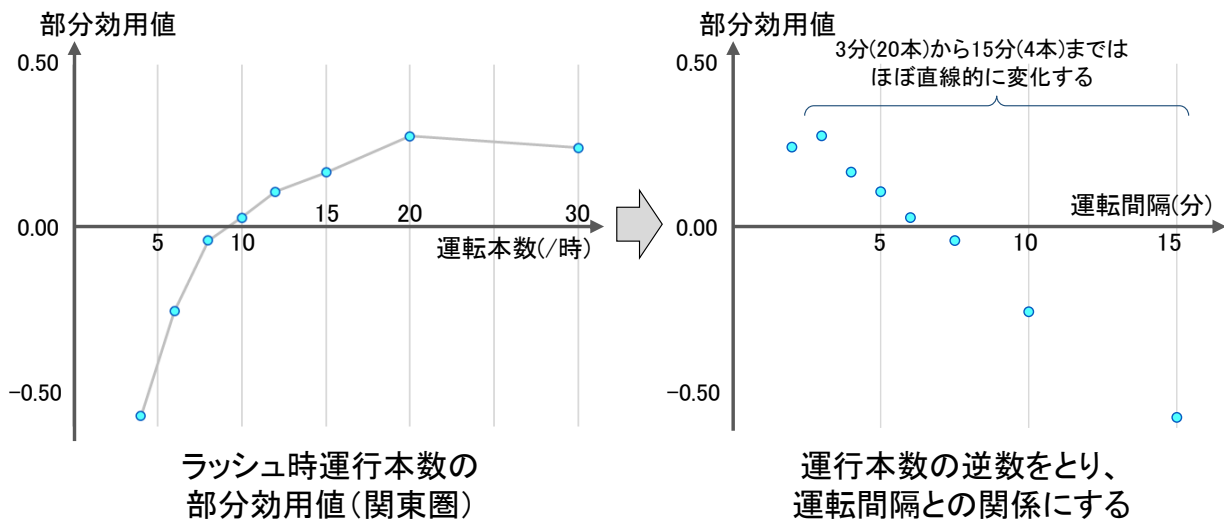


図-5 関東圏における運転間隔と部分効用値の関係

た、鉄道利用頻度別、有料着席サービスの利用頻度別の分析から、被験者が置かれている状況や現在の利用傾向が、部分効用値に対して影響を及ぼすことがわかった。

さらに、コンジョイント分析で算出した各属性の係数を比較した。本稿では、片道運賃の変化割合、運転間隔などの係数を比較することで、例えば関東圏では、片道運賃の1割減少は運転間隔148分の減少に相当することを計算できた。これらの計算を通して、部分効用値に与える影響を、複数属性間で定量的に比較することが可能であることを確認した。

最後に本研究の課題について述べる。今回構築したモデルに関しては、モデルの適合度を示す自由度調整済尤度比が、適合度が高いと見做せる0.2を超えなかった。本研究で行った仮想選択調査においては、路線沿線への居住意向に影響を及ぼしていると報告されている鉄道路線のイメージ³⁾を始め、車両や設備のデザイン、緩急接続の有無、パターンダイヤ化の有無など、調査対象から除外した属性も存在した。当然、除外した属性による居住意向への影響も存在していると考えられるため、モデルの適合度が十分でなかった一因として、居住意向を説明するのに十分な属性を組み込めなかったことが考えられる。

また、今回の調査では、現実の居住行動を対象にすることが難しいことから、仮想状況における調査を実施した。そのため、必ずしも現実の選択行動を模した結果になっているとは限らない。今回の調査で設定した輸送サービスの属性について、実際の輸送サービス水準と、被験者が調査において認知した輸送サービス水準に差がある可能性があることにも留意が必要である。さらに今回は、現在大都市圏に居住している方に対する鉄道沿線への居住意向を調査対象としたため、大都市圏以外からの転入者における居住意向を考慮することが出来なかった。これらについては今回検討出来なかった部分であり、今後の課題とする。

参考文献

- 1) 東日本旅客鉄道株式会社：JR 東日本グループ経営ビジョン「変革 2027」, <https://www.jreast.co.jp/investor/moveup/>, 2018. (2022.2.1 閲覧)
- 2) 西日本旅客鉄道株式会社：JR 西日本中期経営計画 2022, <https://www.westjr.co.jp/company/info/plan/>, 2018. (2022.2.1 閲覧)
- 3) 櫛谷浩之・井上晋一・荒川英司：東京圏を方面別に見た鉄道サービスの満足度, 土木計画学研究・講演集, Vol.24, No.1, pp.389-392, 2001.
- 4) 日野淳一・小野由樹子・松永敏子・会田雅彦：顧客満足とサービス因子の評価構造に関する研究, JR EAST Technical Review, No.16, pp.47-52, 2006.
- 5) 武藤雅威・奥田大樹：鉄道競合地域における定量的な駅勢圏設定手法, 鉄道総研報告, Vol.27, No.2, pp.5-10, 2013.
- 6) 秋山孝正・井ノ口弘昭：都市活動に着目した鉄道需要変化に関する要因分析, 交通学研究, No.60, pp.23-30, 2017.
- 7) 長尾基哉・中川大・松中亮治・大庭哲治・望月明彦：地方都市における鉄道・軌道の運行頻度に着目した駅周辺人口分布の経年変化に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.27, No.2, pp.399-407, 2010.
- 8) 大門創・森本章倫：集約型都市構造に向けた新たなモビリティ残存価値の概念構築とその適用, 土木学会論文集 D3, Vol.69, No.2, pp.176-186, 2013.
- 9) 山崎敦広・高見淳史・大森宣暁・原田昇：個人のライフスタイルと将来居住地選好に関する基礎的研究, 都市計画論文集, Vol.47, No.3, pp.349-354, 2012.
- 10) 西山悠介・中谷隼・栗栖聖・荒巻俊也・花木啓祐：居住地属性の住民選好に基づく類型化による居住地選択行動の解析, 土木学会論文集 G, Vol.67, No.6, pp.II_1-II_10, 2011.
- 11) 森杉壽芳・大野栄治・宮城俊彦：住環境整備による住み替え便益の定義と計測モデル, 土木学会論文集, Vol.425, pp.117-125, 1991.
- 12) 溝上章志・藤見俊夫・内添啓太：まちなか居住促進のための選好セグメントの分離とその特性分析, 土木学会論文集 D3, Vol.69, No.2, pp.121-134, 2013.
- 13) 湯沢昭・須田熙・高田一尚・境潔：コンジョイント分析の適用性に関する実証的研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.8, pp.257-264, 1990.
- 14) 森山昌幸・藤原章正・杉恵頼寧：高齢社会における過疎集落の交通サービス水準と生活の質の関連性分析, 土木計画学研究・論文集, Vol.19, No.4, pp.725-732, 2002.
- 15) 武田ゆうこ・藤原宣夫・米澤直樹：コンジョイント分析による都市公園の経済的評価に関する研究, ランドスケープ研究, Vol.67, No.5, pp.709-712, 2003.
- 16) 辻洋・櫻井彰人・吉田健一・アムリットティワナ・アッシュレーブッシュ：コンジョイント分析によるオフショア・ソフトウェア開発のリスク要因, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.2, pp.823-831, 2007.
- 17) 仲照史・藤本高志：選択型コンジョイント分析による農業技術の多面的経営評価—イチゴ高設栽培におけるケーススタディー—, 農業経営研究, Vol.40, No.1, pp.1-9, 2002.
- 18) 佐藤真行・新山陽子：食品購入時の提示情報量と消費者の選択行動—トレーサビリティ・システムにおける情報提供をめぐって—, フードシステム研究, Vol.14, No.3, pp.13-24, 2008.
- 19) 深澤紀子・奥田大樹・鈴木崇正：鉄道輸送サービスが路線愛着度に与える影響に関する基礎的検討, 第26回鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL2019), 2019.
- 20) 国土交通省：三大都市圏の主要区間の平均混雑率の推移(2018), 国土交通省令和元年7月18日報道発表資料 (三大都市圏で輸送人員は微増, 東京圏混雑率は横ばい), 資料1, <https://www.mlit.go.jp/common/001299795.pdf>, 2019. (2022.2.1 閲覧)

- 21) 国土交通省：最混雑区間における混雑率(2018)，国土交通省令和元年 7 月 18 日報道発表資料（三大都市圏で輸送人員は微増，東京圏混雑率は横ばい），資料 3，<https://www.mlit.go.jp/common/001299797.pdf>，2019，（2022.2.1 閲覧）
- 22) J., Rich and B.K., Orme: “Getting the Most from CBC.”, Sawtooth Software Research Technical Paper , 2003.
- 23) B.K., Orme: Getting Started with Conjoint Analysis: Strategies for Product Design and Pricing Research.search.”, Second Edition, Research Publishers LLC, 2010.
- 24) 宋財沘・善教将大：コンジョイント実験の方法論的検討，法と政治，Vol.67，No.2，pp.611-652，2016.
- 25) 小野譲司：顧客満足[CS]の知識，日経文庫 1220，日本経済新聞出版社，2010.
- 26) 君山由良：第 3 版コンジョイント分析，データ分析研究所，2010
- 27) 田村征洋・黒岩祥太：コンジョイント分析による有権者の政策選好に関する研究，日本オペレーションズ・リサーチ学会和文論文誌，Vol.52，pp.1-19，2009
- 28) 土木学会編：非集計行動モデルの理論と実際，丸善，1995
- 29) R Core Team: R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <https://www.R-project.org/>（2021.8.1 閲覧）
- 30) Revelle, W.: psych version 2.1.6, <https://cran.r-project.org/web/packages/psych/index.html>（2021.8.1 閲覧）
- 31) 梅本通孝：県域間に及ぼすような長距離避難における住民の避難手段選択に関する研究，都市計画論文集，Vol.46，No.3，pp.132-142，2011.
- 32) 渡邊拓也・深澤紀子・奥田大樹・鈴木崇正：都市鉄道における鉄道路線イメージと沿線居留意向の関係の考察，土木計画学研究・講演集，Vol.64，CD-ROM，2021.
- (2022.3.1 受付)

RELATIONSHIP BETWEEN LEVELS OF URBAN RAILWAY SERVICES AND RESIDENTIAL LOCATION PREFERENCE IN THE METROPOLITAN AREA

Takuya WATANABE, Noriko FUKASAWA,
Daiki OKUDA and Takamasa SUZUKI

Railway operators are endeavoring to improve levels of their services in order to gain more residents nearby. However, there are no studies focusing on the relationship between levels of railway services and residential location preference in the metropolitan areas. In this study, a questionnaire survey was conducted in the metropolitan areas. We applied conjoint analysis to the collected data, and quantified the effect of each transportation services on residential location preference. We confirmed that the effects can be compared quantitatively among each transportation services. The result of analysis suggests that railway services that affect residential location preference differ depending on resident’s attributes such as where they live and/or how often they use rail.