

# 潜在心理特性を考慮した結節駅利用者のニーズ分析

土井健司<sup>1</sup>・青木 崇<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 工博 東京工業大学助教授 大学院情報理工学研究科情報環境学専攻(〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1)

<sup>2</sup>正会員 工修 中部電力長野電力センター(〒381-0043 長野県長野市吉田3-6-9)

多様な機能が求められる結節鉄道駅に対する利用者ニーズを、個人間で比較可能な尺度によって定量化し抽出するための方法論を開発している。項目反応理論の適用により、各種のニーズの背後にある利用者の潜在的特性を抽出した結果、不満や要望の懐きやすさには個人の属性や利用駅の構造的特徴が影響を及ぼすことが明らかにされた。さらに、潜在心理特性への依存度により改善要望の特徴づけを行い、通路、階段の拡張や乗り換え移動距離の軽減等に対する要望は、利用者の潜在心理特性に依存せず不特定多数が強い要望をもつこと、一方、案内のわかりやすさや情報提供への改善要望には個人の特性が強く作用することを明らかにした。また、定量化された要望度の相互関連性の分析に基づき、案内・情報提供の改善への対応策が複合的な効果を有することを示唆した。

**Key Words:** railway station, transfer facilities, user's preference, questionnaire survey, latent trait, item response theory

## 1. はじめに

高密都市部における快適なモビリティの確保のためには、公共交通のネットワーク整備に加え、その結節機能の整備が今後の重要課題である。ネットワークの重層化を背景に、近年、乗り換え時の移動抵抗の軽減、混雑空間における移動動線の分散、案内表示の改善等の施策が進められてきており、重点的な改善箇所の抽出のために移動抵抗の定量化等を試みた例も多く見られる<sup>[1]-[7]</sup>。しかしながら旧来の交通事業の枠組みにとどまらず都市側への視野の拡大が迫られる中、多様な社会的ニーズへの対応が求められる結節点整備において<sup>[8]</sup>、どのようなプライオリティが必要とされ、その実現のためにいかなる整備方策が望まれるかについては未検討課題が多い。

こうした課題への対応を考える上で、施設利用者の視点に立ったニーズの把握や負担意識の分析が不十分であった点が見過ごせない。今日、乗り換え駅を初めとした結節点改善のための補助制度等の施策案が議論され、重点投資への社会的合意を得るためにの仕組みが模索される中で、利用者ニーズの定量化とその下での改善案の比較検討が不可欠と思われる。

以上の認識の下に、本研究は行動計量学的手法により、結節点サービスに関する不満や改善要望の尺度化とそれに基づく特徴分析を行い、如何なる整

備方策が有効であるかを定量的に議論するための材料を提供することを目的としている。従来においても競争的な運輸サービス業等を対象に、経営の成果指標としての顧客満足に基づくサービスの品質評価が試みられた例はある<sup>[9]</sup>。ただし、人の主観的評価は個々人の置かれた状況や心理特性に大きく支配される。すなわち、同じ状況におかれた集団においても、不満を懐きやすい人から懐きにくい人、また総花的な要望をもつ人から限定的な要望を表明する人などの幅があり、通常の方法によって個人間の主観値の比較は容易ではない。しかし、近年、意識や心理データの比較可能な尺度化を意図した項目反応理論(Item Response Theory)とモデル化手法が開発されてきており<sup>[10]-[15]</sup>、その成果は都市や交通空間における人間意識の定量化にも応用可能と考えられる<sup>[16]</sup>。潜在特性理論(Latent Trait Theory)とも呼ばれる項目反応理論は、選択式質問への回答に基づき被験者の潜在特性を推定すると同時に、対象項目の特徴を探る理論体系である<sup>[11]</sup>。本研究では集団内での不満や要望の差違をもたらす個人の潜在心理特性をパラメータとして組み込み、その上で結節点サービスに対するニーズの分析を試みる。なお、以下では利用者ニーズの定量化のための方法論の開発と交通弱者対策やノーマライゼーション等の社会的規範に関わる議論との混乱をさけるため、移動制約を伴わない一般利用者を分析対象とする。

## 2. 主観的意識データに対する項目反応モデルの適用意義とその理論的背景

### (1) 項目反応モデルの位置づけと適用意義

土木計画や交通計画等の分野においては、従来より意識データの積極的な活用が見られ、その一つとして選好意識データ(SP データ)を扱った分析事例が多く報告されている<sup>16)</sup>。また、選好意識にとどまらず近年では各種の主観的あるいは心理的データが意識構造や意思決定構造の把握に用いられており、因子分析や数量化3類に基づく知覚マップ<sup>17)-20)</sup>やLOGMAP<sup>21)</sup>、および各種の構造化手法<sup>22),23)</sup>が適用されている。さらに、より近年では操作性や応用性の高さから LISREL<sup>24)</sup>に代表される潜在構造分析の手法が注目を浴びている。

項目反応モデルは、LISREL と同様に潜在変数モデルの一つに位置づけられるものである。ただし、因子分析から派生した潜在変数モデル(図-1)のほとんどはデータの共分散構造の把握に重点を置くのに対して、項目反応モデルは共分散情報には依存せず個々人の心理的な応答を非集計型のモデルによって表現する点に特徴がある。このことによって項目反応モデルは、0 or 1 化された二値回答、正誤回答および名義尺度で表される質的な意識データをも分析しうるという利点を有する。

質問調査において施設利用者の多様なニーズを、量的尺度で取り出すことは通常容易ではない。このことを念頭におけば、質的尺度での収集された利用者の意識データを項目間および個人間で比較可能な量的尺度へと再構成し分析しうる項目反応モデルの適用意義は大きい。

### (2) 項目反応モデルの理論的背景

ここでは施設サービスに対するニーズの強さを多肢選択型の設問として提示された場合の、利用者の応答行動を考える。より具体的には、特定の施設サービスの改善について、「強く要望する」～「要望しない」等の段階評価をマークシート方式で問われた場合の利用者の選択行動である。このとき、利用者が施設サービスへの要望を表明する背景には、利用者の置かれた状況に加え、利用者自身の潜在的な心理特性が作用すると考えられる。そこで、利用者の心理特性を表す変数  $\xi$  を導入して、特定の設問項目に対して回答選択肢  $k$ (たとえば「強く要望する」)を他の選択肢  $l$ (たとえば「要望しない」)よりも適切と判断する確率を、次式のように表す。



図-1 潜在変数モデルの類型<sup>11)</sup>

$$Pr(k > l) = Prob(\xi_k - \xi_l \geq 0) \quad (1)$$

ここで、心理特性  $\xi_k$ ,  $\xi_l$  は正規分布に従う確率変数である。この時、期待値  $E(\xi_k)$  が選択肢に無関係な被験者固有の潜在特性  $\theta$  を用いて  $E(\xi_k) = b_k + a_k \theta$  と表わされるならば、式(1)は累積正規分布関数  $\Phi$  を用いて以下のように表される。

$$Pr(k > l) = \Phi\left(\frac{b_k - b_l + (a_k - a_l)\theta}{\sqrt{2}\sigma}\right) \quad (2)$$

さらに、扱いの容易さのために  $\Phi$  をロジスティック関数で近似すれば、次式を得る。

$$Pr(k > l) = \frac{1}{1 + \exp\left(-\frac{D}{\sqrt{2}\sigma}(b_k - b_l + (a_k - a_l)\theta)\right)} \quad (3)$$

ここに、 $D$  は近似定数である。

以上では二肢間の関係を扱ったが、多肢選択問題においても IIA の仮定の下に、選択肢  $k$  が選ばれる確率  $Pr_k$  は次のように表される。

$$Pr_k = \frac{\exp(b_k^* + a_k^*\theta)}{\sum_{l=1}^K \exp(b_l^* + a_l^*\theta)} \quad (4)$$

$$\text{ただし, } \sum_l a_l^* = \sum_l b_l^* = 0 \quad (5)$$

ここに、 $b_k^* = Db_k/\sqrt{2}$ ,  $a_k^* = Da_k/\sqrt{2}$  であり、 $a_k^*$  は設問への応答に際しての個人の潜在心理特性  $\theta$  の影響度合いを表わすパラメータである。 $b_k^*$  は個人の潜在心理特性には依存しないパラメータである。なお、以下では式(4), (5)の表現に際しては、断りのない限り添字\*を省略し  $a_k^*$  を  $a_k$  と、 $b_k^*$  を  $b_k$  と記す。

式(4), (5)は項目反応モデルのうち Bock<sup>12)</sup>により提案された名義応答モデル(Nominal Response Model)

であり、パラメータ  $a_k$ ,  $b_k$  および個人の潜在心理特性  $\theta$  は、次のような最尤推定法によって推定される。

$$\max_{\theta, a, b} \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \delta_{njk} \ln Pr_{jk}(\theta_n) \quad (6)$$

$$= \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \delta_{njk} \left\{ (b_{jk} + a_{jk}\theta_n) - \ln \sum_{l=1}^K \exp(b_{jl} + a_{jl}\theta_n) \right\}$$

ここに、添字  $n$  は個人を表わし、 $j$  は設問項目を表す。 $Pr_{jk}(\theta_n)$  は個人  $n$  が設問項目  $j$  において選択肢  $k$  に応答する確率、 $\delta_{njk}$  は選択肢  $k$  に応答した時に 1、それ以外に応答したときは 0 の値をとる外的基準である。また、パラメータ  $a_{jk}$ ,  $b_{jk}$  は設問項目ごとに固有のパラメータ（以下、項目パラメータと呼ぶ）である。

式(4)および式(6)は非集計ロジットモデルとその対数尤度に類似した形式をとっているが、潜在変数モデルの一つである項目反応モデルにおいては、個人属性や選択肢属性という外生的な説明変数を用い、潜在特性値  $\theta_n$  を個人の固有値としてそのまま推定する点で異なる。

式(6)の全パラメータの推定値を一度に得ることは難しく、これらを適当に分割して、交代的に全パラメータを推定することが必要となる。この推定手順は次の通りである<sup>[2]</sup>。

ステップ 1：個人の固有パラメータ  $\theta_n$  の初期値を設定する。

ステップ 2： $\theta_n$  を所与として、式(6)を項目パラメータ  $a_{jk}$ ,  $b_{jk}$  に関して最大化する。

ステップ 3： $a_{jk}$ ,  $b_{jk}$  を所与として、式(6)を最大化するよう  $\theta_n$  の推定値を得る。

ステップ 4：収束条件を満足するまで、ステップ 2 と 3 を交互に繰り返す。

以上の反復手順は一種の EM アルゴリズムであり、ステップ 2 が M ステップに、ステップ 3 が E ステップに対応する。ステップ 3においては、個人属性や状況設定の違いに起因した評価の差違が個人の固有パラメータすなわち潜在特性値に吸収されることになる。なお、この推定作業においては潜在特性値  $\theta_n$  の尺度の原点と単位が不定となるため、平均および分散が所与の値を満たすよう各繰り返しごとに  $\theta_n$  の値を調整することが必要となる。

以上に示した推定の手続きは、調査対象の特徴把握やポジショニングに用いられる数量化 3 類と直観的には似ている。しかし、項目反応理論はカテゴリースコアとサンプルスコアとの間に線形な関係を見出そうとするものではない。数量化 3 類においては、一般

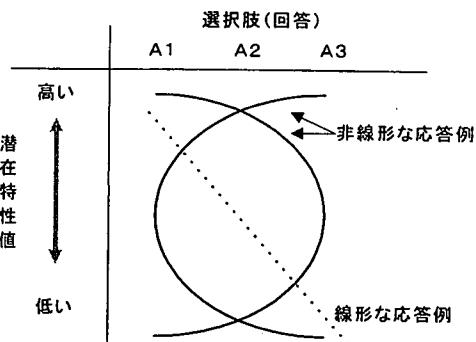


図-2 項目反応理論の非線形応答に関する表現能力

固有値問題を解くことにより複数の独立な軸（線形な応答パターン）が抽出されるが、項目反応理論はこれらを1つの柔軟な非線形軸（図-2）に集約して抽出しようとするものである<sup>[25]</sup>。また、パラメータ推定を最尤法に依る項目反応理論においては、推定値の統計的検定が可能であるというメリットを有する。

### 3. 結節鉄道駅に対する不満と要望の実態

本研究では交通結節点としての鉄道駅への利用者のニーズを把握するため、(財)運輸経済研究センターによって実施された「駅の使いやすさに関するアンケート調査」の結果を用いた。この調査は、表-1 に示す 6 つの大項目に対する満足度と 15 の細項目への改善要望の強さをそれぞれ 3 段階評価として問うたものであり、加えて改善されるべき不満項目の順位づけを依頼した。また、自由書式でその他の不満の内容を尋ねた。調査は、表-2 に示す 10 事業者 23 駅で 1996 年 11 月に実施された。その際、各事業者 1000 枚づつ合計 1 万枚の調査票を配布（午前 9 時までと 9 時以降にそれぞれ半数配布）した結果、郵送回収により 1536 の回答票（有効回答数 951）を得た。なお、不満・要望に関する質問は調査票配布駅に限らず、回答者の利用経路上の任意の駅について尋ね、合計で 271 駅に関する回答を得ている。

図-3 に示すように、回答者は年齢別では 20~64 歳の利用者が全体の 9 割強を占めており、性別では男性の割合が若干高い。また、目的別では通勤目的での利用者が全体の 86% を占める。回答者の不満および要望状況は図-4 に示す通りである。これより、駅内の混雑、駅内の移動そして乗り換えのしやすさに関する不満が高く、これを反映して通路・階段の拡張、乗り換え移動距離の軽減への要望が高いことが

表-1 駅の使いやすさに関する調査項目

大項目(不満調査項目)	細項目(要望調査項目)
駅内の混雑	・通路・階段の拡張 ・改札の増設
駅内の移動のしやすさ	・エスカレータ、エレベーターの設置 ・下り方向エスカレータの設置
乗り換えのしやすさ	・乗り換え移動距離の軽減 ・同一定期・同一切符での乗り継ぎ ・鉄道とバスとの乗り換え改善
駅内の環境	・ホーム、通路の屋根や風除設置 ・トイレ、ベンチの数および配置改善 ・券売機、精算機の数や配置改善
駅内の案内表示	・乗り換え案内のわかりやすさ ・案内表示の掲示位置の改善 ・事業者間の案内表示の統一
列車運行の情報提供	・列車の発車や遅れの案内 ・列車、車両の混雑情報

表-2 調査票の配布

東鉄道旅客鉄道	東京駅、大宮駅、松戸駅、津田沼駅、立川駅
帝都高速度交通営団	大手町駅、霞ヶ関駅
京王帝都電鉄	新宿駅、京王八王子駅
小田急電鉄	新宿駅、町田駅
東武鉄道	池袋駅、北千住駅
西武鉄道	池袋駅、所沢駅
東京急行電鉄	渋谷駅、二子玉川園駅
京浜急行電鉄	品川駅、上大岡駅
京成電鉄	上野駅、松戸駅
相模鉄道	横浜駅、二俣川駅
調査票配布数: 10000 回収数: 1536	

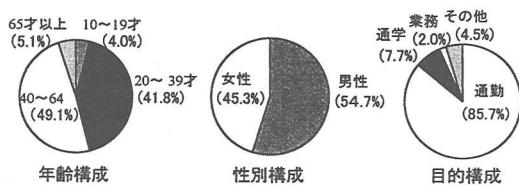


図-3 回答者の属性構成

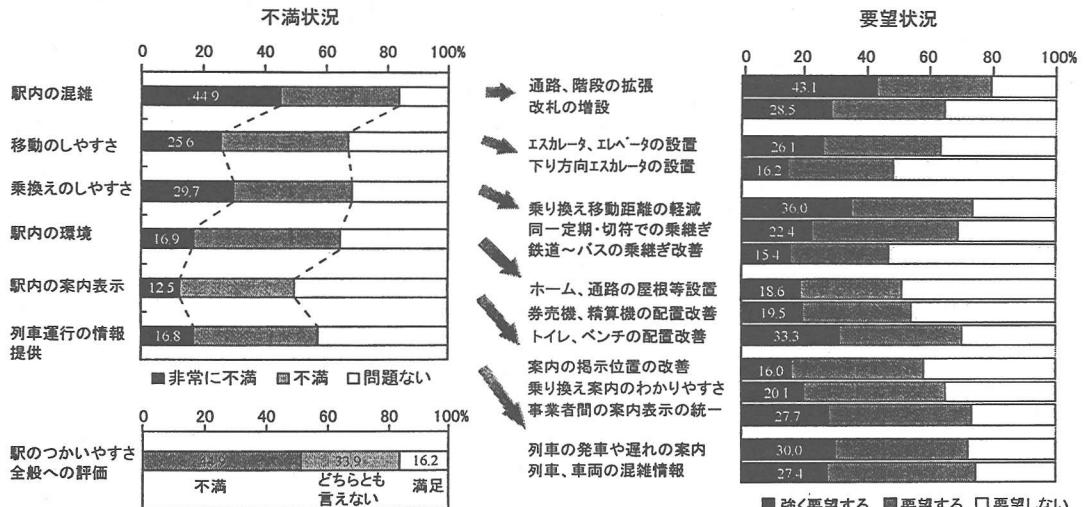


図-4 結節鉄道駅における利用者の不満および要望状況

わかる。トイレ、ベンチの数や配置の改善、異なる事業者間の案内表示の統一、列車の発車や到着遅れの案内等に関する要望も相対的に高い。これに対して、下り方向のエスカレータの設置や鉄道とバスとの乗り換え改善等への要望は少ない。なお、不満項目の順位づけ結果においては、混雑の緩和を1位に挙げた利用者は全体の34%を占め、次いで乗り換えのしやすさ、移動のしやすさの改善を挙げた割合は各々15~16%を占めている。

次に、駅の全般的な評価に各項目への不満がどのように寄与しているかを捉るために、項目別評価を説明変量、全般的評価を基準変量として数量化2類による分析を施した。表-3にその結果を示す。カテゴリーースコアのレンジおよび偏相関係数の大きさから判断して、駅内の移動のしやすさへの評価が全般的評価に最も影響し、次いで乗り換えのしやすさや駅内の環境への評価が影響力をもつことがわかる。図-4の集計結果において最も不満割合の高かった駅内の混雑は、移動

表-3 各不満要因の影響の大きさ

要因	カテゴリー	スコア	レンジ	偏相関係数
駅内の混雑	問題なし	-0.097		
	不満	0.063	0.215	0.121
	非常に不満	0.118		
駅内の移動のしやすさ	問題なし	-0.335		
	不満	-0.098	0.721	0.319
	非常に不満	0.386		
乗り換えのしやすさ	問題なし	-0.192		
	不満	0.011	0.359	0.180
	非常に不満	0.167		
駅内の環境	問題なし	-0.176		
	不満	-0.071	0.355	0.182
	非常に不満	0.179		
駅内の案内表示	問題なし	-0.121		
	不満	-0.051	0.189	0.0962
	非常に不満	0.068		
列車の運行案内	問題なし	-0.012		
	不満	-0.046	0.095	0.0634
	非常に不満	0.049		
相関比 $\eta^2$		0.454		

のしやすさ、乗り換えのしやすさ、駅内の環境に比べて全般的評価に与える影響力は小さい。

#### 4. 潜在心理特性を考慮した応答行動のモデル化

##### (1) 不満と要望の影響関係に基づく応答モデル

ここでは、2. で示した項目反応モデルにより、以上の駅施設サービスへの不満および改善要望に関する応答特性の分析を試みる。以下では不満および改善要望に関する利用者の応答行動の背後に潜在心理特性の存在を仮定し、それぞれに潜在不満度および潜在要望度という予定概念(図-1 参照)を対応させる。また、その際に2つの概念は独立ではないと考え、個々人の不満の度合いは要望の度合いに影響を及ぼすとして、次式を仮定する。

$$\theta = \lambda\phi + \theta_0 \quad (7)$$

ここに、 $\theta$  は個々人の潜在要望度、 $\phi$  は潜在不満度、 $\lambda$  は  $\theta$  に対する  $\phi$  の寄与係数、 $\theta_0$  は潜在不満度には依存しない個々人の潜在要望度を表わす。上式を用いて、不満項目および要望項目に関する応答モデルはそれぞれ次のように定式化される。

##### [不満応答モデル]

$$P_{jk}(\phi) = \frac{\exp(\beta_{jk} + \alpha_{jk}\phi)}{\sum_{l=1}^K \exp(\beta_{jl} + \alpha_{jl}\phi)} \quad (8)$$

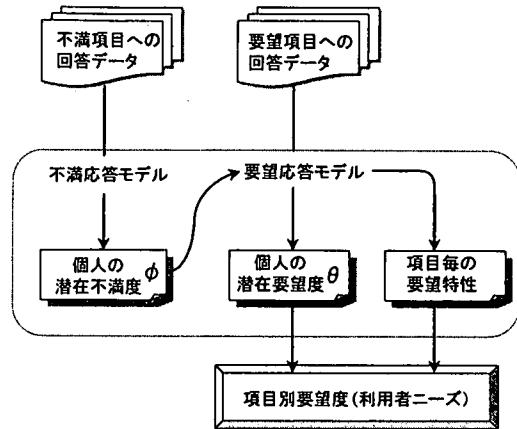


図-5 モデル分析の手順

##### [要望応答モデル]

$$R_{jk}(\theta | \phi) = \frac{\exp(b_{jk} + a_{jk}(\lambda\phi + \theta_0))}{\sum_{l=1}^K \exp(b_{jl} + a_{jl}(\lambda\phi + \theta_0))} \quad (9)$$

ここで、 $a_{jk}$ 、 $b_{jk}$  および  $a_{jl}$ 、 $b_{jl}$  は、式(5)の条件を満たす項目パラメータである。なお、式(7)の寄与係数  $\lambda$  については項目  $j$  每の係数  $\lambda_j$  として推定する。

以上のモデル分析の手順を示したものが図-5 である。単一の潜在特性のみを想定する既存の項目反応モデルにおいては、被験者の応答の背後に無視できない複数の要因が存在する場合には、適用上限界がある。しかし、複数の潜在特性を想定し、その影響関係を構造化した式(8)および式(9)を用いることにより、こうした問題に対処した上で応答モデルを推定できる。

##### (2) 応答モデルの推定結果

駅利用者の回答結果に基づき、まず不満調査項目および要望調査項目の各々について応答モデルの推定を行った。図-6 および図-7 は、個人毎に推定された潜在不満度を横軸とり、乗り換えのしやすさへの不満と案内表示に関わる不満を例として、「非常に不満」、「不満」、「問題なし」という3つの回答選択肢への応答確率との関係を特性曲線として描いたものである。潜在不満度  $\phi$  値は無次元量であり、全サンプルにおいて平均値が 0、項目間で分散が一定値になるよう基準化されている。また、図-6 の下半部には対象とした利用者の潜在不満度の分布状況を付記している(5.0 刻みでの区間頻度を滑らかに結んだ)。潜在不満度の平均値レベルでの応答に着目すれば、「非常に不満」への応答確率は 32%、「不満」への応答確率は 31%，

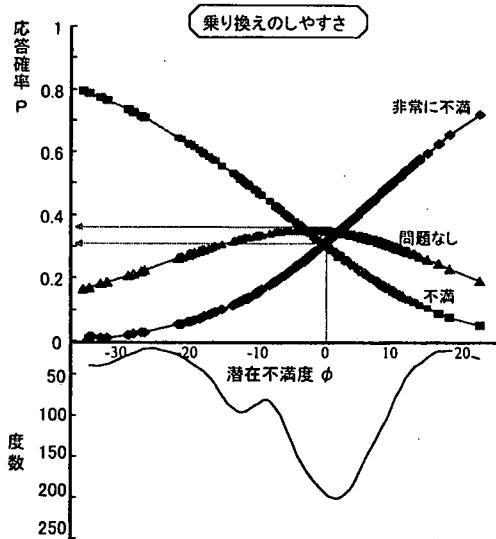


図-6 不満調査項目に関する応答モデルの推定例(1)

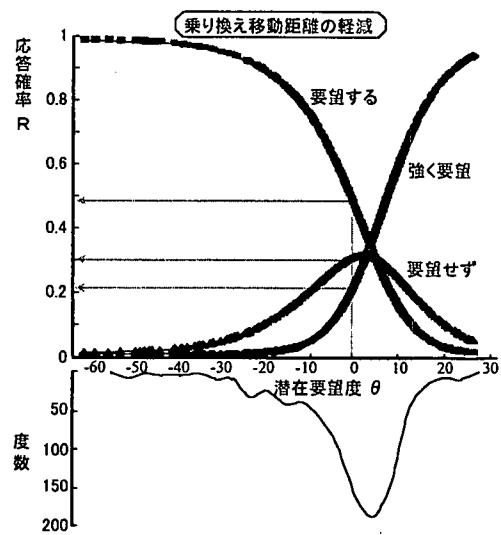


図-8 要望調査項目に関する応答モデルの推定例(1)

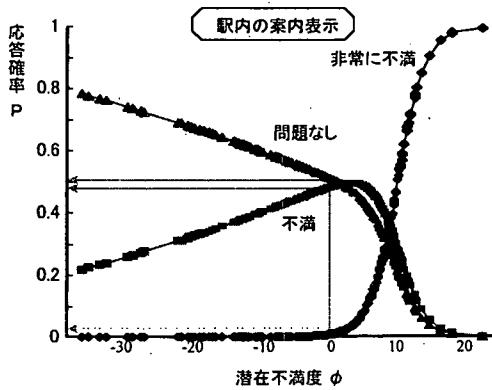


図-7 不満調査項目に関する応答モデルの推定例(2)

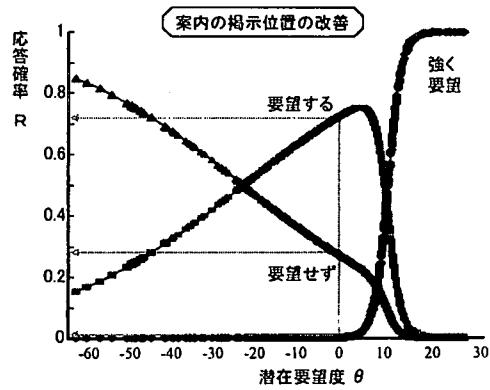


図-9 要望調査項目に関する応答モデルの推定例(2)

および「問題なし」への応答確率は 37% であり、3つの回答への応答確率には大きな差はない。しかし、潜在不満度が上昇するに伴い、「非常に不満」への応答確率が徐々に他を上回って増加することが読み取れる。

次に、駅内の案内表示への不満に関する応答特性(図-7)を見ると、まず潜在不満度の平均値レベルにおいてはほとんど 0 であった「非常に不満」への応答確率が、潜在不満度の上昇に伴い急速に増加しているのが特徴的である。

図-6 と図-7において「非常に不満」への応答確率曲線の形状を比較すれば、案内表示に関する曲線は乗り換えのしやすさのそれに比べて立ち上がり位置が右寄りであり、かつ増加率が相対的に大きい。モデル式(2)と照らし合わせるならば、立ち上がり位置と変化率

はそれぞれ平均的な不満の強さ(パラメータ  $b$ )と潜在不満度の影響力(パラメータ  $a$ )に相当する。この関係を念頭に置けば、平均的に見ると乗り換えのしやすさへの不満は案内表示のそれより強いが、潜在不満度が高まるに伴い案内表示への不満が急速に高まることが推察される。

図-8 および図-9 は、要望項目に関する応答モデルの推定結果を、乗り換え移動距離の軽減と案内の掲示位置の改善を例として示したものである。潜在不満度  $\phi$  と同様に、 $\theta$  も全サンプルで平均値が 0、項目間で分散が一定値になるように基準化されている。いずれの要望項目についても、潜在要望度が高い利用者はほど「強く要望する」への応答確率が高くなっている。また、曲線形状の比較から、乗り換え移動距離の軽減よりも

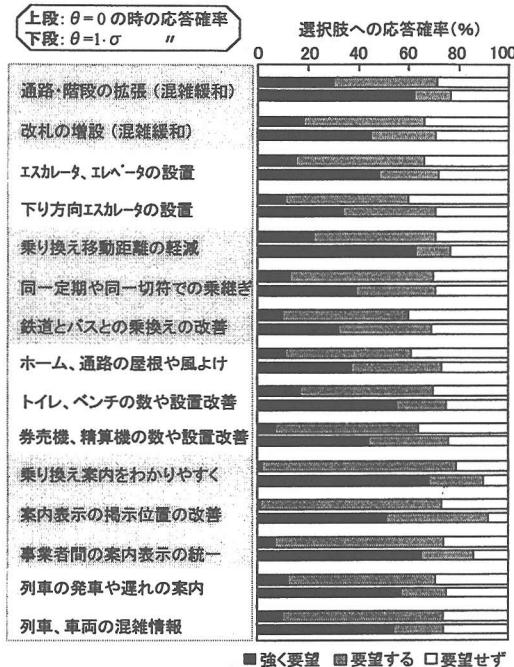


図-10 潜在要望度の平均値レベルにおける応答とその感度

案内の掲示位置の改善の要望において、個人の潜在要望度の影響がより強く作用していることが読みとれる。これは先に考察した不満の動向と同様である。

図-10 は、潜在要望度の平均値レベル( $\theta=0$ )における 15 の要望項目に関する応答パターンを、モデル式(7)を用い推計したものである。また、 $\theta$ の変化に対する応答確率の感度をみるために、 $\theta=1\cdot\sigma (=13.3)$ の時のそれぞれの確率を下段に併記している。まず  $\theta=0$  の平均値レベルにおいては、通路・階段の拡張や乗り替え移動距離の軽減に関しては強い要望のシェアが 20%を超えるのに対し、案内の改善に対する強い要望のシェアは極めて小さい。しかし、案内の改善に対するそれは  $\theta$  の増加とともに急速に増加し、 $\theta=1\cdot\sigma$  のレベルでは 50%以上に達する。情報提供に関する強い要望も同様の傾向を示す。

以上より、通路・階段の拡張や乗り替え移動距離の軽減というハード面の改善については、潜在特性によらず多くの利用者が改善要望を示すのに対して、案内や情報というソフト面の改善については潜在要望度の高い特定の利用者が強い要望を示していることが分かる。こうした潜在要望度の分布と利用者の属性との関連性については、以下に考察する。

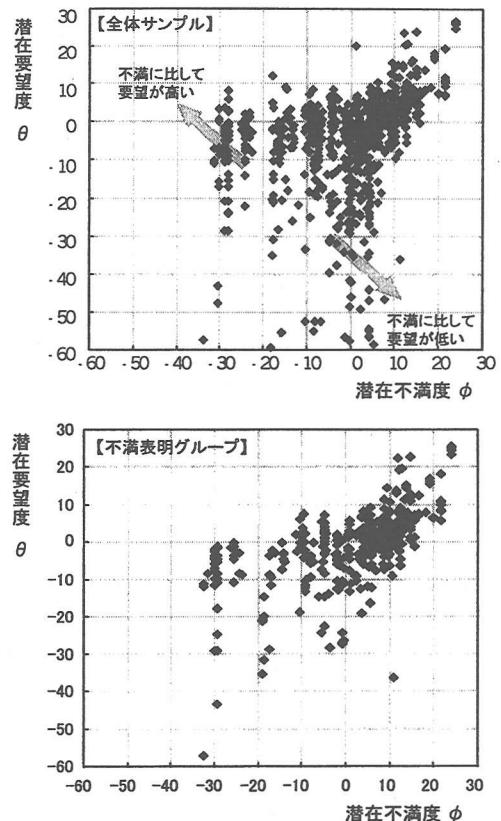


図-11 潜在特性値の分布

### (3) 潜在特性値の推定結果

式(6)および式(7)における個人の固有パラメータとして推定された潜在不満度  $\phi$  および潜在要望度  $\theta$  の値を、2次元平面上にプロットしたものが図-11 である<sup>[3]</sup>。これを見ると全サンプルでの潜在特性値の分布において、潜在不満度  $\phi$  と潜在要望度  $\theta$  との間にそれ程明確な関係は見られない。ただし、駅の全般的な評価(図-4 参照)において何らかの不満を表明したグループ(472 サンプル)を対象に両者の関係を見ると、式(7)で表わされるような比較的良好な比例関係が存在することが読み取れる。相関係数は 0.71 程度であるが、両者の比例関係は、潜在不満度がその平均値を超えたレベルではより分かりやすい。このことは逆に、一定の閾値を超えない不満は必ずしも要望には結びつきにくい状況を示唆している。

次に、図-11 に示した  $\phi - \theta$  平面上において  $\phi$  および  $\theta$  の符号から4つの象限を設定し、それぞれの象限にプロットされるサンプル数の構成比を利用者属性ごとに集計したものが表-4 である。ここでは全体サンプル

表-4 利用者属性別の潜在特性値の分布

属性	$\theta > 0$		$\theta < 0$		$\Sigma$	
	$\phi > 0$	$\phi < 0$	$\phi < 0$	$\phi > 0$		
	第1象限	第2象限	第3象限	第4象限		
性別	男	0.277	0.140	0.463	0.119	1.000
	女	0.296	0.230	0.374	0.100	1.000
年齢	10~19歳	0.379	0.310	0.276	0.034	1.000
	20~39歳	0.319	0.197	0.382	0.102	1.000
	40~64歳	0.247	0.139	0.490	0.124	1.000
	65歳以上	0.071	0.286	0.429	0.214	1.000
目的	通学	0.467	0.233	0.250	0.050	1.000
	通勤	0.274	0.174	0.440	0.112	1.000
	業務	0.200	0.000	0.407	0.393	1.000
	その他	0.095	0.286	0.524	0.095	1.000
駅の乗り換え構造	ホームtoホーム	0.250	0.196	0.482	0.071	1.000
	交差(クロス)	0.216	0.232	0.416	0.136	1.000
	別ホーム	0.280	0.149	0.435	0.137	1.000

(は0.25以上の構成比を示す)

表-5 利用者属性と潜在特性値の基本統計

属性	潜在不満度 $\phi$		潜在要望度 $\theta$		
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
性別	男性	-0.381	13.8	-0.824	14.6
	女性	0.464	11.8	1.00	11.9
年齢	10~19歳	2.58	10.6	2.75	13.1
	20~39歳	0.843	12.1	1.66	11.7
	40~64歳	-1.25	14.2	-2.05	14.9
	65歳以上	-1.33	9.53	-4.81	16.9
目的	通学	4.41	10.2	3.35	11.3
	通勤	-0.247	13.1	-0.338	13.9
	業務	-2.36	16.2	-0.762	7.97
	その他	-5.66	12.1	-1.06	10.8
駅の乗り換え構造	ホームtoホーム	-2.06	14.9	-2.61	11.4
	交差ホーム	-0.285	11.9	-0.737	10.0
	別ホーム	5.27	11.7	1.80	14.2

における構成比を用いている。この結果より、第1象限 ( $\theta > 0$ ,  $\phi > 0$ ) および第3象限 ( $\theta < 0$ ,  $\phi < 0$ ) に属するサンプル数が卓越して多いことがわかるが、年齢階層が 10~19 歳の利用者においては第1象限と同様に第2象限の比率が高く、潜在不満度  $\phi$  にはあまり依存せず潜在要望度  $\theta$  が高い傾向にあることが読み取れる。65 歳以上の利用者において、第1象限の比率の低さが目立つ一方で第2象限と第4象限の比率が高くなっている。潜在不満度と要望度との比例関係が不明確である。目的別に見ると業務やその他目的(買物・レジャー、通院等)での利用者は、ピーク時を主とする通勤・通学利用者とは異なる傾向を示している。すなわち業務利用者の 8 割は潜在要望度が平均値より低く ( $\theta < 0$ )、その他目的の利用者でも同様に 8 割程度が平均値より低い潜在不満度 ( $\phi < 0$ ) を有している。このことから潜在

不満度および要望度は利用状況によっても変動し、通勤・通学等の混雑時の利用に際してはこれらの潜在特性値が相対的に高くなることが推察される。

さらに、潜在特性値への影響要因を捉えるために、利用者属性別の  $\phi$  および  $\theta$  の平均値と標準偏差をまとめたものが表-5 である。これを見るとどちらの潜在特性値についても性別ではほとんど差がみられないものの、年齢階層別では若年層ほど潜在不満度および要望度の平均値が高い傾向にある。これを反映して、目的別では通学者のこれらの平均値が高い。年齢を利用経験の代理指標と見れば加齢に伴う2通りの影響、すなわち順応効果と不満の累積効果が考えられるが、表-5 は前者の影響を示している。

また、駅の乗り換え構造別に見ると、ホーム to ホーム駅では潜在不満度および要望度の平均値が低く、別ホーム駅では高いという傾向が読み取れる。利用目的や駅の構造に依存した潜在不満度や要望度の違いは、潜在心理特性の違いというよりはむしろ利用者の置かれた状況の違いを反映していると考えられるが、サンプル数の制約からその判定は困難であり、ここでは両者を区別していない。

## 5. 利用者ニーズの定量化

### (1) 要望の強さの表現

応答モデルのパラメータ値に基づき、利用者の改善要望の定量化や特徴づけが可能である。図-12 は、式(9)において潜在要望度  $\theta$  の影響力を表わすパラメータ  $a$  とこれと独立した要望の強さを表わすパラメータ  $b$  の値を、要望項目毎にプロットしたものである。ただし、 $a$  および  $b$  の値は選択肢毎にも異なることから、選択肢1「強く要望」に対応するパラメータ値  $a_1, b_1$  と選択肢3「要望せず」に対応するパラメータ値  $a_3, b_3$  の差  $a_1 - a_3 (= \delta a, b_1 - b_3 (= \delta b))$  を表示している<sup>14)</sup>。なお、 $a_1, a_3, b_1, b_3$  の項目毎の値は表-6 のように得られている。

図-12 より、通路、階段の拡張への要望は  $\delta b$  の値が最も大きく、逆に  $\delta a$  の値は最小値に近いことから、潜在要望度に依存せず不特定多数の利用者が強い要望をもつことがわかる。 $\delta b$  値が次いで大きいものは、乗り換え移動距離の軽減、トイレ、ベンチの数や配置改善、改札の増設、列車の発着・遅れの案内等である。この  $\delta b$  値の大小関係は、図-4 に示した要望状況の集計結果における強い要望の割合の大小関係と概ね一致している。また、図-4においては案内の改善を「強く要望する」割合はむしろ低いものの、これに次ぐ「要望する」割合が高く

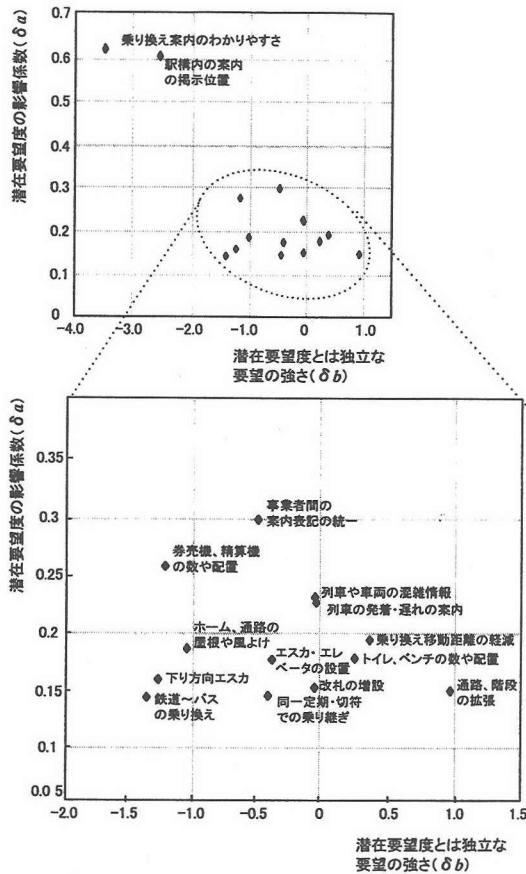


図-12 項目特性に基づく利用者ニーズの特徴づけ

表-6 項目パラメータの推定値

改善要望項目	パラメータa		パラメータb	
	強く要望	要望せず	強く要望	要望せず
通路・階段の拡張	0.101 (6.26)	-0.050 (-1.84)	0.466 (3.27)	-0.517 (-2.54)
改札の増設	0.092 (5.91)	-0.061 (-2.52)	-0.122 (-2.08)	-0.040 (-1.13)
エスカレーター・エレベーターの設置	0.116 (6.55)	-0.062 (-2.30)	-0.276 (-4.54)	0.101 (1.92)
下り方向エスカレーターの設置	0.097 (3.93)	-0.065 (-2.45)	-0.750 (-2.29)	0.529 (5.04)
乗り換え移動距離の軽減	0.134 (6.65)	-0.062 (-3.38)	0.157 (8.58)	-0.230 (-1.69)
同一定期・切符での乗り継ぎ	0.098 (8.71)	-0.048 (2.07)	-0.405 (-6.86)	0.013 (1.18)
鉄道とバスとの乗換の改善	0.090 (4.47)	-0.055 (-2.20)	-0.778 (-1.53)	0.591 (0.72)
ホーム、通路の屋根や風よけ	0.109 (3.48)	-0.079 (-3.11)	-0.642 (-1.83)	0.388 (4.46)
トイレ、ベンチの数や設置改善	0.120 (8.63)	-0.060 (-2.23)	0.053 (4.41)	-0.179 (-3.40)
券売機、精算機の数や設置改善	0.162 (5.06)	-0.098 (-3.52)	-0.779 (-10.8)	0.425 (2.99)
乗り換え案内のわかりやすさ	0.421 (17.6)	-0.210 (-2.87)	-2.41 (-5.42)	1.21 (3.65)
案内の掲示位置の改善	0.410 (19.5)	-0.203 (-5.07)	-1.82 (-3.03)	0.811 (2.78)
事業者間での案内表示の統一	0.215 (7.20)	-0.087 (-3.47)	-0.420 (-4.89)	0.070 (1.53)
列車の発車や遅れの案内	0.158 (6.98)	-0.071 (-2.23)	-0.158 (-2.48)	-0.083 (-1.75)
列車、車両の混雑情報	0.156 (5.77)	-0.077 (-3.09)	-0.264 (-4.10)	-0.176 (-0.82)

( ) 内はパラメータ値/標準誤差

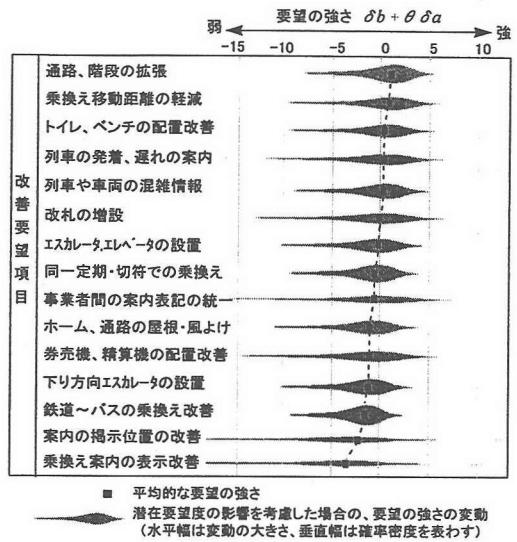


図-13 項目別の要望の強さ(項目要望度)

なっており、これは  $\delta a$  値の大きさを反映したものと思われる。多くの改善項目に関する  $\delta a$  値は 0.1~0.2 の範囲にあるが、案内の改善に関する  $\delta a$  値はその 2~3 倍に及ぶ。

項目毎の利用者ニーズの性格の違いを見るために、乗り換え案内のわかりやすさの改善と乗り換え移動距離の軽減という2つの項目を対比させると、前者は後者に比べて  $\delta a$  値は 0.435 程度大きい一方で、 $\delta b$  値は 4.01 程度も小さい。改善要望の強さに応じて整備のプライオリティを考えるならば、潜在要望度  $\theta$  に基づく要望成分  $\theta \cdot \delta a$  が小さい場合には、 $\delta b$  がはるかに大きな値を示す乗り換え移動距離の軽減が優先されるべきである。しかし、高い潜在要望度  $\theta$  をもつ利用者にとってはこの順序関係は逆転する可能性がある。すなわち、 $\delta b + \theta \cdot \delta a$  という尺度で比較するならば、 $\theta$  が 9.22 (=4.01/0.435) を超える利用者については、乗り換え案内の改善に対する要望の強さは移動距離の軽減のそれを上回ることになる。図-8 に示す  $\theta$  の分布を見ると、この値を超える利用者の割合は小さなものではない。

以上の議論を受け、利用者ニーズを定量的に特徴づけるため、各項目に対する要望の強さ(以下、項目要望度と呼ぶ)を  $\delta b + \theta \cdot \delta a$  という尺度で表わしたもののが図-13 である。図中には、 $\delta b + \theta \cdot \delta a$  の変動範囲とその確率分布を示している。こうした図を用いることにより、任意のレベル以上の要望度をもつ利用者の数や割合を項目間で比較することも可能となる。

## (2) 潜在不満度の項目要望度への影響

図-14 の模式図に示すように、各々の項目要望度

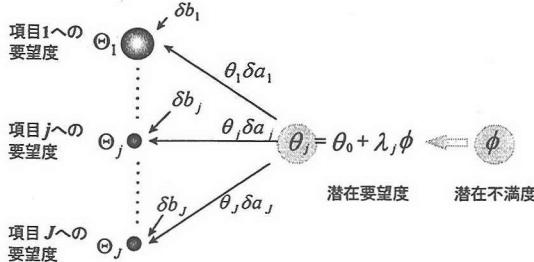


図-14 項目要望度とその背後の潜在不満度との関係

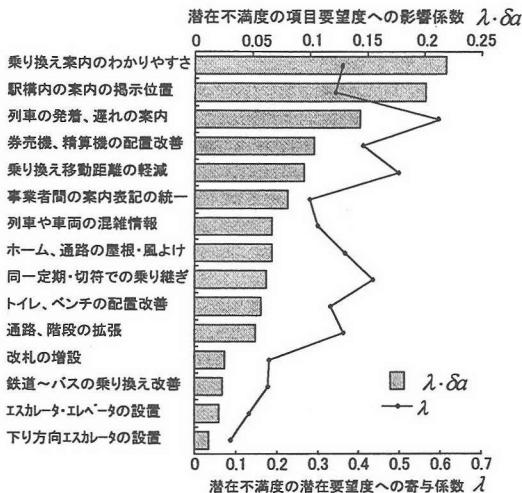


図-15 項目要望度に対する潜在不満度の影響

のうち個々人の潜在不満度  $\phi$  に根ざす部分は  $\lambda \phi \cdot \delta a$  である。そこで、潜在不満度の寄与係数  $\lambda_j$  の値に加え、これと  $\delta a_j$  との積  $\lambda_j \delta a_j$  を潜在不満度の影響係数として表示したものが図-15である。

まず、潜在不満度の潜在要望度に対する寄与係数  $\lambda_j$  に着目すると、列車の発着、遅れの案内、乗り換え移動距離の軽減、同定期・切符による乗り継ぎという項目が大きな値を示している。次に、潜在不満度の影響係数を項目毎に比較すると、 $\delta a_j$  の値の分布傾向と同様に乗り換え案内の表示や駅構内の案内の掲示位置および列車の発着、遅れの案内という案内に関する改善項目群が大きな値を示している。これに対し、エスカレータ・エレベータの設置、鉄道とバスとの乗り換え改善、改札の増設等に関する潜在不満度の影響係数は小さい。施設改良を要するエスカレータ・エレベータの設置や改札の増設等に比べ、案内の改善はソフト面を主体とした速やかな対応が可能である。しかし、それと

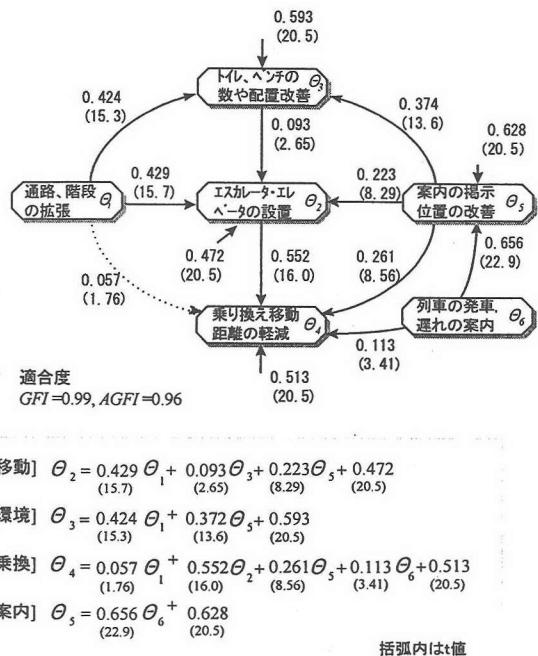


図-16 要望の相互関係

は裏腹に改善の遅れが目立つ現状への利用者の苛立ちが、案内に関する項目群の影響係数の大きさに反映されているとも推察されよう。

### (3) 要望の相互の関連性

要望の相互の関連性は、次の2つの作用の組み合わせによって生じると考えられる。

- ①潜在心理特性に依存した要望成分の関連性
- ②潜在心理特性とは独立した要望成分の関連性

このうち、前者については潜在不満度  $\phi$  の影響係数  $\lambda_j \delta a_j$  の大小関係が一つの目安を与える。すなわち、この影響係数が大きい項目群(図-15 参照)は、潜在不満度の変動に対して相互に類似した変動を示すためである。ただし、この係数値から要望項目間の因果関係を推察することは容易ではない。そこで、利用者ごとに次式のように項目要望度  $\Theta_j$  を算定し、項目間の  $\Theta_j$  の相関係数を基にパス解析を実施した。

$$\Theta_j = \delta b_j + (\lambda_j \phi + \theta_0) \delta a_j \quad (10)$$

15の要望項目を代表的な6つの項目に絞って解析を行った結果、図-16のような相互関係が推定された。図中の矢印に付した数値は、推定されたパス係数とその有意性を表わすt値であり、これを構造方程式として表現したものが図下の4つの式である。また、相互関係を駅の乗り換え構造別に推定したものが表-7である。

表-7 駅構造別に見た要望の相互関係

要望項目		通路、階段の拡張	ES, EVの設置	トイレ、ベンチの配置	案内表示位置改善	列車運行の案内
ホーム	エスカレータ、エレベーターの設置	0.215 (2.27)	0.392 (5.39)	0.126 (1.13)	0.565 (5.01)	—
	トイレ、ベンチの数、配置改善	0.236 (2.58)	—	0.481 (5.39)	0.637 (6.85)	—
	乗り換え移動距離の軽減	—	1.34 (10.2)	—	0.156 (1.23)	0.922 (6.09)
	案内の掲示位置の改善	—	—	—	—	0.834 (11.5)
交差ホーム	エスカレータ、エレベーターの設置	0.493 (6.84)	0.565 (8.22)	0.163 (1.72)	0.288 (4.03)	—
	トイレ、ベンチの数、配置改善	0.272 (3.42)	—	0.657 (8.22)	0.224 (3.00)	—
	乗り換え移動距離の軽減	0.084 (1.13)	0.763 (10.5)	—	0.318 (3.85)	0.106 (1.57)
	案内の掲示位置の改善	—	—	—	—	0.63 (9.39)
別ホーム	エスカレータ、エレベーターの設置	0.135 (2.06)	0.528 (9.14)	0.117 (1.16)	0.274 (3.84)	—
	トイレ、ベンチの数、配置改善	0.397 (6.68)	—	0.638 (9.14)	0.565 (8.81)	—
	乗り換え移動距離の軽減	0.063 (0.69)	0.552 (7.48)	—	0.255 (3.57)	0.273 (3.60)
	案内の掲示位置の改善	—	—	—	—	0.658 (11.2)
ターミナル	エスカレータ、エレベーターの設置	0.413 (8.43)	0.566 (11.9)	0.187 (2.56)	0.201 (4.14)	—
	トイレ、ベンチの数、配置改善	0.399 (7.74)	—	0.662 (11.9)	0.294 (5.92)	—
	乗り換え移動距離の軽減	0.196 (3.66)	0.514 (9.32)	—	0.241 (4.48)	0.169 (1.14)
	案内の掲示位置の改善	—	—	—	—	0.545 (10.8)

これらの推定結果より、以下の関係が読み取れる。

- ①通路、階段の拡張（混雑緩和）への要望は、エスカレータ・エレベーターの設置（移動のしやすさ）やトイレ・ベンチの数、配置改善（環境改善）への要望に強い影響を及ぼしている。
- ②案内の掲示位置の改善（案内・情報改善）への要望は、トイレ・ベンチの数や配置改善、エスカレータ・エレベーターの設置、乗り換え移動軽減等の多くの要望に影響を及ぼしている。
- ③乗り換え移動軽減への要望には、エスカレータ・エレベーターの設置への要望に加え、案内の掲示位置の改善や列車の発車や遅れの案内改善への要望が影響を及ぼしている。

先の図-4 の集計結果および図-13 の項目別要望度においては、案内の改善とともにエスカレータ・エレベーターの設置に関しては強い要望が抽出されていない。しかし、この関連図からはエスカレータ・エレベーターの設置は通路、階段の拡張への要望と乗り換え移動距離軽減への要望の仲介的な役割を果たしていることが読み取れる。すなわち、この改善項目がそれ単独で一つの改善メニューとして認識されていないことが、集計レベルでの要望の低さにつながっていると考えられる。このことは、個別評価ではなく利用者のニーズをトータルに把握した上で、改善策の組み合わせが検討されねばならないことを意味している。

## 6. おわりに

本研究においては、潜在心理特性の影響を考慮しながら利用者の不満や要望を個人間で比較可能な尺度により定量化するための方法論の開発を行った。複数の潜在特性を考慮した項目反応モデルの構築により、利用者の具体的な項目への要望の強さを、その背後にある潜在的要望度、さらにこれに影響を及ぼす潜在不満度という2つの潜在心理特性と関係づけを行った結果、まず利用者の潜在心理特性については次の特徴が捉えられた。

1) 結節鉄道駅の利用に不満をもつ利用者においては、潜在的な要望度と不満度との間には比例関係が見られる。この比例関係は、潜在不満度が平均値レベルを超えた時点からより明確である。

2) 年齢別では若年層ほど潜在不満度、要望度の各々の平均値が高い。これを反映して、目的別には通学者の平均値が高い。駅の乗り換え構造別に見ると、別ホーム型の駅でこれらの潜在特性値が最も高く、交差ホーム型、ホーム to ホーム型がこれに続く。

項目別の要望の強さについては、以下の知見が得られた。

3) 通路、階段の拡張や乗り換え移動距離の軽減への要望は、利用者の潜在特性に依存せず不特定多数が強い要望をもつ。これに対して、乗り換え案内のわかりやすさ、案内の掲示位置の改善等への要望の発生には個人の潜在特性が強く作用しており、潜在不満度の高い利用者が強い要望を持つ傾向にある。

4) 項目毎の要望には相互関連性が見られ、特に混雑緩和や案内・情報改善への要望は、駅内の環境改善、移動のしやすさ、乗り換えのしやすさに関する要望の発生にも強い影響を及ぼしている。したがって、これらの改善要望への対応策には、直接的な効果にとどまらず波及効果が期待される。

潜在特性値を考慮した本手法においては、利用者ニーズを個人の固有特性に依存した部分とそれとは独立な部分とに要因分解することが可能であり、結節駅の性格すなわち利用者構成や利用状況に応じた改善策の検討に資すると思われる。また、潜在特性値の影響を介した個々の要望間の関連性の把握により、改善案の組み合わせについても検討が可能である。

なお、本稿で対象としたものは結節鉄道駅の機能のうち、鉄道利用者を主体とした最も基本的な項目へのニーズである。異種モード間の結節サービスや都市側との接点としての新たなサービスへのニーズの定量的把握等、ニーズに対する具体的な改善代替案の設計

等については今後の課題である。

**謝辞:**最後に、本研究の遂行にあたり「駅の使いやすさに関するアンケート調査」のデータを提供いただいた財団法人 運輸経済研究センター(現・運輸政策研究機構)および「21世紀に向けての東京圏の新たな交通のあり方に関する調査・使いやすさ小委員会」の関係各位に謝意を表します。

#### 補注

- [1]項目反応理論の最も典型的な適用例はテストである。この適用の利点として、①受験者が異なる項目からなるテストを受けたときにも、各人の能力の推定が同一尺度上で可能となる、②将来の受験者の得点予測が可能なことが挙げられるが、その欠点として、信頼性の高い推定値を得るために膨大なデータを必要とし、比較的の少數データでは適用が困難である等が指摘されている<sup>12),14)</sup>。本研究においては、1000近くの回答票を用いており、データ数に起因した問題はないと思われる。
- [2]以上のアルゴリズムは、厳密には大域的最適解を保証するものではないが、実際の適用には十分であるとされている<sup>11)</sup>。
- [3]潜在要望度  $\theta$  の値については、 $\theta = \lambda\phi + \theta_0$ として算定したが、この際の  $\lambda$  は項目別の寄与係数  $\lambda_j$  の平均値を用い、 $\bar{\lambda}\phi + \theta_0$ とした。
- [4]式(5)の条件から、 $\delta a = 2a_1 + a_2$ 、 $\delta b = 2b_1 + b_2$  が成り立ち、 $\delta a$  および  $\delta b$  はそれぞれ「強く要望」に対応するパラメータ値と「要望する」に対するパラメータ値を、2:1の比率で重み付けした和であることが示される。

#### 参考文献

- 1) 内山久雄、武藤雅威、桜井章生:鉄道の乗り換え抵抗に関する研究、土木計画学研究・講演集 No.12, pp.229-234, 1996.
- 2) 大島義行、松橋貞雄、三浦秀一:鉄道駅における乗換抵抗に関する基礎的研究、土木計画学研究・講演集 No.19(2), pp.701-704, 1996.
- 3) 三浦秀一、加藤新一郎、大島義行:乗換駅における移動抵抗に関する研究、土木学会第 51 回年次学術講演会概要集, pp.218-219, 1996.
- 4) 清水健志、大島義行、加藤新一郎:鉄道駅におけるエスカレーター利用実態の調査・分析、土木学会第 51 回年次学術講演会概要集, pp.214-215, 1995.
- 5) 飯田克弘、新田保次、森康男:照井一史:鉄道駅における乗換行動とアクセシビリティに関する研究、土木計画研究・講演集 No.19(2), pp.705-708, 1996.
- 6) スムーズに乗継げる公共交通報告書、運輸経済研究センター, 1979.
- 7) 鉄道相互の乗り継ぎ施設の適正化の研究報告書、日本鉄道技術協会, 1988
- 8) 交通結節点のあり方に関する研究報告書:日本鉄道建設公団・東京支社, 1997.
- 9) 奥田和彦ら:サービス企業における生産性・顧客満足・職務満足:OBMS概念による実証研究報告、社会経済生産性本部, pp.119-133, 1996.
- 10) 芝祐順:項目反応理論－基礎と応用－、東京大学出版会, 1991.
- 11) 柳井晴夫、繁樹算男、前川真一、市川雅教:因子分析－その理論と方法－、朝倉書店, pp.145-154, 1990.
- 12) Bock, R.D.: Estimating Item parameters and latent ability when response are scored in two or more categories, Psychometrika, Vol.37, No.1, 1972.
- 13) Baker, F.B.: Item response theory, Marcel Dekker, 1992.
- 14) Abrahamowicz, M. and Ramsay, J.O.: Multicategorical spline model for item response theory, Psychometrika, Vol.57, No.1, pp.5-27, 1992.
- 15) 植野真臣、久保琢郎、繁樹算男:学習者モデルとしての項目応答モデルの提案、行動計量学, Vol.20, No.2, pp.1-8, 1993.
- 16) 森川高行:ステイティッド・プリファレンス・データの交通需要予測モデルへの適用に関する整理と展望、土木学会論文集, No.413, pp.9-18, 1990.
- 17) 斎藤和夫、桝谷有三、川村彰:地方都市の港湾に対する意識調査と住民投票、土木計画学講演集, No.20(2), pp.147-154, 1986.
- 18) 田中稔弘、兼子和彦、野倉淳、北村真一:地域アメニティ計画策定における住民意識の把握について、土木計画学講演集, No.10, pp.25-30, 1987.
- 19) 山下三平、元永秀、平野宗男:水辺体験と社会的属性に基づいた住民の河川環境に対する意識構造の分析、土木計画学論文集, No.7, pp.195-202, 1989.
- 20) 加藤哲夫、川上洋司、本多義明:地域イメージに関する認知構造の研究、都市計画論文集, No.31, pp.337-342, 1996.
- 21) 西井和夫、土井勉、木内徹、三浦啓江:LOGMAP モデルの鉄道沿線イメージ構造分析への適用－京王線路線間比較－、都市計画論文集, No.30, pp.247-452, 1995.
- 22) 湯沢昭、須田熙:港湾計画に対する住民意識構造に関する調査研究、土木計画学講演集, No.4, pp.1-6, 1982.
- 23) 高野伸栄、佐藤馨一、五十嵐日出夫:住民意識の構造

- 化を考慮した地区計画策定手法に関する研究, 土木計画学講演集, No.13, pp.189-196, 1990.
- 24) 新田保次, 松村暢彦, 森: ロードプライシングの賛否を中心とした交通と環境の意識に関する住民の意識構造分析, 土木計画学論文集, No.12, pp.747-756, 1995.
- 25) 土井健司, 小林一樹: 項目反応理論に基づく地権者の知識・理解構造の把握と情報提供の影響に関する考察, 土木計画学・論文集 No.13, pp. 137-143, 1996.

(1998. 1. 22 受付)

## QUANTIFICATION OF USER'S PREFERENCE FOR THE IMPROVEMENT OF RAILWAY STATIONS CONSIDERING HUMAN LATENT TRAITS

Kenji DOI and Takashi AOKI

This study aims at developing a quantification method of user's preference related to railway station based on Item Response Theory. Based on a questionnaire survey conducted at a total number of 23 railways, dissatisfaction level and preference level for utility improvements are measured by considering human latent traits. In the analysis, user's preference was decomposed into the element depending on latent traits and independent one. Also, it was clarified that a)latent dissatisfaction level and preference level differ depending on user's attributes and structures of stations and b)these latent traits provide a significant influence on revealed preference for an improvement of information service and comfort facilities.