

報 告

Semantic Differential法によるステアリングホイールの握り心地構造解析

仁科 健*¹, 石井 成*², 永田 雅典*³

Structural Analysis of Steering Wheel Grip Comfort by Semantic Differential Method

Ken Nishina*¹, Naru Ishii*², Masanori Nagata*³

要 旨

感性品質は個人差によるばらつきが大きい。したがって、感性品質の評価構造を考えると、個人差解析によりいくつかの本質的な評価構造を抽出することは重要である。

本報では、ステアリングホイールの握り心地の向上への指針を見つけることを目的としSemantic Differential法による実験を行った。握り心地の評価に階層構造を仮定し、主成分分析を利用して個人差を解析し、グラフィカルモデリングを用いて異なる階層的评价構造を抽出した。結果として、二つの異なる構造を抽出した。抽出された異なる構造を比較することによって、ステアリングホイールの製品開発に対して指針を示すことができた。

Abstract

Kansei quality varies with individual. Therefore, when building structural model of Kansei quality, it is very important to identify some essential structures by analyzing individual differences.

In this paper, Semantic Differential method is conducted in order to improve steering wheel grip comfort. Assuming a hierarchy structural model of the steering wheel grip comfort, the individual differences are analyzed using principal component analysis and then some hierarchy structural models are built using graphical modeling. As a result, two remarkable different structures are built. Some guidelines for developing steering wheel production can be shown by comparing the different structures.

*1 名古屋工業大学おもひ領域教授 工学博士

*2 名古屋工業大学おもひ領域助手

*3 開発部

1. はじめに

感性を“刺激を印象に変換する人の能力”と定義する。感覚器官によって感受された刺激は人の感情によって、例えばソフト感や粗さ感などといった印象へと変換される。実験によってこれらを“非常にソフト”とか“少しソフト”という感性データとして得ることができる。感性をある種の能力と定義したとき、個人差を考えざるを得ない。個人差は感性データの解析に少なからず混乱を生じさせることにもなりかねない。

製品品質には、機能、性能、使用性、信頼性やデザインなど多くの要素がある。感性品質とは感性によって評価される品質要素として定義することができる。例えば、本論文の主題であるステアリングホイール（以下SWと記す）の握り心地は乗用車の重要な品質要素の一つである。

感性品質の向上を試みたいときには、その評価構造を解析する必要がある。例えば、握り心地にソフト感が効いていることが分かったならば、その解析結果は製品開発の指針として有用となるであろう。そのとき解析の目的は物理的な設計要素に対する改善情報を得ることである。物理量を受感して触り心地を感じるまでの過程に階層構造を仮定する。階層構造は一種の因果モデルである。それをグラフィカルモデル（例えば、宮川[1]、テクノメトリックス研究会[2]）によって記述する。

本研究では感性データを得るためにSemantic Differential法（以下SD法と記す）を用いた。前述したように、評価構造を解析するとき個人差を考慮する必要がある。実際、SD法によるデータは大きな個人差変動をもっている。ここでは主成分分析によって個人差分析を試みる。

個人差は識別能力と主観的な評価の違いから生じる。個人差分析において前者の場合、被験者のなかで外れパターンを示すものを抽出することがポイントとなり、後者の場合は被験者を層別することがポイントとなる。

本論文の目的は、SWの握り心地を向上させるために、その評価構造を把握することである。SD法実験を計画し、個人差を考慮した上で感性評価の階層構造をモデル化する。そしてSWの製品開発への指針を得る。

2. 階層構造モデルと個人差

次の3層をもつ階層構造を仮定する。第1層は

外部刺激を変換した感覚レベルである。第2層はいくつかの感覚から構成されるイメージレベルであり、第3層はイメージから構成される総合評価レベルである（図-1参照）。一般的に、より高いレベルほどより主観的であり、個人差による感性データのばらつきはより大きくなる。

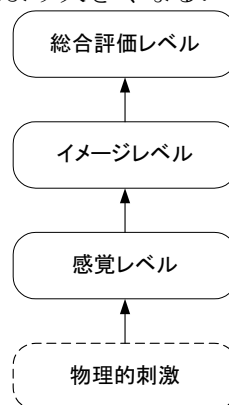


図-1 感性評価の階層構造

以後、SD法実験において感覚レベル、イメージレベルおよび総合評価レベルで選択された感性用語をそれぞれ感覚用語、イメージ用語、総合評価用語とよぶこととする。

SD法において個人差を統計的に計量するものはいくつか考えられる。例えば、ある感性用語での評価スコアの標準偏差、評価スコアのパターン、あるいは階層間の変換過程の計量に相当する感性用語間の共分散あるいは相関係数などである。

まず、各感覚用語の評価スコアのパターンを被験者ごとにチェックしてみるべきである。前述したように、感覚用語の評価スコアは比較的客観的である。もし、幾人かの被験者がある感覚用語に対して異質な評価スコアパターンを示したならば、彼らは物理的刺激に対してセンサー能力に欠けるとみなし、以後の解析から削除すべきである。

x_{ijk} を被験者 k が感性用語 j に対する試料 i への評価スコアとする。 x_{ijk} を被験者と試料に対して二重中心化したものを y_{ijk} とする。 y_{ijk} は次のような変換となる。

$$y_{ijk} = x_{ijk} - x_{\bullet jk} - x_{ij\bullet} + x_{\bullet j\bullet} \quad (i=1,2,\dots,I; j=1,2,\dots,J; k=1,2,\dots,K) \quad (2.1)$$

$$x_{\bullet jk} = \frac{\sum_{i=1}^I x_{ijk}}{I}, \quad x_{ij\bullet} = \frac{\sum_{k=1}^K x_{ijk}}{K},$$

$$x_{\cdot j} = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K x_{ijk}}{IK}$$

変換された評価スコア y_{ijk} は感性用語 j における試料 i と被験者 k の交互作用要素，すなわち，感性用語 j における被験者間の評価スコアパターンの違いを表現するものである． y_{ijk} に対して主成分分析を適用する．もし，外れ値となる被験者が抽出できたならば，その被験者を解析から除外する．結果として，被験者間の評価スコアのパターンは均一化される．

評価スコアのパターン解析に加えて感性用語 j と j' の共分散による個人差分析を行う（仁科他[3]参照）．被験者 k の感性用語 j と j' の共分散を以下のよう求める．

$$C_k(j, j') = \frac{\sum_{i=1}^I u_{ijk} u_{ij'k}}{I} \quad (2.2)$$

ここで，

$$u_{ijk} = \frac{x_{ijk} - \bar{x}_{\cdot jk}}{s_j}, \quad s_{jk} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^I (x_{ijk} - \bar{x}_{\cdot jk})^2}{I}}$$

$$s_j = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^K s_{jk}^2}{K}}$$

である．

次に，被験者ごとの層間の感性用語間の相関係数に注目すべきである．それは感覚レベルからイメージレベルへの変換過程，およびイメージレベルから総合評価レベルへの変換過程における個人差を表す．もし，被験者間で相関係数のばらつきが大きく，符号が異なる分布の広がりを示すのであれば被験者の層別が必要である．もちろん，それには層別の説明がつくものでなければならない．

個人差分析を行った後，感性評価の階層構造をモデル化する．個人差を意識しないモデル構築を感性品質のばらつきの低減に結びつけることは難しい．

3. SD法実験

3-1 感性用語

SD法実験には事前情報から8対の感性用語を選択した．階層構造を仮定した上で，感覚レベル，イメージレベル，総合評価レベルのそれぞれで感

性用語を選択した．感覚レベルでは“軟らかい－硬い” “弾力感がある－弾力感がない” “さらっとした－しっとりした” “ざらざらした－なめらかな” “滑りやすい－滑りにくい” を，イメージレベルでは“手になじむ－手になじまない” “質感の高い－質感の低い” を，総合評価レベルでは握り心地の“良い－悪い” を選択した．図-2にSD法の調査シートを示す．SD法の評価スケールは7段階である．

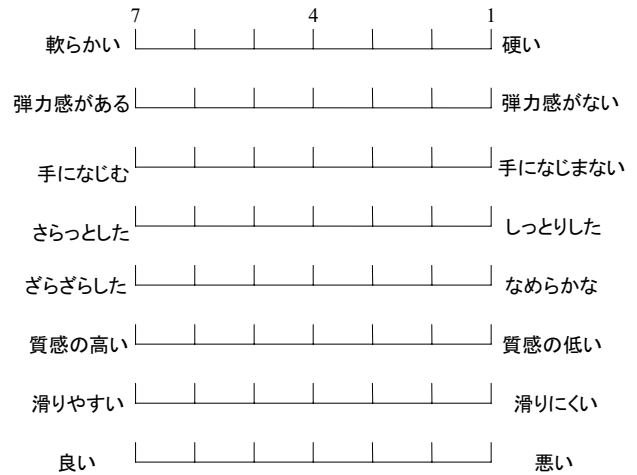


図-2 SD法の評価シート

3-2 試料

実験で用いた試料は，すべて表皮材は本革とし，試料#Aから#Jの10種類である．SWのグリップ部は異なった形状および異なった材質をもち，表皮材である革はその質感が異なる．試料#Dと#Jはベンチマークであり，試料#Bは今回注目すべき製品である．その他のSWは国内外で市販されているものである．

3-3 被験者および実験概要

実験の被験者は運転歴が豊富な男性21名である．実験は恒温（23±2℃）恒湿（50±5%RH）の室内で行った．

まず，実験前に被験者はSWの試料に触れ，全ての試料の印象をつかむ．それから模擬運転席にすわり，調査票にプロフィールを記入する．被験者は図-3にあるようにSWを回しながら図-2のSD法シートに試料の評価スコアを記入する．

視覚情報をできるだけ排除させるために被験者の顔付近の照度を約5lxとし，SWのパッド部は除去しておく．10種類の試料を無作為な順序で提示した．実験に要した時間は被験者一人あたり30分以下であった．



図-3 実験環境

4. データ解析

4-1 データ解析の進め方

図-1に示したように感覚レベル、イメージレベルおよび総合評価レベルから成る感性評価の階層構造を仮定する。

データ解析は感覚レベルの解析から順に上の階層を対象に行っていく。感覚レベルにおける個人差分析はSWの材質と本革の質感を感覚に変換するセンサー能力に注目すべきである。主成分分析を利用し、センサー能力に欠ける被験者を抽出する。

次に感覚レベルからイメージレベルへの変換過程を、それからイメージレベルから総合評価レベルへの変換過程を解析する。これらの解析には、下層の感性用語と上層の感性用語との相関係数に着目する。ここでの個人差は主観的な意味をもち、したがって解析の視点は被験者の分類にある。

最後に、グラフィカルモデリングを用い、分類された被験者群ごとに階層構造をモデル化する。

4-2 感覚レベルにおける解析

まず、感覚レベルの感性用語である“軟らかい-硬い”“弾力感がある-弾力感がない”“さらっとした-しっとりした”“ざらざらした-なめらかな”“滑りやすい-滑りにくい”の各々に対する評価スコアの 패턴の違いに視点をあて個人差分析を行う。

ここでは“弾力感がある-弾力感がない”に関する解析過程を示す。(2.1)式によって変換された行列データ(k, j)に対して主成分分析を行う。図-4に第1主成分の因子負荷量と第2主成分の因子負荷量の散布図を示す。第2主成分までの累積寄与率は45.8%である。図-4の散布図は被験者#4と#15が外れ値であることを示している。

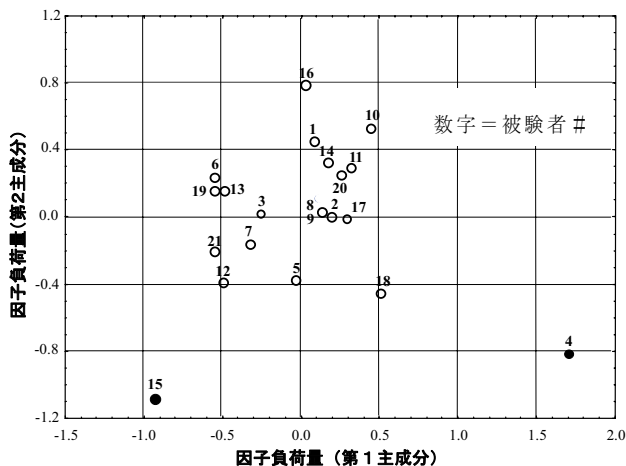


図-4 感覚用語の個人差分析

同様の解析を他の感覚用語に対しても行う。その結果、被験者#4, #10, #15, #20が外れ値として抽出された。加えて、被験者#3は“滑りやすい-滑りにくい”に対して試料#Hを除いて評価スコアが5であることからセンサー能力に欠けると判断した。以上5名の被験者を以後の解析から除外した。

評価スコアのパターンに加えて、感覚用語間の共分散((2.2)式参照)の分布から異常な被験者を抽出する。図-5は“軟らかい-硬い”と“滑りやすい-滑りにくい”の共分散の分布を示している。明らかに一人の被験者が外れ値を示している。したがって、この被験者#17も以後の解析から除外する。

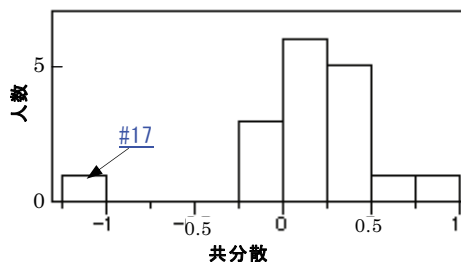


図-5 “軟らかい-硬い”と“滑りやすい-滑りにくい”の共分散の分布

図-6に5つの感覚用語に対する上記6名の被験者を除く各試料の評価スコアの平均値(感覚レベルの感性から品質)を示す。ただし、被験者間のバイアスを削除した z_{ijk}

$$z_{ijk} = x_{ijk} - x_{\cdot jk}$$

の平均値である。図-6の結果はSWのグリップ部の材質および革の質感から判断した各試料の事前情報と一致している。

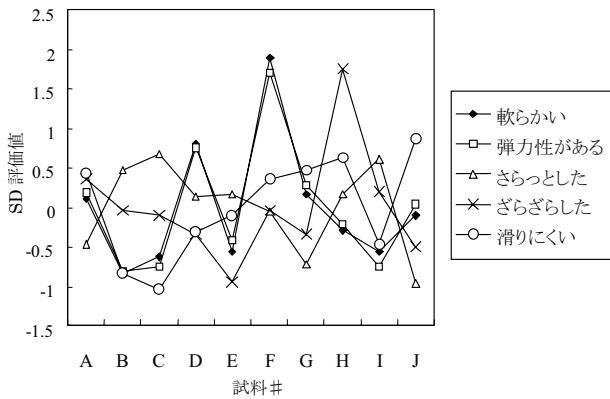


図-6 感覚レベルの感性品質 (被験者の平均値)

4-3 下層から上層への変換過程での解析

まず、各被験者の感覚用語とイメージ用語間の相関係数を算出する。相関係数の分布を解析することによって変換過程の個人差分析が可能となる。

図-7に(手になじむ-手になじまない)と(軟らかい-硬い)の相関係数に対する(手になじむ-手になじまない)と(弾力感がある-弾力感がない)の相関係数の散布図を示す。

図-7から15名の被験者は2つのグループに分類できることが分かる。どちらの相関係数も11名は正であり、他の4名の相関係数は負である。この結果は軟らかくて弾力感のある試料を手になじむと感じる被験者と手になじまないと感じる被験者に分類できることを意味する。以後前者をグループ1、後者をグループ2とする。グループ2に属する被験者数は少ない。しかし、図-7は意味のある分類の視点であると言えよう。

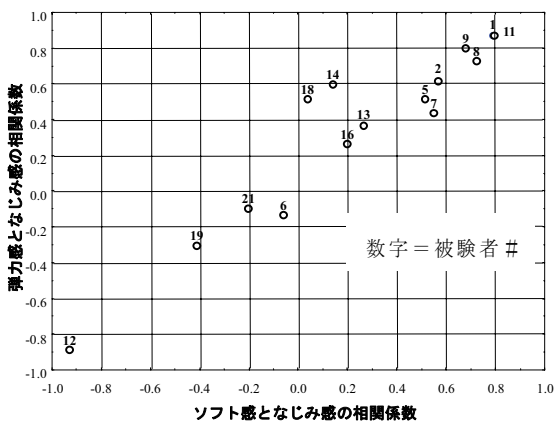


図-7 (手になじむ-手になじまない)と(軟らかい-硬い)の相関係数に対する(手になじむ-手になじまない)と(弾力感がある-弾力感がない)の相関係数散布図

次に、イメージレベルから総合評価レベルへの変換過程における個人差分析を行う。感覚レベルからイメージレベルへの変換過程と同様な解析の結果、分類の必要がないことが示された。結果として、15名の被験者は上記の2つのグループに分類された。

図-8は上記2つのグループにおける総合評価用語“良い-悪い”に対する各試料の評価スコアの平均値を示す。感覚用語に対する評価スコアの平均値を示した図-6と図-8を参照することによって、グループ1とグループ2との違いを説明することができる。グループ間で(軟らかくて弾力感がある)試料#Dと#Fの評価の違いが著しいことが特徴的である。

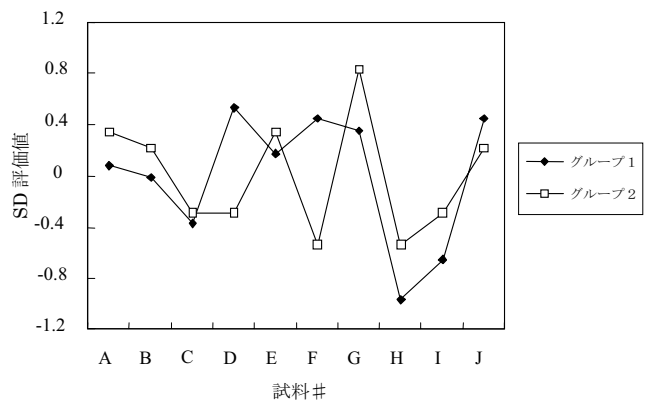


図-8 総合評価用語“良い-悪い”に対する各試料の平均評価スコア

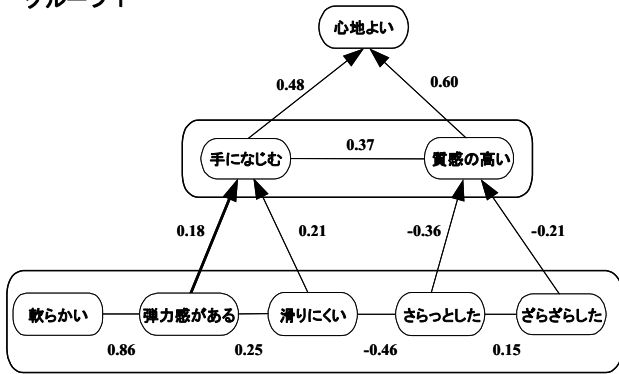
4-4 評価構造のモデル化

これまでの議論から、グループ1とグループ2がもつ2つの異なった握り心地の評価構造があることを結論づけた。次のこの2つの評価構造を階層構造としてモデル化する。本研究ではグラフィカルモデリングを用いて階層構造をモデル化する。この解析で、試料#Hは図-6に示したようにざらざら感が著しく、グラフィカルモデリングの線形加法性から大きく逸脱する。したがってモデル化の解析から省く。

図-9に2つのグループのグラフィカルモデルを示す。図の数字は偏相関係数である。やわらかさ感、弾力感からなじみ感への変換過程の違いが読みとれる。なお、グラフィカルモデリングにおいて偏相関係数を用いるのは、多変数での2変数間の純粋な関係の強さを表すため、相関係数では「擬似相関」と呼ばれる見かけ上相関関係を検出することができない。

図-9に示した感覚レベルの評価構造が2つのグループで違いがみられる。この違いはグループ2に属する被験者数が4名と少ないために生じた可能性もある。

グループ1



数字=偏相関係数

グループ2

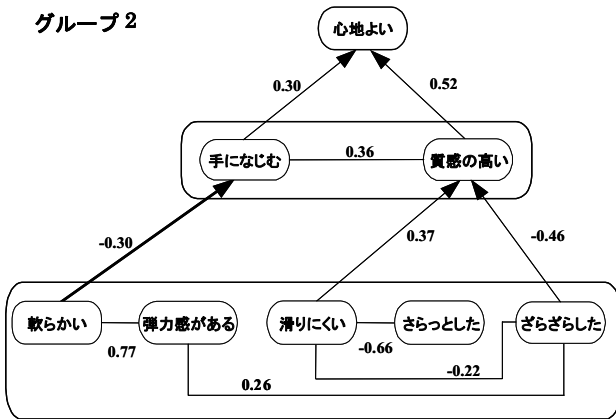


図-9 グラフィカルモデリングによる感性評価の階層構造

4-5 製品開発への指針

2つのグループ間における評価構造および評価スコアの違いから、SWの製品開発への指針を与えることができる。

まず、2グループに共通して、ざらざら感の著しい試料#Hが極めて握り心地が悪いことから、ざらざら感 は明らかに握り心地に悪い影響を与えると 言ってよい。さらに言うならば、試料#Hは線形加 法モデルに適合しない、すなわち、著しいざらざ ら感 は握り心地に対して致命的な感覚であると言 うことができる。

軟らかさ感と弾力感が握り心地に与える影響に は個人差がある。図-8から試料#Dと#Fの評価を 2つのグループで比較することによって、また、図 -9に示した評価構造の違いをみることによって 個人差の構造が明示される。

一方、さらさら感の低さ=しっとり感、滑りに

くさ、およびざらざら感の低さ=なめらかさ感 は2 グループで共通に握り心地によい影響を与える。 しっとり感、滑りにくさ、なめらかさ感の評価が 高い試料#Gおよび#Jは握り心地において共通に高 い評価を得ている。

注目する試料#Bは握り心地の評価に個人差があ る。試料#Bは試料#Dや#Jに比べてしっとり感、 滑りにくさ、軟らかさ感および弾力感に欠けるの で、グループ1では握り心地において共通に高い評 価を得ていない。しかし、グループ2での試料#B の握り心地の評価は低いわけではない。

したがって、試料#Bの握り心地を向上させるに は、軟らかさ感や弾力感を追求するのではなく、 しっとり感、滑りにくさ、なめらかさ感を高める 方向がよいことを製品設計への指針とすることが 提案できる。

5. 結論

感性品質には場合によって大きな個人差が存在 する。感性評価構造をモデル化するとき、個人差 の解析によって本質的な構造がみえてくること が 多い。本論文では2つの異なった評価構造モデルを 抽出できた。個人差の視点から対抗指標である製 品との比較を行うことは製品開発における有用な 指針を与えることができると考える。

参考文献

[1] 宮川雅巳 (1997) : グラフィカルモデリング, 朝倉書店
 [2] テクノメトリックス研究会 (1999) : グラフ ィカルモデリングの実際, 日科技連.
 [3] 仁科健, 山本太司, 永田雅典 (2002) : “評 価構造の個人差を考慮したSemantic Differential法データの解析”, 品質, Vol. 34, No. 4, 111-122.