

彩度と明度が粗滑感の判断に及ぼす影響

稲葉 隆

日本大学大学院総合社会情報研究科

The Effect of Chroma and Value in the Evaluation of Roughness

INABA Takashi

Nihon University, Graduate School of Social and Cultural Studies

The purpose of this study was to investigate the effect of chroma and value in the evaluation of roughness. Color stimuli were formed of two chromatic colors and three achromatic colors. Tactile stimuli were three types of resin plates with fine irregularities on their surfaces. Participants rated the roughness of the tactile stimuli using a five-point scale ranging from smooth to coarse. The length of time taken from the presentation of a stimulus to the selection of a rating was measured as the reaction time. Regarding stimulus presentation, two conditions were used: (1) all stimuli were presented individually, and (2) tactile stimuli were presented sequentially after the participants had viewed the color stimuli. The results indicated that the tactile stimuli presented sequentially were consistently rated as rougher or smoother than were stimuli presented individually. Although an interaction between color and tactile stimuli was observed in the re-action times during the sequential presentation. The results of the sequential presentation suggested that color influences the tactile perception of roughness.

1. はじめに

“見てから触る”行為は対象物の表面の状態を把握するための通常の方法である。その際、視覚によって表面の状態を予期し接触の仕方を決める。たとえば、視覚的にツルツルとした表面であると予期すると握る力を強めて滑り落ちないようにする。しかし、視覚による予期と実際の触感（以下、実触感と記す）が異なることもあり、触感的な印象（触印象）は視覚のみによるものから視覚・触覚によるものへと時間的に遷移すると考えられる。また、画面や紙面上の画像により視覚のみで触感を伝達する場合には、実触感に近い触印象を表現することが望ましい。特に、画像を手掛かりとした商品販売などでは商品の魅力のひとつとして触印象の伝達は重要である。

本研究は、視覚の対象の中でも色彩に着目し、色彩属性の調整による触感の視覚的伝達の可能性を検討した。そのために、先ず色彩属性が触感判断に影響することを色彩とテクスチャーを継時提示する実

験によって確かめた。

色彩は、色相・明度・彩度の3属性によって特定することができる。それに対して物の表面の状態（以下、テクスチャーと記す）は多様であり、数値化・記号化して特定することは難しい。Okamoto, Nagano, & Yamada (2013) は、材質の触印象に関する先行研究を比較検討した上で、触感の次元として Fine roughness (rough/smooth、以下、粗滑感と記す)、Hardness (hard/soft、柔硬感)、Warmness (cold/warm、温冷感) の3次元が安定的に抽出されること、さらに、粗滑感の粗さレベルを大きくした Macro roughness (Uneven、Relief、凹凸感)、乾き具合を含む Friction (moist-ness/dryness、stickiness/slipperiness、摩擦感)を加えた5次元が触感の主要次元であることを示した。

色彩と触感に関する心理学的な研究は、色彩感情研究、材質感研究、多感覚研究を軸としておこなわれてきた（稲葉, 2017a）。色彩感情研究では、色彩属

性と触感次元の関係が検討された。その際、提示した色刺激の印象を SD 法などの言語評定で明らかにする方法が主に用いられ、柔硬感は明度と、温冷感 は色相との関係が示された(Oyama, Tanaka, & Chiba, 1962; Kobayashi, 1981; Gao, Xin, Sato, Hansuebsai, Scalzo, Kajiwara, Guan, Valleperas, Lis, & Billger, 2007)。また、具体的な材質を用いた研究において以下のことが報告された：①染色布では柔硬感は明度との相関が高い(金子・渕野・安武・内藤・飯岡・芝木, 1998)、②摩擦感の一部であるしっとり感は彩度の低さに比例する(田中・鋤柄, 2010)、③セラミックタイルでは柔硬感と粗滑感 は明度と相関する(内藤・逸見・金子・安武・飯岡, 2002)、④建築仕上げ材を色票に置き換えた実験では粗滑感 は明度と関係し彩度よりも影響が強い(北村・磯田, 1998)。

さらに、言語評定によらない方法として、提示された色刺激の触印象に近い触サンプルを複数の中から選択する評定もおこなわれた。山川・松家 (2011) は、柔硬感を物体を押し始めた時の反力として仮想的にとらえて計測する装置を用いて、明度が下がると硬く知覚されるとした。稲葉 (2016) は、色刺激を提示してシボ(微細な凹凸)深さが段階的に異なるテクスチャー・サンプルを実際に触り、最もふさわしいものを選択する評定と粗滑感の言語評定を行い、粗滑感 は彩度に比例すること、無彩色の明度系列では高明度が滑らかさを、中明度が粗さを喚起することを明らかにした。さらに、Ludwig & Simner (2013) は、触刺激を提示して想起される色彩を選択させ、粗滑感と柔硬感 は明度・彩度と関連するが色相とは関連しないことを示した。

稲葉 (2017b) は、トーン(明度と彩度の複合概念)の異なる色刺激を視覚提示して複数の粗さの異なる触サンプルを触り最もふさわしいものを選択評定する方法と、触刺激を触覚提示して複数の色サンプルから最もふさわしいものを選択評定する方法により、トーンと粗滑感の関係を双方向から検討した。その結果、低彩度・低明度の色彩と粗いテクスチャー、高彩度・高明度の色彩と滑らかなテクスチャーの関係を報告した。

以上のように色刺激から触印象を、触刺激から色印象を求める方法で色彩属性と触印象の関係が検討

されてきたが、色刺激と触刺激を継時的に提示して触印象を検討したものは見当たらず、“見てから触る”行為による触印象の判断に色彩属性がどのように関与しているかは明らかでない。

そこで、本研究では、色刺激と触刺激を継時提示して喚起される触印象を主観的な言語評定により検討した。色彩が喚起する触印象によって、後続提示された触刺激に対する触感評定は影響を受け、色彩属性である彩度と明度により触印象が変化することを予想した。

さらに、客観的な指標として触印象の判断に要する時間(以下、RTと記す)を測定し、色刺激が触印象の判断に影響することについて検討を加えた。一般的に RT に反映される処理過程には、刺激の知覚・判断・反応の実行という3段階がある。色刺激と触刺激を与えて触印象の評定をおこなった本実験では、これら3つのレベル全体での心的処理の指標として RT を考えた。具体的には、色彩が喚起する触印象とテクスチャーの実触感との関係で RT に変化が生じると予想した。つまり、色彩による触印象とテクスチャーの実触感が類似したものである場合は異なる場合よりも心的処理が促進されるため、RT は短くなる。しかし、色彩による触印象とテクスチャーの実触感の違いが大きい場合は色彩の影響を受けにくく実触感が優先されることも考えられ、その場合の RT は短くなる。

対象とした触感次元は粗滑感であり、色彩属性は有彩色の彩度と無彩色の明度とした。Ludwig & Simner (2013) などの先行研究において粗滑感への影響がみられなかった色相は検討の対象としなかった。

2. 目的

本研究は、色刺激と触刺激を継時提示することで、色彩属性のうち彩度と明度が粗滑感の判断に及ぼす影響を検討することを目的とした。触印象の判断はテクスチャーによる触覚的情報のみでなく、色彩による視覚的情報が統合されて決定されると想定した。特に色彩により予期される触印象の影響のため、触覚のみによる触感評定とは異なる判断がなされることが考えられた。また、色彩が触印象の判断に影響することを判断に要する時間(RT)を客観的な指標

として用いて検討した。

3. 方法

3.1 刺激

色刺激は、有彩色の彩度系列として赤系高彩度色と赤系低彩度色の2色と、無彩色の明度系列として白・灰色・黒の3色を使用した(表1)。触刺激は表面にシボ加工がされた樹脂版で、シボ深さを等間隔にとった平滑面、細シボ、粗シボの3種類を使用した(表2)。色刺激、触刺激ともに稲葉(2016)が用いたものの中から選択した。色刺激と触刺激を表裏に組合せたプレート全体のサイズは40mm×170mmで、その先端40mm×60mmを提示した。

なお、練習試行用の色刺激は、青系色相の高彩度色(5.3PB 5.2/9.4)・低彩度色(4.8PB 5.9/2.1)と明灰色(N7.0)・暗灰色(N4.0)の計4色とし、触刺激は、極細シボ(シボ深さ18.86μm)、中粗シボ(同58.10μm)を用いた。

表1. 色刺激の一覧

| 色サンプル | マンセル値 | | | Hue&Tone 記号 |
|-----------|-------------|---------------|----------------|----------------|
| | 色相 (HUE) | 明度 (Value) | 彩度 (Chroma) | |
| (赤系) 低彩度色 | 6.5R | 6.0 | 1.8 | 5R/Gr1 |
| (赤系) 高彩度色 | 5.8R | 5.3 | 11.6 | 5R/S1 |
| 白 | 6.7Y | 9.4 | 0.3 | N9.5 |
| 灰色 | 6.1B | 5.0 | 0.2 | N5.0 |
| 黒 | 10.0Y | 1.8 | 0.1 | N1.5 |

注：日本カラーデザイン研究所製 MMC カラーチャートを使用、記号は同チャートの記号

表2. 触刺激の一覧

| 触刺激 | シボ深さ (μm) | JIDA サンプル記号 |
|-----|--------------|----------------|
| 粗シボ | 76.54 | JTX-010 |
| 細シボ | 36.96 | JTX-004 |
| 平滑面 | 0.00 | Flat |

注：日本インダストリアルデザイナー協会製スタンダードサンプルを使用、記号は同サンプルの記号

3.2 尺度

粗滑感の言語評定には、稲葉(2016)が用いた「な

めらかなーざらざらした」の形容詞対を使用し、1.かなりなめらかな、2.ややなめらかな、3.どちらでもない、4.ややざらざらした、5.かなりざらざらした、の5段階尺度とした。

3.3 装置

実験環境は北向きの窓をもつ室内で演色性の高い蛍光灯が用いられた。刺激を提示した机上面の照度は1000~1100lxに保たれた。そして、机上5cmの高さに刺激を提示するための明灰色(N7)の提示台と、それを隠すための同色の仕切り(A3サイズの厚紙)を用いた(写真1)。

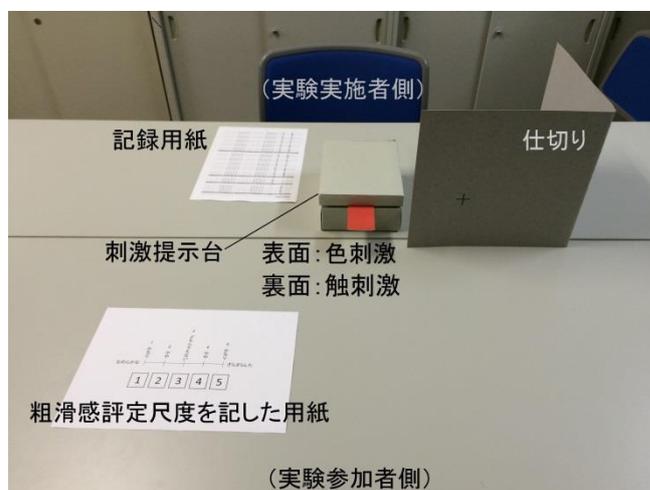


写真1. 実験装置

3.4 実験参加者

29歳から37歳までの正常な色覚を有した社会人10名(男性5名・女性5名)が実験に参加した。平均年齢は32.1歳(SD=2.3)であった。

3.5 手続き

実験は、先ず継時提示による練習試行を10回実施し、次に色刺激単独提示試行、触刺激単独提示試行を実施した。そして、継時提示による本試行を3セット繰り返した(図1)。

3.5.1 色刺激の単独提示試行

実験参加者から刺激を隠すための仕切りを刺激提示台の前に立て、色刺激と触刺激を表裏に配したプレートを色刺激面が上、触刺激面が下になるように提示台にセットした(写真1)。実験参加者には刺激の位置を示す仕切り上にある印を見るように指示し、

次に、仕切りを外して色面を提示し、実験参加者のタイミングで、色から受けた粗滑感を5段階で回答させた。事前に、回答は言い直すことができないことを伝え、粗滑感評定尺度を記した紙を机の上に置いた。RTは、色刺激を提示した時点から実験参加者が粗滑感評定値を回答する時点までの時間とし、実験実施者がストップウォッチを用いて100分の1秒の単位で計測した。色刺激5種類を提示する順序は実験参加者ごとにランダム化した。

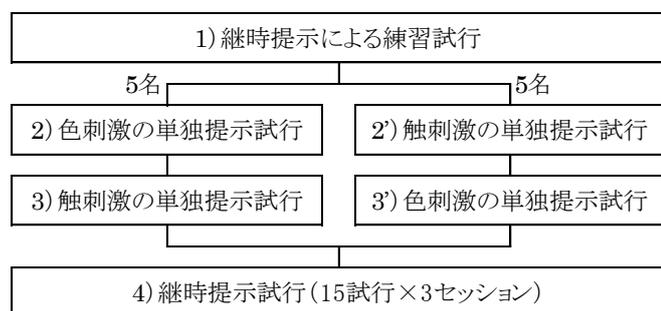


図 1. 実験の流れ

3.5.2 触刺激の単独提示試行

実験参加者に色刺激が見えないように明灰色の仕切りを設置し、触刺激の真下に人差し指を位置させた。次に目を閉じた状態で触刺激を触るように指示し、実験参加者のタイミングで粗さの度合いを5段階で回答させた。触刺激3種類を提示する順序は実験参加者ごとにランダム化した。RTは、実験参加者が触刺激を触った時点から粗滑感評定値を回答する時点までの時間とした。

なお、実験参加者5名は色刺激単独での評定、触刺激単独での評定の順におこない、別の5名はその逆の順でおこなった。

3.5.3 継時提示試行

刺激の位置を示す仕切り上にある印を実験参加者に見るように指示し、次に、仕切りを外して色面を提示し、その3秒後に触刺激面に利き手の人差し指を接触させ左右に数回動かすように教示した。そして、実験参加者のタイミングで、色から受けた印象と触った印象を総合して、粗滑感評定に回答させた。回答は、言い直すことができないことを事前に伝えた。RTは、色刺激を提示した時点から実験参加者が粗滑

感評定値を回答する時点までの時間として計測した。実験は、色刺激5種類×触刺激3種類の計15種類の提示を1セットとし、3セット繰り返し提示順序は実験参加者ごとにランダム化した。

3.5.4 内観

全試行終了後に実験参加者の内観をとった。

3.6 実験計画

粗滑感の言語評定の実験条件は色彩属性（彩度（3；色刺激なし、高彩度色、低彩度色）、明度（4；色刺激なし、白、灰色、黒）、テクスチャー（3；平滑面、細シボ、粗シボ）であった。また、RT測定の実験条件は、色彩属性（彩度（2；高彩度色、低彩度色）、明度（3；白、灰色、黒）、テクスチャー（3）であった。

4. 結果

4.1 粗滑感評定に関する結果

4.1.1 色刺激単独・触刺激単独での粗滑感言語評定の結果

色刺激は色刺激及び触刺激を単独提示した場合の粗滑感言語評定の平均値を求め、粗滑感評定に対する彩度（2；高彩度・低彩度）、明度（3；白・灰色・黒）、テクスチャー（3；平滑面・中シボ・粗シボ）それぞれの効果を検討した。結果をそれぞれの平均値とともに表3に示した。

表 3. 色刺激及び触刺激の単独提示試行における粗滑感言語評定結果

| | 刺激 | M | SD | 検定結果 | |
|--------|------|------|------|------|----|
| 彩度系列 | 高彩度色 | 2.45 | 1.00 |] | |
| | 低彩度色 | 3.80 | 1.01 | | * |
| 明度系列 | 白 | 1.25 | 0.44 |] | |
| | 灰色 | 3.65 | 1.14 | | ** |
| | 黒 | 3.00 | 1.59 | | ** |
| テクスチャー | 平滑面 | 1.10 | 0.31 |] | |
| | 細シボ | 3.10 | 0.97 | | ** |
| | 粗シボ | 4.45 | 0.60 | | ** |

† $p < .10$, * $p < .05$, ** $p < .01$

彩度系列において t 検定の結果、有意な差が認められた ($t = -2.372, df = 9, p < .05, d = 1.06$)。低彩度色 ($M = 3.80$) が高彩度色 ($M = 2.45$) より粗く評定さ

れた。この結果は、稲葉 (2016)の結果と一致した。

無彩色の明度系列において1要因分散分析の結果、有意な差が認められ ($F(2, 18) = 17.904, p < .001, \eta_p^2 = .67$)、Bonferroniの方法による多重比較をおこなうと、灰色 ($M = 3.65$) は白 ($M = 1.25$) より粗く、黒 ($M = 3.00$) も白より粗く評定された。白が最もなめらかに評定される結果は稲葉 (2016)の結果と一致した。

触刺激のテクスチャー属性 (シボ深さ) についても1要因分散分析の結果、有意な差が認められ ($F(2, 18) = 74.793, p < .01, \eta_p^2 = .89$)、多重比較により、細シボ ($M = 3.10$) は平滑面 ($M = 1.10$) より粗く、粗シボ ($M = 4.45$) は平滑面及び細シボより粗く評定された。

4.1.2 彩度系列における継時提示での粗滑感言語評定の結果

本実験では、色刺激を先行提示して粗滑感の言語評定をおこなった。その結果得られた言語評定データ及びRTデータは、実験参加者ごとに3セッションの平均値を求めて分析に用いた。彩度系列の継時提示試行において、色刺激を提示することで粗滑感言語評定に生じた影響を検討するために、彩度(3)、テクスチャー(3)の2要因分散分析をおこなった。結果をそれぞれの平均値とともに表4に示した。

その結果、彩度の主効果 ($F(2, 18) = 3.87, p < .05, \eta_p^2 = .30$)、テクスチャーの主効果 ($F(2, 18) = 106.16, p < .01, \eta_p^2 = .92$)、彩度とテクスチャーの交互作用 ($F(4, 36) = 6.84, p < .01, \eta_p^2 = .43$) に有意差がみられた。さらに、テクスチャーの細シボにおいて単純主効果が有意であり ($F(2, 33) = 12.98, p < .01$)、Bonferroniの方法による多重比較の結果、細シボで低彩度色を先行提示した場合 ($M = 3.70$) は細シボ単独での評定 ($M = 2.80$) よりも粗く評定され ($p < .01$)、低彩度色を先行提示した評定は高彩度色を先行提示した場合 ($M = 3.03$) より粗く評定された ($p < .01$)。

また、平滑面で低彩度色を先行提示した場合 ($M = 1.37$) は細シボ単独での評定 ($M = 1.10$) よりも粗く評定される傾向もみられた ($p < .10$) (図2)。

表4. 彩度系列の粗滑感言語評定の結果

| テクスチャー | 彩度 | 粗滑感評定値 | |
|--------|-------|--------|------|
| | | M | SD |
| 平滑面 | 色刺激なし | 1.10 | 0.32 |
| | 高彩度色 | 1.27 | 0.31 |
| | 低彩度色 | 1.37 | 0.48 |
| 細シボ | 色刺激なし | 2.80 | 1.03 |
| | 高彩度色 | 3.03 | 0.64 |
| | 低彩度色 | 3.70 | 0.69 |
| 粗シボ | 色刺激なし | 4.20 | 0.63 |
| | 高彩度色 | 4.23 | 0.70 |
| | 低彩度色 | 4.30 | 0.43 |

| 検定結果 | | |
|------------|----|----------|
| 彩度の主効果 | * | (3.87) |
| テクスチャーの主効果 | ** | (106.16) |
| 彩度×テクスチャー | ** | (6.84) |

()内はF値 † $p < .10$, * $p < .05$, ** $p < .01$

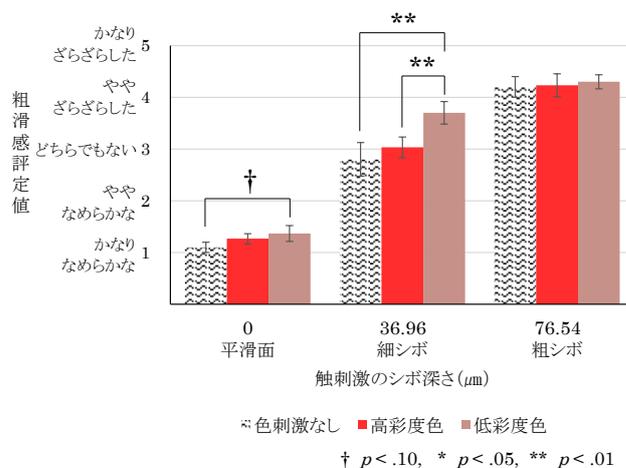


図2. 継時提示試行における彩度系列のテクスチャー別での粗滑感評定平均値。

図注：エラーバーは標準誤差を示す ($n = 10$)。

4.1.3 明度系列における継時提示での粗滑感言語評定の結果

明度系列の継時提示試行において、色刺激を提示することで粗滑感言語評定に生じた影響を検討するために、明度(4)、テクスチャー(3)の2要因分散分析をおこなった(表5)。

その結果、明度の主効果 ($F(3, 27) = 5.84, p < .01$,

$\eta_p^2 = .39$), テクスチャーの主効果 ($F(2, 18) = 169.71$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .95$) は有意で、明度とテクスチャーの交互作用はみられなかった ($F(6, 54) = 1.80$, $n.s.$)。

表 5. 明度系列の粗滑感言語評定の結果

| テクスチャー | 明度 | 粗滑感評定値 | |
|------------|-------|--------|----------|
| | | M | SD |
| 平滑面 | 色刺激なし | 1.10 | 0.32 |
| | 白 | 1.03 | 0.11 |
| | 灰色 | 1.50 | 0.48 |
| | 黒 | 1.40 | 0.44 |
| 細シボ | 色刺激なし | 2.80 | 1.03 |
| | 白 | 2.93 | 0.73 |
| | 灰色 | 3.60 | 0.72 |
| | 黒 | 3.50 | 0.59 |
| 粗シボ | 色刺激なし | 4.20 | 0.63 |
| | 白 | 3.80 | 0.83 |
| | 灰色 | 4.57 | 0.39 |
| | 黒 | 4.57 | 0.52 |
| 検定結果 | | | |
| 明度の主効果 | | ** | (5.84) |
| テクスチャーの主効果 | | ** | (169.71) |
| 明度×テクスチャー | | n.s. | — |

()内はF値 † $p < .10$, * $p < .05$, ** $p < .01$

テクスチャー属性の主効果について Bonferroni の方法で多重比較をおこなうと、平滑面で灰色を先行提示した場合 ($M = 1.50$) は平滑面単独での評定 ($M = 1.10$) よりも粗く評定され ($p < .05$)、細シボで灰色先行提示した場合 ($M = 3.60$) と黒を先行提示した場合 ($M = 3.50$) は細シボ単独での評定 ($M = 2.80$) よりも粗く評定され (ともに $p < .01$)、粗シボでも灰色を先行提示した場合 ($M = 4.57$) と黒を先行提示した場合 ($M = 4.57$) は粗シボ単独での評定 ($M = 4.20$) よりも粗く評定された (ともに $p < .05$)。さらに、粗シボでは白を先行提示する ($M = 3.80$) と粗シボ単独での評定 ($M = 4.20$) よりも滑らかに評定された (図 3)。

4.1.4 継時提示における粗滑感評定への色刺激の影響の予測

継時提示における粗滑感評定に対する色刺激と触刺激の影響の大きさを検討するため、継時提示によ

る粗滑感評定値を従属変数、色刺激単独提示による粗滑感評定値と触刺激単独提示による粗滑感評定値を独立変数として彩度系列と明度系列の全データを用いた重回帰分析をおこなった (表 6)。その結果、継時提示による粗滑感評定値に対して色刺激と触刺激の影響は有意で、特に触刺激の影響は大きかった。

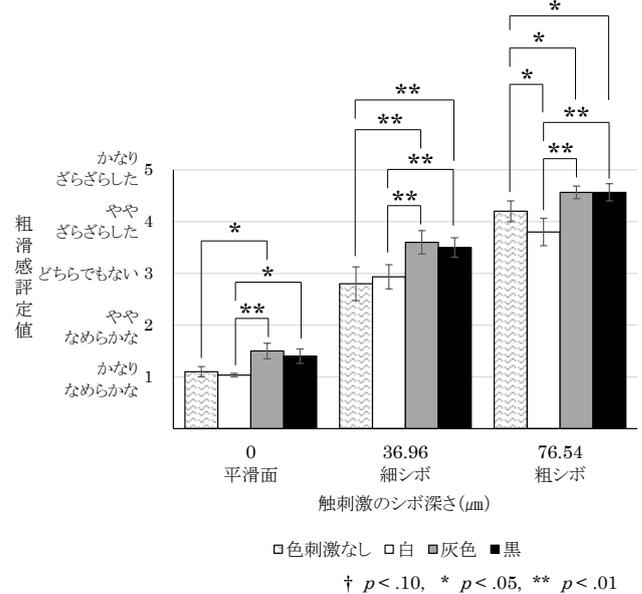


図 3. 継時提示試行における明度系列のテクスチャー別での粗滑感評定平均値。

図注：エラーバーは標準誤差を示す ($n = 10$)。

表 6. 粗滑感言語評定の重回帰分析結果

| 要因 | 標準偏回帰係数 |
|----------|---------|
| 色刺激単独評定 | .132 ** |
| 触刺激単独評定 | .824 ** |
| 定数項 | .360 * |
| 修正 R^2 | .762 |

† $p < .10$, * $p < .05$, ** $p < .01$

4.2 RT 測定に関する結果

4.2.1 明度系列における継時提示での RT 測定の結果

継時提示試行における RT は、色刺激を先行提示した時点で計測を始め、ついで触刺激を提示し、実

験参加者が粗滑感言語評定をおこなった時点までの時間として、実験者が測定した。RT の逆数は判断速度の指標とみなすことができるため、本研究では RT の逆数を用いて粗さ判断に対する色彩属性とテクスチャー属性の影響を検討した。明度系列の継時提示試行における粗滑感評定に要する時間に生じた影響を検討するために、明度 (2)、テクスチャー (3) の 2 要因分散分析をおこなった結果、明度とテクスチャーの交互作用が有意であった ($F(4, 36) = 2.72, p < .05, \eta_p^2 = .23$) (表 7)。

表 7. 明度系列の RT 測定の結果
(数値は判断速度(/ms))

| テクスチャー | 明度 | 判断速度 (RT逆数) | |
|------------|----|-------------|--------|
| | | M | SD |
| 平滑面 | 白 | 0.154 | 0.044 |
| | 灰色 | 0.135 | 0.037 |
| | 黒 | 0.140 | 0.037 |
| 細シボ | 白 | 0.138 | 0.042 |
| | 灰色 | 0.147 | 0.048 |
| | 黒 | 0.130 | 0.032 |
| 粗シボ | 白 | 0.127 | 0.033 |
| | 灰色 | 0.141 | 0.033 |
| | 黒 | 0.141 | 0.040 |
| 検定結果 | | | |
| 明度の主効果 | | n.s. | — |
| テクスチャーの主効果 | | n.s. | — |
| 明度×テクスチャー | | * | (2.72) |

()内はF値。 † $p < .10$, * $p < .05$, ** $p < .01$

テクスチャーの各水準における明度の単純主効果の検定の結果、平滑面において有意傾向が認められた ($F(2, 53) = 2.60, p < .10$)。Bonferroni の方法で多重比較をおこなうと、平滑面で白を先行提示した場合 ($M=.154$) は灰色 ($M=.135$) よりも粗滑感評定の判断速度が速く ($p < .01$)、同じく白は黒 ($M = .140$) よりも速かった ($p < .05$)。また、細シボで灰色 ($M = .147$) は黒 ($M = .130$) よりも判断速度が速く ($p < .01$)、粗シボで灰色 ($M=.141$) は白 ($M=.127$) よりも判断速度が速く ($p < .05$)、黒 ($M=.141$) も白より速かった ($p < .05$)。(図 4)。粗滑感判断に色彩が

関与したことが判断時間の指標からも確かめられた。

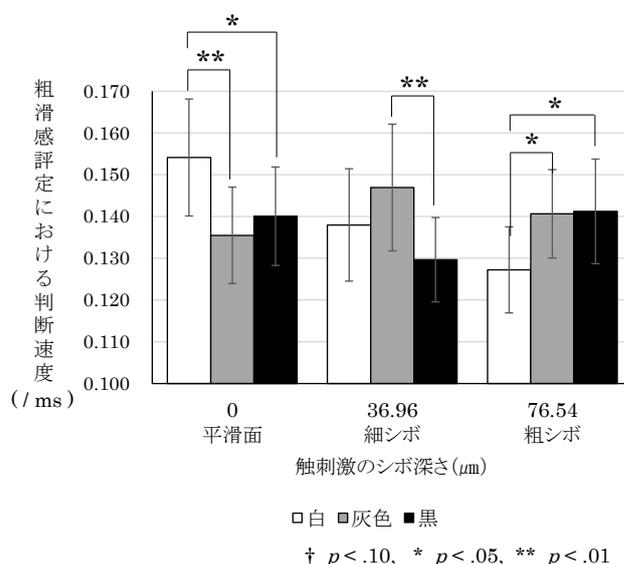


図 4. 継時提示試行における明度系列のテクスチャー一別での判断速度 (/ms)。

図注：エラーバーは標準誤差を示す ($n = 10$)。

4.2.2 彩度系列における継時提示での RT 測定の結果

彩度系列の継時提示試行における粗滑感評定に要する時間に生じた影響を検討するために、彩度 (2)、テクスチャー (3) の 2 要因分散分析をおこなったが、いずれの要因においても主効果、交互作用はみられなかった。

4.2.3 色彩が喚起する触印象とテクスチャーの実触感との差分と RT 測定の関連

明度系列において色彩が粗滑感判断に影響したことが判断速度の違いによって確かめられた。判断速度の差は、色彩によって予測された触印象に対してテクスチャーの実触感が異なる場合に遅くなり、差異が少ない場合に速くなると考えられる。そこで、色刺激単独提示による粗滑感評定値と触刺激単独提示による粗滑感評定値との差分を算出し、RT 測定値に及ぼした影響について検討した。分析対象は RT 測定値に明度とテクスチャーの交互作用が認められた明度系列とした。差分を絶対値化したデータ (以下、差分と記す) は最小値 0 から最大値 4 までの 5 段階となった。差分に生じた影響を検討するために、

色刺激(3)、テクスチャー(3) の 2 要因分散分析をおこなった (表 8)。

表 8. 明度系列における色刺激単独提示と触刺激単独提示の粗滑感評定の差分 (絶対値)

| テクスチャー | 明度 | 差分(絶対値) | |
|------------|----|---------|---------|
| | | M | SD |
| 平滑面 | 白 | 0.400 | 0.516 |
| | 灰色 | 2.900 | 1.101 |
| | 黒 | 1.900 | 1.524 |
| 細シボ | 白 | 1.500 | 1.269 |
| | 灰色 | 1.600 | 1.075 |
| | 黒 | 1.600 | 1.075 |
| 粗シボ | 白 | 2.900 | 0.738 |
| | 灰色 | 0.800 | 0.919 |
| | 黒 | 1.400 | 1.350 |
| 検定結果 | | | |
| 明度の主効果 | | n.s. | — |
| テクスチャーの主効果 | | n.s. | — |
| 明度×テクスチャー | | ** | (11.18) |

()内はF値。 † $p < .10$, * $p < .05$, ** $p < .01$

その結果、明度とテクスチャーの交互作用 ($F(4, 36) = 11.18, p < .01, \eta_p^2 = .55$) が有意であった。テクスチャーの各水準における明度の単純主効果の検定の結果、平滑面と粗シボにおいて明度の単純主効果が有意であった ($F(2, 54) = 12.92, p < .01$; $F(2, 54) = 9.54, p < .01$)。Bonferroni の方法で多重比較をおこなうと、平滑面で灰色 ($M = 2.900$) は白 ($M = 0.400$) よりも差分が大きく ($p < .01$)、同じく灰色は黒 ($M = 1.900$) よりも大きかった ($p < .01$)。粗シボで白 ($M = 2.900$) は灰色 ($M = 0.800$) よりも差分が大きく ($p < .01$)、同じく白は黒 ($M = 1.400$) よりも差分が大きかった ($p < .01$) (図 5)。

この差分に関する結果を判断速度 (図 4) と比較すると、平滑面において灰色と黒より差分の小さな白の判断速度は灰色と黒よりも速く、粗シボにおいて灰色と黒より差分の大きな白は差分の小さな灰色と黒よりも判断速度は遅い。よって、差分の大きさが判断速度に関係すると考えられる。そこで、明度系列における差分別の判断速度の平均値 (表 9) を

グラフ化すると差分が小さい (0, 1) と判断速度が速く、差分が大きくなる (2, 3) と判断速度が遅くなり、差分が最大値 (4) の場合は判断速度が速くなる傾向がみられた。しかし、判断速度に対する差分の影響を確かめるために 1 要因の分散分析をおこなうと差分の効果は有意ではなかった ($F(4, 85) = 1.69, n.s.$) (図 6)。

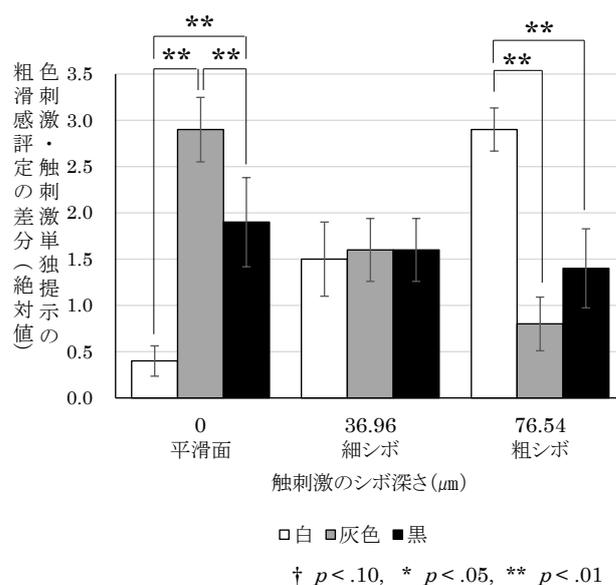


図 5. 明度系列における色刺激単独提示と触刺激単独提示の粗滑感評定の差分 (絶対値)。

図注: エラーバーは標準誤差を示す ($n = 10$)。

表 9. 明度系列における差分による判断速度 (/ms)

| 差分(絶対値) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| n | 22 | 23 | 16 | 21 | 8 |
| M | 0.150 | 0.146 | 0.128 | 0.127 | 0.146 |
| SD | 0.045 | 0.037 | 0.037 | 0.031 | 0.030 |

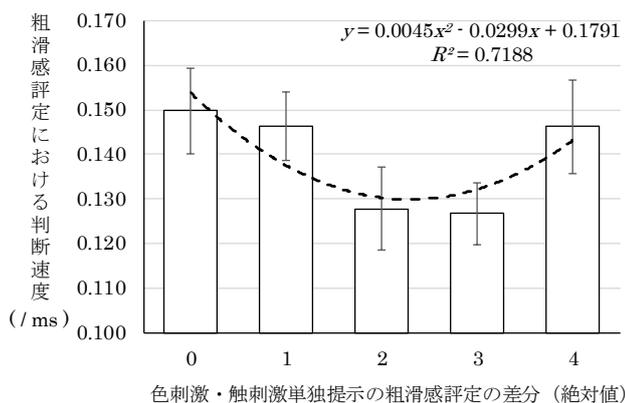


図 6. 明度系列における差分別の判断速度。
 図注：エラーバーは標準誤差を示す (n = 10)。

5. 考察

5.1 彩度と明度がテクスチャーの粗滑感判断に対する影響

色刺激を単独提示した粗滑感評定の結果、先行研究 (Ludwig & Simner, 2013; 稲葉, 2016) と同様に彩度と明度は粗滑感評定との関係がみられた。彩度が高くなる、あるいは明度が高くなるとテクスチャーの触感はより滑らかに判断された。さらに、色刺激を先行提示し、その後に触刺激を提示した試行においても彩度と明度が粗滑感判断に影響した。彩度系列では低彩度色は平滑面と細シボの粗滑感をより粗く判断させる効果を持ち、明度系列の中明度色 (灰色) と低明度色 (黒) にも同様の効果が生じた。このような粗さの判断を促進する傾向とは逆に、抑制する傾向が高明度色にはみられ、先行提示された高明度色により粗シボの粗滑感は滑らかな方向に減じられて判断された。Lederman & Abbott (1981) はサンドペーパーを見ながら別の粗さのサンドペーパーを触った場合に感じられる粗滑感は、それぞれのサンドペーパーを視覚に単独提示して感じられる粗滑感と触覚に単独提示して感じられる粗滑感のほぼ中間の粗さとなったことを報告した。また、柳沢・高辻 (2013) は、メッキによる光沢面を視覚に示してシボをもつテクスチャーを触ることで本来のテクスチャーの粗さよりも粗く判断されることを示した。本研究で視覚に提示したのは対象物の表面の状態が直接類推できるサンドペーパーなどではなく色彩であった。微細な凹凸のような物理的な特徴のない色彩属

性 (彩度と明度) であっても、触感の判断に影響を及ぼすことが示された。

また、表面に全く凹凸をもたない平滑面においても低彩度色と中明度色が先行提示されると粗さの判断が促進された。家崎・杣田・木村・柴田・田村 (2008) は、視覚と触覚に対して同じ材質で粗さが違うものを提示した場合、粗さ程度の低い触刺激の場合には、視覚刺激の影響を受けにくいことを指摘しているが、本研究では平滑面でも色彩属性が粗滑感判断に影響することを示した。この結果から色彩属性による触感の喚起力が比較的強いことが予想される。家崎ら (2008) は適切な視覚刺激を提示することにより、触覚印象を変えることができることを示唆したが、色彩属性 (彩度と明度) の調整により触感判断を操作できる可能性が見出された。

5.2 RT を指標とした色彩属性が粗滑感判断に及ぼす影響の検討

継時的に視覚刺激と触覚刺激を提示することで前者が触感判断に影響する理由として、柳沢・高辻 (2013) は視覚情報による触感の期待効果をあげている。つまり先行提示されたテクスチャーの視覚情報から触印象が形成されるために、その後のテクスチャーの実触感に影響を及ぼす。本実験では、提示された色彩によって触印象が事前に予期され、後続提示された触刺激の実触感と合わせて粗滑感が判断されたと考えられる。

そこで、色彩属性が粗滑感判断に影響することについて判断速度を指標として検討した。その結果、継時提示した色刺激と触刺激の組み合わせ方によって判断速度が異なった。具体的には高明度色を提示した後で平滑面を触ると、中明度色や低明度色を提示した場合よりも判断速度は速くなり、その逆に高明度色を提示してから粗シボを触った場合は中明度色・低明度色を提示した場合よりも判断速度は遅くなった。これは、色刺激によって予期された粗滑感の印象と触刺激により実際に確認された触印象との差異に基づいた結果と考えられる。すなわち高明度色は滑らかさを喚起し、平滑面の実触感である滑らかさと粗滑感情報が一致したため判断速度が速くなり、中明度色・低明度色は粗さを喚起したため平滑面の粗滑感情報とに差異が生じて判断速度が遅くな

った。

さらに、色とテクスチャーの粗滑感情報が判断速度に影響することを色刺激単独での粗滑感評定値と触刺激単独での粗滑感評定値の差分を算出し、差分が判断速度に及ぼす影響として検討した。差分と判断速度の関係は谷型のグラフであらわされ、差分が小さい場合と大きい場合に判断速度が速くなり、相対的に中程度の差分で判断速度が遅くなると考えられ、これは仮説と一致した。しかし、差分の効果に有意な差はなかった。色刺激により喚起される粗滑感とテクスチャーの実触感の差分がどの程度大きくなると色による情報を受けにくくなり、実触感が優先されるかの検討は今後の課題となった。

6. まとめ

色刺激と触刺激を継時提示し粗滑感評定をおこなった結果、a.色彩属性である彩度と明度により粗滑感が喚起され、彩度あるいは明度の低さは粗さと相関した、b. “見てから触る” 日常的な行為を想定した場合にも先行する色彩によって実触感の粗滑感判断は影響を受けた、c.色彩が喚起する触印象とテクスチャーの実触感が一致する場合は粗滑感判断が速くおこなわれることが示唆された。

以上より、視覚のみで対象物の触感を伝達するために、色彩属性（彩度と明度）の操作が有効であることが示された。実触感に対して色彩による触感喚起の力は決して大きくはないが、画面や印刷物の画像によって触感を伝達する場合、色彩属性を調整することで触印象を操作できる可能性が示された。これはネットショッピングや通販など触行動を伴わずに触印象を伝達しなければならない際に応用できるだろう。また、製品デザインにおいて色彩とテクスチャーのコンビネーションを検討する際の指標としても活用の可能性がある。

本研究の限界としては、RT 測定の精密性が挙げられる。また、有彩色の場合、彩度と明度の組み合わせが不可避であり、それにより触感がどのように判断されるかを検討する必要もある。また、色彩により喚起される触印象とテクスチャーの実触感の一致・不一致が快不快や好悪判断に及ぼす影響の検討や画像刺激と実物刺激を用いた色彩属性による触印

象への影響の検討などが望まれる。

謝辞

ご指導を賜りました日本大学大学院総合社会情報研究科 田中堅一郎教授、和田万紀教授に深く感謝申し上げます。

引用文献

- Gao, X. P., Xin, J. H., Sato, T., Hansuebsai, A., Scalzo, M., Kajiwara, K., Guan, S. S., Valldeperas, J., Lis, M. J., & Billger, M. (2007). Analysis of cross-cultural color emotion. *Color Research & Application*, 32(3), 223–229.
- 家崎 明子・杉田 明弘・木村 朝子・柴田 史久・田村 秀行 (2008). 複合現実型視覚刺激による触印象への影響 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 13, 129–139.
- 稲葉 隆 (2016). 色彩の属性が視覚的な粗さ知覚に及ぼす影響 応用心理学研究, 41, 319–320.
- 稲葉 隆 (2017a). 色彩による触感効果に関する研究動向 日本大学大学院総合社会情報研究科紀要, 18(2), 205–216.
- 稲葉 隆 (2017b). 色彩とテクスチャーが喚起する触感と色感 日本感性工学会論文誌 Advance online publication. doi: 10.5057/jjske.TJSKE-D-17-00043
- 金子 かつ・渕野 剛生・安武 正剛・内藤 郁夫・飯岡 正麻・芝木 儀夫 (1998). デザイン素材の光沢と色彩の相互影響に関する研究(VIII) —光沢ある繊維素材の質感に及ぼす明度と彩度の影響— デザイン学研究 研究発表大会概要集, 45, 248–249.
- 北村 薫子・磯田 憲生 (1998). 単純なテクスチャーにおける粗さ感に及ぼす色と粗さの影響の定量的検討 日本建築学会計画系論文集, 514, 7–11.
- Kobayashi, S. (1981). The aim and method of the color image scale. *Color Research & Application*, 6(2), 93–107.
- Lederman, S. J., & Abbott, S. G. (1981). Texture perception : Studies of intersensory organization using a discrepancy paradigm,

- and visual versus tactual psychophysics. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7(4), 902–915.
- Ludwig, V. U. & Simner, J. (2013). What colour does that feel? Tactile-visual mapping and the development of cross-modality. *Cortex*, 49, 1089–1099.
- 内藤 郁夫・逸見 祥子・金子 かつこ・安武 正剛・飯岡 正麻 (2002). 色彩の陶磁器質感における影響 九州産業大学芸術学部研究報告, 33, 131-140.
- Okamoto, S., Nagano, H., & Yamada, Y. (2013). Psychophysical dimensions of tactile perception of textures. *Journal of IEEE Transactions on Haptics*, 6(1), 81-93.
- Oyama, T., Tanaka, Y., & Chiba, Y. (1962). Affective dimensions of color: A cross-cultural study. *Japanese Psychological Research*, 4, 78-91.
- 田中 由佳理・鋤柄 佐千子 (2010). 布のしっとり感評価に及ぼす視覚と触覚の影響 繊維学会誌, 66, 7-14.
- 山川 聡子, 松家 伸一 (2011). 物体の色が硬さの知覚におよぼす影響 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 16(3), 355-361.
- 柳澤 秀吉・高辻 賢司 (2013). テクスチャの触感における視覚的期待効果の抽出法 —プラスチック・シボの粗さ感における視覚の期待効果— 日本機械学会論文集 C編, 79, 4028-4038.

(Received:January 21,2018)

(Issued in internet Edition:February 6,2018)