

感性設計プロセスにおけるユーザニーズと設計変数の関連強度指標の提案

Proposal for an Index of the Degree of Relevance of User Needs and Design Variables

in Kansei Design Process

○中村 陽 (明治大学大学院) *1 井上 全人 (明治大学) *2

*1 Yo NAKAMURA, Graduate School of Science and Technology, Meiji University, 1-1-1 Higashi-Mita, Tama-ku, Kawasaki, Kanagawa, 214-8571, ce232076@meiji.ac.jp

*2 Masato INOUE, Department of Mechanical Engineering Informatics, Meiji University, 1-1-1 Higashi-Mita, Tama-ku, Kawasaki, Kanagawa, 214-8571, m_inoue@meiji.ac.jp

キーワード: 感性設計, 評価グリッド法, 評価構造, マルコフ連鎖

1. 緒言

近年、製品に対するユーザニーズの多様化が進み、感性価値の重要性が高まっている。そのため、ユーザが持つ感性によるニーズを実現するための感性設計手法⁽¹⁾が必要不可欠である。従来の設計手法では品質機能展開(QFD: Quality Function Deployment)をはじめ、ニーズと設計変数との関連強度を設計者の経験や勘に基づいて推定する傾向がある。そのため、ユーザのニーズに関連する設計変数の適切な抽出が難しく、実際にユーザが求める製品と設計者が想定する製品仕様の差異が生じる可能性がある。これより、製品設計手法においてユーザの複雑なニーズに関する設計変数の関係を定量的に明らかにする手法が求められている。

そこで、本研究では評価グリッド法を用いて製品に対するユーザ各個人の評価構造を抽出する。これにより、被験者にとって製品に対する価値判断基準となるニーズおよび設計変数からなる評価項目とそのつながりを可視化する。さらに、確率過程の一種であるマルコフ連鎖モデルを被験者の評価構造に応用することにより、ユーザの評価項目間の関連強度を評価する指標の提案を行う。

2. 提案指標

2.1. 評価グリッド法

製品に対するユーザのニーズと設計変数の関係の構造化及び可視化を目的として、評価グリッド法によるインタビューを行う。評価グリッド法とは、Kelly⁽²⁾によって提唱されたレパトリー・グリッド法を讃井⁽³⁾が発展させた個別インタビュー手法である。

具体的な手順としては、はじめに被験者に評価試料(エレメント)を一対比較してもらい、製品の選択理由(オリジナル評価)を抽出する。その後、オリジナル評価に起因する利益を上位概念として抽出し(ラダーアップ)、さらに、オリジナル評価に関連する物理的な状態を下位概念として抽出する(ラダーダウン)。ラダーアップとラダーダウンの二つの作業はラダーリングと総称され、ラダーリングにて抽出した上位概念および下位概念は新たな評価項目としてさらにラダーリングを行う。この一連の流れを繰り返すことにより、製品に関するすべての評価項目の関係図を図1に示すような評価構造図を得る。ここで、 S_i を*i*番目の評価項目、 L_{ij} を S_i から S_j へのラダーリング数とする。

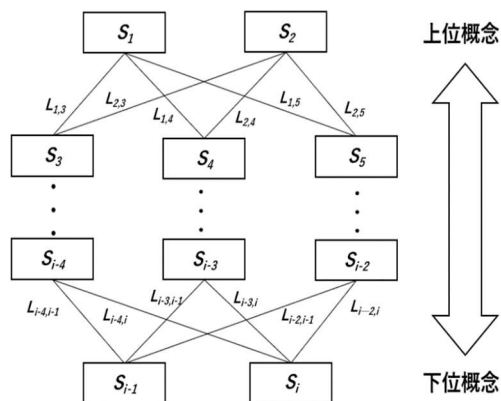


Fig.1 Evaluation Structure Diagram

本研究では、得られた評価構造図における最も上位の概念をニーズ、最も下位の概念を設計変数とする。その他の評価項目はまとめて中間層と呼ぶ。また、特定の評価項目間においてラダーリングが行われた回数をラダーリング数と呼ぶ。

2.2. 評価構造図の重み付き有向グラフ化

評価構造図を、状態遷移を表した有向グラフである評価遷移図へと変換する。評価遷移図の例を図2に示す。ラダーを上位概念から下位概念への向きを持つエッジ(辺)に変換し、各評価項目をノード(頂点)とする。そして、評価項目間のラダーリング数をエッジの重みとする。その後、設計変数のみ再帰するようなエッジを新たに加える。作成した評価遷移図は、グラフ理論に従って隣接行列として表現する。

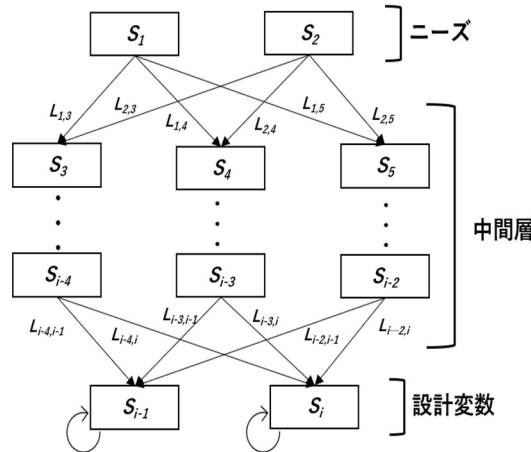


Fig.2 Evaluation Transition Diagram

2.3. マルコフ連鎖による関連強度の導出

状態遷移をあらゆる評価遷移図の遷移確率を特定の評価項目間の関連度の強さ(関連強度)として定義し、導出を行う。一般的な状態遷移では、将来の状態は過去の状態すべてに依存する。しかし、状態を評価項目に置き換えて考察をすると、評価グリッド法によるインタビューでは評価項目を段階的に抽出し、現在の評価項目に対してのみ質問を行う。そのため、将来の評価項目には現在の評価項目のみに依存し、過去の評価項目には依存しないと考える。つまり、評価項目間の遷移過程はマルコフ性を持つので、状態遷移をマルコフ連鎖⁽⁴⁾によってモデル化する。

はじめに、評価遷移図における任意の評価項目Aから子ノードの一つであるB_kへの遷移確率を、式(1)のようにAからB_kへのラダーリング数L_kを用いてラダーリング率p_Lとして定義する。

$$p_L(A, B_k) = \frac{L_k}{\sum_{i=1}^n L_i} \quad (1)$$

その後、式(2)に従って全ノード間同士のラダーリング率を要素とした遷移確率行列P_Lを求める。

$$P_L = \begin{matrix} & S_1 & S_2 & \cdots & S_i \\ \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ \vdots \\ S_i \end{matrix} & \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1i} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2i} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{i1} & p_{i2} & \cdots & p_{ii} \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (2)$$

マルコフ連鎖モデルでは、遷移確率行列P_Lをn乗することで、n回のラダーリング後の遷移確率行列P_Lⁿを表現することができる。ここで、評価遷移図における設計変数は再帰的なエッジを持つ。そのため、一定の遷移を繰り返すとマルコフ連鎖が吸収状態となり遷移確率行列P_Lは一定となる。そして階層数Nをnに用いることでマルコフ連鎖は吸収状態となり、ニーズから設計変数への到達確率を求めることができる。すなわち、式(3)のようなニーズから設計変数への遷移確率(関連強度)を内包した関連強度行列Rを算出する。この行列Rの要素を参照することで、各ニーズS_xと各設計変数S_yの関連強度r_{xy}を得ることができる。

$$P_L^N = R = \begin{matrix} & S_1 & S_2 & \cdots & S_i \\ \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ \vdots \\ S_i \end{matrix} & \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1i} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2i} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{i1} & r_{i2} & \cdots & r_{ii} \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (3)$$

3. 適用事例

3.1. ユーザの評価構造の抽出

ボールペンを設計対象とした事例に提案指標を適用する。図3に示す4種類のボールペン試料を用意し、評価グリッド法インタビューを2人の被験者A・Bに対して行った。また、評価グリッド法インタビューには当研究室が開発を行った評価グリッド法システムを用いた。ここでは被験者Aの評価構造図を図4に示す。



Fig.3 Samples of Ballpoint Pen

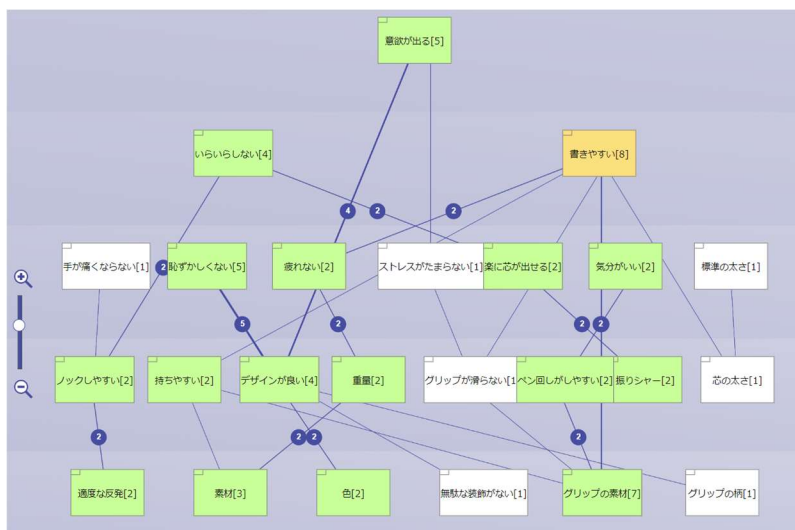


Fig.4 Evaluation Structure Diagram of Subject A

3.2. 評価構造図の有向グラフ化

評価グリッド法システムから、評価構造図を上位概念から下位概念への向きを持つ隣接行列に変換したデータを出力した。

3.3. マルコフ連鎖による関連強度の導出

R 言語プログラムを使用して関連強度を導出した。はじめに、隣接行列に基づいて遷移確率行列 P_L を求めた。その後、 P_L を全評価項目数だけ乗することによりマルコフ連鎖を吸収状態とし、関連強度行列 R を求めた。その後、結果を分かりやすくするために、関連強度行列 R から上位概念であるニーズと下位概念である設計変数の関連強度を表現する部分のみを抽出した。

3.4. 結果

被験者Aのニーズと設計変数の関連強度を表す部分のみを抽出した結果を表1に示す。これにより被験者Aが持つ「意欲が出る」をはじめとした全7個のニーズに対する「芯の太さ」を含む全8個の設計変数の関連強度が定量的に導出された。

Table 1 The Degree of Relevance of User Needs and Design Variables of Subject A

	振りシャー	芯の太さ	適度な反発	素材	色	無駄な装飾がない	グリップの素材	グリップの柄
意欲が出る	0	0	0	0	0.4	0.2	0.2	0.2
いらいらしない	0.5	0	0.5	0	0	0	0	0
書きやすい	0	0.125	0	0.3125	0	0	0.5625	0
手が痛くならない	0	0	1	0	0	0	0	0
恥ずかしくない	0	0	0	0	0.5	0.25	0	0.25
気分がいい	0	0	0	0	0	0	1	0
標準の太さ	0	1	0	0	0	0	0	0

同様に被験者 B のニーズと設計変数の関連強度を表す部分のみを抽出したものを表 2 に示す。被験者 B が持つ「すぐ書ける」をはじめとした全 11 種類のニーズに対する「重量」を含む全 12 種類の設計変数の関連強度が定量的に導出された。

Table 2 The Degree of Relevance of User Needs and Design Variables of Subject B

	重量	ロック機能あり	グリップの凹凸	グリップの直径	芯が太い	芯が細い	ロック機能なし	出し方	重心の位置	色	無駄な装飾がない	適度な反発
すぐ書ける	0	0.5	0	0	0	0	0.25	0	0	0	0.125	0.125
芯が折れにくい	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
書きやすい	0.75	0	0.125	0	0	0	0	0	0.125	0	0	0
持ちやすい	0	0	0.583	0.333	0	0	0	0	0.083	0	0	0
長時間持てる	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0
デザインが良い	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0	0.375	0.375	0
珍しい	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
疲れにくい	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5
滑りにくい	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
マークしやすい	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
普段使いしやすい	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

表 1 および表 2 に示した結果より、本指標は感性設計プロセスにおいて、特定のニーズに着目して設計をする際、各設計変数の関連強度を定量的に比較できるため、設計変数の選定に十分に有用であると考えられる。一方、評価項目そのものの重みを考慮していないため、実運用では適宜重みづけが必要となると考えられる。

また、被験者ごとに評価構造が異なることから、得られるニーズも設計変数も異なる。このことから、各個人での実験結果を直接用いて複数人向けの設計を行うことはできない。そのため、複数のユーザに関して統合したモデルを開発する必要があると考える。

4. 結 言

本稿では、感性設計プロセスにおいて評価グリッド法を利用し、ユーザの多様なニーズに対する設計変数の関連強度を評価する指標を提案した。またボールペンに適用を通じて、本手法の適用例を示した結果、各被験者が評価構造内に持つニーズと、設計変数との関連強度を明らかにすることができた。

今後の展望として品質機能展開への応用が考えられる。製品設計手法の 1 つである品質機能展開(QFD: Quality Function Deployment)では、要求品質と品質特性の関連強度の可視化を目的として品質表の作成を行う。設計者は品質表にそれぞれの要求品質と品質特性の関連強度について強い関連を◎、関連を○、弱い関連を△として記入する。その後、◎を 5 点、○を 3 点、△を 1 点のように点数化しそれを対応強度(関連強度)とする。しかし上記の評価方法では設計者が経験や勘に基づいて決定しているため、ユーザの製品に対する要求仕様と差異が生まれてしまうことが課題としてあげられる。これに対し、本提案指標ではユーザ視点での評価項目間の関連強度を定量的に明らかにすることが可能である。そこで、品質表における対応強度に本提案指標を応用することで、ユーザの評価構造を反映したより妥当性の高い品質表の作成につながると考える。

文 献

- (1) Inoue, M., Suzuki, W., Yamada, S., and Aoyama, K.: "A Universal Design Method that Considers Variability in User Requirements: a Case Study of Mechanical Pencil Design", Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol. 15, No. 2, 20-00368, 2021.
- (2) Kelly, G.A.: The Psychology of Personal Constructs, W. W. Norton., 1955.
- (3) 讚井純一郎：評価グリッド法の理論と実際，日本音響学会講演論文集，1043－1046，2020.
- (4) Norris, James R.: Markov chains, Cambridge university press, 1998.