

テクスチャにおける視覚評価と光学特性の関係解析

松岡 慧*

Relationship Analysis Between Visual Evaluation and Optical Properties in Textures

Kei MATSUOKA

Abstract:

In recent years, the texture used for interior materials such as products and buildings are required to have high grade quality. However, the methodology does not exist for the texture design, and it depends on trial and error at present.

In this paper, the application method of the knowledge to the design was examined, while visual sense evaluation factor of the texture and optical characteristic concerning them were clarified. First, as a result of visual evaluation experimental analysis carried out for various textures, it was shown that depth sense greatly contributed to high grade quality of textures, and that high depth sense evaluation was remarkable in red colored textures. Next, as a result of optical characteristic experiment carried out for the above-mentioned red system texture, it was shown that spectral reflectance difference in the angle near the regular reflection light contributed to the depth sense. In addition, it was also proven that the difference in each maximum spectral reflectance of vertical angle and incident light direction for the sample was also concerned in the depth sense evaluation, and it was indicated that the dynamic change of the observation angle raised the depth sense. From these results, it was shown that the effective spectral reflectance was manipulated to improve the quality of the texture.

Keywords : Interior Material, Texture, Visual Evaluation Factor, Optical Property, Spectral Reflectance

要旨:

近年、製品や建築などの内装材に採用されるテクスチャには、高級感がますます求められている。しかしながら、テクスチャデザインには、その方法論が存在せず、試行錯誤に依存しているのが現状である。

本稿では、テクスチャの視覚評価因子とそれらに關与する光学特性を解明するとともに、その知見のデザインへの応用についても考察した。まず、多様なテクスチャを対象に実施した視覚評価実験解析の結果、テクスチャの高級感に奥行き感が大きく寄与するとともに、高い奥行き感評価が赤色系テクスチャにおいて顕著であることが示された。次に、上述の赤色系テクスチャを対象に実施した光学特性実験の結果、正反射光付近の角度における分光反射率差が奥行き感に寄与することが示された。さらに、試料に対する垂直角と入射光方向の各最大分光反射率における差異も奥行き感評価に關与することも判明したことから、観察角度の動的変化が奥行き感を高めることが示唆された。これらの結果から、テクスチャの高級感向上に向けた、有効な分光反射率の操作が示された。

キーワード : 内装材, テクスチャ, 視覚評価因子, 光学特性, 分光反射率

1. 緒言

近年、ユーザの価値観の多様化に伴い、内装材テクスチャには、様々な仕様が存在する。内装材にお

いても同様であり、その内装材には、柾目を生かした木材、ヘアラインを施した金属、さらには、柾目調や金属調の樹脂など、様々な仕様が用いられている[1]。そのため、内装材テクスチャをデザインする際には、特にその上流過程において、多様な仕様の内装材の中から開発の方向性を考える必要がある[2]。また、市場の成熟に伴い、高級感や嗜好をはじめとして、それらには高い質感が求められており、特に

*湘南工科大学 工学部 総合デザイン学科 講師

Table 1 Evaluation Samples

Sample#	Specifications
S1	Metal Pattern Film-Coated Plastic
S2	Wood Grain Pattern Film-Coated Plastic
S3	Metal Pattern Film-Coated Plastic
S4	Metal Pattern Film-Coated Plastic
S5	Wood Grain Pattern Film-Coated Plastic
S6	Wood Grain Pattern Film-Coated Plastic
S7	Metal with Hairline
S8	Wood Grain Pattern Film-Coated Plastic
S9	Wood Grain Pattern Film-Coated Plastic
S10	Piano Black Film-Coated Plastic
S11	Wood with a Wood Grain
S12	Wood Grain Pattern Film-Coated Plastic
S13	Metal Pattern Film-Coated Plastic
S14	Metal Pattern Film-Coated Plastic
S15	Metal Pattern Film-Coated Plastic
S16	Wood with a Wood Grain
S17	Metal with Hairline

Table 2 Visual Evaluation Items

Evaluation Items	Warm ↔ Cold
	Bright ↔ Dark
	Sharp ↔ Blunt
	Deep ↔ Shallow
	Dignified ↔ Undignified
	Unique ↔ Ordinary
	Elegant ↔ Rough
	Modern ↔ Retro
	Feminine ↔ Masculine
	Authentic ↔ Fake
	Handmade ↔ Machine-Made
Comprehensive Evaluation Items	High-grade ↔ Low-grade
	Preferable ↔ Inferior

視覚評価において、その要求は高まる一方である [3-8].

さらに、近年、インダストリー4.0に向けた開発・製造プロセスの改善に伴う効率的な工期短縮の需要がますます高まっている [9-13].

そこで本研究では、まず、テクスチャに関する人の視覚評価を行い、高級感に寄与する因子の解明を図る。次に、その因子に関連する光学特性を解明することで、今後のデザイン開発の応用について考察することを目的とする。

2. 視覚評価実験

ここでは、テクスチャに対する高級感に寄与する人の視覚評価因子を解明するため、官能評価実験を実施する。その評価試料、評価方法・条件、評価項目、被験者は以下のとおりである [14-18].

2.1 評価試料

近年、高級感のニーズが高まっているとともに、加飾フィルム樹脂をはじめとしたさまざまな材料の導入が推進されつつある自動車用内装材を、評価試料として採用した。具体的には、木材、金属、加飾フィルム樹脂といった多様な自動車用内装材テクスチャ17個を選定した (Table 1)。その際、昨今注目されている加飾フィルム樹脂 (空目調、金属調、ピアノブラック調) を含めることとした。

2.2 評価方法・条件

評価方法・条件は以下とした。

評価方法：5段階絶対評価によるSD法を用いた。

評価条件：光源には、演色性を考慮し、昼白色を採用した。

評価項目：最終的に Table 2 に示す以下の11項目を選出した。なお、それらのうち、自動車用内装材テクスチャにおいてよく扱われる「高級感」と「嗜好」を総合評価項目として採用した [2,19-22].

評価項目 (11項目)：「温かさ」、「明るさ」、「鋭さ」、「奥行き感」、「重厚さ」、「個性」、「上品さ」、「モダンさ」、「女性らしさ」、「本物感」、「手作り感」

総合評価項目 (2項目)：「高級感」、「嗜好」

被験者：20代から40代までの計34名 (男性24名、女性10名) で実施した。

2.3 実験結果

まず、各評価項目における標準偏差、歪度、尖度の基礎統計量を求め、採用した評価試料や評価項目の妥当性を確認した。

次に、視覚評価実験により得られた結果を示し、総合評価である「高級感」と「嗜好」に影響する評価項目を考察した。

総合評価である「高級感」と「嗜好」の評価が、最も高い評価を得た試料は、木材のS11であり、「温かさ」、「奥行き感」、「重厚さ」、「個性」、「上品さ」、「本物感」が高い評価を受けている。そのため、これらの評価項目が「高級感」と「嗜好」に対する高い評価に影響している可能性が考えられる。また、

Table 3 Results of Factor Analysis

Evaluation Items	Factors			Communality
	Warm	Deep	Authentic	
Sharp	-0.978	-0.523	-0.248	0.999
Warm	0.889	0.841	0.510	0.907
Modern	-0.742	-0.519	-0.118	0.619
Handmade	0.738	0.591	0.482	0.584
Bright	-0.654	-0.271	-0.343	0.500
Deep	0.667	0.997	0.609	0.999
Dignified	0.663	0.799	0.780	0.823
Unique	0.354	0.777	0.313	0.660
Feminine	0.309	0.490	0.297	0.242
Elegant	0.620	0.741	0.961	0.999
Authentic	0.162	0.316	0.886	0.851
Eigenvalue	5.87	1.72	1.36	
Contribution Ratio	53.4	15.6	12.3	
Cumulative Contribution Ratio	53.4	69.0	81.4	

次に高い評価を得た試料は、加飾フィルム樹脂のS14であった。これは、他の加飾フィルム樹脂の中では特段に高い評価を受けていて、注目に値する。この試料において、比較的に高い評価を得ている項目は、「温かさ」、「奥行き感」、「重厚さ」、「個性」、「上品さ」、「モダンさ」である。さらに、両者において高い評価を受けた項目の比較を行った結果、木材の試料においてのみ高い評価を受けた項目は、「本物感」と「豪華さ」であり、これらの評価項目が木材の特徴を示唆していると考えられる。一方、金属調樹脂（フィルム）の試料においてのみ高い評価を受けた項目は、「モダンさ」であり、この試料の特徴であることが伺える。

なお、これらの木材であるS11と金属調樹脂（フィルム）であるS14という異なる仕様の二つが上位を占めていることは注目に値する。本評価結果においては、単に木材のみが高い評価を得るのではなく、金属調樹脂（フィルム）という他の新たな仕様においても、高い評価を得ている。このことは、金属調樹脂（フィルム）の仕様が今後の内装材テクスチャ開発における一つの方向性であることを示唆していると考えられる。

3. 評価因子の解明

3.1 因子分析の結果と考察

全試料を対象にして、因子分析を実施した（Table 3）。その結果、第3因子までで、累積寄与率が81.4%

Table 4 Results of Multiple Regression Analysis

Evaluation Variable	Objective Variable: High-Grade		Objective Variable: Preferable	
	Partial Regression Coefficient	Standard Partial Regression Coefficient	Partial Regression Coefficient	Standard Partial Regression Coefficient
Deep	0.450	0.631	0.176	0.291
Authentic	0.427	0.599	0.550	0.910
Warm	-0.131	-0.183	-0.259	-0.429
Constants	3.223		3.118	
R/R ²	0.983/0.966		0.945/0.894	
Adjusted R ²	0.958		0.869	

となった。解明された3因子の評価因子名は、下記の通りとした。

- 第1因子：「温かさ」
- 第2因子：「奥行き感」
- 第3因子：「本物感」

抽出した3評価因子により、木材の試料と金属調樹脂（フィルム）の試料という異なる仕様の内装材テクスチャにおいて、それぞれの特徴を明示できることも示された。そのため、これらの3評価因子は様々な内装材テクスチャの開発を行ううえで、その基本因子として、今後、利用できるものと考えられる。

3.2 重回帰分析の結果と考察

ここでは、「高級感」と「嗜好」の評価データを目的変数、各因子の因子得点を説明変数とした重回帰分析を行った（Table 4）。

その結果、「高級感」に影響大の主因子としては、「奥行き感」と「本物感」であった。一方、「嗜好」に関して、最も影響する主因子は「本物感」であり、続いて「温かさ」、「奥行き感」であることが判明し、テクスチャに対する視覚評価の因子を解明することができた。

4. 光学特性実験

3章までの実験解析により、「高級感」に最も寄与する因子として、「奥行き感」が抽出された。また、木材および木目調加飾フィルム樹脂といった赤色系試料において、「奥行き感」評価が高いことが示された[14-18]。

以上より、ここでは、赤色系試料において、「奥行き感」に関与する光学特性を解明するため、以下のような光学特性実験を実施し、「奥行き感」に関与す

Table 5 Specification and Depth Evaluation of Wood Grain Samples

Sample	Specifications	Clear Layer Yes/No	Depth Rating (Average)
a	Decorative Film Resin	Yes	3.62
b	Decorative Film Resin	Yes	3.29
c	Decorative Film Resin	Yes	3.35
d	Decorative Film Resin	No	3.29
e	Wood	No	3.53
f	Decorative Film Resin	Yes	3.65
g	Wood	Yes	3.59
h	Decorative Film Resin	Yes	3.26

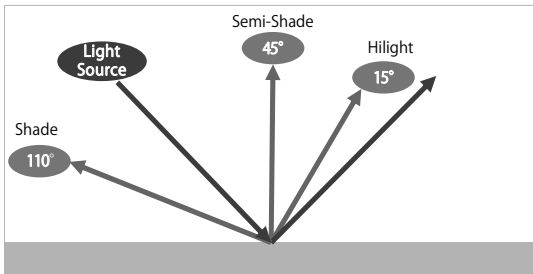


Figure 1 Measurement Angle in Spectral Reflectance Measurement

る光学特性の抽出を試みた[17,22-24].

4.1 実験方法・条件

本実験で使用する試料は、視覚評価実験にて使用した試料のうち、高級感評価および奥行き感評価が高い赤色系の試料である (Table 5)。これらに対し、光学特性を計測するために、コニカミノルタ製分光測色計 CM-M6 を用い、可視光線である 400-700nm の分光反射率を測定した。

服部らの研究[25]では、奥行き感が深み感に関与することが報告されている。さらに、中野らの研究[26]によると、クリア層を有する加飾フィルムにおいて、可視波長域における分光反射率の分布と深み感の関係が示唆されている。そのため、多角度による計測が必要となる可能性があり、本実験では Fig. 1 に示す三つの観察角度による計測を実施した。なお、ここでは、正反射光から 15 度をハイライト (H)、45 度をセミシェード (SS)、110 度をシェード (S) と呼称する。

4.2 実験結果

まず、観察角度を一定とすることを前提とし、静的な「奥行き感」について定量化を図った。Fig. 1

に示す三つの観察角度ごとに、測定した分光反射率の分布データから、様々な波長における反射率、その反射率の最大値や最小値、およびそれらの差や比を計測し、過去の心理特性の実験で取得した奥行き感のデータとの相関分析を実施した。

その結果、Fig. 2 に示すような、分光反射率におけるハイライトの最大値とハイライトの最小値の差分 (以下、【Hmax-Hmin】) が、奥行き感評価と最も高い相関 (相関係数 : 0.809) が得られた (Table 6)。このことから、ハイライトにおける分光反射率の最大値と最小値の差分が大きく「奥行き感」に関与していることが判明した。

これにより、今後の奥行き感の開発において、観察角度を一定にする場合は、正反射光に対して 15° 観察角度における分光反射率の変化量に注目することが、より効果的であると考える。

次に、既往研究である服部らの研究[25]において、測定角度により分光反射率に差があることが確認されている。これは、本研究においても同様であった。また、観察角度の変化が奥行き感評価に影響を与える可能性があることを示唆しているものと考えられる。

そこで、ここでは、先述で得られた【Hmax-Hmin】に加え、測定角度間における様々な波長における分光反射率の差や比 (合計 64 項目) を計測し、奥行き感評価との相関分析を行った。

その結果、分光反射率におけるセミシェードの最大値からシェードの最大値を引いた値 (以下、【SSmax-Smax】) が比較的高い相関 (相関係数 : 0.598) を示した。

そこで、「奥行き感」を目的変数とし、前述で示した静的奥行き感と高相関を示した【Hmax-Hmin】に、【SSmax-Smax】を説明変数に加えた重回帰分析を実施した。なお、【Hmax-Hmin】と【SSmax-Smax】の相関係数は 0.275 であり、多重共線性がないことを確認している。

重回帰分析の結果を、Table 6 に示す。これより、R 二乗の値が 0.807 と高い値を得ることができ、【Hmax-Hmin】と【SSmax-Smax】が奥行き感評価に関与することが確認できた。

また、【Hmax-Hmin】のみを説明変数とした際の R 二乗値に対して、【SSmax-Smax】を説明変数に加えることで、R 二乗値が 0.152 ほど大きくなっている。つまり静的な視点よりも動的な視点を追加したほうが「奥行き感」に対し約 15% 大きな影響を与えていることを示唆した。

これにより、今後の開発において、「奥行き感」を考慮する際に、観察角度を一定とする分光反射率のみならず、観察角度の変化という動的評価を考慮す

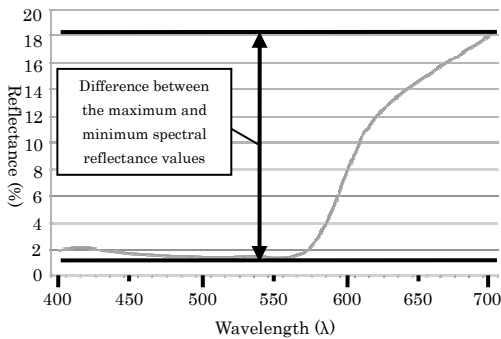


Figure 2 Spectral Reflectivity (Highlights) of Sample f

Table 6 Correlation and Multiple Regression

Correlation Analysis Result (Results of Single Regression Analysis)	Sense of Depth Hmax-Hmin	R Value	0.809
		R ² Value	0.654
	Sense of Depth Smax-Smax	R Value	0.598
		R ² Value	0.357
Multiple Regression Analysis	Objective Variable >Depth Perception Description Variable 1 >Hmax-Hmin Description Variable 2 >Smax-Smax	R Value	0.898
		R ² Value	0.807
		Adjusted R ² value	0.729

る必要があることが示された。

5. 結言

本研究では、さまざまな内装材テクスチャを対象にし、その「高級感」に寄与する因子として、「奥行き感」と「本物感」が抽出された。また、「高級感」に最も寄与する「奥行き感」において、その評価に影響を及ぼす光学特性として、ハイライトにおける分光反射率の最大値と最小値の差 (**[Hmax-Hmin]**)、およびセミシェードとシェードの各最大分光反射率差 (**[SSmax-Smax]**) が抽出された。これらにより、静的な分光反射率のみならず、観察角度の変化に伴う分光反射率の差が「奥行き感」評価に関与するという新たな可能性が示唆された。

以上より、今後のテクスチャデザインにおいては、これらの分光反射率を用いることで、「奥行き感」を的確に操作することが可能になるとともに、延いては、「高級感」の向上を図ることが可能になった。これにより、従来、膨大な時間を要したテクスチャデザインにおいて、有効なデザイン開発とその開発期間の短縮の可能性が示された。

さらに、本研究において、観察角度の変化に伴う

光学特性が、テクスチャとの視覚評価に大きく関与するという知見を示したことから、動的視覚評価を考慮するという、今後のテクスチャデザイン研究に新たな展開を示唆することもできたといえる。

引用文献

- [1] You, H., Ryu, T., Oh, K., Yun, M. H. Kim, K. J., Development of customer satisfaction models for automotive interior materials, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36(4), 323-330, 2006
- [2] Harada, T., Ishida, T., Yoshimoto, F., Study on Evaluation of Car's Interior Design Using VR System, *Bulletin of Japanese Society for Science of Design*, 49(3), 61-68, 2002
- [3] Tanoue, C., Ishizaka, K., Nagamachi, M., Kansei Engineering: A Study on perception of vehicle interior image, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19, 115-128, 1997
- [4] Nakada, K., Kansei engineering research on the design of construction machinery, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19, 105-114, 1997
- [5] Ryu, T. Oh, K., You, H., Yun, M. H., Development of Satisfaction Models for Passenger Car Interior Materials Considering Statistical and Engineering Aspects of Design Variables, In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 47(5), 821-825, 2003
- [6] 下村将基 et al, GAN によるユーザ個人の嗜好を反映するテクスチャの多様候補補導出システムの開発, 日本設計工学会 2021 年度秋季大会研究発表講演会 2021-10
- [7] 木下将太郎, 田仲純也, 松岡慧, 加藤健郎, 松岡由幸: 皮革テクスチャにおける視覚評価と物理特性の関係分析, 日本設計工学会 2021 年度 春季大会研究発表講演会, 2021-5
- [8] 木下将太郎, 田仲純也, 松岡慧, 加藤健郎, 松岡由幸: 皮革テクスチャにおけるプラスチック感と高級感, *DESIGN シンポジウム 2021*, 2021-7
- [9] Fukui, N., Nouzawa, T., Nishikawa, K., Design method for vehicle-interior quality feel based on KANSEI-engineering Quantification of interior surface quality feel, *Journal of the Visualization Society of Japan*, 30, 57-62, 2010
- [10] Jindo, T., Hirasago, K., Application studies to car interior of Kansei engineering, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19, 105-114,

1997

- [11] 秋元英郎：加飾技術概論,成形加工, 23, 11, 638-644, 2011
- [12] 下村将基, 亀坂瑠里子, 西原来, 松岡慧, 芳村貴正, 松岡由幸：光学シミュレーションを用いた自動車内装材テクスチャにおける奥行き感の評価と定量化, 日本設計工学会 2018 年度春季大会研究発表講演会プログラム, 2018-5
- [13] Masaki Shimomura, Ruriko Kamesaka, Mugi Nishihara, Kei Matsuoka, Takamasa Yoshimura, Takeo Kato, Yoshiyuki Matsuoka: Quantifying Sense of Depth Towards Visual Texture Using Optics Simulation, IHSED2018, 2018-10
- [14] 松岡慧, 前泊秀徳, 森幸雄, 岸本侑子：デザイン指針としての内装材テクスチャの視覚評価因子, 第 62 回デザイン学会春季大会, 2015-5
- [15] 前泊秀徳, 松岡慧, 森幸雄, 岸本侑子：内装材テクスチャの仕様別評価因子, 第 62 回デザイン学会春季大会, 2015-5
- [16] 森幸雄, 松岡慧, 前泊秀徳, 岸本侑子：内装材テクスチャの類型別評価因子と今後の開発方針, 第 62 回デザイン学会春季大会, 2015-5
- [17] 松岡慧, 前泊秀徳, 佐藤浩一郎, 寺内文雄：内装材テクスチャにおける視覚評価因子とそれに関与する物理特性の考察, 第 64 回デザイン学会春季大会概要集, 2017-7
- [18] Kei Matsuoka, Hidenori Maedomari, Koichiro Sato, Fumio Terauchi: Factorial Structure of Evaluations of Automotive Interior Material Texture, Bulletin of Japanese Society for the Science of Design, Journal of Japanese Society for the Science of Design Vol.3 No.1, 2019-6
- [9] Terauchi, F., Kubo, M., Aoki, H., Suzuki, T., Fabric Image Production System Taking Account into Human Feeling -Textile Image Prediction from KANSEI Properties with Neural Networks, KANSEI Engineering International, 1(1), 33-40, 1999
- [19] You, H., Shiraishi, T., Abe, M., et al., Sensory Evaluation on Board-Formed Interior Materials, In Proceeding of IASDR, 2005
- [20] Yamada, M., et al., Sensory Evaluation on Sheet-Formed Interior Materials, In Proceeding of IASDR, 2005
- [21] Hata, M., Matsuoka, Y., A Design Guideline of Value Growing Artifact for Timeaxis Design, In Proceedings of The International Association of Societies of Design Research Conference, 885-897, 2015
- [22] 松岡慧, 前泊秀徳, 佐藤浩一郎, 寺内文雄：全目調テクスチャにおける奥行き感の定量化, 第 65 回デザイン学会春季大会, 2018-6
- [23] 木下将太郎, 椎谷友貴, 松岡慧, 加藤健郎, 松岡由幸：全目調テクスチャの動的視覚評価と物理特性の関係分析, 日本設計工学会 2021 年度 春季大会研究発表講演会, 2021-5
- [24] 椎谷友貴, 木下将太郎, 加藤健郎, 松岡慧, 松岡由幸：全目調テクスチャにおける動的視覚評価構造, DESIGN シンポジウム 2021, 2021-7
- [25] 服部寛, 中島毅彦, 寺田重雄, 和田隆志, 久保田毅, 松田守弘：自動車の塗装における深み感の形成因子, 自動車技術会論文集, 25, 1, 124-128, 1994
- [26] 中野さくら, 久保田寛, 篠田雅史：“SOUL RED”の開発, マツダ技報, 30, 83-87, 2012