1204 多様性を考慮した感性品質の定量化手法

(製品音の感性設計への適用)

Quantification Method of Product Emotional Quality Considering Its Diversity

Apply to Design of Product Sound Quality

○正 柳澤 秀吉 (東大) 正 村上 存 (東大) 野口 祥吾 (東大)

正 大富 浩一 (東芝) 穂坂 倫佳 (東芝)

Hideyoshi YANAGISAWA, Tamotsu MURAKAMI, Shogo NOGUCHI, The University of Tokyo

Koichi OHTOMI, Rika HOSAKA, Toshiba Corporation

This paper describes a new quantification method of a product's emotional quality, which we call kansei quality, with attention paid to its diversity to support the affective design. The customer's sensitivity towards such a quality differs from person to person due to perception gaps and ambiguity. The proposed method helps the designer to grasp such diverse sensitivities of customers. In contrast to the conventional approach that aims to generalize human sensitivity using average results of sensory tests, the proposed method divides an emotional quality based on differences among the customers' sensitivity. We apply the proposed method for designing a machine sound in which the designer deals with the sound quality as a kansei quality. We carry out an impression evaluation experiment on human subjects using existing product sounds. To demonstrate the effectiveness of the method, we compare the proposed method with the conventional approach using experimental results. The comparison results show the advantages of the method, such as the avoidance of meaningless average data caused by canceling out multiple different sensitivities. Based on the proposed method, we developed a prototype system that enables the designer to evaluate the kansei qualities of a created sound without conducting a sensory test.

Key Words : Diverse Emotional Quality, Sensitivity Clustering, Design for Machine Sound, Sound Quality.

1. はじめに

成熟化が進む製品の設計においては、意匠の審美性や使用の快適性など、人間の感性や感覚に評価を依存する感性品質の重要性が高まっている⁽¹⁾。感性品質は、製品の属性や機能がユーザに与える心理的な効果によって評価される。したがって、感性品質を設計するためには、製品の物理的な属性や機能が、ユーザにどのように認知され、どのような感覚や感情を喚起させるかを把握する必要がある。言い換えれば、物理的に制御しうる設計属性と、直接操作することが出来ない感性との関係性を、客観的に捉える必要がある。

これまでに、感性工学などの分野で、設計属性と感性との関係を定式化する試みが多くなされてきた。怒りや歓喜などの単純かつ喚起のレベルが高い情動については、脳波や生体情報等によってある程度計測が可能となってきたが、製品の高級感などの高次で複雑な感性は、これらの方法では計測不可能である。そこで、多くの官能評価法が開発され、利用されている。官能評価で得られた刺激（製品サンプルなど）に対する反応を得点化し、統計手法等によって設計属性との関係を定式化する。この際、多くの場合において官能評価の結果を被験者に対して平均化し、感性の一般的な定量化を行うことが多い。

しかしながら、感性は個人によって異なる⁽¹⁾。そして、感性の個人による異なり方は、二種類ある。すなわち、個人差 (Variation) と多様性 (Diversification) である⁽²⁾。個人差は、これまでの感性工学的研究においても統計における分散などを用いて議論されてきた。個人差とは、同一尺度で複数の対象を計測した場合の差異、ブレの度合いのことである。一方、

感性は多様性を有する。多様性とは、尺度自体が異なることを意味する。例えば、長さや重さは異なる尺度であり、異なる尺度で測った値の間では、分散等の統計処理は適用できない。同様に、たとえば、「美しい」という形容詞で表される感性の尺度は、個人によって異なる。言葉はある程度の共通性を有するが、感性を形容する言葉は、多義的であり、個人によってその評価尺度が異なるのである。

この問題は本質的であるにもかかわらず、感性の多様性を考慮した感性工学的アプローチは見あたらない。そこで、本稿では、感性の多様性を定量的に分析する手法を提案する。提案する手法を、製品の音質の設計へ適用する。適用実験の結果から、従来の平均化によるアプローチとの比較を行い、従来手法の問題点と本手法の有効性について議論する。そして、感性の多様性を定量化することによる感性品質の設計における意義と応用可能性について議論する。

2. 多様性を考慮した感性品質の定量化手法

提案手法の目的は、感性品質に対する顧客の多様な感性を定量的に構造化し、設計者が感性品質を目的とした設計を行う際の設計目標を明確にする支援を実現することにある。これにより、設計者は、自身の感覚や感性に依存しない感性品質の設計が可能となる。また、設計者自身とは異なる顧客の感性を認識させ、要求の把握と新たな観点の獲得を促進する。

図1に、手法の流れを示す。まず、顧客の代表者を被験者として、感性評価実験を行う。評価対象は、既存製品、あるいは製品プロトタイプとし、評価したい感性品質に対して隔たらない様に選択する。評価方法は、Semantic Differential 法

(SD 法)^③を用いる。SD 法では、複数の反意語の形容詞対を用意し、対象の印象を、その間の5から7で評点させる。以後、この尺度をSDスケールと呼ぶ。

次に、それぞれのSDスケールについて、被験者間での尺度の類似性を相関係数に基づいて定量化する。そして、相関に基づく尺度間の距離を用いて、クラスタ分析によって、類似する尺度に分ける。これにより、各SDスケールにおける、被験者間での多様性を定量的に把握する。分割された各SDスケール(以後、分割SDスケール)に、どの程度の割合の被験者が含まれるかは、その分割されたスケールの一般性を意味する。そこで、本研究では、この割合をCommonalityとして尺度の一般性の指標とする。そして、分割SDスケールごとの重心値を代表値とする。

評価対象から、設計パラメータを抽出し、抽出したパラメータと、分割SDスケール間を、重回帰分析によって定式化する。このとき、統計的に有意な重回帰式が得られた分割SDスケールを、物理的に説明可能な感性尺度PEK(Physically Explicable Kansei scale)と呼ぶ。

Commonalityの低いPEKは、少数の被験者の感性を反映した主観性の強い感性の尺度であると考えられる。そこで、一般度の低いPEKを、commonalityの高いPEKとの相関から説明する。これにより、commonalityの低いPEKの解釈を支援する。

Fig 1. Flow of proposed method

3. 適用事例

3・1 製品の音質の設計 本研究では、提案する手法を、家電製品の音質の感性設計へ適用し、その有効性を議論する。可動部を含む多くの家電製品からは、音が発生する。これらの音は、意識的、無意識的にユーザの感情に影響を与える。たとえば、騒々しい音は、ユーザを不快にさせるかもしれない。このことから、これまでに、製品音の不快さを低減させるために、静穏化を目的として、技術、製品の開発が行われてきている。

一方、一定以上の製品音の低減は、ユーザの感情に対して飽和するとともに、製品が正常に作動しているか不安にさせる場合がある。また、音の低減には限界がある。そこで、本研究では、音を感性品質として捉え、ユーザに任意の感性を

喚起させる設計を目指し、本手法を適用する。言い換えれば、音をノイズ(騒音)としてではなく、シグナル(感性品質)として捉え直す。製品音を騒音として捉えた場合は、設計目標は明確であり、音圧を低減させる設計を行うことである。一方、製品音の感性品質、たとえば、「高級感のある音」などは、設計目標が不明瞭であり、どのような音の物理的特徴に対して高級感を感じるかを定量的に把握する必要がある。そこで、提案手法を用いて、設計目標を明確にすることを、本研究の目的とする。

3・2 音質の特徴量 (Sound Quality Metrics) 音質の評価や設計は、これまでも消費者製品を中心に行われてきている^④。音質を評価する音の定量指標として、Sound Quality Metrics(以下、SQMと略す)^⑤が、よく用いられている。SQMは、音に対する人知覚を定量的に表した量である。本研究では、SQMを、製品音の特徴量として用いる。以下に、本研究で用いるSQMを述べる。

① Loudness 人が知覚する音の大きさを表す定量指標である。人が知覚する音の大きさは、音圧だけでなく、周波数によっても変化する。たとえば、20Hzのトーン音は、1kHzにおける同じ音圧の音よりも静かに聞こえる。音圧と周波数が音の大きさにどの様に寄与しているかは、等ラウドネス曲線として実験値が求められており、Loudnessはこれを参照している。また、人が感知できるLoudnessの周波数分解能は、1/3オクターブである。この帯域幅をCritical band widthと呼び、Loudnessの計算において各周波数帯域のLoudness(specific loudness)の積分の分解能として用いられている。

② Sharpness 人が知覚する音の甲高さを表す定量指標である。Sharpnessは、specific loudnessに対して、高周波成分に重みをかけて積分した値である。

③ Roughness 人が知覚する音の荒さを表す定量指標である。人は、70Hz付近の比較的早い振幅変調を、音が荒いと知覚するため、振幅変調が70Hzにどれだけ近いかを荒さの指標としている。

④ Fluctuation strength 人が知覚する音の変動感を表す定量指標である。4Hzの振幅変調で、最も変動感を感じる。

3・3 感性評価実験 SQMは、音の知覚、認知レベルの定量指標を提供するが、より複雑な心理過程を経る感性品質については、一般的な指標が得られていない。そこで、本研究では、製品音に対する感性評価実験を行い、提案手法によって感性品質の定量指標化を試みる。また、従来の手法である、感性評価の結果を平均化するアプローチの結果と比較することで、その問題点と本手法の有効性について検証する。

本実験では、SD法を用いて、10種類の既存製品から収録された音を刺激として被験者に評価させる。評価に用いる形容詞対は、対象製品音の感性品質と関係する22対を選択した。形容詞の選定にあたっては、認知、知覚レベルに近い低次の感性(たとえば、「はっきりした一ぼやけた」など)と、製品の価値に直結する高次の感性(たとえば、「高級感のある一安っぽい」など)の両方を含めた。被験者は、23名である。

4. 結果と考察

4・1 SD スケールの多様性によるクラスタ分割 SD 法による実験の結果から、各 SD スケール（形容詞対）を、本手法を用いて個人の感性の相違によりクラスタ分割した。図2は、各 SD スケールにおける各分割 SD スケールの Commonality（一般性）を示している。すなわち、各 SD スケールにおいて、いくつかの観点が存在し、それぞれの観点を持つ被験者が何割存在していたかを表している。

図中の SD スケールの順序は分割数で並び替えてある。低次の感性である、'small-big', 'silent - noisy', 'high-low'などは、グラフの下部、すなわち多様な尺度が存在せず、多くの被験者が同じような評価尺度を有していることが分かる。一方、'expensive-cheap', 'entertaining-unentertaining', 'rich-poor'などの高次の感性については、被験者によって多様な尺度が存在していることが分かる。このように、本手法では、多様性を有する感性とそうでない感性を定量的に分けることが可能である。また、尺度の分割数と commonality によって、定量的に、低次から高次の感性を階層化可能であることがわかる。

一方、例外として高次の感性で多様性が予想された 'like-dislike' は、一つの尺度に収束された。このことは、対象によって同一の感性の多様性が異なることを意味している。したがって、恣意的な感性の多様性の想定は高次の感性における共通的な感性を見落とす可能性があり、本手法を用いて定量的に多様性を把握する必要がある。

Fig. 2 Proportion of subjects included in each cluster for all kansei scales

4・2 Sound Quality Metrics と分割 SD クラスタ間のマッピング 4・1 で分割したそれぞれの分割 SD スケールを目的変数として、3・2 で述べた SQM を説明変数とした重回帰分析を実施した。その際、比較のため、平均値による SD スケールを目的変数とした重回帰分析も実施した。

得られた重回帰式を F 検定したところ、26 個の重回帰式が有意であった。どの分割 SD スケールも有意でない SD スケールは、"opaque - limpid" と "typical - untypical" であった。一方、平均値による SD スケールは、16 個の重回帰式が確認された。有意でなかった SD スケールは、"opaque - limpid", "typical - untypical", "poor - rich", "cheap - expensive", "western - Japanese" および "effective - not effective" であった。このことから、本手法においては、従来の平均値を用いた SD スケールに比べて、より多くの感性を定量化可能であることが示された。

図3に、SD スケール "cheap - expensive" における、重回帰分析の結果例を示す。横軸は重回帰係数であり、各 SQM が、SD スケール "cheap - expensive" にどの位影響するかを意味する重み係数である。平均値による結果と、統計的に重回帰式が有意であった三つの PEK の結果を比較している。

全体的に、平均値による結果と一致する PEK の結果は存在しないことが分かる。最も共通性の高い commonality が 38.1% の PEK においても、Loudness の重みが正負逆転している。すなわち、どの被験者も、平均値による感性と一致しないことが分かる。さらに、PEK 間を比較すると、重み係数の正負パターンは多様である。これらのことから、本手法によって、感性の多様性を考慮した定量化が必要であることが分かる。

Fig. 3 Comparison of partial regression coefficients of average value and PEK (cheap - expensive)

4・3 感性の意味解釈 Commonality が低い PEK は、少数の被験者がとりえる感性による評価尺度であるため、その意味が多くの人にとって必ずしも理解できない。そこで、commonality の低い PEK を commonality の高い PEK との相関によって説明する。図4は、SD スケール "cheap - expensive" における二つの異なる PEK の意味の違いを、commonality の高い PEK から説明した結果を示している。commonality が 38.1% の PEK は、"unpleasant - pleasant" と "discomposed -

composed”との相関が高い。つまり、38.1%の被験者は、落ち着いた心地よさの観点から、音の高級感を捉えていることが分かる。実際、SQM との関係を見ると、loudness と sharpness に負の関係が存在する。

一方、commonality が 9.5%の PEK では、高級感のある音をダイナミックさと力強さの観点から捉えていることが分かる。このように、同じ「高級感」という感性においても、多様な尺度が存在する。したがって、それらを平均化すれば、相互に意味が相殺され、誰のモノでもない感性が定量化される危険性があることが分かる。また、もし、設計者と顧客の間で、このような感性の相違があれば、同一のコンセプトにおいて異なる意味で捉えていることになり、要求の理解の不適合が生じる。したがって、感性の多様性とその意味を定量的に把握することは、必要不可欠であるといえる。

Fig. 4 Semantic differences among multiple viewpoints of “cheap - expensive” scale explained by correlations with other words whose commonality is higher

5. 評価実験

5・1 実験目的と方法 本手法で定量化した感性の尺度である PEK が、新規に作成した製品音に対して有効であるかを検証するため、評価実験を行った。既存製品音を基準音として操作した合成音を二つ作成した。合成音は、基準音の、roughness と fluctuation strength を操作した合成音 1 と、sharpness を操作した合成音 2 である。基準音、合成音 1、および合成音 2 を対象に、4・2 で得られた PEK を評価基準として、一対比較評価実験を実施した。

5・2 評価実験の結果 一対比較評価実験で得られた得点に対して、AHP 法で用いられる重み計算法により、各音の PEK における得点を求めた。そして、この得点を実験値とし、4・2 で求めた重回帰式によって音の SQM から推定した PEK の

値を推定値として、その間の相関を求めた。その結果、合成音 1 については、相関係数 0.91($p=0.01$) (図 5)、合成音 2 については相関係数 0.78($p=0.016$)の有意な相関が確認された。これによって、本手法で構築した感性の評価尺度が新しく作成した音に対しても適用可能であることが示された。

Fig. 5 Correlation between experimental value of pair-wise comparison and calculated value using estimation formula made by proposed method (created sound 1)

6. おわりに

本研究では、製品設計における感性の個人差と多様性との違いを指摘し、感性の多様性に着目した感性品質の定量化手法を提案した。本手法を、製品音の音質設計に適用し、本手法の有効性を検証した。適用の結果、多様性を有する感性と、共通性の高い感性の定量的な把握が可能であることを確認した。また、嗜好などの、多様であると予想される感性において、予想と反して共通性が高い尺度であることが観察された。

物理指標である SQM を用いて感性品質を定量化した結果、平均値を用いた従来手法に比べて、有意となる推定式をより多く得ることを確認した。同一の表現からなる感性においては個人によって多様な意味を有する尺度であることを、SQM と共通性の高い感性との関係から明らかにし、平均値による感性では、それらが相殺されるおそれがあることを指摘した。

本研究で定式化した感性の評価尺度を、新規合成音に対する音質評価に適用し、実験値と推定値間の高い相関を確認した。

文献

- (1) Yanagisawa, H. et al., Development of Industrial Design Support System Using Impression Words, *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series C*, Vol.67, No.657 (2001), pp.1682-1688.
- (2) Yanagisawa, H., Human Centered Design Handbook, (Fukuda, S. ed.), Maruzen (in Japanese).
- (3) Osgood, C.G. Suci G.J. and Tannenbaum, P., (1957), *The Measurement of Meaning*, University of Illinois Press.
- (4) Lyon, R.H., *Product Sound Quality from Perception to Design*, Sound and vibration, 37(33), pp. 18-23.
- (5) Zwicker, E., Fastl, H. (2006), *Psychoacoustics: Facts and Models third edition*, Springer.