

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 6 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330320

研究課題名(和文) ISO規格に基づく3D表面性状パラメータを物理指標とした粗さ感の評価

研究課題名(英文) Quantitative evaluation of roughness sensation using 3D surface texture parameters based on ISO standard

研究代表者

米原 牧子 (YONEHARA, Makiko)

近畿大学・次世代基盤技術研究所・研究員

研究者番号：90549552

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：質感を構成する要素のうち「粗さ」に着目し、ISO規格に基づく3D表面性状パラメータを粗さの物理指標として粗さの感覚尺度構成を行い、質感の設計指針を確立するための実験的検討を行った。12種類のシボパターンと各パターンにおけるシボ深さが段階的に3種類に変化した合計36種類のシボサンプルを対象とした。その結果、(1) 粗さの感覚量と相関が高い3D表面性状パラメータが明らかになった。(2) シボパターンの違い、すなわち凹凸形状が異なると粗さ感を判定する凹凸形状の特徴も変化することが確認された。(3) 粗さ感を判定する感覚器官ごとに有意に働く器官があることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：I investigated the roughness that was one element which constituted feel of a material. A scaling of roughness sensation was performed for a physical index in the 3D surface texture parameter based on the ISO standard. I examined it for the purpose of establishing a design guidance of the feel of a material experimentally. 36 kinds of wrinkled textured surfaces was prepared. It is 12 kinds of patterns varying in the depth of each pattern to three phases. As a result of experiment, (1) it was cleared that the 3D surface texture parameter highest correlation with roughness sensation, (2) it was confirmed that the characteristic of the irregularity shape to judge a feeling of roughness to vary in an irregularity shape changed. (3) it was suggested that there was the sensory organ which significantly worked to judge a feeling of roughness.

研究分野：質感工学

キーワード：質感 粗さ感 表面性状パラメータ 凹凸形状 光沢 色 視覚 触覚

1. 研究開始当初の背景

工業製品をデザインする際、製品外観の高付加価値化のために重要とされる「質感」は、工業製品の外観を構成する形状、色彩と並ぶデザイン要素の一つであり、様々な仕上げ法を用いることにより多種多様な質感をデザインすることが出来る。そのため、色むらや艶むらを目立たなくする等の機能性だけでなく、商品イメージを特徴づける重要な要素とされる。

しかし、質感を設計する際、デザイナーと技術者(生産現場)間において使用される共通の設計指針はないため、デザイナーが意図した質感を具現化するための加工工程を明らかにすることは容易ではない。すなわち、口頭による感覚的な表現を用いることが多く、両者の意思疎通が難しいのが現状である。従って、質感の設計には、形状や色彩のように数値で指示するだけでなく、人の感覚量との関係を明らかにした指標が必要と考える。

2. 研究の目的

本研究は、質感の設計指針の確立に向け、質感を構成する要素のうち「粗さ」に着目し、ISO規格に基づく3D表面性状パラメータを物理指標として、人の感覚を考慮した粗さの設計指針の提案を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

まず、加工面等の表面における凹凸形状の特徴について、可能な限りあいまい性を排除した定量評価をする必要がある。そこで平成26年度は、種々の凹凸面を対象として、凹凸形状を特徴づけるために有効な物理指標となり得る表面性状パラメータについて検討した。具体的には、シボパターン異なる黒のABS樹脂サンプル12種類を準備し、パターンごとに3段階に深さが異なる合計36枚のサンプルについて調査した。シボパターンの一覧を図1に示す。なお、表面色の明度は $L^*=25\pm 0.5\%$ 、彩度は $C^*_{ab}=1.1\pm 0.01$ とほぼ同じ値である。そして、準備したシボサンプルを対象として、ISO25178-2に準じた3D表面性状パラメータを用いて粗さの物理量の計測を行った。得られた表面性状パラメータは全部で35種類であり、各パラメータについて光沢度との関係から、凹凸形状を特徴づけるために有効な物理指標について検討した。

さらに、粗さの感覚量を定量化するために用いるサンプルを選定するため、シボパター

ンの見た目の特徴について被験者に記述式で回答してもらった。得られた用語はテキストマイニング法を用いて分類し、シボパターンのグルーピングを行った。

次に、平成27年度は、粗さの感覚量と3D表面性状パラメータとの相関関係について検討した。具体的には、前年度にパターンごとに分類したグループから代表的なシボパターンを2種類選定し、指でなぞり触覚のみによる粗さ感を5段階判定(1:全く粗くない, 2:やや粗い, 3:粗い, 4:かなり粗い, 5:非常に粗い)してもらった被験者実験を行った。判定結果より、カテゴリー判断法を用いて粗さ感の感覚尺度構成を行った。

最後に、平成28年度では、粗さ感について触覚だけでなく視覚を用いた場合についても調査し、感覚器官が異なる場合の粗さ感の感覚量の違いについて比較検討した。

4. 研究成果

まず、平成26年度に実施した種々の凹凸形状を特徴づけるために有効な物理指標について検討した。36種類のシボパターンの表面性状と光沢度を測定し、これらの関係からシボパターンの種類によらず、光沢度と高い相関を示す表面性状パラメータがあることがわかった。さらに、光沢度の値は1種類の表面性状パラメータによって一義的に決定するものではなく、2~3種類のパラメータの組み合わせが必要なことを示した。図2~図4に相関の高かった表面性状パラメータと光沢度の関係図を示す。

図2は算術平均高さ S_a と光沢度の関係を示す。 S_a は算術平均粗さ R_a を三次元へ拡張したものであり、凹凸の振幅の算術平均値を示す。図より、 S_a が小さくなるに従い光沢度は高くなる傾向が見られた。しかし、パターンが異なると S_a の値がほぼ同じであっても光沢度の値は同じとならない。これはパターンの違いによるものであり、凹凸の振幅以外の凹凸形状の要素が影響している。

図3及び図4は光沢度との相関が比較的高かった凹凸の周期を示す自己相関長さ S_{a1} と傾きを示す二乗平均平方根傾斜 S_{dq} についてそれぞれ示す。図3には代表的なシボの表面写真も示した。なお、両図中のデータは、図2において比較的ばらつきが大きかった $S_a \approx 7\sim 12\mu m$ (斜線部分)の範囲のものを示した。

図より凹凸の周期が長く、かつ凹凸の傾きが小さく緩やかであるほど光沢度は高くなっており、図3に示した写真よりもその関係

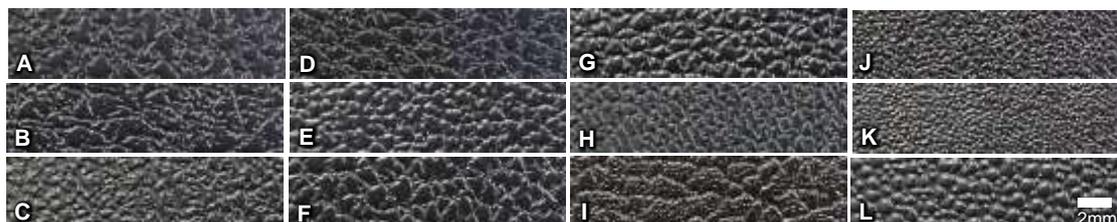


図1 シボサンプル一覧

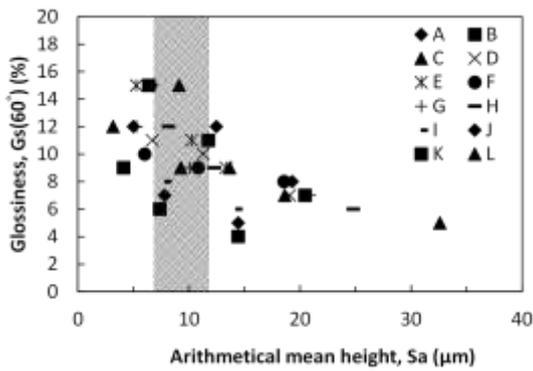


図2 算術平均高さ Sa と光沢度の関係

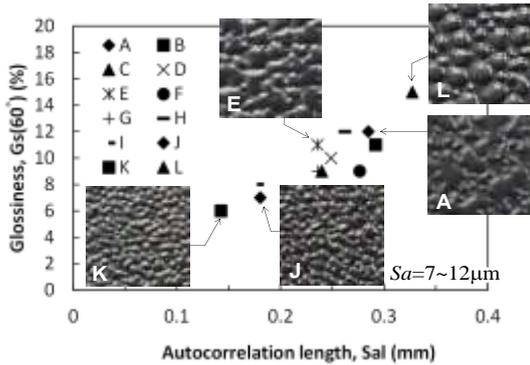


図3 自己相関長さ Sa1 と光沢度の関係

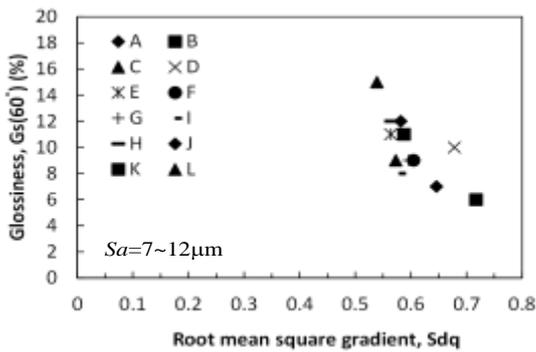


図4 二乗平均平方根傾斜 Sdq と光沢度の関係

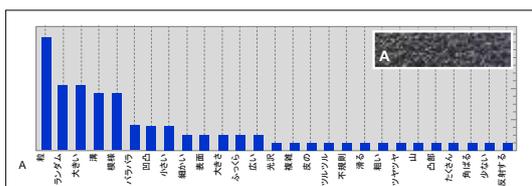


図5 テキストデータ解析結果の例

性は直感的に理解出来る。従って、光沢度を一指標として、表面性状パラメータを組み合わせることによりパターンの異なる凹凸面の定量化が可能と考える。

また、粗さの感覚量を定量化するために用いるサンプルを選定するため、シボパターン見た目の特徴についてテキストマイニングによる主観評価を行った。解析結果の一例

を図5に示す。シボ深さを限定すると、光沢度の値は見た目特徴づけられる粒の大きさの評価との相関が高いことが示唆された。以上の結果を踏まえ、代表的なシボパターンとして、図1に示しサンプルE及びKの2種類を選定した。

次に、平成27年度において、前年度に選定した代表的なシボパターン2種類について、シボの深さが3段階に異なる合計6種類をサンプルとして、サンプル表面を指でなぞった際の粗さの感覚量を被験者実験より調べた。粗さの感覚量はカテゴリー判断法を用いて定量化した。得られた粗さの感覚量と三次元表面性状パラメータとの関係を $\text{Log } R = n \text{ Log } S + \text{Log } k$ (R : 感覚量, S : 物理量, n, k : 定数) を用いて直線回帰し、決定係数の高い三次元表面性状パラメータを調べた。

表1 表面性状パラメータと回帰直線の係数 ($R^2 \geq 0.9$)

| | パターンE | | パターンK | |
|----|------------|-------|------------|-------|
| | パラメータ | R^2 | パラメータ | R^2 |
| 1 | <i>Vmp</i> | 0.999 | <i>Sq</i> | 0.959 |
| 2 | <i>Sal</i> | 0.987 | <i>S5v</i> | 0.995 |
| 3 | <i>Smr</i> | 0.979 | <i>Sp</i> | 0.991 |
| 4 | <i>Vmc</i> | 0.932 | <i>Sku</i> | 0.991 |
| 5 | <i>Sdr</i> | 0.928 | <i>Vm</i> | 0.989 |
| 6 | <i>Sdq</i> | 0.926 | <i>Vmp</i> | 0.989 |
| 7 | <i>Sk</i> | 0.918 | <i>Sha</i> | 0.985 |
| 8 | <i>Sa</i> | 0.903 | <i>Spc</i> | 0.980 |
| 9 | <i>Vvc</i> | 0.899 | <i>Shv</i> | 0.977 |
| 10 | <i>Sr2</i> | 0.899 | <i>Sz</i> | 0.969 |

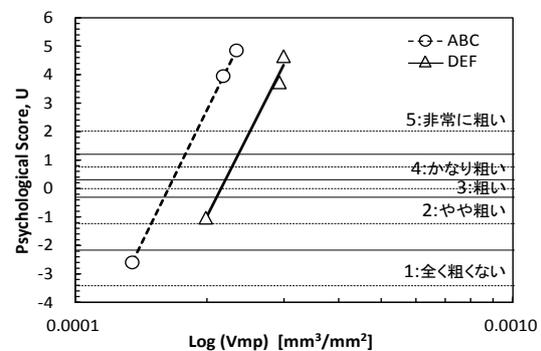


図6 突出山部の体積 Vmp と粗さ感の関係

表1に決定係数が0.9以上となった表面性状パラメータと回帰直線の係数を示す。パターンEの結果を見ると、決定係数が最も高かったのは突出山部の体積 Vmp であった。そこで、粗さの物理指標を Vmp として感覚尺度構成を行った。図6に Vmp と粗さ感の関係を示す。図より、パターンの違いによって粗さの感覚量が変わることが確認され、前年度に実施した物理量によるパターンの特徴づけは、人の評価である粗さ感との相関を明らかにするために重要な一指標となることが示唆された。

最終年度では、粗さ感について触覚だけでなく視覚を用いた場合についても同様の被験者実験を実施し、感覚器官が異なる場合の

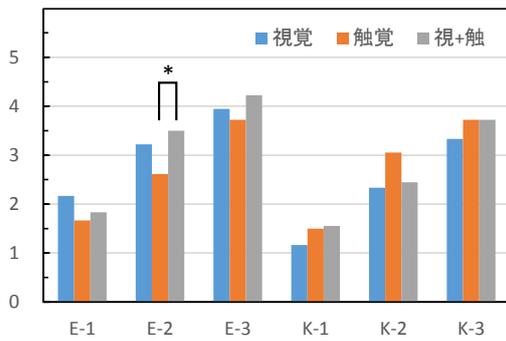


図7 各感覚器官における粗さ感の判定結果

粗さ感の評価指標について比較検討した。具体的には、粗さ感の5段階判定を触覚のみで行う場合、視覚のみで行う場合、視覚と触覚を用いて行う場合の3条件について被験者実験を実施した。図7に各々の感覚器官におけるカテゴリー判定結果の平均値を示す。図より、パターンEは触覚のみによる粗さ感の判定結果に比べ、視覚情報が入ることにより粗さの判定が粗い方向へ変化する傾向が見られた。一方、パターンKの場合は、触覚のみに比べて視覚情報が入ることによる粗さ感は粗くない方向へ変化する傾向が見られた。また、これらの結果について、Tukey法における多重比較検定を行った結果、サンプルE-2について触覚のみで判定した結果と視覚+触覚で判定した結果の間に5%水準の有意差が認められた。

得られた結果より、粗さ感を設計する際の有益な設計情報を得ることが出来た。すなわち、質感の用途に合わせた凹凸形状の設計法があることを示唆する重要な結果と考えられる。以下に得られた主な結果を示す。

- (1) 粗さの感覚量と相関が高い3D表面性状パラメータが明らかになった。
- (2) シボパターンの違い、すなわち凹凸形状が異なると粗さ感を判定する凹凸形状の特徴も変化することが確認された。
- (3) シボパターンの違い、すなわち凹凸形状が異なると、粗さ感を判定する際に有意に働く感覚器官があることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

- ① 米原牧子, 表面性状パラメータを用いた質感の定量化手法, 精密工学会誌, 査読無, 82(2016), 944-947.

〔学会発表〕(計11件)

- ① 米原牧子, 熊井真次, 磯野宏秋, 木原幸一郎, 杉林俊雄, 銅および銅合金の色とテクスチャ評価, 日本銅学会第55回講演大会特別講演, 2015年11月2日, 大阪大学(大阪府, 吹田市)
- ② 米原牧子, 吉田瞬, 磯野宏秋, 杉林俊雄, シボ面における3D表面性状パラメータを

用いた粗さ感の定量化, 日本人間工学会第56回大会, 2015年6月14日, 芝浦工業大学(東京都, 港区)

- ③ 古杉美幸, 米原牧子, 小柳津祐太, 吉田瞬, 秋山智美, 杉林俊雄, アクリル樹脂のショットブラスト加工面における表面性状が透過率と曇り度に及ぼす影響, 日本機械学会中国四国支部第53期講演会, 2015年3月7日, 近畿大学(広島県, 東広島市).

- ④ M. Yonehara, H. Yoshino, J. Tatsuno, S. Maeda, H. Kyogoku, Influences of Whole-Body Vibration on Roughness Sensation, inter.noise, 2014年11月17-19日, Melbourne Convention and Exhibition Centre (Melbourne, Australia).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

米原 牧子 (YONEHARA, Makiko)
近畿大学・次世代基盤技術研究所・研究員
研究者番号: 90549552

(2) 研究分担者

杉林 俊雄 (SUGIBAYASHI, Toshio)
拓殖大学・工学部・教授
研究者番号: 80171172

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

吉野 紘和 (YOSHINO, Hirokazu)
吉田 瞬 (YOSHIDA, Shun)