

1208 高質な鉄道車両デザインの効用計測に関する研究

—小田急ロマンスカーを対象に—

学〔土〕 ○佐藤 宏紀 (芝浦工業大学) 学〔土〕 増渕 迪恵 (芝浦工業大学)

正〔土〕 岩倉 成志 (芝浦工業大学)

An analysis of User Evaluation on Quality Designed Railway Vehicle

—Case Study of The Odakyu Romancecar—

Hiroki SATO, Shibaura Institute of Technology, 3-7-5, Koto-ku, Tokyo

Michie MASUBUCHI, Shibaura Institute of Technology.

Seiji IWAKURA, Shibaura Institute of Technology

Recently, the designed railway vehicles are expanding in Japan. Odakyu Electric Railway Company has 6 kinds of vehicles "Romancecar"; each of them has different design. Showing the effect of quality designed vehicles for passengers contributes to vehicle development. This study aims to develop the Train-Choice-Model what is able to estimate the effect. This model built by utility function that has some variables of design. The 930 sample data were collected by questionnaire for passengers. As a result of analysis, it became clear that the quality designed car increase Train-Choice-Probability.

Key words : vehicle design, public transportation, passengers demand, Odakyu Romancecar

1. はじめに

多様化する公共交通へのニーズに対し、「運賃や所要時間」といった、従来重視されてきたサービス特性だけでなく、「快適性」といった付加価値を追求し、利用者獲得につながるサービスを展開する必要がある。

そのような中で、小田急電鉄ではロマンスカーMSEやVSE、JR九州では新幹線つばめなど、デザイナーに手がけられた高質なデザインの車両の導入が少しずつ進み、新しい付加価値を提供している。

高質な車両デザインが旅客需要に与える影響が事前に分かれば、鉄道会社の車両開発戦略の検討に活用でき、高質なデザイン車両の導入も促進できると考える。しかし、車両デザインと旅客需要との関係性に関する研究は多くない。

先駆的な研究例として、森川ら¹⁾の共分散構造モデルによる主観的価値を組み込んだ離散選択モデルの開発、それを都市間交通機関選択時の乗り心地や交通機関のイメージの評価へ応用した成果がある。しかし、潜在変数の多くは個人属性で説明されており、車両デザインの物理的特性を評価し得るものではない。また、鈴木ら²⁾は、座り心地やシートピッチ、車内デザインなどの利用者の快適性評価への寄与度を算出しているが、需要との関係性は分析していない。

以上の背景から、本研究では車両開発への貢献を念頭に、高質な車両デザインの旅客需要への影響を推計するモデルの開発を目的とする。このため、デザインの異なる6車種が運行されている小田急ロマンスカーを対象とし、列車選択モデルによって効用関数の推定を試みる。

2. 調査方法

本研究で用いたデータは、以下の2つの調査から得ている。

まず、ロマンスカー利用者の傾向を把握するため、箱根湯本駅にて、ロマンスカーはこね号の乗客を対象にアンケート調査を行った。調査概要を表1に示す。

次に、車種による予約状況の違いを把握するため、2008年11月8・9・16日に上下線を運行するロマンスカーはこね号を対象とし、発車日の1か月前から前日まで、新宿～箱根湯本駅間の空席状況を小田急電鉄ホームページの「空席照会」により調査した。

表1: アンケート調査概要

項目	内容
調査日	2008年 11月 8(土)・9(日)・16日(日)
調査場所	箱根湯本駅ロマンスカー専用ホーム
調査対象	箱根湯本駅からのロマンスカー利用者
調査方法	直接配布・郵送回収
配布枚数	2676枚
回収枚数(率)	930枚(回収率35%)
有効サンプル数	新宿行き:670 箱根湯本行き:400
調査内容	① ロマンスカー選択理由 ② 乗車車両のデザイン評価に関する項目 ③ 仮想状況下における列車選択 (SP調査) ④ 旅行目的・旅行行動 ⑤ 個人属性 ⑥ ロマンスカーに対する印象やエピソード、思い入れに関する自由記述

3. 車両デザインと需要の関係性に関する基礎的考察

3.1 ロマンسカーの紹介

現在、ロマンスカーはこね号は、以下に紹介する車両デザインと異なる6車種で運行されている。

- ① L/HiSE は1980年（HiSEは1987年）に運行を開始した現役ロマンスカーの中で最も古い車種である。ワインレッドとホワイトの外観は歴代のロマンスカーを彷彿とさせる。
- ② RSEはJR東海との相互乗り入れ車両として1991年に運行を開始。床は全て絨毯、座席にはフットレスがあり、快適な車内空間となっている。
- ③ EXEは1996年に運行を開始し、通勤利用を意識しているためグレー系で統一感のある落ち着いた車内空間となっている。なお、座席数確保のためロマンスカー伝統の展望席がない。
- ④ VSEは2005年に運行を開始し、ロマンスカーとしては初めて建築家を車両デザインに起用した車種である。明るいオレンジ色のシートと木目調の壁面は高質な居住性を演出し、従来のロマンスカーとは異なる車両デザインとなっている。
- ⑤ MSEは2008年に運行を開始し、東京メトロに乗り入れるため地下鉄区間を走行する。VSE同様に建築家を車両デザインに起用。観光だけでなく、平日の通勤利用も意識し、グレーのシートにワインレッドのカーペットや電球色の間接照明が落ち着いた空間を演出している。

3.2 アンケートに基づく車両デザインと需要の関係性

アンケート調査より取得したデータを用いて、車両デザインと旅客需要との関係性に関する基礎的考察を行う。まず、調査対象者の特徴を把握するため、サンプルの個人属性及び上下線別の乗車車種を図1に示す。

旅行目的として提示した14項目のうち、選択率が10%を超えたものを図2に示す（670サンプル）。温泉地であり、観光施設の多い箱根を特徴づける項目が上位となっているが、その中で「ロマンスカーに乗車する」ことが目的である乗客が18%見られる。

アンケートには、ロマンスカーに対して印象やエピソード、思い入れを自由記述する設問を設定した。その内容をみると、「夢のあるデザインで一度乗ってみたかった」「ロマンスカーを沿線で見ることがあり箱根に行くときはぜひ一度乗りたかった」といったように、ロマンスカーへの乗車を希望する声が多く存在した。このように、ロマンスカーは「単なる箱根への移動手段」としてではなく、「箱根旅行の目的の一つ」として選択されていることがわかる。

（1）ロマンスカーの車両デザインに対する利用者評価

乗車車種の車両デザイン評価として、車両の外観や内装のデザイン、車内の快適性に関連した13項目について5段階評価でたずねた（①全く思わない、②やや思わない、③どちらでもない、④ややそう思う、⑤大変そう思う）。なお、各評価項目は、ロマンスカーに関する文献^{9）}やパンフレットに記述のある設計コンセプトや設計方針に基づき、筆者が独自に作成した。

箱根湯本駅からの乗車車種別に見た主な車両デザイン評価項目と評価の平均値及び平均値の差のt検定の結果を表2に示す。なお、乗車車種を高質な車両デザインで

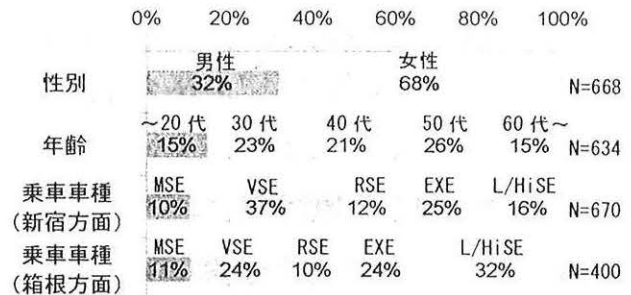


図1：基礎属性及び乗車車種

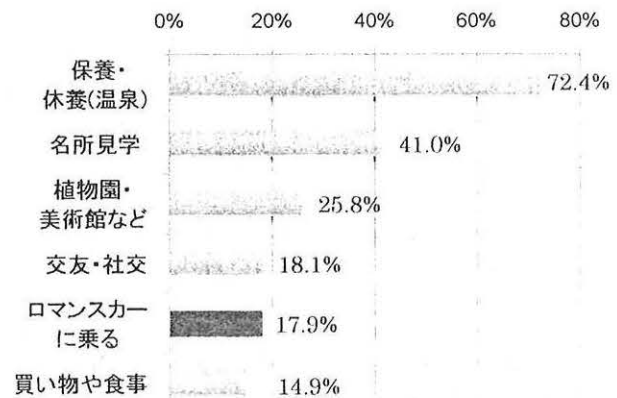


図2：旅行目的（複数回答）

表2：車両デザイン評価及び平均値の差のt検定

車両デザイン評価 (新宿方面)	乗車車種 [供用開始年]					t値
	MSE・VSE [2008][2005]	RSE・EXE・L/HiSE [1991][1996][1980]				
車両の外観デザインから旅への期待が膨らむ	4.01	3.24				10.08
外観デザインが総合的に良い	4.16	3.37				11.50
車内の色合いは調和がとれている	4.32	3.72				9.21
内装の見た目が整っている	4.28	3.67				9.43
車内の雰囲気が良い	4.26	3.59				10.62
ロマンスカーのデザインは旅を楽しむ	4.20	3.73				7.05
サンプル数	317	353				-

あるMSE・VSEと他の3車種（RSE・EXE・VSE）の2組に集約している。

RSE・EXE・L/HiSEも一定の評価がなされているが、高質な車両デザインであるMSEやVSEは、先の3車種と比較して全評価項目で高い評価を得ていることがわかる。また、「車両デザインが与える旅の楽しさや旅への期待」を問う項目においても高い評価を得ている。自由記述においても、「VSEの車内は期待以上でホテルのようだった」「内装はきれいで旅が一層味わい深くなる印象」といったように車両デザインへの高い評価がみられた。

このように、MSEやVSEの車両デザインは、観光利用が中心であるこね号の利用者の求める付加価値を提供しているといえる。

なお、全項目で「乗車車種別の平均値に差はない」という帰無仮説のもとt検定を行った。表2右列より、すべての項目において自由度668のt値1.96(有意水準5%)を上回っているため、有意水準5%で帰無仮説は棄却され、二つの平均値に差があることがわかる。

(2) 列車選択理由にみる車両デザインと需要の関係性

新宿駅から乗車した車種別にみた乗客の主な列車選択理由を表3に示す。全車種の乗客が到着希望時刻の影響を強く受けている。特に、RSE、EXE、L/HiSEの3車種は、8~9割が時間の影響を受けており、時間以外の理由を挙げている乗客がほとんどいないことがわかる。一方で、近年導入された高質な車両デザインであるMSEとVSEは、先ほどの3車種ほど時間の影響は強くはなく、以前の乗車経験や新車への期待感、車両デザインの影響が他3車種に比して強い。これは到着希望時刻に比べて、より高質な車種の選択を優先した度合いが高いことを意味する。

新宿駅から乗車した車種別にみた「次回箱根に向かう際に他の交通機関ではなくロマンスカーに乗って行きたい」と回答した乗客212名の「次回乗車したい希望車種」を図3に示す。高質な車両デザインであるMSEとVSEは、他の3車種に比べ「次回同じ車種で行きたい」と答えている割合が高いことから、リピート利用を期待できる車種であることがわかる。

3.3 予約調査に基づく車両デザインと需要の関係性

予約状況調査を行った3日間の結果を比較すると、箱根湯本方面において、各日に同様の傾向がみられた。その傾向を乗車日の1カ月前から3日間ごとにまとめたものを表4に示す。なお、各日の空席状況は「○：空席あり △：残席少ない ×：満席」で示す。

高質なデザインの車両であるM21号(MSE)と13号(VSE)をみると、前後の列車と比較して予約の進行が早いことが分かる。また、9号(VSE)とその前後列車の傾向を見ると、先に11号(L/HiSE)、後に9号が[△]となりそうだが、実際には9号が先に[△]となった。23号も同様の傾向にあった。このように、高質な車両であるMSEやVSEは他の車種と比較して箱根湯本への到着時刻が1時間前後してもその車種を選択する傾向にあることがわかる。

4. デザイン変数を含む列車選択モデルの推定

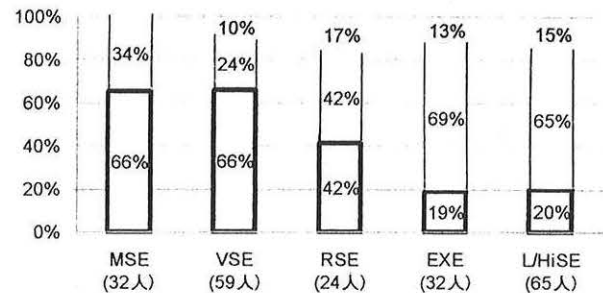
アンケート調査より得られた実際の箱根湯本駅からの乗車車種データ(RPデータ)と仮想状況での列車選択データ(SPデータ)を利用して、効用関数にデザイン変数を組み込んだ列車選択モデルを非集計ロジットモデルを用いて推定する。

(1) 使用データ概要

RPデータでは、選択した列車や座席の種類、選択肢集合形成のために、前後列車への乗車変更可能な時間幅と特急券の予約日のデータを得た。特急券の予約日と表4に示す各列車の予約状況とを比較し、予約日に予約不可能な列車(表4で△または×であった場合)は除いて選択肢集合を設定した。最大で10列車の選択肢集合が形成された。なお、乗車列車以外の選択が不可能なサンプル

表3：乗車車種別列車選択理由(複数回答)

乗車列車選択理由 (箱根方面)	乗車車種 [供用開始年]				
	MSE [2008]	VSE [2005]	RSE [1991]	EXE [1996]	L/HiSE [1980]
時間がちょうど良かった	58%	70%	76%	87%	82%
以前乗車して良いと思った	9%	19%	5%	4%	6%
新しいロマンスカーに乗ってみたかった	44%	21%	0%	2%	0%
そのロマンスカーに乗りたかった	26%	23%	2%	0%	2%
車両の内装デザインが良い	14%	15%	0%	1%	0%
車両の外観デザインが良い	16%	15%	0%	1%	0%
サンプル数	43	96	40	95	126



■今回と同じ車種で

□今回の車種は良かったが次回は違う車種で

今回の車種は良くなかったので次回は違う車種で

図3：乗車車種別リピート意思

表4：予約傾向 (新宿→箱根湯本方面)

列車名	車種	箱根湯本駅 到着時刻	予約段階									
			26~ 30日前	21~ 25日前	16~ 20日前	13~ 15日前	10~ 12日前	7~ 9日前	4~ 6日前	1~ 3日前		
1号	RSE	8:27	○	○	○	○	○	○	○	○		
3号	EXE	8:56	○	○	○	○	○	○	○	○		
5号	L/HiSE	9:25	○	○	○	○	○	○	○	○	△	
7号	L/HiSE	9:55	○	○	○	○	○	○	○	○	△	
9号	VSE	10:25	○	○	△	△	△	×	×	×	×	
11号	L/HiSE	10:54	○	○	○	△	△	×	×	×	×	
M21号	MSE	11:14	△	△	△	△	×	×	×	×	×	
13号	VSE	11:34	△	△	△	△	×	×	×	×	×	
15号	RSE	12:08	○	△	△	△	△	△	×	×	×	
17号	EXE	12:36	○	○	○	○	○	△	×	×	×	
19号	L/HiSE	13:06	○	○	○	○	○	○	○	○	△	
21号	L/HiSE	13:36	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
23号	VSE	14:05	○	○	○	○	○	△	△	△	△	
25号	EXE	14:36	○	○	○	○	○	○	○	○	△	
27号	VSE	15:06	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

表5：SPデータ水準表

要素	乗車車種	仮想車種	
	水準	水準1	水準2
乗車時間 (分)	実際に乗車した時間	実際+30分	実際-30分
外観ダミー	乗車した車種の外観	乗車車種ごとに2種類を設定	
内装ダミー	乗車した車種の内装	例: 実際の乗車車種MSE→VSEとRSE	
座席幅 (cm)	実際に乗車した車種	実際の車種+3cm	実際の車種-3cm
シートピッチ (cm)	実際に乗車した車種	実際の車種+10cm	実際の車種-10cm
天井高さ (cm)	実際に乗車した車種	実際の車種+30cm	実際の車種-30cm

及び展望席等の特別席を利用したサンプルは一般席と車両スペックが異なるため除外し、RPデータとして460サンプルを得た。

SPデータは「箱根湯本駅より実際に乗車した車種」と表5に示す各要素で表された「仮想車種」との2肢選択データである。仮想車種は、箱根湯本駅より乗車した車種(5車種)ごとに実験計画法により各要素2水準を割り付け、8タイプの仮想車種設定を行い、計40ケースを

作成した(LSEとHiSEは合わせて1車種としている)。配布の際は、乗車車種とアンケートにある「実際に乗車した車種」が一致するようにし、回答者には乗車車種別に8ケースからランダムに1ケースの設問が設定され、回答を得た。SPデータのサンプル数は574となった。

なお、車両の外観ダミー及び内装ダミーは、設計コンセプトなどをもとに乗車車種ごとに、その車種とは異なる2種類を設定し、先頭車両の外観及び進行方向側の客室入り口より撮影した客室内全体の写真を提示した。

(2) 列車選択モデルの構築

RPモデルでは、最大10肢選択の非集計ロジットモデルを構築した。説明変数として、表6に示す「時間に関する変数($X_1 \sim X_2$)」と「乗車車種ダミー変数($X_3 \sim X_6$)」を用いた。なお、LSEダミーを係数の0基準としている。

SPモデルでは、「実際の乗車車種」と「仮想車種」の2肢選択の非集計ロジットモデルを構築した。説明変数として「時間に関する変数($X_1 \sim X_2$)」に加え、SP調査時に設定した「外観と内装に関するデザイン要素($X_7 \sim X_{17}$)」を用いた。なお、LSE内装、外観ダミーの係数を0基準とした。

次に、SPモデルの効用関数のうち、デザインに関する係数($X_7 \sim X_{17}$)を用いて実車両の車種別の効用値を算出し、RPモデルの変数(X_{18} :デザイン変数)とするRP/SPモデルを推定した。

(3) 列車選択モデルの推定

各モデルの推定結果を表6に示す。

RPモデルの推定結果をみると、高質な車両デザインであるMSEやVSEダミー変数のパラメータが他車種よりも大きい。VSEはLSEと比較して他の諸条件が同じであった場合、選択確率を28%上昇させる感度となっている。

SPモデルの推定結果をみると、係数の符号条件はほぼ合致している。特にVSEの外観、内装の係数は他の車種と比較して大きな値となっている。VSEの外観と内装は、他の諸条件が同じであった場合、LSEの外観と内装を持つ車両と比較して27%選択確率を上げる。また、座席幅を2cm広げることで選択確率は11%上昇させる結果となった。ここで、VSEの内装と早着時間の関係についてパラメータ比を算出すると56.9(分/VSE内装ダミー)となる。この値は、先ほどの予約調査の傾向において、前後列車に空席があった場合でも1時間前を運行するVSEの予約が早く埋まる傾向にあることから妥当な値と言える。MSEの内装ダミー係数は負となっている。MSEは高質な内装であるが、平日のビジネス利用を考慮した落ち着いたデザインであることから、休日利用者にとっての評価は必ずしも高いと言えないことや、代替仮想車種の内装写真がMSEの内装写真に比べて良いイメージであったことなどが原因と考えられる。

デザイン変数を用いたRP/SPモデルでは、尤度は低下するもののデザインの列車選択への寄与を把握することができた。VSEのデザイン変数はLSEと比較すると17%選択確率を上昇させる結果となった。

5. まとめと今後の展開

本研究では、MSEやVSEといった高質な車両デザインの需要の影響を定量的に把握した。いずれのモデルも精度の向上が必要であるが、こうしたデザイン要素は個

表6：列車選択モデルの推定結果 ()内はt値

説明変数	RPモデル	SPモデル	RP/SPモデル
X_1 : 早着不効用(分)	-0.0024 (-1.06)	-0.013 (-2.65)	-0.0030 (-1.34)
X_2 : 遅刻不効用(分)	-0.022 (-7.28)	-0.0003 (-0.074)	-0.021 (-7.06)
X_3 : MSEダミー	0.94 (4.22)	—	—
X_4 : VSEダミー	1.25 (7.95)	—	—
X_5 : RSEダミー	0.81 (3.78)	—	—
X_6 : EXEダミー	0.72 (4.06)	—	—
X_7 : MSE外観ダミー	—	0.55 (1.08)	←
X_8 : VSE外観ダミー	—	0.48 (1.82)	←
X_9 : RSE外観ダミー	—	-0.68 (-1.87)	←
X_{10} : EXE外観ダミー	—	0.40 (0.73)	←
X_{11} : MSE内装ダミー	—	-0.31 (-0.58)	←
X_{12} : VSE内装ダミー	—	0.74 (2.75)	←
X_{13} : RSE内装ダミー	—	0.48 (1.30)	←
X_{14} : EXE内装ダミー	—	0.23 (0.41)	←
X_{15} : 一人当たり 座席幅 (cm)	—	0.23 (7.04)	←
X_{16} : シートピッチ (cm)	—	0.049 (5.04)	←
X_{17} : 天井高さ (cm)	—	0.0094 (2.91)	←
X_{18} : デザイン変数	—	—	0.36 (6.44)
尤度比	0.114	0.182	0.087
サンプル数	460	574	460

人個人で嗜好性が異なると考えられることから、ベネフィットセグメンテーションを進めていきたいと考えている。

さらに、内装や外観に関してダミー変数ではなく、フォルムや色彩を数値化し、説明変数に取り入れたモデルの構築を行うことを検討している。現在、色彩については写真画像による色彩快適度評価⁴⁾や分光色彩計、色彩輝度計などの指標や機材での測定を行っている。

参考文献

- 1) 森川高行, 佐々木邦明: 主観的要因を考慮した非集計離散型選択モデル, 土木学会論文集, IV-20, No.470, pp115~124, 1993.7
- 2) 鈴木浩明, 白戸宏明, 小美濃幸司: 列車の車内快適性に影響する要因の特定, 鉄道総研報告書, Vol.11, NO.11, pp31~36, 1997年11月号
- 3) 生方良雄: 小田急ロマンスカー総覧, 大正出版, 2005
- 4) 佐川賢, 瀧澤惣一, 斎藤建雄: 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, pp158~159, 2007

謝辞: アンケート調査実施にあたり、多大なご協力をいただいた小田急電鉄株式会社、箱根登山鉄道株式会社、アンケートにご協力くださった皆様に謝意を表します。また、アンケート評価項目には芝浦工業大学の秋山岳君の協力をいただきました。心より感謝申し上げます。