

# カスタマーエクスペリエンスに基づく鉄道における 総合快適性の評価

中川 千鶴\* 菊地 史倫\* 斎藤 綾乃\*  
辰井 大祐\*\* 石突 光隆\*\*\* 鈴木 浩明#

Evaluation of Overall Comfort in Railways Based on Customer Experience

Chizuru NAKAGAWA Fumitoshi KIKUCHI Ayano SAITO

Daisuke TATSUI Mitsutaka ISHIZUKI Hiroaki SUZUKI

To increase the overall satisfaction of passengers, the comfort of railways was reconsidered from the perspective of passengers. We conducted a web-based survey twice (February and November 2020) on passenger comfort during several representative travel phase (from planning to destination) and developed a draft evaluation index to estimate the overall comfort from the comfort of each travel phase. We confirm that the draft of the evaluation index created in the first survey shows 70 to 80% estimation accuracy against the second survey data affected by COVID-19, and that the overall comfort is stably estimated from the comfort of each travel phase.

キーワード：快適性評価, CX, 鉄道利用, 旅客属性, COVID-19

## 1. はじめに

生活レベルの向上や環境制御技術の発達に伴い、鉄道などの公共交通機関に対しても、「より快適に」、「より便利に」というニーズが高まっている。一方、労働人口の減少から省人化も差し迫った課題である。さらに新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の出現により社会変動のスピードは加速し鉄道を取り巻く環境は一段と厳しくなり、高水準なサービス提供と省力化・自動化を両立したデジタル技術の迅速な導入、推進が望まれている。特に、鉄道利用における快適性の向上は、高水準なサービス提供において必要不可欠である。

鉄道総研では、これまで大別して3つの領域で快適性の評価と向上に関わる研究開発に取り組んできた。

- ①列車内（振動、音、温熱、混雑、座席等）
- ②駅（移動しやすさ、案内表示、放送、乗降時等）
- ③鉄道利用環境全般（運行頻度、費用、駅アクセス等）

これらの多くは、限定された対象の快適性要因の評価や快適性向上を目指す研究である。一方、旅客の立場、カスタマーエクスペリエンス（Customer Experience: CX）の視点から考えた場合、「旅客にとっての鉄道の総合快適性（以後、総合快適性）」とは、「移動の計画準備」から「目的地の到着」までの時間的に連なる様々な「移動局面の快

適性」が影響して決定される可能性がある。そして、この「移動局面の快適性」は、既存研究が対象としてきた個別の快適性要因によって左右されると考えられる。旅客の移動体験の時間経過と快適性要因から総合快適性までのイメージを図1に示す。一番上の図が、時系列的に変化する総合快適性の瞬時値の推移で、2段目の横長のグラフは人間の身体の中に生じている認知（意識）と生理状態（疲労）の推移を模式的に表している。レーダーチャートは、移動局面を示し、移動局面の快適性が複数の快適性要因から決定されることを表している。デジタル化が可能な快適性要因の制御により、効果的に総合快適性を向上するためには、総合快適性を決定する旅客の評価構造を明らかにする必要がある。

そこで本研究では、この基礎検討として鉄道の総合快適性と、移動局面の快適性の関係について検証した。また、CXを考慮した快適性研究を将来的に展開するためには、既存研究およびWeb調査により抽出された個別の快適性要因と総合快適性の概念図をまとめた。

## 2. 快適性の概念と定量化

### 2.1 快適性の概念

「快適」という概念は、快（pleasant）と適（neutral）の2つの意味から成り立つ<sup>1)2)</sup>。「適」は不快さを感じない状態、「快」は積極的に心地よさを感じる状態と定義できる。なお、快と適の区別は固定的ではなく、乗客の期待値の向上に伴い変化する。かつて、冷房車が珍しかった時代には、冷房による空調は贅沢な快要因であっ

\* 人間科学研究部 人間工学研究室  
\*\* 信号・情報技術研究部 運転システム研究室  
\*\*\* 構造物技術研究部 建築研究室  
# 研究開発推進部

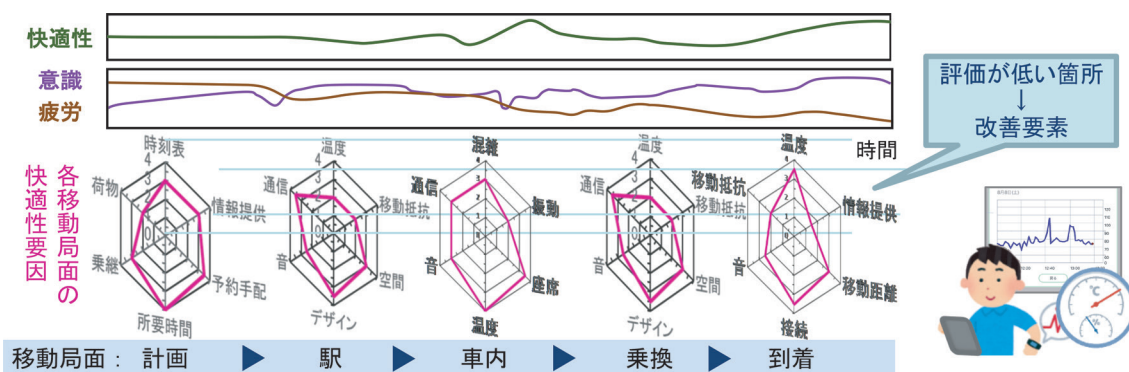


図1 個別の快適要因と移動局面および総合的な快適性の時系列的な関係のイメージ

たが、今や「あって当然」の適要因である。快適性に対する利用者ニーズは、時代とともに高まる傾向にあるため、常にニーズを把握して、期待値を上回るサービスを提供することが、今後ますます重要となる。

## 2.2 これまでの鉄道における快適性に関する研究

これまでに鉄道総研で実施してきた快適性研究の目的は「評価法（指標・尺度）の開発」と「改善手法の提案」に大別でき<sup>2)</sup>、前者を対象とした研究が多い。

列車ダイヤについては、利用者の視点に基づくダイヤの評価手法や、列車遅延・混雑度の予測に関する研究がなされている。また、ダイヤ変更時の混雑度を短時間で予測し、予測結果をダイヤ図上に可視化することで、混雑度のバランスが取れたダイヤの作成を支援する、対話型乗車率推定システムなどが開発されている。

駅については、構内での旅客の分布の計測や推定に関する研究が行われ、その成果である旅客流動シミュレーションは、ホームの階段位置や通路幅、券売機や改札数などの駅設計支援や、誘導案内の検討、避難時間の計算などに活用されている。

列車内については、振動を対象とした検討が特に多くなされ、評価法として乗り心地評価手法、乗り物酔い指標、ブレーキパターン評価、車体の振動解析手法などが開発されてきた。

以上のように、列車ダイヤ、旅客流動、温熱環境、騒音、音響、照度、空気質、振動乗り心地など、具体的な不快や問題が生じている対象については定量的な快適性評価が可能になってきている。また、車内や駅などの総合的な快適性評価に影響を与える要因もある程度は把握されている。その一方で、情報の利便性や視覚（デザイン）や接客のように定量的な評価ができていない要因が多数ある。さらに、定量化できている項目の改善はそれぞれ個別の領域における快適性向上であって出発地から目的地までを一連のCXとして見た場合の総合快適性との関連が不明であるなど、今後取り組むべき課題は多い。

また、近年のネットワーク化や制御技術の発展を踏ま

えると、近い将来には快適性研究にもデジタル化の取り組みを活用できる可能性が指摘されている<sup>2)</sup>。鈴木らは、①快適性に影響する要因をデジタルデータ化してネットワークを通じて収集する（データ取得）、②収集したデータを分析し、快適性評価をデジタルモデルで再現し、状況の把握と予測を行う（分析・予測）、③より快適度を高めるための対応を策定する（判断）、④的確に環境を制御する（実行）というステップを提案している<sup>2)</sup>。

## 3. 総合快適性の評価構造と評価指標原案

### 3.1 Web 調査

総合快適性の評価構造を明らかにするために、代表的な旅客モデルと移動局面を設定し、総合快適性と移動局面の快適性および快適性要因に関する Web 調査を行った。

#### 3.1.1 代表的な旅客モデルと移動局面の設定

代表旅客モデルは、属性として3種別（単身・子連れ家族・大人グループ）、移動目的として3種別（通勤・出張・旅行）、利用形態として2種類（日帰り・宿泊）、利用列車として2種類（在来線・特急もしくは新幹線）とし、組合せとして6つの代表旅客モデルとした（表1）。なお、全ての旅客モデルは乗換することを前提とする。

また、鉄道による典型的な移動を網羅する代表的な移動局面として、表2に示す8つの局面を選定した。

#### 3.1.2 調査概要

上記で設定した代表旅客と同様の移動体験を持つ関東地方一都三県に在住の4328人（男性2825人、女性1503人）を対象に、1回目のWeb調査を2020年2月に実施した。平均年齢は46.4歳（標準偏差11.2歳）であった。調査の主な目的は以下の2点である。

- ・各移動局面の快適性評価に影響する個別要因の把握
- ・適切な評価構造モデルの選定

なお、本テーマ実施中の社会動向の大きな変化として、2019年末に中国で最初に報告されたCOVID-19の発生がある。1回目のWeb調査（コロナ禍前調査）は、

表1 6つの代表旅客モデル

No	属性	目的	利用形態	利用列車	
				乗換前	乗換後
1	単身	通勤	日帰り	在来	在来
2	単身	出張	日帰り	在来	新幹線
3	子連れ家族	旅行	日帰り	在来	優等列車*
4	大人グループ		日帰り	在来	優等列車*
5	子連れ家族		宿泊	在来	優等列車*
6	大人グループ		宿泊	在来	優等列車*

優等列車：特急・新幹線

表2 8つの代表移動局面

No	移動局面	内容
1	計画準備	切符手配等の移動に関する計画・準備
2	改札まで	家を出てから最寄り駅の改札まで
3	ホームまで	改札から列車を待つホームまで
4	乗車	ホームから列車への乗り込みまで
5	電車内	電車内(在来)
6	乗換	列車を降りてから次列車に乗るまで
7	電車内	乗換後の電車内(在来・優等列車)
8	目的地まで	終着駅から目的地まで

COVID-19の影響が国内ではそれほど大きくない2020年2月に実施したが、その後COVID-19により鉄道を取り巻く環境は大きく変化した。この状況から、「鉄道における快適性評価」がコロナ禍の影響を受けて変化した可能性があったため、2020年11月に2回目の調査(コロナ禍中調査)を追加で実施した。なお、コロナ禍中調査は、コロナ禍前調査の参加者を対象者として募集し、参加者は2534人(男性1809人・女性725人、平均年齢48.14歳(標準偏差10.7歳))であった。

移動体験の快適性評価は、移動体験全体と8つの移動局面を7件法(1:非常に不快~4:快でも不快でもない~7:非常に快適)で回答を求めた。また、各移動局面の個別要因を把握するため、不快に感じたことを自由記述させた。さらに、先行研究<sup>3)~9)</sup>から抽出した、のべ132項目の個別要因について、不快さを感じた経験を2件法(0:経験なし、1:経験あり)で評価させた。コロナ禍中の調査として、コロナ禍前調査の自由記述の結果から経験頻度の高かった個別要因30項目と、厚生労働省の新しい生活様式の実践例等を参考に感染防止対策のためのマスク着用や、移動時の感染懸念等のコロナ禍に関連する個別要因(感染対策、感染懸念等)8項目を調査項目に新たに追加した。

### 3.1.3 調査結果

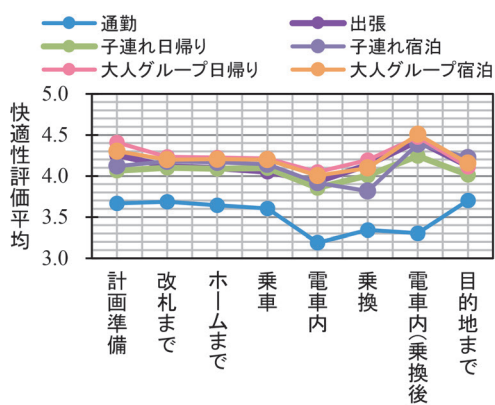
#### (1) 代表旅客別の各移動局面の快適性評価

代表旅客別の各移動局面の快適性評価の結果を図2に示す。各移動局面の快適性評価を従属変数、各移動局面と代表旅客を独立変数とする分散分析を行った結果、代表旅客の主効果のみが有意であり、両調査の各移動局面において、通勤を目的とした旅客は、出張・旅行を目的とした旅客よりも快適性評価が低かった。したがって、快適性評価の観点から代表旅客は通勤客と、出張・旅行を目的とした旅客に縮約できることが示された。

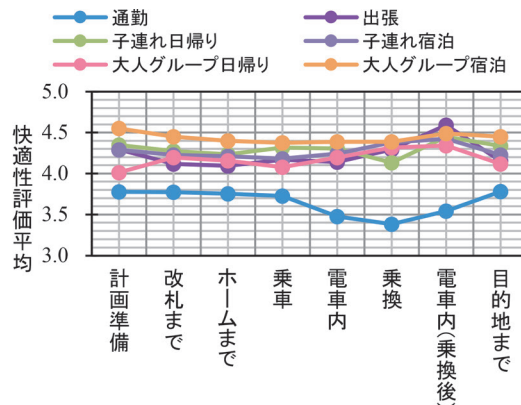
#### (2) 移動局面毎の快適性に関連する個別要因

移動局面別に整理した快適性に関連する個別要因の項目数と具体例を表3に示す。これらは先行研究<sup>3)~9)</sup>から抽出した従来要因、コロナ禍前調査で移動体験に基づく自由記述から抽出された従来要因と、コロナ禍関連要因から構成され、旅客の移動体験時の個別要因を網羅的に抽出できたと考えられる。

コロナ禍前調査およびコロナ禍中調査における各移動局面で不快経験割合(不快を経験したことがある人の割合)が高い個別要因(20%以上のものを示す)の結果を図3に示す。全旅客に共通した個別要因としては、計画準備時の移動局面では「列車の遅れへの懸念」、その



(a) コロナ禍前調査



(b) コロナ禍中調査

図2 代表旅客別の各移動局面の平均快適性評価

表3 各移動局面における快適性に関連する個別要因の項目数と具体例

	計画準備	改札まで	ホームまで	乗車まで	電車内	乗換	乗換後電車内	目的地まで
から抽出 先行研究	15項目	18項目	17項目	11項目	17項目	16項目	17項目	21項目
	・遅延可能性 ・運賃 ・経路検索 ・切符手配等	・他交通機関 ・混雑 ・切符購入 ・移動抵抗等	・混雑 ・温熱 ・騒音 ・駅設備等	・混雑 ・温熱 ・騒音 ・駅設備等	・混雑 ・温熱 ・振動 ・騒音等	・混雑 ・温熱 ・騒音 ・駅設備等	・混雑 ・温熱 ・振動 ・騒音等	・混雑 ・温熱 ・駅設備 ・他交通機関等
から抽出 自由記述	5項目	4項目	4項目	4項目	1項目	5項目	2項目	5項目
	・混雑可能性 ・指定席等	・マナー ・天候影響等	・マナー ・流動等	・マナー ・待ち時間等	・マナー	・マナー ・移動距離等	・マナー ・車内移動	・マナー ・天候影響等
関連 コロナ禍	6項目	8項目	8項目	8項目	8項目	8項目	8項目	8項目
	・感染対策 ・感染懸念等	・感染対策 ・感染懸念等	・感染対策 ・感染懸念等	・感染対策 ・感染懸念等	・感染対策 ・感染懸念等	・感染対策 ・感染懸念等	・感染対策 ・感染懸念等	・感染対策 ・感染懸念等



図3 各移動局面で経験しやすい快適性に関連する個別要因

他の移動局面では「混雑」であり、駅や車内の混雑が移動時の快適性を低下させていることが示唆された。また、コロナ禍中調査においては移動時のマスク着用や他客の咳エチケット、駅や車内設備、他客からの感染懸念等が共通して不快経験割合が高かった。

ただし、これらの項目はコロナ禍前調査では質問していないため、コロナ禍によって一時的に不快経験割合が高まっている可能性も高い。コロナ禍関連要因も混雑のような従来要因と同様に快適性に与える影響が大きいのか否かについては今後も継続的な調査が必要となる。さらに、特定の代表旅客で不快経験割合が高い個別要因もあった。例えば、子連れ旅客のみで不快経験割合が20%以上であった個別要因は、荷物が多いことによる移動抵抗、ベビーカー置場の少なさや、エレベータの混雑等であった。旅客の属性別に整理することで、各移動局面で快適性を低下させる個別要因が明らかになる可能性が示唆された。

### 3.2 評価指標原案

移動体験と8つの移動局面の快適性評価構造モデルについて図4の重回帰モデルの他、複数のモデルを設定

して統計的な適合度を検討した結果、重回帰式の適合度指標が最も良好であった。そのため、デジタル化の基礎となる評価指標原案の評価構造モデルとして重回帰モデルを採用した。

通勤と出張・旅行を目的にした旅客別に移動体験の快適性を目的変数、移動局面の快適性(X1~X8)を説明変数としたステップワイズ法による重回帰分析を行った(表4)。その結果、各移動局面の標準化偏回帰係数は全て有意であった。また、決定係数R<sup>2</sup>は0.70から0.71であり、各移動局面の快適性から移動体験の快適性を約7割説明できることが明らかになった。各移動局面の標準化偏回帰係数は全て正の値であり、各局面での評価は移動体験の評価につながることを示された。各標準化偏回帰係数に関しては「電車内」や「乗換後の電車内」、「目的地まで」の快適性評価の値が大きく、これらの局面が移動体験の快適性の評価に与える影響が大きいことが示唆された。ただし、重回帰分析の特性上、説明変数の値のばらつきが大きかったり、取りうる値の範囲が大きかったりする場合に標準化偏回帰係数の値が大きくなる傾向がある。今回のデータでは、標準化偏回帰係数が大きかった局面での快適性評価のばらつきや取りうる評価

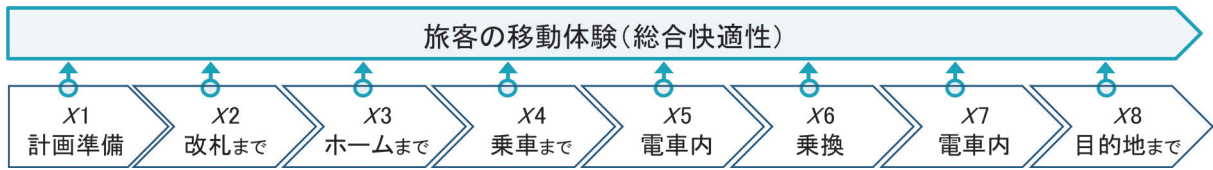


図4 移動体験の快適性と各移動局面の快適性の評価構造モデル（重回帰モデル）の概念図

表4 通勤と出張・旅行を目的とした旅客の総合快適性指標原案

通勤:	$Y = -0.01 + 0.10X1 + 0.06X2 + 0.12X3 + 0.07X4 + 0.28X5 + 0.12X6 + 0.14X7 + 0.19X8$	… (a)
出張・旅行:	$Y = 0.01 + 0.014X1 + 0.07X2 + 0.11X3 + 0.03X4 + 0.19X5 + 0.09X6 + 0.19X7 + 0.26X8$	… (b)

値の幅が広がっており、移動体験の快適性の評価に与える影響が相対的に大きくなった可能性に留意する必要がある。

表4に示す通勤時と出張・旅行時における各評価指標原案(a)と(b)の推定精度を検証するため、コロナ禍中調査の快適性評価をこの重回帰式に代入し得られた予測値と実測値の相関係数と決定係数を算出した(図5)。その結果、通勤は $r=0.85$ ,  $R^2=0.72$ 、出張・旅行は $r=0.88$ ,  $R^2=0.78$ であり、約7~8割の精度で予測できることが示された。したがって、統計モデルに対するデータの当てはまりの良さといった適合度指標の観点だけではなく、予測精度の高さといった観点からも評価指標原案として採用した重回帰モデルが適切であることが示された。ただし、今回の評価指標原案は表1で設定した代表旅客に基づくものであり、代表旅客と移動体験が大きく異なる場合や、今後のコロナ禍の影響など鉄道利用状況の変化については引き続き検討していく必要がある。また、今回の評価指標原案では8つの移動局面から構成される重回帰モデルを採用したが、重要なのは旅客の移動体験全体の快適性が、経時的な移動局面の快適性からある程度精度よく推定できることが示されたことである。そのため、将来的には移動局面という離散的な枠組みではなく、旅客の移動体験中に連続的に快適性評価データを取得し、そこから総合快適性を評価するための指標として再構築することが望ましい。

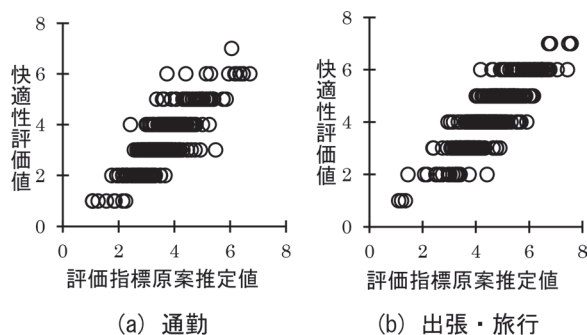


図5 コロナ禍前調査から求めた評価指標原案による推定値とコロナ禍中調査の快適性評価値の関係

#### 4. 鉄道での快適性評価のデジタル化に向けて

鉄道におけるCXに基づく快適性の評価構造について検討してきたが、旅客にとって心地よい快適な環境を具現化するには、デジタル化による最適化制御の実現が重要なアプローチのひとつになる。そのためには、人間の感覚や認知などの特性を踏まえた人間科学的な評価手法と、旅客を取り巻く物理的環境情報の測定技術および制御技術などの様々な分野の横断的な連携が重要となる。

総合的な快適性と移動局面、これまでの評価技術や、Web調査から明らかになった快適性の個別要因をまとめると図6のようになる。図の中央が総合快適性で、これはそれを取り囲む利用局面の快適性で70%以上推定可能である。最も外側が「カスタマーエクスペリエンスに影響する要因」で、Web調査で不快経験割合が上位であった項目(個別要因)を記載している。20%以上の回答者が選択したものを赤字で示した。このうち、これまでに定量的な評価モデルや評価指標が検討されてきたものを下線で示した。下線のある個別要因は、「取得データ」エリアに記載されたデータと「評価モデル・指標」エリアに記載された評価モデル・指標で定量的に評価可能である(ただし、評価モデル・指標、取得データは代表的なものを示している)。下線のない個別要因は、今後、定量的な評価方法を検討する必要があるものである。既存の評価モデル・指標の精度を上げるとともに、現在定量化できていない個別要因の定量化によって、快適性の推定精度が向上するものと考えられる。これらの快適性個別要因が、今後のデジタル化の候補となりえる重要な要因である。

一方、このような個別要因は、CXの視点で考えると、特定の利用局面の快適性を構築する要素の1つに過ぎず、1つが良くても他に悪い要素があれば、旅客の高い評価を得ることは難しい。図1に示したように旅客は「移動」という時間経過の中で、複数の移動局面をまたがり、精神的・身体的記憶を通して「鉄道を利用した移動」体験を評価する。総合快適性は各移動局面の快適性から決定され、移動局面の快適性は複数の快適性要因か

