

優等列車の車内デザインに着目した旅客需要の分析手法 —小田急ロマンスカーと九州新幹線つばめを対象に—

建設工学専攻
土木計画研究

509005-5
指導教員

あきやま たけし
秋山 岳
岩倉成志

1. はじめに

近年、わが国において鉄道車両がデザインされる事例がある。九州新幹線つばめや小田急ロマンスカー、京成スカイライナーは外部デザイナーを設計に起用し、美しく快適な車両を利用者に提供している。

多くの人々が利用する鉄道車両の空間がデザインされることで、利用者の感性を刺激し、日本の文化レベルを向上させることにつながっていくと考える。また、「乗ってみたい」「移動時間を快適に過ごしたい」など、利用者のニーズをとらえ、企業の受益の増加につながると予想される。しかし、デザインすることが需要の増加にどの程度の影響を与えるかは明らかではない。そのため事業者は経営リスクを回避するため、事業にデザインを取り入れることができていないと考える。

そこで本研究は、鉄道車両の内装デザインを考慮した交通需要予測モデルを構築し、デザインすることと需要の関係性を明らかにすることを目的とする。また、①車両の内装デザインを数量化する技術、②簡便な車両内装の評価手法、③快適度関数の構築技術の3点について同時に検討する。図1は本研究におけるデザインを考慮した交通需要モデル構築の流れである。

2. 快適度関数の構築のためデータ収集

2-1. 車両デザインの数量化技術の検討

デジタル一眼レフカメラによる車内の撮影画像を用い、車両デザインのうち色彩の数量化を行う。撮影条件はヒトの視環境を考慮し、白色校正を行い、高さ150cm・画角10mm・車両前方から後方を見る視点とした。画像から反対色理論による色彩値として赤成分R・緑成分G・黄成分Y・青成分Bと色彩数Nの5つの数値を抽出する。対象とした車両の一部とその色彩値を表1に示す。このほかに車両の空間的な特徴として、天井高、車両幅、車両長を取得している。

2-2. 利用者の主観的評価値のデータ取得

2-2-1. 九州新幹線利用者へのアンケート調査

優等列車利用者に対する主観的評価値を得るため、2009年10月に九州新幹線つばめの利用者を対象にアンケート調査をおこなった。九州新幹線には9種類の異なる車両が存在し、1編成に複数種類のデザイン車両が連結されている。アンケートは土日祝日の5日間で配布し、アンケートの設問は車両の内装デザインに対して快適度を7段階で評価する項目・利用目的・新幹線の選択理由・個人属性である。直接配布・郵送回収とし、3,000枚配布し回収数は1,338枚(回収率45%)であった。

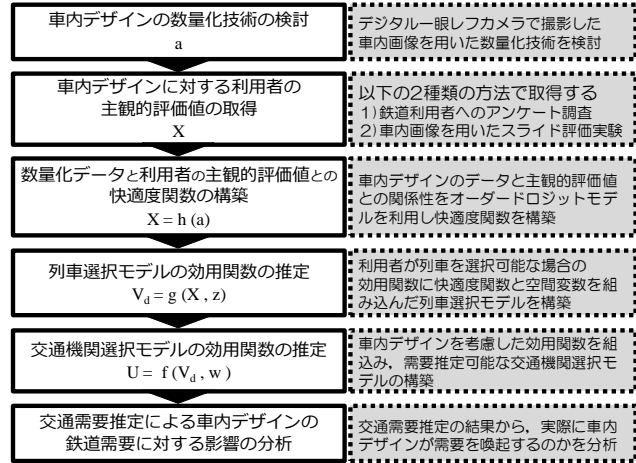


図1: デザインを考慮した交通需要モデル構築の流れ

表1: 撮影した車両と画像から得た色彩値【一部抜粋】

車両		R	G	Y	B	N
小田急 ロマンスカー	MSE	0.00745	0.00016	0.01363	0.00001	6
	VSE	0.02188	0.00155	0.03992	0.00000	8
九州新幹線 800系つばめ	1号車	0.00233	0.00149	0.03381	0.00000	4
	2号車	0.00198	0.00165	0.03221	0.00000	4
九州新幹線 新800系 つばめ	1号車	0.01482	0.00022	0.04274	0.00000	6
	2号車	0.01179	0.00012	0.03823	0.00000	4
りょうもう号		0.00668	0.00003	0.00135	0.00753	5
ICE 2等車		0.00360	0.00159	0.01992	0.00016	5
Thalys 2等車		0.03813	0.00045	0.03206	0.00024	5
平均値		0.01233	0.00142	0.02944	0.00029	4.9
標準偏差		0.01256	0.00169	0.01441	0.00126	0.9

※撮影した車両は全36車両あり、平均値・標準偏差の値はそれに準ずる

利用者から得られた評価値は、すべての車両で快適度が高い評価となり、同じような評価分布を示す偏りのあるものとなった。

2-2-2. スライド評価実験

九州新幹線の車両は赤色を基調としたものが多く、表1からもわかるように色成分の分散が小さい。また、それに対する利用者の評価も高評価に偏っており、後述する快適度関数のデータとして不十分であった。そこでスライド評価実験を行い、実際の車両の画像や加工画像を用い、簡便に多様な車両の評価データを得る。

実験では、暗室内でプロジェクターを用い、実際の車内空間が把握できる大きさ(3m×2m)の画像を投影する。画像は24枚提示し、被験者は各スライドに対する快適度を個人の絶対評価尺度で7段階評価する。各スライドに対する評価は20秒で行う。スライド評価実験から得られる主観的評価値が、実際に乗車した際に感じられる評価と乖離のある可能性があるが、この点はアンケートで得られた実際の利用者の評価値と整合を確認することで信頼性の確保が可能であると考えられる。

3. 快適度関数の構築

交通機関選択モデル構築のために、まず快適度関数の構築を行う。快適度関数とはヒトが視覚的な刺激に対して、どの程度良いと感じるかという指標であり、本研究においては利用者の鉄道車両の内装に対する評価指標のことを指す。佐川ら¹⁾の示す快適度関数に準拠し、2-1で述べた車内画像から得られる色彩値を変数に導入した式(1)を本研究では採用している。

$$X = w_r R + w_y Y + w_g G + w_b B + w_n N + const \quad \dots (1)$$

X : 主観的評価値 R, Y, G, B : 反対色成分 N : 色彩数

式(1)のパラメータはオーダーロジットモデルにより推定する。オーダーロジットモデルとは一対比較のデータを利用した選択行動を推定する手法で、本研究では利用者の7段階評価値のデータを用いる。鉄道車両のデザインが複数であり、かつ複数被験者による評価データとなるため、快適度関数内のパラメータと内装による違いを補正するスケールファクタを同時に推定する手法をとる²⁾。個人*i*が車両*m*において評価値*j*を選択する確率は式(2)で表わされる。

$$\begin{aligned} \text{prob}(y_i = j | \text{picture} = m) \\ = \Lambda\left(\frac{\mu_j - \Delta X_m}{\tau_m}\right) - \Lambda\left(\frac{\mu_{j-1} - \Delta X_m}{\tau_m}\right) \quad \dots (2) \end{aligned}$$

$$\text{ただし、} \Lambda(t) = \frac{\exp(t)}{1 + \exp(t)} \quad \dots (3)$$

y_i : 個人*i*の選択した評価値 X_m : 車両*m*から受ける快適度
 μ_j : 閾値 τ_m : 車両*m*におけるスケールファクタ

4. 交通選択モデルの構築

4-1. 列車選択モデルの推定

需要予測可能な交通選択モデルを構築するために、まず小田急ロマンスカー利用者を対象に列車選択モデルを非集計ロジットモデルにより構築する。小田急ロマンスカーにはデザインの異なる6車種があり、同一料金・所要時間で新宿一箱根湯本間を約30分間隔で運行している。利用者は予約時に乗車時間と車種、座席を選ぶことができる。快適度関数は視覚的要素の色彩に特化したものであるため、列車選択モデルの効用関数に快適度関数と空間的変数を組み込むことで、車内空間を数値的に表現し、選択行動との関係を分析する。

列車選択モデル構築に必要な利用者の行動データは、2008年11月に小田急ロマンスカー利用者を対象にアンケート調査を行い取得した。土日の3日間に2,676枚配布し、回収数は930枚(回収率35%)であった。直接配布・郵送回収とし、アンケートには列車の選択理由・旅行目的・旅行行動・個人属性を仮想状況下における列車選択(SP調査)の設定を作成した。列車選択モデル構築のためにデータが欠損していないものを抽出し、有効回答574サンプルを得た。列車選択モデルの効用関数には、早着/遅刻による不効用、座席幅・シートピッチ・天井高などの空間に関する変数、各車

両の外観に関するダミー変数と快適度関数を組み込んだ式(4)を用い、各パラメータの推定を行う。

$$V_{RCi} = \sum \theta_n z_n + \alpha X_{RCi} + const. \quad \dots (4)$$

z : 各変数 θ : 各パラメータ α : 快適度関数に関するパラメータ

X_{RCi} : 各ロマンスカーに関する快適度関数

各ロマンスカーを選択する確率は式(5)となる。

$$P_{RCi} = \frac{\exp(V_{RCi})}{\sum \exp(V_{RCi})} \quad \dots (5)$$

4-2. 交通機関選択モデルの推定

前節の列車選択モデルで推定した式(4)の効用関数を応用し、デザイン変数を組み込んだ交通機関選択モデルを非集計ロジットモデルにより構築する。今回は箱根を目的地とするモデルの構築を試みる。これは交通機関としてデザインされた優等列車である小田急ロマンスカーが存在し、競合する在来線・高速バス・自動車といった交通機関があり、車両デザインの需要効果を分析可能だからである。各交通機関から利用者が得る効用はそれぞれ式(6)~(9)で表わされる。

$$V_{RC} = \beta_c C_{RC} + \beta_t T_{RC} + \gamma V_{RCi} + const. \quad \dots (6)$$

$$V_{Local} = \beta_c C_{Local} + \beta_t T_{Local} \quad \dots (7)$$

$$V_{car} = \beta_c C_{car} + \beta_t T_{car} + const. \quad \dots (8)$$

$$\dots (9)$$

$$V_{bus} = \beta_c C_{bus} + \beta_t T_{bus} + const.$$

β_c, β_t : 費用・時間に関する各パラメータ

C_i, T_i : 各交通機関の費用と所要時間

V_{RCi} : 車内デザインを考慮した効用関数 γ : 関数のパラメータ

また、各交通機関を選択する確率は式(5)と同様である。

交通機関選択モデルを構築する為に利用者の行動データは、2010年11月20日・21日に箱根への観光客を対象にアンケート調査を行い取得した。質問項目は箱根までの利用交通手段・旅行行動・個人属性である。直接配布郵送回収とし、2,142枚配布し、回収は978枚(回収率45.7%)であった。ロマンスカー利用者が314人(32.1%)、在来線利用者は217人(22.1%)、高速バス利用者が12人(1.2%)、自動車利用者が354人(36.2%)存在した。車種別のロマンスカー利用者の内訳を表2に示す。

	LSE: 小田急ロマンスカー利用者の内訳						RC 利用者
サンプル数	76	44	54	27	89	24	314
(割合)	24.2%	14.0%	17.2%	8.6%	28.3%	7.6%	

※HISEとLSEは運行状況の関係で判別が不可能

5. おわりに

本研究ではデザインされた鉄道車両の需要への影響を分析する為の理論を示した。スライド評価実験から得られる実データによって、理論の検証をすすめる。

参考文献

- 佐川賢ら: 色彩コンフォートメータの開発, 日本色彩学会誌, Vol.31 No. Supplement, pp.158-159 (2007)
- William H. Greene・David A. Hensher: Modeling Ordered Choices - A Primer, Cambridge, pp.167-170 (2010)